



**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO

**Mestrado Interinstitucional em Arquitetura e Urbanismo**

Dissertação de Mestrado

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS  
DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL: O CASO  
DO DAU –UFC –CE**

**JOEL DE LIMA CASTRO FILHO**

Orientador

**Prof<sup>o</sup> Dr. Marcelo de Andrade Roméro**

**São Paulo**

**2005**

JOEL DE LIMA CASTRO FILHO



**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMA  
DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL: O CASO  
DO DAU – UFC – CE**

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Arquitetura e Urbanismo da Universidade  
de São Paulo para obtenção do grau de  
mestre.

Orientador:

**Prof<sup>o</sup> Dr. Marcelo de Andrade Roméro**

**São Paulo**

**2005**

Autorizo a reprodução de divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte

ocorre: 73722

Exemplar 13846535

D 621.32  
C 351e

C351e

Castro Filho, Joel de Lima

**Eficiência energética em sistemas de iluminação artificial: O caso do DAU – UFC – Ce** / Joel de Lima Castro Filho, São Paulo, 2005. 191p : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Arquitetura e urbanismo, orientador : Marcelo de Andrade Roméro, São Paulo, SP, 2005.

1. Iluminação artificial
2. Eficiência energética
3. Retrofit
- I. Roméro, Marcelo de Andrade

621.32(CDD 20)

balho, por  
estudo e

---

*"Quando se buscava a séculos  
algo que não se julgava existir  
e se encontra no meio do caminho  
a certeza da harmonia do cosmo,  
o ser assume proporções inenarráveis  
e o ter é a mais sublime das emoções,  
e mesmo que não se conquiste,  
o só desejar superará toda a ânsia do vir a ser"*  
(autor desconhecido)

cial: O  
aulo ,2005

de de  
méro, São

D 20)

*Aos meus pais, Joel e Ideuza (in memoriam),  
minhas irmãs, Janete e Janeide  
e à minha sobrinha Jéssica.*

---

## Agradecimentos

É com imensa alegria que externo aqui os meus mais sinceros agradecimentos a todas as pessoas e instituições que de uma forma ou de outra contribuíram para o êxito deste trabalho, críticas sempre foram muito bem vindas mas a maior satisfação que senti foi o reconhecimento do meu esforço.

Especial agradecimento devo fazer ao meu orientador **Prof. Dr. Marcelo de Andrade Roméro**, que aceitou me orientar no meio do caminho percorrido, compreendeu e sempre apoiou, as fugas, os desvios, as angústias e cuja orientação segura me levou ao final dessa pesquisa.

À **Profa. Dra. Heliana Comin Vargas**, Coordenadora do Programa de Mestrado Interinstitucional da USP, pela atenção dispensada, sugestões e incentivo ao trabalho.

Ao **Prof. Dr. Ricardo Figueiredo Bezerra**, Coordenador do Programa de Mestrado Interinstitucional da UFC, pela persistência e apoio à realização desse trabalho.

Aos **Prof. Dr. José Antonio Oliveira Perbelini Lemenhe** e **Profa. Margarida Júlia Farias de Salles Andrade**, Chefe do Departamento de Arquitetura e Urbanismo e Vice-coordenadora do Curso de Arquitetura e Urbanismo respectivamente, por suas atitudes de incentivo e apoio irrestrito durante a realização da pesquisa.

A todos os Professores que ministraram as disciplinas durante o curso, em especial ao **Prof. Dr. Marcelo de Andrade Roméro** e a **Profa. Dra. Joana Carla Soares Gonçalves**, pelo incentivo, por ter dado o melhor dos seus conhecimentos e amizade.

À **PHILIPS DO BRASIL S/A**, por me atender prontamente quando solicitei o recebimento de seus catálogos.

À **Profa. Dra. Cibele Haddad Taralli**, por suas atitudes de consideração e apoio no momento que mais precisei, meus sinceros agradecimentos.

---

À **Profa. Dra. Brenda Chaves Coelho Leite**, pelos esclarecimentos prestados e permanente ajuda no desenvolvimento desse trabalho.

**Ao meu Pai e minha Mãe**, que enquanto matéria hoje espírito, sempre souberam me apoiar e fazer entender o que é a vida.

Às minhas irmãs e sobrinha **Janete, Janeide e Jéssica** que além do convívio, me deu sempre a coágem para luta, alento para o estudo e esperança para o futuro.

Aos meus colegas e amigos de Mestrado, em especial **Zilsa, Syomara, Beatriz e Waldete**, pela amizade , pelo apoio e contribuição no decorrer do desenvolvimento do projeto.

À amiga e colega do Mestrado **Magda Campelo**, por está presente nos melhores e também nos piores momentos do curso e pelas palavras de incentivo e consideração.

À minha amiga **Soraya Vidal**, por estar sempre disponível a oferecer sua ajuda, numa colaboração e amizade constantes.

---

## Índice

Agradecimentos.....	3
Índice.....	5
Resumo.....	10
Abstract.....	12
Glossário.....	14
Índice de Figuras.....	17
Índice de Tabelas.....	19
Siglas e Abreviaturas.....	20
Unidades.....	22
Equivalências.....	22
1 INTRODUÇÃO.....	24
1.1 Considerações Energéticas Mundiais.....	25
1.2 Considerações Energéticas Nacionais.....	27
1.3 Justificativa do Trabalho.....	30
1.4 Objetivos.....	31
1.4.1 Objetivo Geral.....	31
1.4.2 Objetivos Específicos.....	31
1.4.3 Estrutura da Dissertação.....	32
2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL.....	35
2.1 Considerações Iniciais.....	35
2.2 A Evolução da Luz.....	35
2.3 A Tecnologia da Luz.....	37
2.4 Sistemas de Iluminação Artificial.....	39
2.4.1 A Lâmpada.....	41
2.4.2 Eficiência e Economia.....	42
2.4.3 Qualidade de Cor de Fontes de Luz.....	45
2.4.4 Classificação das Lâmpadas.....	47

---

2.4.4.1	Lâmpadas Incandescentes.....	48
2.4.4.1.1	Lâmpadas Incandescentes Comuns.....	49
2.4.4.1.2	Lâmpadas Incandescentes Refletoras.....	49
2.4.4.1.3	Lâmpadas Incandescentes Halógenas.....	50
2.4.4.2	Lâmpadas de descarga Gasosa.....	50
2.4.4.3	Lâmpadas Fluorescentes.....	51
2.4.4.3.1	Fluorescente Tubular.....	52
2.4.4.3.2	Fluorescentes Compactas.....	54
2.4.4.3.3	Lâmpadas Fluorescentes de Indução Magnética.....	56
2.4.4.4	Lâmpadas a Vapor de Mercúrio.....	57
2.4.4.5	Lâmpadas a Vapor de Sódio.....	58
2.4.4.6	Lâmpadas de Vapor Metálico.....	58
2.4.4.7	Lâmpadas de Luz Mista.....	59
2.4.4.8	Lâmpadas a Microondas.....	60
2.4.5	Reatores.....	61
2.4.5.1	Reatores Eletromagnéticos.....	62
2.4.5.2	Reatores Eletrônicos.....	63
2.4.6	Módulos de LED's.....	64
2.4.7	Luminárias.....	67
2.4.7.1	Generalidades.....	67
2.4.7.2	Características.....	68
2.4.7.3	Classificação das Luminárias.....	69
2.4.8	A Cor das Paredes na Iluminação do Ambiente.....	73
2.4.9	Sistemas de Controle do Nível de Iluminação.....	73
2.4.9.1	Sistemas de sensores de Ocupação.....	74
2.4.9.2	Sistemas de Controle Fotoelétrico.....	74
2.4.9.3	Sistemas de Propagação de Tempo.....	75
2.5	Análise de Tendências Futuras.....	76



---

3	PROGRAMAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA...	79
3.1	Introdução.....	79
3.2	Programas Educacionais de Melhor Utilização de Energia.....	80
3.2.1	O PROCEL (Brasil).....	81
3.2.2	O Projeto de Eficiência no Consumo de Energia Elétrica da Universidade Federal do Ceará – PROCEN – UFC (Brasil).....	82
3.2.3	O Projeto de Controle ao Desperdício de Energia Elétrica da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE – (Brasil).....	84
3.2.4	“Energysmart Schools” (USA).....	85
3.2.5	“Green Schools” (USA).....	86
3.3	Outros Programas.....	86
3.3.1	Programas Energéticos Comunitários (EUROPA).....	86
3.3.1.1	Programa SAVE.....	87
3.3.1.2	Programa MARCO.....	87
3.3.1.3	Programa ALTENER.....	88
3.3.2	Programa de Iluminação Eficiente no Canadá.....	88
3.3.3	FEMP ( Federal Energy Management Program) (USA).....	89
3.3.4	PROINFA (Brasil).....	89
3.4	Casos Reais de Intervenções em Sistemas de Iluminação Artificial visando sua Eficiência.....	90
3.4.1	Exemplos Internacionais.....	90
3.4.2	Exemplos Nacionais.....	96
3.5	Análise dos Casos Nacionais e Internacionais Citados.....	100
3.6	Alternativas Tecnológicas de Fontes de Energia.....	101
3.6.1	Introdução.....	101
3.6.2	Energia Eólica.....	102
3.6.3	Biodiesel.....	103
4	O ESTUDO DE CASO: DAU – UFC.....	106
4.1	Introdução.....	106
4.2	Pequeno Resumo Histórico do DAU – UFC.....	106

---

4.3	O Prédio Atual.....	107
4.3.1	Imagens Recentes do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFC.....	111
4.4	Resumo da Metodologia Aplicada.....	115
4.4.1	Levantamento da Situação Atual do Sistema de Iluminação Artificial do DAU – UFC.....	115
4.4.2	Proposta de Retrofit para o Sistema de Iluminação do Departamento...115	
4.4.3	Análise Quantitativa e Qualitativa da Iluminação Existente.....	116
4.4.4	Sugestão de Estratégias de Conservação de Energia.....	116
4.5	Levantamento de Dados do Estudo de Caso.....	116
4.5.1	Delimitação da Unidade-Caso.....	116
4.5.2	Importância sobre o Edifício Estudado.....	118
4.5.3	Divisão do Departamento em Blocos.....	118
4.5.4	Consumo de Iluminação Artificial da Situação Atual.....	119
4.5.5	Situação das Instalações do Sistema de Iluminação Artificial do DAU – UFC.....	120
4.5.6	Diagnóstico da Situação Atual do Sistema de Iluminação Artificial do Edifício.....	121
4.5.6.1	Mini-Auditório (Sala de Aula).....	122
4.5.6.2	Laboratório de Informática.....	123
4.5.6.3	Biblioteca.....	123
4.5.6.4	Pavilhão.....	125
4.5.6.5	Corredores e Circulações.....	126
4.5.6.6	Salas de Aula.....	127
4.5.7	Serviços de Manutenção.....	130
4.6	Estratégias de Conservação – ECO's.....	130
4.6.1	Proposta de Intervenção no Sistema de Iluminação Artificial.....	131
4.6.2	Aproveitamento da Luz Natural.....	134
4.6.3	Potencialização dos Serviços de Manutenção.....	134
4.7	Criação de uma CIEE para o DAU ( Comissão Interna de Eficiência Energética).....	135

---

5	CONCLUSÕES.....	138
5.1	Conclusões à cerca dos Sistemas de Iluminação Artificial Existentes.....	138
5.2	Conclusões à cerca da Análise das Iniciativas.....	139
5.3	Conclusões à cerca do Estudo de Caso.....	139
5.4	Conclusões Finais.....	140
	Bibliografia.....	142
	Endereços na Internet.....	149
	Anexos.....	150
	Anexo 01 - Planta Geral do DAU.....	151
	Anexo 02 - Planta do Bloco Administrativo.....	152
	Anexo 03 - Planta do Bloco Salas de Aulas.....	153
	Anexo 04 - Planta dos Blocos Sala dos Professores; CACAU; Pavilhão.....	154
	Anexo 05 - Plantas da Leitura das Luminâncias.....	155
	Anexo 06 - Fichas dos Cálculos Luminotécnicos.....	167
	Anexo 07 - Plantas de Distribuição das Luminárias.....	176
	Anexo 08 - Planilha da Situação Atual de Iluminação.....	185
	Anexo 09 – Planilha da Proposta de Retrofit de Iluminação.....	188

---

## Resumo

A iluminação artificial é um elemento indispensável na vida humana atual. Porém, seu emprego em qualquer espaço requer a adoção de critérios não apenas quantitativos mas também qualitativos. Quanto à quantidade de iluminação, este é um critério que depende do espaço trabalhado. Quanto à qualidade é importante ter em mente que essa não é obtida apenas preocupando-se com os tipos de fontes de luz (lâmpadas) a serem usadas no ambiente, pois qualidade em sistemas de iluminação artificial significa também a preocupação com os materiais, texturas e cores usadas no entorno bem como o posicionamento correto das fontes de luz.

A indústria de iluminação vem crescendo e investindo, incessantemente, na economia de energia e na eficiência de equipamentos através de novas tecnologias revolucionárias. Nos últimos anos, muitos produtos de iluminação artificial foram desenvolvidos com essa finalidade: economia e eficiência. Os resultados são cada vez melhores, ou seja, iluminação de melhor qualidade e redução significativa de energia.

A pesquisa teve o intuito de verificar as condições de iluminação artificial e identificar as possibilidades de redução do consumo de energia elétrica através do estudo de caso no DAU – UFC, onde foi realizada uma proposta de retrofit baseado no levantamento da situação atual do sistema de iluminação.

A pesquisa constatou que a substituição do atual sistema por tecnologias energeticamente mais eficientes, reduz o consumo de iluminação em pelo menos 43,5%.

O valor desse percentual de redução no consumo pode ainda ser acrescido pela implantação de medidas que fiscalizassem o uso correto do sistema de iluminação e equipamentos, o controle na aquisição de novas tecnologias e a adoção

---

de programas educacionais destinados ao desenvolvimento de políticas anti-desperdício visando orientar os usuários para o melhor e mais correto uso dos recursos implantados.

---

## Abstract

Artificial lighting is an essential element for mankind nowadays. However, its usage wherever applied requires the adoption of criteria not only quantitative but also qualitative. As far as quantity of light is concerned, this is a criterion that depends on the space designed. As for quality, it is important to bear in mind that it is not obtained by concerning only about types of sources of light (light bulbs) to be used in the space, once quality in artificial lighting systems also means concern with the materials, textures and colors used in its surroundings as well as the correct position of light sources.

Lighting industry has been growing and investing, incessantly, in economy of energy and equipment efficiency through revolutionary technologies. Over the last years, many artificial lighting products were developed with this purpose: economy and efficiency. Results are increasingly better, that is to say, better quality lighting and significant reduction of energy.

The research aimed at verifying conditions of artificial lighting and identifies possibilities for consumption reduction through case study at DAU – UFC, where a proposal for a retrofit was carried out, based on a survey of the current situation of its lighting system.

The research also evidenced that the substitution from the current system to more efficient ones can reduce the consumption of electric energy to at least 43,5%.

The value of this reduction percentage in the consumption can still be increased by the introduction of measures that inspected the correct use of lighting

---

system as well as equipments, control in the acquisition of a new technologies and the adoption of educational programs destined to improve development of anti-waste policies aiming at guiding the users to a more correct use of the resources introduced.

---

## Glossário

**Consumo** – Quantidade de energia elétrica utilizada em um determinado intervalo de tempo. O unidade padrão é o quilowatt-hora (kWh).

**Dimmerização** – É a capacidade de modificar a intensidade de fluxo luminoso.

**Eficientização Energética** – Corresponde ao uso racional e eficiente da energia.

**Eficiência Luminosa** – É a relação entre o fluxo luminoso e a energia elétrica consumida. (lm/W)

**Fluxo Luminoso** – Quantidade total de luz emitida pôr uma fonte, em sua tensão nominal de funcionamento.

**Interruptores** – Dispositivos unipolares, paralelos ou intermediários que interrompem o condutor fase de um circuito terminal. Devem possuir capacidade suficiente (ampéres) para suportarem as correntes que transportam.

**Índice de Reprodução de Cor** – É a medida de correspondência entre a cor real de um objeto ou superfície e sua aparência diante de uma fonte de luz.

**Iluminação** – Aplicação da radiação visível a um objeto.

**Iluminação Artificial** – Iluminação gerada pelas lâmpadas, que convertem a energia elétrica em luz visível.

**Iluminação Natural** – Iluminação gerada pela luz do dia.

**Lâmpada** – Radiação eletromagnética capaz de produzir sensação visual.



---

**Lâmpadas Eficientes** – Lâmpadas que economizam energia através da sua alta eficiência luminosa, de da manutenção do fluxo luminoso durante a sua vida.

**Luminância** – Brilho ou intensidade luminosa emitida ou refletida pôr uma superfície iluminada em direção ao olho humano. (cd/m<sup>2</sup>)

**Luminária** – Aparelhos que distribuem, filtram ou transformam a luz emitida pôr uma ou várias lâmpadas que contém todos os acessórios para fixá-las, protege-las e alimentá-las.

**Ofuscamento** – Interferência produzida pela luz no processo visual, que ocorre em virtude das diferenças de brilho entre a fonte e o fundo, ou entre o objeto e o entorno.

**Plano de Trabalho** – Superfície de referência definida como o plano onde usualmente é exercida uma tarefa.

**Potência** – É a potência nominal de entrada de um equipamento de utilização. Sua medida é o W. (Watt)

**Potência Instalada** – É a soma das potências de todos os equipamentos de utilização de um dado circuito ou do somatório de diversos circuitos.

**Regime de Utilização** – Período no qual um ou mais equipamentos estão em funcionamento. O termo também e aplica ao período de utilização de um dado edifício pôr seus usuários.

**Retrofit** – É o termo utilizado em sua forma original, para definir qualquer tipo de reforma. Quando o assunto é eficiência energética, é utilizado para definir alteração ou reformas em sistemas consumidores de energia elétrica, visando a sua

---

conservação, através da substituição de sistemas antigos pôr outros tecnologicamente mais eficientes.

**Reatores** – Equipamentos auxiliares e necessários ao funcionamento das lâmpadas de descarga ( exceto as mistas) com a finalidade de proporcionar as condições de partida, e de maneira a controlar ou estabilizar a corrente do circuito.

**Temperatura de Cor** – Indica a aparência de cor da luz e sua graduação e é especificada pôr valores em Kelvin. (K)

**Vida Útil da Lâmpada** – É o número de horas decorrido quando se atinge 70% da quantidade de luz inicial devido à depreciação do fluxo luminoso de cada lâmpada.

**Usos Finais** – Pontos de utilização nos quais a energia é dissipada.

---

## Índice de Figuras

Figura 1 – Geração de Energia Elétrica no Mundo.....	25
Figura 2 – Geração de Energia Elétrica no Brasil.....	27
Figura 3 – Eficiência Luminosa de alguns Tipos de Lâmpadas.....	43
Figura 4 – Índice de Reprodução de Cores e Temperatura de Cor de algumas Lâmpadas.....	46
Figura 5 – Classificação das Lâmpadas.....	48
Figura 6 – Exemplo de Lâmpada Incandescente Comum.....	49
Figura 7 – Exemplo de Lâmpada Incandescente Refletora.....	50
Figura 8 – Exemplo de Lâmpada Incandescentes Halógenas.....	50
Figura 9 – Exemplo de Lâmpada Fluorescente Tubular.....	54
Figura 10 – Exemplo de Lâmpadas Fluorescentes Compactas Integradas.....	55
Figura 11 – Exemplo de Lâmpadas Fluorescentes Compactas Não Integradas.....	56
Figura 12 – Exemplo de Fluorescente de Indução Magnética.....	57
Figura 13 – Exemplo de Lâmpada a Vapor de Mercúrio.....	57
Figura 14 – Exemplo de Lâmpada a Vapor de Sódio.....	58
Figura 15 – Exemplo de Lâmpada a Vapor Metálico.....	59
Figura 16 – Exemplo de Lâmpada de Luz Mista.....	60
Figura 17 – Exemplo Esquemático de uma Lâmpada a Microondas.....	60
Figura 18 – Exemplo de Reator Eletromagnético.....	63
Figura 19 – Exemplo de reator Eletrônico.....	64
Figura 20 – Exemplo de Módulos de LED's.....	65
Figura 21 – Exemplo de Arranjos Individuais de LED's.....	66
Figura 22 – Classificação proposta pelo CIE de Luminárias para Iluminação Geral...71	
Figura 23 – Planta da Quadra onde se insere o DAU – UFC – 1970.....	108
Figura 24 – Planta da Quadra onde se insere o DAU – UFC – 2000.....	109
Figura 25 – Foto Aérea da Área onde se localiza o DAU – UFC.....	110
Figura 26 – Vista da Entrada Principal do DAU.....	111
Figura 27 – Vista da Área Interna (Anfiteatro) do DAU.....	111

---

Figura 28 – Vista da Área Externa (Estacionamento) do DAU.....	111
Figura 29 – Vista do Pavilhão do DAU.....	112
Figura 30 – Vista Lateral 1 do Pavilhão Martins Filho do DAU.....	112
Figura 31 – Vista Lateral 2 do Pavilhão Martins Filho do DAU.....	112
Figura 32 – Vista Externa do Bloco de Salas dos Professores.....	113
Figura 33 – Vista Externa de uma Sala de Aula.....	113
Figura 34 – Vista Externa das Salas de Aulas.....	113
Figura 35 – Vista Externa da Biblioteca.....	114
Figura 36 – Vista Lateral das Salas de Aula do DAU.....	114
Figura 37 – Vista do Anfiteatro do DAU.....	114
Figura 38 – Planta da Disposição dos Blocos do DAU – UFC.....	117
Figura 39 – Vista Interna do Mini-auditório (Sala de Aula) do DAU.....	122
Figura 40 – Vista Interna da Sala de Informática do DAU.....	123
Figura 41 – Vista Interna da Sala de Leitura e Acervo da Biblioteca do DAU.....	125
Figura 42 – Vista Interna Inferior e Superior do Pavilhão Martins Filho do DAU.....	126
Figura 43 – Vista Interna das Circulações do DAU.....	126
Figura 44 – Vista Interna das Salas de Aula mostrando a Iluminação do DAU.....	128
Figura 45 – Vista Interna das Salas de Aula sem Iluminação.....	128

---

## Índice de Tabelas

Tabela 1 – Perfil do Consumo de Energia Elétrica no Brasil.....	30
Tabela 2 – Comparação do Tempo de Vida útil de Lâmpadas Incandescentes/Econômica.....	44
Tabela 3 – Variação da Aparência de Cor como função do Iluminamento.....	46
Tabela 4 – Aparência de Cor das Lâmpadas.....	47
Tabela 5 – Quadro de Consumo de Energia entre os Tipos de Reatores.....	64
Tabela 6 – Classificação da CIE de Luminárias para Iluminação Geral.....	70
Tabela 7 – Refletância das Superfícies.....	73
Tabela 8 – Resultados alcançados e Ações realizadas até Dez. 2003 do PROCEL nas Escolas de Nível Médio.....	81
Tabela 9 – N.º de Alunos treinados nos Cursos de Engenharia até 2003.....	82
Tabela 10 – DAU – UFC – Áreas Construídas.....	118
Tabela 11 – Consumo Total do Sistema de Iluminação Artificial.....	120
Tabela 12 – Refletâncias Recomendadas.....	128
Tabela 13 – Iluminação Artificial – Intervenção Proposta.....	133

---

## **Siglas e Abreviaturas**

**AIEA** – Agência Internacional de Energia Atômica

**ABILUX** – Associação Brasileira da Indústria da Iluminação

**ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas

**CICE** – Comissão Interna de Conservação de Energia

**CIE** – Comissão Internacional de Iluminação

**CIEE** – Comissão Interna de Eficiência Energética

**DAU** – Departamento de Arquitetura e Urbanismo

**DEE** – Departamento de Engenharia Elétrica

**DOE** – Department of Energy

**ECO** – Estratégia de Conservar Energia – USA

**ELETRORÁS** – Centrais Elétricas Brasileiras S/A

**EPA** – Electric Power Research Institute

**FEMP** – Federal Energy Management Program

---

**IRC** – Índice de reprodução de Cor

**kW** – quilowatt

**kWh** – quilowatt hora

**LED** – Light Emitting Diodes

**MME** – Ministério de Minas e Energia

**PROCEL** – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

**PROCEM** – Programa de Eficiência no Consumo de Energia Elétrica da  
Universidade Federal do Ceará

**PROINFA** – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica

**PCH** – Pequenas Centrais Elétricas

**SIN** – Sistema Interligado Nacional

**UFPe** – Universidade Federal de Pernambuco

**UFC** – Universidade Federal do Ceará

---

## Unidades

<b>Especificação</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Unidade</b>	<b>Nome</b>
<b>Área</b>	A	m <sup>2</sup>	Metro quadrado
<b>Consumo (Energia)</b>	C	kWh	Quilowatt hora
<b>Demanda</b>	D	W	Watt
<b>Fluxo Luminoso</b>	f	lm	lúmen
<b>Iluminância</b>	E	lux	Jux
<b>Potência Instalada</b>	P	W	Watt

## Equivalências

1 kW – 10<sup>3</sup> W – kilo

1 MW – 10<sup>6</sup> W – mega

1 GW – 10<sup>9</sup> W - giga



## **CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO**

## 1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica é de fundamental importância para o desenvolvimento econômico e social de um país, utilizá-la de maneira correta, tratando-a com responsabilidade e sem desperdício, constitui um novo parâmetro a ser considerado no exercício da cidadania. As ferramentas a serem utilizadas devem estar alicerçadas basicamente em dois pontos: no uso de equipamentos mais eficientes e na mudança de hábitos.

A indústria de iluminação vem crescendo e investindo, incessantemente, na economia de energia e na eficiência de equipamentos através de novas tecnologias revolucionárias. Nos últimos anos, muitos produtos de iluminação artificial foram desenvolvidos com essa finalidade, a economia e eficiência, como as lâmpadas fluorescentes compactas e os reatores eletrônicos e os resultados são cada vez melhores, ou seja, iluminação de melhor qualidade e redução significativa de energia. Por isso a iluminação artificial apresenta-se como um dos usos finais de grande peso do setor público no consumo de energia elétrica, e é exatamente nela que vemos a possibilidade de redução de consumo.

Pode-se dizer que a energia é um bem essencial utilizado em todos os setores ou áreas da sociedade. Em certos setores produtivos, a energia representa não somente um insumo essencial mas, também, se constitui como um dos elementos de maior peso na estrutura de custos.

Todos os setores da vida humana são extremamente dependentes da energia elétrica e essa crescente busca por essas facilidades que ela é capaz de proporcionar, faz com que o consumo cresça a taxas relativamente elevadas e isso representa no nosso cenário a conquista essencial da civilização

## 1.1 Considerações Energéticas Mundiais

Que existe uma demanda crescente por energia elétrica no mundo e em especial no Brasil, isso é um fato, e os sistemas de iluminação são agentes de peso no consumo de energia total das edificações, principalmente em edifícios não residenciais.

Segundo GONÇALVES e SOLANO (2001), " Estudos simulados para área de escritórios com 54m<sup>2</sup>, em três cidades de climas distintos: Atenas, Londres e Copenhague, indicaram que nos três casos o sistema de luz artificial contribuiu para 50% do consumo total de energia elétrica. Atualmente, metade da energia consumida na Europa e nos Estados Unidos é destinada a edifícios."

A obtenção da energia elétrica é realizada por meio de várias fontes, tais como: carvão, gás, petróleo, nuclear e hidráulica, como mostra a figura abaixo.

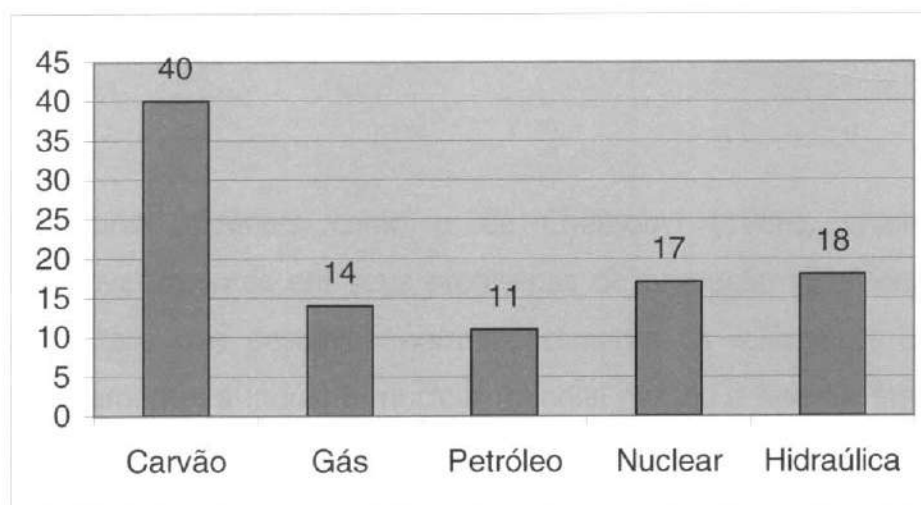


Figura 1 – Geração de Energia Elétrica no Mundo  
Fonte: [www.conciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear02htm](http://www.conciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear02htm)

As maiores economias do mundo são grandes importadoras de combustível para gerar eletricidade. Os Estados Unidos estão entre os maiores produtores de eletricidade, mas devido à demanda existente, precisam comprar excedentes do México e do Canadá. Os países europeus são os que mais utilizam energia nuclear. Levando-se em consideração a produção total de energia elétrica no mundo, a participação da energia nuclear saltou de 0,1% para 17% em 30 anos, fazendo aproximar-se da porcentagem produzida pelas hidrelétricas. De acordo com a (AIEA)<sup>1</sup> no final de 1998 havia 434 usinas nucleares em 32 países e 36 unidades sendo construídas em 15 países.

Em termos relativos, a região que mais utiliza a nucleoeletricidade é a Europa Ocidental com 30% e sendo esta a principal fonte de energia. A América do Norte com 17% e o Extremo Oriente e Europa Oriental com 15%. Três países respondem por 60% do total mundial da capacidade instalada em usinas nucleares e em geração de nucleoeletricidade (Japão, França e EUA). Entre estes, destaca-se a França, com 80% de sua energia gerada por 56 reatores nucleares, e o Japão, com 30%<sup>2</sup>. Na França 80% do consumo próprio é atendido desta forma, e é considerado o maior exportador de eletricidade da Europa. O Japão possui pequenas reservas de combustíveis fósseis usados na geração de energia, portanto, a única fonte doméstica de eletricidade que atende 30% de suas necessidades, é as usinas nucleares.

Após alguns acidentes como o de Chernobyl (1986), diversos países diminuíram os investimentos em seus programas de produção de energia nuclear, em especial a Itália que desativou permanentemente os reatores e cancelou os projetos. Paralelamente, a indústria nuclear mundial passou a investir em segurança como forma de superar a decadência com a qual se deparou este setor na década de 80.

<sup>1</sup> AIEA – Agência Internacional de Energia Elétrica – Fonte: <http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear02.htm>

<sup>2</sup> Energia nuclear – Custos de uma Alternativa. Fonte: <http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear02.htm>.

## 1.2 Considerações Energéticas Brasileiras

Ao final do Séc. XIX, quando a atividade econômica do Brasil era significativamente agrária, a participação da eletricidade como fonte de energia era expressiva. Com o início da industrialização, fatores como a concentração em centros urbanos e o surgimento de uma classe média impulsionaram seu uso. A partir de 1920 o Brasil foi tendo o seu número de usinas hidrelétricas instaladas aumentado, num crescimento constante. Estas usinas estavam geralmente associadas a regiões de atividade industrial ou atendiam às localidades definidas por concessão municipal. Desde esta época, já se verificava a primazia da hidroeletricidade, que representava 80% da potencia total instalada, de aproximadamente 779 MW.

As características físicas e geográficas do Brasil foram determinantes para a implantação de um parque gerador de energia elétrica de base predominantemente hidráulica. Com cerca de 25% de todo o potencial hidrelétrico conhecido correspondem a usinas em operação e em construção, estima-se que pelo menos nas duas próximas décadas, as fontes hidráulicas continuarão a desempenhar importante papel no atendimento à crescente demanda de energia elétrica.

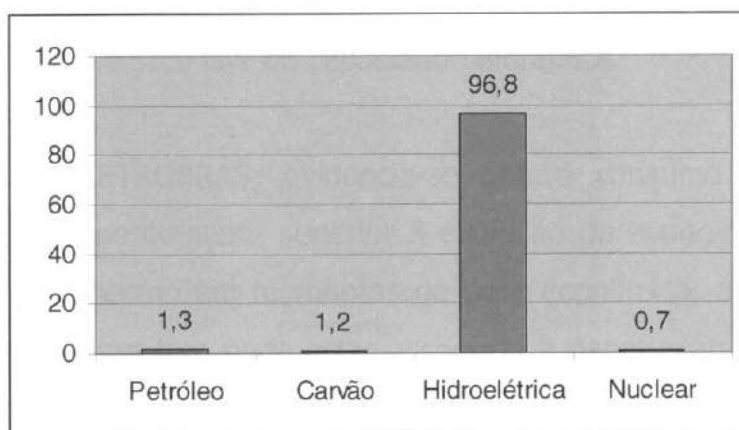


Figura 2 – Geração de energia elétrica no Brasil  
Fonte: [www.geocities.com/CapeCanaveral/Campus/6059](http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Campus/6059)

Os países desenvolvidos menos favorecidos em recursos naturais, investem em usinas nucleares para a produção de eletricidade. Nos países em desenvolvimento, destacando os pertencentes à Ásia e América do Sul, a demanda cresce bem acima da média mundial.

Essa característica própria diferenciou a evolução da economia da energia no Brasil dos outros países de vanguarda industrial, onde predominava a termoeletricidade, com base no carvão mineral. Seguindo uma tendência mundial, durante as décadas de 1940 e 1950, as usinas passaram a ser cada vez maiores para que se reduzissem os custos de instalação e de geração.

A Centrais Elétricas Brasileiras S. A. (ELETROBRÁS) foi criada pela Lei No. 3.890-A, de 25 de abril de 1961 e instalada em 11 de junho de 1962, com o objetivo de promover estudos e projetos de construção e operação de usinas geradoras, linhas de transmissão e subestações, destinadas ao suprimento de energia elétrica do país.

Segundo o M.M.E. (2000)<sup>3</sup> o potencial de capacidade hidrelétrica do país corresponde estimadamente a 260,1 GW, sendo 61,9 GW em operação ou em construção; 99,9 GW disponível inventariado e 98,3 GW disponível. O Sistema Elétrico Brasileiro aproveita atualmente 25% de seus recursos hídricos e sua capacidade nominal instalada corresponde a cerca de 61,3 GW, sendo 5,4 GW de capacidade térmica e 55,9 GW de capacidade hidráulica.

Segundo ELETROBRÁS, evidencia-se que o consumo segue trajetória de crescimento permanentemente superior à evolução da economia e do consumo de energia global e, mesmo em momentos de crise econômica, o mercado de energia elétrica aumenta. Esse fato pode estar associado à penetração crescente de energia elétrica, à modernização dos diversos setores da economia, ao crescimento

---

<sup>3</sup> Ministério das Minas e Energia: Ministério cria Comitê para apoiar a Expansão Hidrelétrica – fonte: <http://www.mme.gov.br/noticias/2000/setembro/04.09.2000.html>

populacional, à extensão das redes elétricas e à redução da demanda reprimida de eletrodomésticos no setor residencial brasileiro.

Uma previsão do M.M.E. (Ministério das Minas e Energia) realizada em 1999, diz que em 2008 a eletricidade vai representar mais da metade da energia consumida no Brasil. Diante dessa afirmativa surge uma preocupação: a demanda de energia elétrica no Brasil cresce sem que o País apresente uma capacidade energética excedente.

Segundo ROMERO (2003), o Brasil como um país grande produtor é também um grande consumidor energético como demonstrado anteriormente, e aí reside à origem do problema: o consumo. Enquanto que o crescimento da oferta depende de largos investimentos, na maior parte de suas iniciativas, o crescimento do consumo não é regulado por nenhum mecanismo legal. Um caminho que vem sendo discutido, como uma solução factível para o Brasil e que já é uma realidade nos países desenvolvidos, é o incentivo à auto produção ou produção independente de energia. Trata-se de viabilizar, por meio da instalação de usinas mini-hídricas, ou pelo incentivo à co-geração, à parceria entre consumidores e concessionárias de energia elétrica.

Uma outra alternativa, que o país ainda não deu a importância devida, é a utilização de recursos energéticos renováveis para a produção de energia elétrica como a biomassa, a energia eólica e os painéis fotovoltaicos. Todos esses recursos citados acima, não são soluções fáceis de serem implantadas por não existir incentivos políticos e regras bem definidas para tal. A outra alternativa seria a simples redução da demanda e do consumo, de forma a retardar o crescimento da geração e da oferta de energia. Essa seria uma alternativa mais economicamente viável de ser implantada por causa dos baixos investimentos envolvidos. Esse cenário torna evidente para o mercado futuro de energia elétrica, a necessidade de sua conservação.

### 1.3 Justificativa do Trabalho

O projeto de iluminação artificial não tem recebido a merecida importância na arquitetura contemporânea brasileira e isso faz com que à sua grande maioria sejam projetos grandes consumidores de energia, até mesmo pela informalidade com que esses projetos são desenvolvidos.

No Brasil, por exemplo, os gastos com iluminação artificial correspondem a 25% dos gastos com energia elétrica. Isso acontece pelo fato da produção brasileira de energia elétrica não acompanhar o aumento de demanda de consumo, e por ser esses sistemas de iluminação de fácil substituição, representa um segmento que pode proporcionar grande economia e menor consumo de energia elétrica.

O setor industrial é o maior consumidor de toda a energia elétrica produzida, utilizando 44%. O uso residencial vem a seguir, com um consumo de 25% e o uso comercial com 16%. Os outros 15% distribuem-se entre o setor rural, iluminação pública, órgãos do governo e outros.

A tabela abaixo mostra o perfil do consumo de energia elétrica no Brasil

#### Perfil do consumo de energia elétrica no Brasil

Classe	1999	2000	2001	2002	2003
Residencial	81.249	83.494	73.770	72.660	76.165
Industrial	123.560	131.195	122.629	127.694	129.877
Comercial	43.562	47.437	44.517	45.251	47.532
Outros	42.739	44.621	42.882	44.327	47.072

Tabela 01 – Perfil do consumo de energia elétrica no Brasil

Fonte: [www.eletrabras.gov.br/procel](http://www.eletrabras.gov.br/procel)

O edifício investigado nesse trabalho foi escolhido não por se tratar de mais um estudo relativo a edifícios do setor público, mas principalmente por ser utilizado para fins escolares (3º grau) pertencentes ao grupo dos grandes consumidores de energia elétrica, onde o maior uso final se refere à iluminação artificial.



Se levarmos em consideração o grande número de edificações com as mesmas características tão específicas no Brasil e no mundo, pode-se avaliar as inúmeras possibilidades de evitar o desperdício de energia elétrica e portanto com um grande potencial a ser explorado.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo Geral**

Estudar a eficiência energética dos sistemas de iluminação artificial do DAU – UFC – Ce, seus aspectos qualitativos e quantitativos e seu desempenho, propondo alternativas de redução do consumo de energia elétrica do uso final da iluminação artificial.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

Para atingir a meta do objetivo geral, foram executadas as seguintes etapas:

- Estudo dos fatores, sobretudo das tecnologias em iluminação artificial e suas aplicações em casos reais que contribuem para que as edificações sejam energeticamente eficientes;
- Estudo e análise de programas de iniciativas nacionais e internacionais na área de educação, conscientizando e incentivando ao uso racional de energia elétrica;
- Levantamento dos pontos de iluminação artificial, bem como suas potências, tipos de reator, regime de uso, tipos de lâmpadas e de luminárias;
- Proposta de solução, baseada na substituição total ou parcial do sistema atual por outro mais eficiente, adotando novas tecnologias que diminuam o consumo, indicando o quanto é possível reduzir;

- Verificação dos níveis de iluminância em salas de aula específicas, visando o aproveitamento da iluminação natural em conjunto com a iluminação artificial;
- Determinação dos potenciais de melhoria da eficiência energética do sistema de iluminação artificial do DAU – UFC, ou seja, reconhecer onde é possível reduzir;
- Estruturar um elenco de recomendações que proporcione soluções apropriadas ao desempenho eficiente da iluminação no espaço estudado;
- Controle na aquisição de novos produtos, com o intuito de verificar antecipadamente a eficiência energética e sua qualidade;
- Conscientização da comunidade acadêmica e não acadêmica para o uso eficiente do sistema de iluminação artificial, envolvendo-os numa permanente campanha de combate ao desperdício.

### **1.4.3 Estrutura da Dissertação**

Capítulo 1 – Introduz e justifica a finalidade desse trabalho que é o de estudar a eficiência energética dos sistemas de iluminação artificial do DAU – UFC, frente ao desenrolar da política energética do País.

Capítulo 2 – Num primeiro momento esse capítulo faz um passeio pela evolução da luz desde os seus primórdios até os nossos dias, falando da tecnologia existente hoje e como ela pode ser usada para a realização de intervenções no sistema de iluminação artificial que possibilitem obter melhor eficiência energética. Num segundo momento, apresentamos alguns dados relativos a levantamento de casos reais de aplicação de tecnologias em alguns países do Mundo e no Brasil, para

verificar os tipos empregados e os potenciais de redução de consumo atingidos com a substituição de tecnologias.

Capítulo 3 – Apresenta iniciativas nacionais e internacionais de programas de eficiência energética, através de medidas educacionais e de apoio à pesquisa, como alternativas para redução do consumo de energia elétrica, por julgarmos ser importante a divulgação de qualquer medida que proporcione essa redução.

Capítulo 4 – Esse capítulo apresenta dados históricos sobre o edifício do DAU – UFC. Na seqüência mostra dados sobre o consumo de energia em iluminação artificial, a descrição das condições físicas atuais do sistema de iluminação e como se realiza a manutenção do mesmo, observando o comportamento dos usuários. Finalmente é feita uma análise de todos os dados obtidos, sugerindo modificações no sistema para a redução do consumo de energia elétrica.

Capítulo 5 – Elabora e apresenta as conclusões gerais do trabalho e algumas recomendações julgadas importantes.

O fechamento do trabalho é feito pela apresentação dos ANEXOS.

## **CAPÍTULO 2 - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL**

## **2. EFICIENCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL**

### **2.1 Considerações Iniciais**

Para a realização do levantamento do potencial de eficiência energética do sistema de iluminação artificial do estudo de caso, que ora analisamos, se tornou necessário fazer um reconhecimento das propriedades e dos tipos de tecnologias de iluminação existentes no local de estudo – O DAU – UFC – Ce. Para que se proponha as intervenções, foi necessário realizar um levantamento das tecnologias disponíveis no mercado, que possam ser usadas como alternativa para a redução no consumo de energia elétrica, buscando adquirir informações gerais sobre os diferentes tipos de cada componente, verificando suas propriedades básicas, evidenciando assim os parâmetros que devem ser considerados no momento da escolha.

A gama de produtos eficientes é muito grande, portanto, na busca dessas tecnologias, foi possível identificar as tendências dos equipamentos para o futuro, além das novas propostas aqui registradas.

No desenvolvimento dessa pesquisa foram também estudadas questões sobre a realidade da aplicação e funcionamento dessas tecnologias no panorama mundial e nacional, realizando um levantamento de intervenções, tanto internacionais como nacionais.

### **2.2 A Evolução da Luz**

A vida dos seres humanos está intimamente relacionada à luz, e sem ela, literalmente não se pode viver sem ela, que é um elemento primário animando a vida da terra e desempenhando um papel cheio de simbolismo em diferentes culturas. Com o sentido de revelação freqüentemente são usadas expressões como

“encontrar a luz no fim do túnel” ou “ter uma luz”. Nas religiões, são atribuídos à luz significados especiais, como mostra a Bíblia, ligados à própria criação.

Tudo começou no Neolítico, com a descoberta de como controlar e produzir o fogo. Logo em seguida ele começou a ser usado para aquecer, cozinhar, sinalizar e proteger. Assim, tornou-se motivo de dominação entre as civilizações antigas, já que as tribos que sabiam como “manipular” o fogo eram obviamente mais poderosas. E até hoje a luz do fogo fascina os homens. É como poder controlar o incontável. Uma vela aquece o ambiente, suaviza as emoções, eleva o espírito.

Bem como ocorria na Pré-História, hoje também é possível associar a energia com o poder entre os povos. Se olharmos uma foto noturna do globo terrestre, veremos que os países mais brilhantes são os que dominam a tecnologia e a economia do mundo.

Como seria a nossa vida sem a eletricidade? Muito de nós nos perguntamos e nunca paramos para pensar... Provavelmente, ainda estaríamos vivendo no séc. XIX, onde a vida da maioria das pessoas era em torno do período do sol. Com a revolução industrial tudo isso mudou, criou-se as necessidades e os meios para a nova ordem da iluminação artificial. Essa iluminação tornou-se necessária para o perfeito funcionamento da máquina industrial e para sua eficiência.

Além disso, falar de iluminação é falar sobre arquitetura. São indissolúveis. Desde o início de sua história, a arquitetura surge como uma forma de possibilitar ao homem um habitat seguro e adequado às suas necessidades

Hoje, a maioria de nós, depende a maior parte do tempo em edificações onde o controle adequado da luz natural e à provisão de luz artificial são condições “sine qua non”.

Em resposta às necessidades da iluminação artificial, para, existe hoje uma grande e imaginativa indústria. Entretanto, não se pode dizer que todos as sistemas

sejam particularmente bem desenvolvidos para os requerimentos especiais a que se destinam, ou, ainda, ao conforto e saúde do ser humano.

### 2.3 A Tecnologia da Luz

*"O arquiteto foi literalmente liberado para buscar outros paradigmas que não resultantes de considerações de elementos naturais(...). Desenvolvimentos na área de sistemas estruturais, na produção do vidro e, posteriormente, no advento da luz elétrica contribuíram para retirar a função térmica do envoltório e passa-la aos sistemas mecânicos de aquecimento e refrigeração. Da mesma forma, alguns desses novos sistemas substituíram as aberturas na função de fontes de luz primárias."*<sup>4</sup>

Até o advento da iluminação artificial, os sistemas de iluminação natural desenvolviam-se com inovações e sofisticações técnicas, como nos períodos Gótico e Renascentista, que visava aproveitar o máximo os recursos naturais e condições climáticas geradas pelo envoltório das edificações. As plantas arquitetônicas eram definidas em função de limites como os da iluminação natural e da ventilação. Aos usuários restavam se ajustarem às condições naturais de luz e calor. O conhecimento destas condicionantes climáticas (luz e calor) para definição de estratégias de projeto era requisito fundamental na produção de boa Arquitetura.

Com a Revolução Industrial, esse quadro muda, pois ela se tornou responsável por grandes progressos tecnológicos que influenciou diretamente a produção dos edifícios e modificaram o papel do arquiteto.

A tecnologia alterou a estratégia de "resolução da luz", que não mais precisava ser definida de fora para dentro. Liberou assim, o envoltório do edifício da

<sup>4</sup> Fernando F.O.R.Pereira. "Iluminação Natural no Ambiente Construído", Porto Alegre, ANTAC, 1995 p.8. Curso ministrado no III Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e I Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído, Gramado, 1995.

função de regulador do meio ambiente e permitiu maiores liberdades na criação. O espaço interno podia ser isolado e controlável e a luz artificial manipulada para atender às necessidades racionais e emocionais de seus usuários.

As novas descobertas em iluminação artificial foram influenciadas pelas circunstâncias e situações de projeto que surgiram com os novos programas de necessidades. A invenção de uma nova tecnologia ou técnica acontecia à medida que objetivos específicos tinham de ser alcançados, quando novas necessidades práticas precisavam ser atendidas, como acontece hoje em dia.

Na década de 30 o custo dos sistemas de iluminação artificial ainda era relativamente alto e a eficiência das fontes luminosas muito baixas.<sup>5</sup> Esses fatores contribuíram para que a iluminação artificial demorasse a difundir-se, restringindo até então o seu uso ao período noturno. O desenvolvimento das fontes de luz fluorescentes foi crucial para o aumento da eficácia da iluminação e redução dos ganhos térmicos para os sistemas de ar condicionado.

As plantas dos edifícios passaram então a ser limitadas pelas necessidades funcionais e de maximização de uso dos espaços nas cidades modernas, os engenheiros elétricos, assumiram a responsabilidade pelos projetos de iluminação artificial, e esse tipo de iluminação popularizou-se e foi incorporado às edificações, à medida que a energia elétrica tornava-se economicamente viável. Isso só foi ocorrer a partir dos meados do século XX, impulsionado por projetos de órgãos governamentais de incentivo aos grandes consumidores e pela indústria de iluminação artificial que, em pleno desenvolvimento, promovia inúmeros projetos de pesquisas para aumentar a eficiência dos níveis de iluminância.

Apesar da tecnologia da iluminação ter se desenvolvida muito rapidamente nesse período, sua integração harmoniosa à Arquitetura Contemporânea recebeu menos atenção do que realmente merecia, gerando assim espaços com pouca



qualidade arquitetônica e de baixo conforto visual. Essa problemática não é tão recente a ainda hoje há um grande desconhecimento entre arquitetos sobre essas novas tecnologias e a falta de consciência energética. Os engenheiros ainda detém parte da responsabilidade pelos projetos luminotécnicos e os arquitetos como não são treinados para tal, desperdiçam oportunidades tremendas de composição arquitetônica com a luz, não reconhecendo as potencialidades das fontes artificiais de luz.

## 2.4 Sistemas de Iluminação Artificial

Sabemos hoje que a eficiência energética é um diferencial de qualidade nos sistemas de iluminação, e por conta disso, a indústria vem investindo na melhoria do desempenho dos componentes básicos de um sistema de iluminação artificial, ou seja, lâmpadas, reatores e luminárias.

De todos esses componentes, as lâmpadas apresentam a particular capacidade de converter energia elétrica em luz, propriedade essa ligada ao consumo, portanto amplamente considerada numa intervenção. Determinadas lâmpadas necessitam de acessórios especiais para que operem adequadamente: os reatores, que por interferirem no desempenho global do sistema, devem receber igual atenção. Como componentes auxiliares do sistema de iluminação, as luminárias, com sua finalidade de direcionar a luz para a superfície de trabalho maximizando o seu aproveitamento, também merecem importância apesar de não economizarem energia diretamente. Esses três equipamentos, lâmpada, reator e luminária, trabalhando em harmonia, podem resultar num conjunto eficiente.

Dentro da gama de outros dispositivos, alguns já bem conhecidos ou mais recentemente desenvolvidos, como os sensores de presença, podem gerenciar o uso

---

<sup>5</sup> Uma lâmpada típica de filamento era apenas cerca de 12 lúmens por watts e a eletricidade era pelo menos cinco vezes mais cara em termos reais que hoje, resultando na iluminação custando cerca de 25 vezes o seu custo real atual – "Lighting Exterior

do conjunto exposto acima, tornado-o ativo somente quando necessário, o que evita o desperdício de suas potencialidades e de energia.

Para tornar o processo de intervenção mais confiável e eficiente e também para a aplicação correta desses equipamentos, é aconselhável um prévio conhecimento do conteúdo de seus manuais de operação para uma melhor avaliação de suas potencialidades.

Segundo EPA (1998), na realização de uma intervenção, de um modo geral, algumas regras devem ser seguidas, para maximizar as oportunidades de economia no sistema elétrico:

- verificar a intensidade de luz e a qualidade indispensável para a tarefa e necessidade dos ocupantes;
- emprego de lâmpadas e reatores eletrônicos;
- emprego de luminárias adequadas;
- uso de controles automáticos para desligar as luzes ou diminuir sua intensidade quando for menos necessária a sua utilização;
- utilização de equipamentos com rótulo de ENERGY-STAR<sup>6</sup>;
- estabelecimento de operação e manutenção com práticas organizadas, por meio de um grupo fixo de profissionais, para a periódica realização de troca e limpeza.

Segundo COOK (1998) algumas ações são recomendadas que devem ser consideradas como auxiliar na melhoria da eficiência energética de sistemas de iluminação artificial:

- maximizar o uso da luz natural (quando possível) e permitir o uso simultâneo de iluminação geral e de tarefa, permitindo a redução do uso da primeira;
- implantação de interruptores em locais de trabalho, onde possa ser possível o controle da iluminação local;

---

and Landscapes. "New York, PBC International, 1993.

<sup>6</sup> Produtos com o selo americano ENERGY-STAR, são rotulados como eficientes ou econômicos.

- determinação de uma freqüente ação de limpeza e de períodos regulares de manutenção.

A eficiência energética dos sistemas de iluminação artificial está associada, basicamente, às características técnicas e ao rendimento de um conjunto de elementos, dentre os quais destacam-se: lâmpadas, reatores, luminárias, circuitos de distribuição e controle, uso da luz natural, necessidades de iluminação do ambiente etc.

### **2.4.1 A Lâmpada**

O primeiro aparelho de luz elétrica foi a lâmpada de arco, a qual estabelecia uma ponte de corrente entre dois eletrodos. Com excesso de calor e inflexibilidade para ser usada na iluminação de interiores, foi empregada principalmente para projeção de filmes e em holofotes traçadores.

A segunda mais antiga lâmpada elétrica é a de filamento incandescente enclausurado num bulbo de vidro selado. Era ineficiente: somente 10% de seu output de energia eram sob forma de luz, o restante sob forma de calor e uma porção adicional de luz era absorvida pelo próprio bulbo ou filtro que se usasse para corrigir sua cor amarelada.

Entretanto, ainda é tão flexível e disponível num largo espectro de tamanhos, formas e capacidades, que é, ainda, de longe o mais popular tipo de iluminação geral, e sua eficiência melhoraram aproximadamente dez vezes em décadas recentes.

O rápido desenvolvimento dos produtos e a fragmentação acelerada do processo de projeto e construção que estavam em andamento na era da eletrônica, por exemplo, fizeram com que arquitetos delegassem o controle da iluminação artificial dos ambientes e engenheiros eletricitas. Esses, por sua vez, estimulados

pela propaganda da indústria de iluminação e energia adotou o lema: "Quanto mais luz melhor", tudo pelo progresso.

Com a redução das disponibilidades energéticas, o mundo, todo passou a discutir questões de consumo de energia nas edificações. A energia já não é mais considerada fonte inesgotável, como se parecia ser. Essa nova realidade, de escassez de energia, exige mudanças de prioridades e agora são necessários projetos de edificações que utilizem cada vez menos recursos e tenham muito mais qualidade arquitetônica.

A engenharia de iluminação tende a estabelecer um completo controle sobre ambientes luminosos, usando iluminação totalmente artificial em edifícios que, paradoxalmente, por serem excessivamente envidraçados, acabam funcionando como se fossem sem janelas. Para umas funções, era apropriado mas para a maioria dos propósitos, entretanto, a edificação sem janelas não só parece impraticável como indesejável. Independente de questões de custo, as pessoas não se sentem bem, enclausuradas em "edifícios vedados".

O bem estar humano aparentemente sofre decréscimo acentuado quando restrito as rasas perspectivas artificiais de quadros e posters em substituição às mais completas e profundas da natureza (nossos olhos preferem variedade e liberdade para ocasionais varreduras descompromissadas de campos visuais outros além das mãos trabalhando).

#### **2.4.2 Eficiência e Economia**

Segundo PHILIPS<sup>7</sup>, a eficiência de uma lâmpada é a maneira como ela consome energia elétrica. Podemos dizer que uma lâmpada é mais eficiente à medida que a maior parte da energia consumida por ela é destinada à produção de

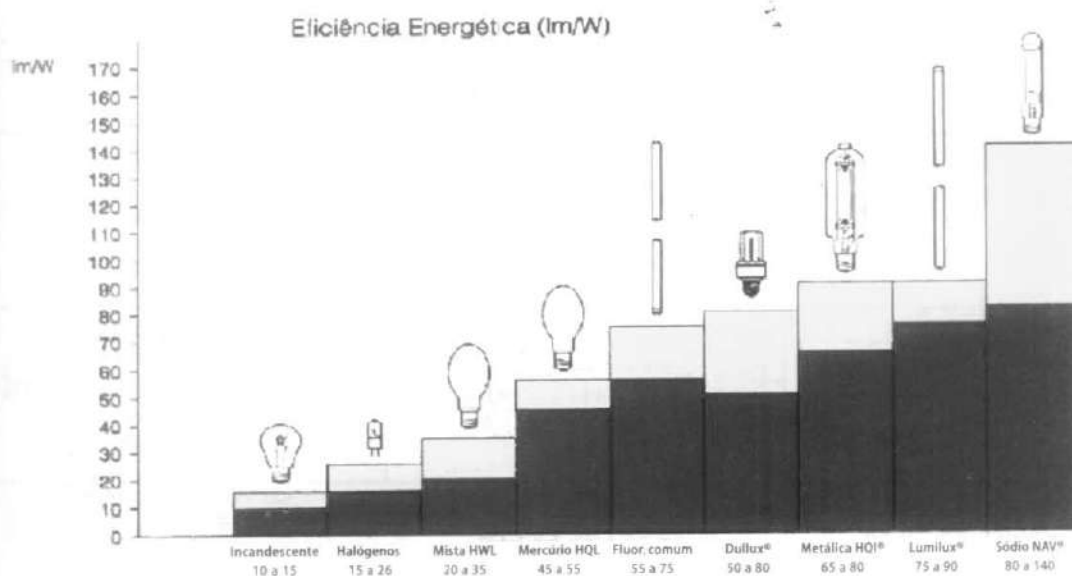
---

<sup>7</sup> Fonte: <http://www.lighting.philips.com/brasil>.

luz. Segundo OSRAM<sup>8</sup>, eficiência é a relação entre o fluxo luminoso e a potência luminosa. Podemos dizer que é a quantidade de luz fornecida a cada Watt consumido.

Nas lâmpadas incandescentes e halógenas, 80% da energia utilizada é transformada em calor e apenas 15% gera luz. Toda esta energia transformada em calor é lançada no ambiente, causando aumento da temperatura e desconforto.

As lâmpadas fluorescentes e as fluorescentes compactas (Energy Saver – economizadoras de energia) têm outra maneira de funcionar, produzindo mais luz e emitindo pouco calor.



103

Figura 03 – Eficiência luminosa de alguns tipos de lâmpadas  
Fonte: Catálogo da Philips - 2002

No nosso atual cenário em que vivemos, quando falamos em otimização, imediatamente se pensa em adotar produtos capazes de promover a diminuição no consumo de energia elétrica. Porém, tratando-se de economia, outras características são igualmente importantes e devem ser também observadas com muito cuidado. De nada adianta uma iluminação econômica em termos de consumo energético, sendo deficiente em outros aspectos.

<sup>8</sup> Fonte: Catálogo Geral 2000 – Idéias que acendem sua vida – OSRAM.

Uma dessas características, é o tempo de vida de uma lâmpada, que deve ser cuidadosamente analisado, visto que a manutenção do sistema, relacionada à troca, implica em gastos extras. Novamente, retornando o exemplo das lâmpadas incandescentes, elas apresentam um tempo de vida útil equivalente a 10% das lâmpadas econômicas. Observando a tabela abaixo vemos que: Para uma lâmpada econômica de 15W, por exemplo, funcionando 4 horas por dia, ao longo de seu tempo de vida útil, seriam necessárias dez lâmpadas incandescentes de 60W, que consumiriam quatro vezes mais.

**Tabela 02 – Comparação do tempo de vida**

	Vida útil (horas)	Consumo Diário* (Wh)	Tempo (anos)	Consumo total (kWh)	Número de trocas
Lâmpada Econômica (15 W)	15.000	60	7	153,3 (100%)	nenhuma
Lâmpada Incandescente (60 W)	1.000	240	7	613,2 (400%)	10

\*quatro horas por dia

Fonte: Catálogo da OSRAN

Por esse motivo, o fluxo luminoso deve ser prioritariamente considerado. Dependendo do tipo, uma lâmpada pode emitir mais ou menos luz, o que implica diretamente no conforto visual necessário para o desenvolvimento de uma determinada tarefa..

### 2.4.3 Qualidade de Cor das Fontes de Luz

As qualidades de cor de uma lâmpada são características por duas diferentes atribuições:

- A aparência de cor, que pode ser descrita pela sua Temperatura de Cor;
- A sua capacidade de reprodução de cor, que afeta a aparência da cor dos objetos iluminados pela lâmpada.

Fontes de luz de aparência de cor igual poderão ter composições espectrais totalmente diferentes e, conseqüentemente, poderão mostrar grandes diferenças na reprodução de cor. Portanto, é impossível tirar qualquer conclusão referente às características de cor de uma lâmpada, considerando-se a sua aparência de cor.

#### **Aparência de Cor e Índice de Reprodução de Cor**

A cor, em si, tem relativamente pouca importância para a visão dos detalhes em tarefas visuais, mas é fundamental na resposta emocional dos indivíduos ao meio.

Os efeitos psicológicos da cor são bem conhecidos, apesar de os detalhes e mecanismo através do qual a cor afeta o humor e as emoções não serem tão compreendidas. Porém, para a iluminação artificial, ela assume grande importância.

Há dois importantes aspectos da colorimetria para os arquitetos que manipulam a luz; o primeiro é saber que a luz tem propriedades de reproduzir as cores dos objetos diferentemente (o que afeta a aparência de cor dos objetos iluminados pela fonte de luz): o segundo é que a luz tem sua própria cor (que poderá ser descrita pela sua temperatura de cor).

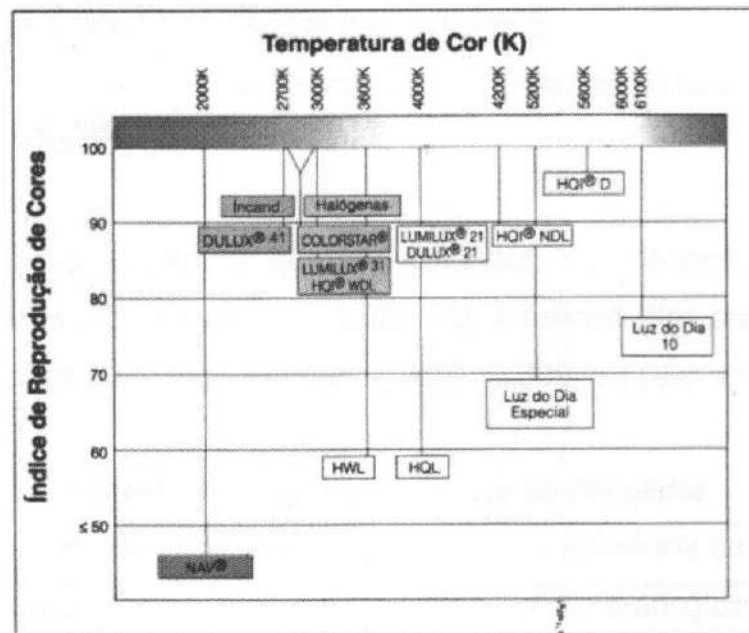


Figura 04 – Índice de Reprodução de Cores e Temperatura de Cor de algumas lâmpadas  
Fonte: PHILIPS. Catálogo 2000

O primeiro aspecto qualitativo de simples compreensão, mas de complexos resultados é o índice de reprodução de cores (IRC), que é a propriedade que os diferentes tipos de luz possuem de reproduzir com maior ou menor fidelidade à cor do objeto, tendo como referência à chamada luz do dia, ou natural. IRC alto significa uma aproximação do aspecto de cor do mesmo material sob a luz do dia.

**Tabela: 03 – Variação da aparência de cor como função do iluminamento**

Iluminamento (lux)	Aparência de cor da luz		
	Quente	Intermediária	Fria
≤ 500	agradável	neutra	fria
500 - 1000	↕	↕	↕
1000 - 2000	estimulante	agradável	neutra
2000 - 3000	↕	↕	↕
≥ 3000	inatural	estimulante	agradável

Fonte: PHILIPS – Manual de Iluminação. 1976



De maneira geral, o segundo aspecto refere-se à chamada temperatura de cor ou aparência de cor, ou seja a cor da luz. Essa dependerá da fonte de luz e afetará a percepção dos objetos coloridos.

As lâmpadas, exceto as que são coloridas, são divididas em três grupos básicos: frias ou branco-azuladas ( $> 5.000\text{ }^\circ\text{K}$ ), intermediárias brancas ( $3.300\text{ }^\circ\text{K}$  e  $5.000\text{ }^\circ\text{K}$ ) e quentes ou branco-avermelhadas ( $< 3.300\text{ }^\circ\text{K}$ ). (Ver tabela abaixo)

**Tabela 04 – Aparência de cor de lâmpadas**

Temperatura de cor correlata	Aparência de Cor
$> 5.000^\circ\text{ K}$	Fria (branco-azulada)
$3.300 - 5.000^\circ\text{ K}$	Intermediária (branca)
$< 3.300^\circ\text{ K}$	Quente (branca-avermelhada)

*Fonte: Viana, Nelson Solano & Joana Carla Soares. Iluminação e Arquitetura. Virtus s/c Ltda, São Paulo, 2001*

De maneira geral, a relação da cor da luz com a temperatura e como esta cor é percebida, é um fenômeno afetivo. Sabemos que estão associadas a fenômenos sazonais, como inverno e verão, e à nossa afetividade,. O uso desse recurso, que pode definir conforto e propriedade de solução arquitetural de forma sutil, está também sob âmbito cultural.

#### **2.4.4. Classificação das Lâmpadas:**

Atualmente existem diferentes tipos de lâmpadas para as mais diversas aplicações. Para o uso em edificações residenciais e comerciais, no entanto, as lâmpadas elétricas podem ser classificadas em dois grupos básicos: incandescentes (irradiação por efeito térmico) e lâmpadas de descarga gasosa. O gráfico abaixo demonstra bem essa classificação.

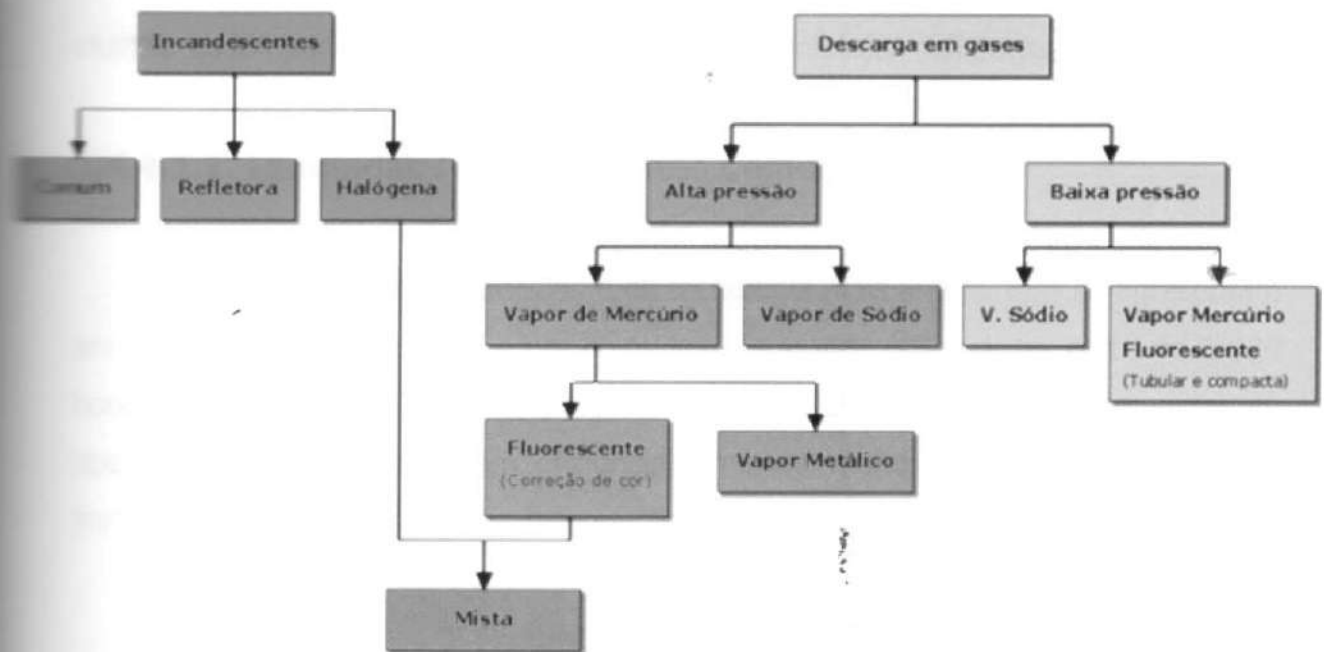


Figura 05 : Classificação das lâmpadas  
Fonte: [www.philips.com.br](http://www.philips.com.br)

#### 2.4.4.1. Lâmpadas Incandescentes:

As lâmpadas incandescentes são as mais comuns. Embora de vida útil bastante curta, seu custo inicial é baixo. Seu princípio de funcionamento é produzir luz pela elevação da temperatura de um filamento adequadamente montado e fechado dentro de um bulbo de vidro, contendo vácuo ou gás. Pela passagem de corrente elétrica, o filamento aquece-se à incandescência. E, como é natural, quanto maior a temperatura do filamento, maior será a proporção de energia radiada na região visível do espectro e, portanto, maior a eficácia da lâmpada. Os filamentos usados, geralmente de tungstênio, metal que tem um ponto de fusão muito elevado (3.550 graus centígrados) e baixa velocidade de evaporação.

Ela não requer aparelhagem auxiliar (exceto as halógenas) e seu tamanho é reduzido, em contrapartida sua eficiência luminosa é bem baixa e existe uma elevada dissipação de calor que se traduz no desperdício de energia, além disso, deve-se tomar cuidado com a possibilidade de ofuscamento, resultante de sua alta luminância.

Existem muitos tipos de lâmpadas incandescentes, das quais podem ser citadas: as lâmpadas incandescentes comuns, as lâmpadas refletores e as halógenas.

#### **2.4.4.1.1. Lâmpadas Incandescentes Comuns:**

Estas são as mais conhecidas e de tecnologia mais antiga. Elas se apresentam em bulbos claros ou leitosos e até coloridas e sua vida útil é curta, cerca de 1.000 horas. Seu custo inicial é baixo porém seu custo global é alto, incluindo custos de operação e manutenção. Tem eficiência luminosa muito baixa, da ordem de 12 lm/W, apesar de ter uma ótima reprodução de cores.



*Figura 06 - Exemplo de lâmpada incandescente comum  
Fonte: [www.philips.com.br](http://www.philips.com.br)*

#### **2.4.4.1.2. Lâmpadas Incandescentes Refletores:**

As lâmpadas espelhadas possuem refletor interno para melhorar o direcionamento da luz. São fontes de luz de alto rendimento luminoso, dimensões reduzidas e fecho dirigido. O espelho interno garante um fluxo luminoso constante, de alta intensidade e distribuição precisa, devido ao formato do bulbo e ao alumínio evaporado na sua superfície interna. As lâmpadas refletores, por sua vez, têm partes da superfície interna do bulbo espelhada. O refletor, sendo interno, não está sujeito à corrosão ou contaminação, mantendo-se um alto rendimento durante toda a vida útil da lâmpada. Esse refletor pode ter um perfil parabólico ou elíptico.

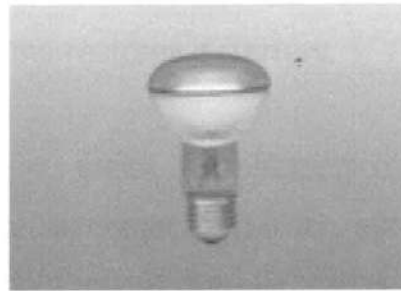


Figura 07 - Exemplo de lâmpada incandescente refletora  
Fonte: [www.philips.com.br](http://www.philips.com.br)

#### 2.4.4.1.3. Lâmpadas Incandescentes Halógenas:

A lâmpada halógena possui um halogênio (iodo, bromo, flúor) no inteiro do bulbo, adicionado ao gás normal do bulbo. Com a ajuda do bulbo de quartzo, que suporta elevadas temperaturas evitando assim a condensação, o tungstênio evaporado combina-se como o halogênio, formando um novo composto gasoso. Quando em contato com o filamento, o tungstênio da mistura é re-depositado no filamento e o halogênio continua sua tarefa no ciclo regenerativo. Com 25% a 40% de redução no consumo em relação às incandescentes comuns, também permitem uma perfeita reprodução de cores. Sua vida útil é de 2.000 horas.

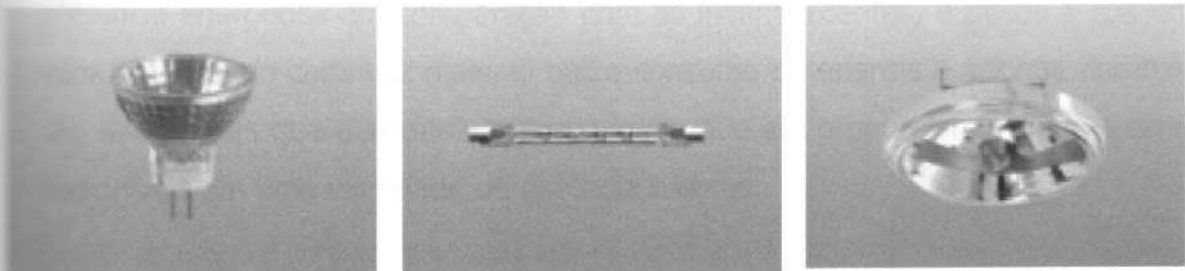


Figura 08 - Exemplo de lâmpadas incandescente halógenas  
Fonte: [www.philips.com.br](http://www.philips.com.br)

#### 2.4.4.2. Lâmpadas de Descarga Gasosa:

As lâmpadas de descarga gasosa não possuem filamento e sua luz é produzida pela excitação de um gás (pela passagem de energia elétrica) contido entre dois eletrodos. Desta forma é produzida radiação ultravioleta (invisível) que, ao

Essas produzem um efeito estroboscópico, ou sejam piscam na mesma frequência da tensão de alimentação (60Hz), apresentando essa desvantagem. É recomendado o uso de pelo menos duas lâmpadas ligadas em circuitos diferentes ou um reator duplo, que terão suas piscadas defasadas evitando assim esse efeito.

As lâmpadas de descarga gasosas têm vida úteis cerca de 7.500 horas e custos maiores que as incandescentes, todavia sua eficiência luminosa é cinco vezes maior do que as incandescentes, superam os 70 lumens/Watt. Têm uma cor fria e com reprodução de cores que deixa a desejar.

As lâmpadas de descarga gasosa podem ser divididas em 02 grupos: alta pressão e baixa pressão.

#### **2.4.4.3. Lâmpadas Fluorescentes:**

As lâmpadas fluorescentes representam uma inovação em termos de eficiência energética em comparação com as incandescentes, e desde a sua criação vêm melhorando cada vez mais. O baixo consumo de energia e a longa durabilidade são diferenciais que determinam a economia que ela proporciona. Além disso estão disponíveis em uma variedade de potência e cores.

Essas lâmpadas são a clássica forma para uma iluminação econômica, por esse motivo, sua aplicação nas diversas áreas residenciais, comerciais e industriais é a mais indicada.

As primeiras lâmpadas fluorescentes desenvolvidas apresentavam um diâmetro do tubo T12 (38mm) e utilizava em seu revestimento interno um pó

atingir as paredes internas do bulbo (revestida por substância fluorescente, como os cristais de fósforo) é transformada em luz. Estas lâmpadas necessitam de alguns dispositivos auxiliares como reatores e starters.

Elas produzem um efeito estroboscópico, ou sejam piscam na mesma frequência da tensão de alimentação (60Hz), apresentando essa desvantagem. É recomendado o uso de pelo menos duas lâmpadas ligadas em circuitos diferentes ou com reator duplo, que terão suas piscadas defasadas evitando assim esse efeito.

As lâmpadas de descarga gasosas têm vida úteis cerca de 7.500 horas e custos maiores que as incandescentes, todavia sua eficiência luminosa é cinco vezes maior do que as incandescentes, superam os 70 lumens/Watt. Têm uma cor fria e com reprodução de cores que deixa a desejar.

As lâmpadas de descarga gasosa podem ser divididas em 02 grupos: alta pressão e baixa pressão.

#### **2.4.4.3. Lâmpadas Fluorescentes:**

As lâmpadas fluorescentes representam uma inovação em termos de eficiência energética em comparação com as incandescentes, e desde a sua criação vêm melhorando cada vez mais. O baixo consumo de energia e a longa durabilidade são diferenciais que determinam a economia que ela proporciona. Além disso estão disponíveis em uma variedade de potência e cores.

Essas lâmpadas são a clássica forma para uma iluminação econômica, por esse motivo, sua aplicação nas diversas áreas residenciais, comerciais e industriais é a mais indicada.

As primeiras lâmpadas fluorescentes desenvolvidas apresentavam um diâmetro do tubo T12 (38mm) e utilizava em seu revestimento interno um pó

fluorescente comum. A grande revolução das fluorescentes, ao longo dos anos, tem ficado por conta da redução do diâmetro e melhoria da qualidade da luz.

As fluorescentes são lâmpadas de descarga de baixa pressão, nas quais a luz é produzida predominantemente por pós-fluorescentes ativados pela energia ultravioleta da descarga. Sua forma geralmente é tubular, com eletrodo em cada ponta, contendo vapor de mercúrio em baixa pressão.

Para funcionarem necessitam de um reator que pode ser do tipo eletromagnético, mais utilizado nos modelos tradicionais ou eletrônicos, empregado nas novas gerações, conforme discutiremos em item posterior.

A função do starter é proporcionar a tensão necessária para haver a descarga inicial do gás, através de pulsações de corrente, ionizando o caminho da descarga para que a lâmpada passe a operar.

Em geral, as lâmpadas fluorescentes possuem boa eficiência luminosa (4 a 6 vezes maior que as incandescentes) e vida média alta (6.000 a 9.000 horas). O fato de apresentarem baixa luminância é vantagem, pois reduz a possibilidade de ofuscamento. Esse tipo de lâmpada apresenta variações quanto ao formato e funcionamento.

#### **2.4.4.3.1. Fluorescente Tubular**

As fluorescentes tubulares foram as primeiras a serem desenvolvidas. São basicamente definidas pelo diâmetro do tubo e por sua potência, entre outros fatores.

As lâmpadas mais recentes são mais finas e conseqüentemente as que consomem menos energia, por permitirem melhor refletância por parte das luminárias. Eis alguns modelos:

- T-12, com diâmetro de 38 mm;
- T-8, com diâmetro de 26 mm;

- T-5, com diâmetro de 16 mm;
- T-2, com diâmetro de 7 mm.

As lâmpadas tubulares mais comuns, conhecidas como T-12 funcionam com reatores eletromagnéticos. A vida útil é de 7.500 horas e chegando ao final desse tempo já apresentando uma depreciação do fluxo luminoso em torno de 20%.

As lâmpadas tubulares econômicas, com diâmetro de tubo T-8 (26mm) apresentam potência menores que a anterior. Segundo OSRAM<sup>9</sup> permite uma redução de 10 a 15% de energia, fornecendo a mesma quantidade de luz. Podem funcionar tanto com reatores eletromagnéticos ou eletrônicos, dependendo da sua potência. Na última opção, o consumo de energia é reduzido em 30%. Também apresentam vida útil de 7.500 horas e uma depreciação do fluxo luminoso perto de 10%, quando operadas com reatores eletrônicos ocorre um aumento na sua vida útil em 50%.

As lâmpadas tubulares T-5, fornecem uma economia ainda maior que as T-8, consomem 28W, ou 4W a menos e apresentam eficiência igual a 104 lúmens/Watt contra cerca de 90 lúmens/Watt, ou seja mais luz e menor consumo. A vida útil é quase o dobro das anteriores: 16.000 horas. Segundo OSRAM (ver catálogo geral 2000, pág 4-07), representam 20% de economia em relação aos sistemas T-8 e 40% em relação ao T-12. Porém o emprego de lâmpadas T-5 não é tão simples e rápido como o das T-8. Elas exigem novas instalações, visto que apresentam comprimento diferente das anteriores, não podendo ser utilizadas nas luminárias já existentes. Funcionam somente com reatores eletrônicos, especialmente desenvolvidos para essa categoria.

---

<sup>9</sup> Fonte: <http://catalogo.osram.com>



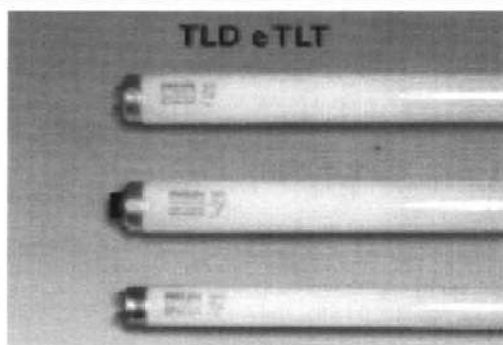


Figura 09 - Exemplo de lâmpadas fluorescentes Tubular  
Fonte: [www.philips.com.br](http://www.philips.com.br)

#### 2.4.4.3.2. Fluorescentes Compactas:

As lâmpadas fluorescentes compactas foram desenvolvidas originalmente objetivando a substituição de lâmpadas incandescentes. Possuem princípio de funcionamento similar ao das fluorescentes tubulares, mas suas dimensões são bastante reduzidas.

Com design moderno e compacto, oferecem excelente qualidade de luz, alta eficiência energética, longa durabilidade (até 15 vezes maior), excelente distribuição de luz e com uma diversificação capaz de atender às mais diferentes necessidades de aplicação, sejam elas comercial, industrial ou residencial.

As lâmpadas fluorescentes compactas possuem a mesma tecnologia das lâmpadas fluorescentes tubulares, porém ocupam menos espaço devido ao seu tamanho reduzido. Apresentam a tonalidade branca (4.000K) e também a amarela (2.700K).

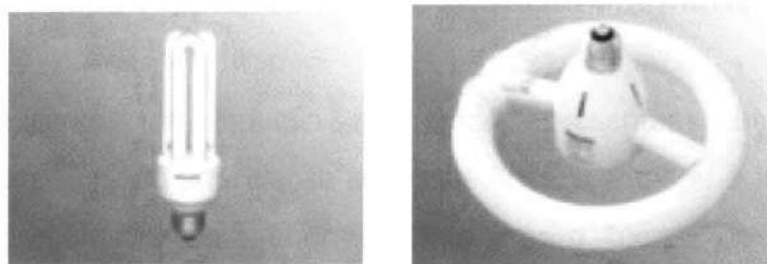
Elas emitem luz pela passagem da corrente elétrica através de um gás. Essa descarga emite quase que totalmente radiação ultravioleta (invisível ao olho humano) que, por sua vez, será convertida em luz pelo pó fluorescente que reveste a superfície do bulbo. É da composição desse pó fluorescente que resultam as mais diferentes alternativas de cor de luz adequadas a cada tipo de aplicações.

Elas são classificadas em dois grupos distintos, que são: Fluorescentes compactas integradas e as Fluorescentes compactas não integradas.

### **Fluorescentes Compactas Integradas:**

São ideais para substituição das lâmpadas incandescentes de uso residencial, pela sua praticidade, grande economia de energia e alta durabilidade. O equipamento auxiliar (reator) já vem incorporado na lâmpada, o que permite a troca e o manuseio da lâmpada de maneira fácil e segura para o usuário.

Possuem alta eficiência luminosa, IRC 85, vida mediana de 5.000 a 15.000 horas, cores quentes e frias, e ainda uma grande diversidade de formatos.



*Figura 10 - Exemplos de lâmpadas fluorescentes compactas integradas*  
*Fonte: www.philips.com.br*

### **Fluorescentes Compactas não Integradas:**

Esses modelos são recomendados para áreas comerciais, onde a iluminação fica ligada por períodos longos. A vantagem em relação às integradas é que, assim que a lâmpada necessitar ser trocada, apenas é substituída a lâmpada. O reator permanece em operação por longo tempo, o que torna o sistema mais econômico para o usuário.

Para o modelo de lâmpada de 4 pinos, existe a possibilidade de dimerização do fluxo luminoso utilizando os reatores eletrônicos dimmerizáveis, o que permite a criação de diferentes efeitos em ambientes e a economia de energia. Possuem IRC 85, cores quentes e frias, variados modelos e aplicações.

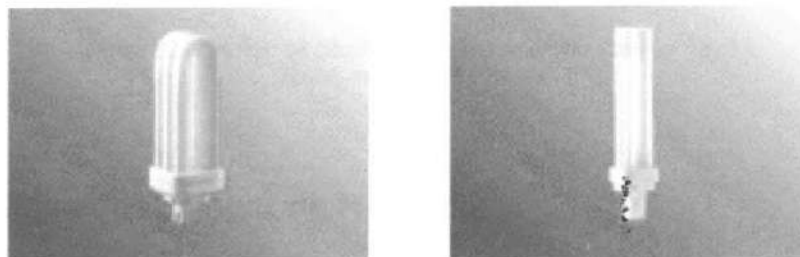


Figura 11 - Exemplos de lâmpadas fluorescentes compactas não integradas  
Fonte: [www.philips.com.br](http://www.philips.com.br)

#### 2.4.4.3.3. Lâmpadas Fluorescentes de Indução Magnética:

As fluorescentes de indução magnética apresentam um processo de funcionamento diferenciado em relação às outras fluorescentes, e é justamente essa diferença que proporciona uma enorme vantagem: o tempo de vida. Segundo KOZLOWISK (1988) dependendo da marca podem chegar a 100.000 horas. Uma lâmpada com 60.000 horas dura o equivalente a 14 anos. Por não possuírem nenhum filamento como as incandescentes ou eletrodos como as fluorescentes, elas não falham ao serem instaladas e não quebram tão facilmente por choque, sendo sua vida limitada essencialmente pela degradação do fósforo.

A longa durabilidade a torna indicada para locais onde a substituição de lâmpadas é difícil de ser realizada. Serve tanto para iluminação externa quanto interna, porém neste caso com pé-direito elevado. Possui um alto fluxo luminoso, partida instantânea e um índice de reprodução de cor > 85%.

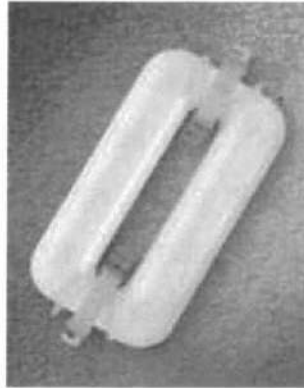


Figura 12 - Exemplo de Lâmpada fluorescente de Indução Magnética  
Fonte: [www.philips.com.br](http://www.philips.com.br)

#### 2.4.4.4. Lâmpadas a Vapor de Mercúrio

A eficiência energética dessa lâmpada é uma das mais baixas, de até 55 lumens/Watt. As potências disponíveis variam entre 80W a 1.000W. Apresentam luz branca fria. A vantagem na sua utilização é o tempo de vida elevado: 24.000 horas.

Ela consta basicamente de um tubo contendo vapor de mercúrio à alta pressão e 3 a 4 eletrodos nas extremidades (2 principais – 1 ou 2 auxiliares). Esse tubo está contido num bulbo com um gás inerte (manter temperatura constante) revestido de pós-fluorescentes.

Elas necessitam de equipamento auxiliar para o seu funcionamento, leva de 4 a 5 minutos para atingir o fluxo máximo, seu custo inicial é elevado, não funcionam com tensão abaixo da nominal e tem uma reprodução de cores razoável.

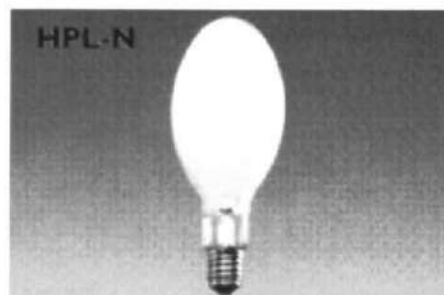


Figura 13 - Exemplo de lâmpada a vapor de Mercúrio  
Fonte: [www.philips.com.br](http://www.philips.com.br)

#### 2.4.4.5. Lâmpadas de Vapor de Sódio

As precursoras da classe de lâmpadas de descarga de alta pressão foram o vapor de sódio de baixa pressão, com tempo de vida em torno de 16.000 horas, porém, com baixo índice de reprodução de cor. Segundo COOK (1998), essa característica alavancou as pesquisas para as lâmpadas a Vapor de Sódio de alta pressão, que hoje apresentam melhores resultados, apesar de ainda serem consideradas regulares para a reprodução de cor.

Elas consistem em um tubo de descarga interno contendo sódio e uma mistura de gases inertes (neônio e argônio) com eletrodos nas extremidades. Emite radiação monocromática (amarelo).

Atualmente essas lâmpadas são conhecidas como as mais eficientes do mercado, proporcionando até 130 lúmens/Watt. Oferecem economia no consumo de energia e nos custos de manutenção, pois apresentam tempo de vida elevado de 14.000 a 24.000 horas. Elas necessitam de equipamento auxiliar, leva de 5 a 8 minutos para atingir 80% do fluxo luminoso máximo.

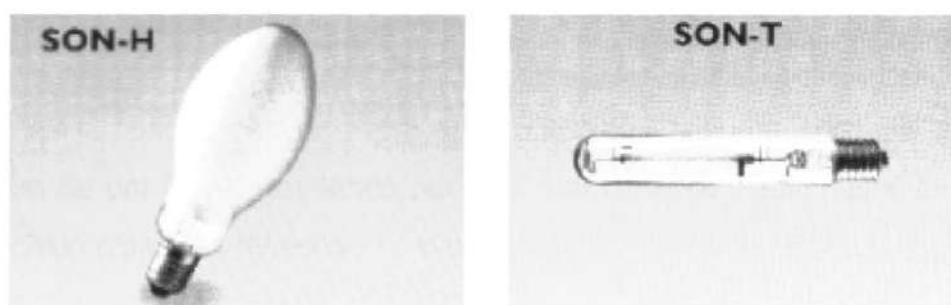


Figura 14 - Exemplos de lâmpadas a vapor de sódio

Fonte: [www.philips.com.br](http://www.philips.com.br)

#### 2.4.4.6. Lâmpadas de Vapor Metálico

Essas lâmpadas são conhecidas pela qualidade e quantidade de luz que proporcionam. Apresentam luz extremamente branca e brilhante, por isso são ideais para a iluminação de grandes áreas. São subdivididas em alta potência (250W a

2.000W), com tempo de vida útil, dependendo do modelo, entre 6.000 a 15.000 horas e também baixa potência (70W a 400W), sendo que todas as versões desse tipo apresentam pequenas dimensões e considerável eficiência, de 60 a 90 lumens/Watt.

Similares às lâmpadas de vapor de mercúrio (contém aditivos de iodeto: índio, tálio e sódio) aumentando a eficácia luminosa e o rendimento cromático. São encontradas nas tonalidades amarelo e branco, e seu índice de reprodução de cor chega até 90%, sua temperatura de cor varia de 3.000K a 6.000K. Uma observação julgada importante é que todos os modelos devem ser utilizados em luminárias fechadas.

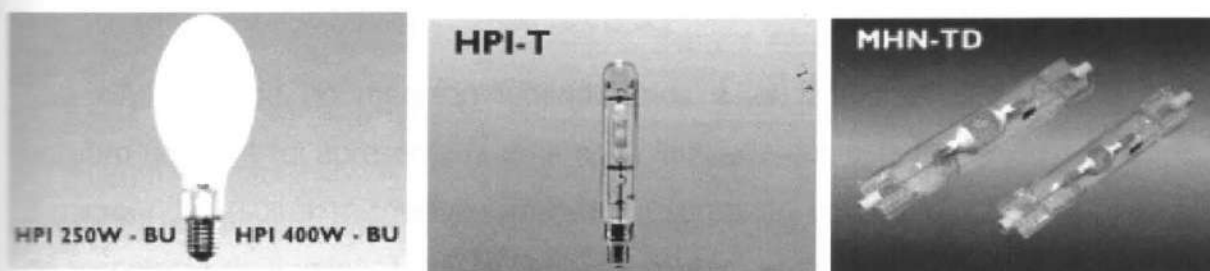


Figura 15 - Exemplos de lâmpadas a vapor metálico  
Fonte: [www.philips.com.br](http://www.philips.com.br).

#### 2.4.4.7. Lâmpada de Luz Mista

As lâmpadas de Luz Mista são compostas de um tubo de descarga, mas também de um filamento, sendo por isso chamadas de Mista. Consiste de um bulbo preenchido com gás, revestido na parede interna com um fósforo, contendo um tubo de descarga ligado em série a um filamento de tungstênio.

Podem ser ligadas diretamente na rede, dispensando o uso de reatores, são aplicáveis em tensão de rede 220V. Possui IRC 60, cor amarela e eficiência luminosa de até 21 lumens/Watt.

Atualmente, essa lâmpada pode, em alguns casos ser substituídas pela de vapor metálico ou vapor de sódio, dependendo da aplicação.

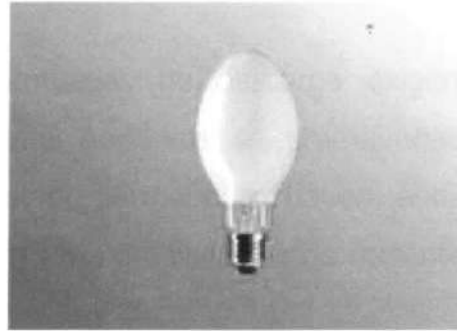


Figura 16 - Exemplo de lâmpada de luz mista  
Fonte: [www.philips.com.br](http://www.philips.com.br)

#### 2.4.4.8. Lâmpadas a Microondas

A novidade no mercado luminotécnico é as lâmpadas sem eletrodos. Em outubro de 1994 foi apresentada uma nova lâmpada nos estados Unidos: a lâmpada a microondas (sulfur micriwave lamp), representando uma revolução nas pesquisas de tecnologia de iluminação. Esta lâmpada contém uma mistura de gás argônio com enxofre, que é convertida numa espécie de plasma ao ser submetida a microondas (2,45 Ghz) emitindo luz.

Sua eficiência luminosa atinge a faixa de 110 lm/W (equivalente à eficiência da lâmpada a vapor de sódio de alta pressão) e sua durabilidade atinge 10.000 horas. A luz emitida apresenta excelente qualidade e tem espectro semelhante à luz do sol.

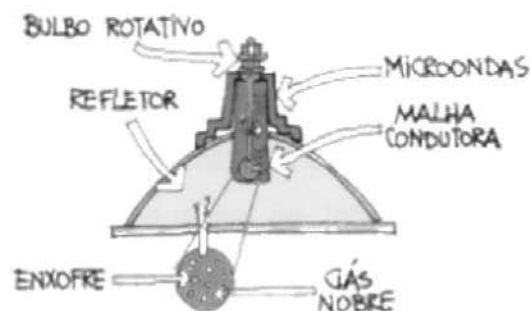


Figura 17 - Exemplo esquemático de uma Lâmpada a microondas  
Fonte: LAMBERTS, Roberto. *Eficiência Energética na Arquitetura*. São Paulo, 1997

## 2.3.5. Reatores

Todas as lâmpadas de descarga exigem dispositivos que controlam ou estabilizam a corrente. Ao ionizar-se, uma lâmpada de descarga torna-se um curto-circuito. Se esse estado permanecer, haverá então a destruição da lâmpada. Desse modo, instala-se em série um limitador de corrente, que é o reator.

São equipamentos auxiliares necessários para limitar a corrente elétrica nas lâmpadas. A escolha de um reator de qualidade é fundamental para uma instalação de iluminação, pois o reator contribui para o adequado desempenho (fluxo luminoso e durabilidade) das lâmpadas, além de manter a estabilidade da iluminação.

A escolha de um reator de qualidade duvidosa pode comprometer o projeto elétrico e o luminotécnico, uma vez que o fluxo luminoso poderá ser prejudicado e a vida útil da lâmpada será menor.

Outro fator que compromete o projeto é o fator de potência e os dispositivos de segurança que um reator de baixa especificação não possui. Interferências em aparelhos eletrônicos e microcomputadores são alguns dos problemas que podem ocorrer.

Além de proporcionar boa estabilização à corrente, o reator deverá ter um fator de potência elevado, garantindo um uso econômico do sistema de suprimento; baixa percentagem de harmônicas na corrente; alta impedância para áudio-frequência; supressões adequadas de interferências de rádio e as necessárias condições de ignição para a lâmpada.

Segundo CAVALIN & CERVELIN (1998), os reatores são equipamentos auxiliares e necessários ao funcionamento das lâmpadas de descarga (exceto de Luz



Mista), que têm a finalidade de proporcionar as condições de partida (ignição) e de controlar ou estabilizar a corrente do circuito. Eles são classificados pelo fator de potência (FP), que indica o grau de defasagem entre a tensão e a corrente proporcionada pelo reator no circuito, que consiste na relação entre a potência consumida e a potência fornecida pela concessionária, e pela distorção harmônica (THD), que trata de correntes alternadas que causam poluição ou interferência na rede, geradas pelos harmônicos de alta frequência de qualquer equipamento, principalmente os eletrônicos.

Existem duas classes de reatores: os eletromagnéticos, os primeiros a existir e ainda os mais utilizados, e os eletrônicos, cujo mercado, segundo dados da PHILIPS<sup>10</sup>, vem crescendo 40% ao ano no Brasil.

Dependendo do tipo, eles assumem também outras funções, que serão vistas na seqüência do trabalho.

#### **2. 4.5.1. Reatores Eletromagnéticos**

São utilizados para lâmpadas fluorescentes tubulares e compactas; porém, já não atendem aos modelos mais eficientes. São muito utilizados para o funcionamento de lâmpadas de Vapor de Sódio, Vapores de Mercúrio e Vapores Metálico. Em locais onde existem muitos gases tóxicos ou corrosivos são recomendados por serem altamente lacrados.

Eles são constituídos por núcleo de aço laminado com baixas perdas eletromagnéticas e bobinas com fio de cobre, com isolamento reforçada com classe térmica de 180°C. São impregnados com resina de poliéster adicionado com carga mineral, tendo um grande poder de isolamento e dissipação térmica.

---

<sup>10</sup> Material apresentado na palestra: "Reatores Eletrônicos – Uma importante ferramenta na conservação de energia – Aplicação e conceitos. Junho 2004.

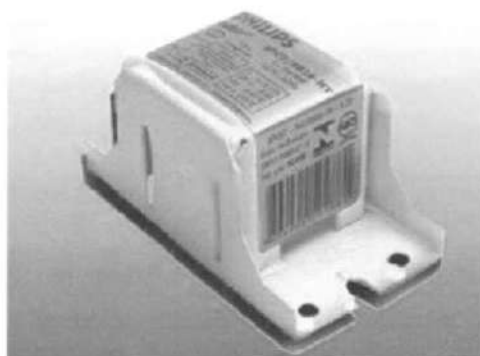


Figura 18 - Exemplo de reator eletromagnético  
Fonte: [www.philips.com.br](http://www.philips.com.br)

#### 2.4.5.2. Reatores Eletrônicos

Esses reatores são mais leves que os convencionais eletromagnéticos, apresentam dimensões reduzidas, longa vida, aquece menos o ambiente e operam mais silenciosamente.

Apresentam alto fator de potência e baixa distorção harmônica. Dependendo do modelo eles possuem ainda outras funções. Eles são constituídos com capacitores, resistores, indutores, circuitos integrados e outros componentes eletrônicos. Operam em alta frequência, de 20 a 50 KHz. Essa faixa de operação quando bem projetada proporciona maior fluxo luminoso com menor potência de consumo, transformando assim os reatores eletrônicos em produtos economizadores de energia e maior eficiência que os eletromagnéticos

Os reatores eletrônicos mais modernos apresentam características denominadas inteligentes. Podem ser alimentados por qualquer tensão de rede e comandar uma ou duas lâmpadas de 16W e 32W, sendo que alguns modelos permitem também a configuração de uma lâmpada de 16W e de uma de 36W. Além disso, desliga-se automaticamente no final da vida da lâmpada.

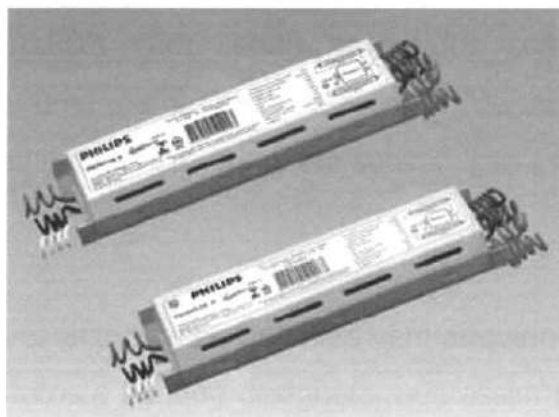


Figura 19 - Exemplo de reator eletrônico  
Fonte: [www.philips.com.br](http://www.philips.com.br)

Existe ainda o reator eletrônico “dimmerizável”, que permite a variação do fluxo luminoso das lâmpadas fluorescentes tubulares de 100% a 1% e também o mesmo para algumas fluorescentes compactas, inclusive em um mesmo circuito, propriedade que proporciona vantagens significativas.

A tabela abaixo apresenta consumos comparativos de energia entre os tipos de reatores aqui apresentados:

**Tabela 05 – Quadro de consumo de energia entre os tipos de reatores**

Tipo de lâmpada	Tipo de reator	Consumo (W/h)
2 x 40W	Reator convencional	104W/h (40W + 40W + 24W)
2 x 40W	Reator de partida rápida	103W/h (40W + 40W + 23W)
2 x 32W	Reator eletrônico	64W/h (32W + 32W)

Fonte: LAMBERTS, Roberto. *Eficiência Energética na Arquitetura*. 1997, pg-83

#### 2.4.6. Módulos de LEDs

Os LED's (light emitting diodes) são componentes semi condutores que convertem energia elétrica diretamente em luz. Eles apresentam melhor efeito visual (variedade de cores), baixo consumo de energia e longa durabilidade. Com o

desenvolvimento da tecnologia de materiais e a descoberta de novas técnicas de fabricação, os LED's vêm sendo produzidos com custos cada vez menores, proporcionando uma gama cada vez maior de aplicações, como: sinalização e iluminação de ambientes em geral, em substituição às lâmpadas incandescentes e de descarga.

Pôr suas características, os LED's vêm adquirindo uma grande preferência por parte dos arquitetos e lighting designers, que assim passaram a dispor de um novo recurso capaz de proporcionar concepções de iluminação mais eficientes, funcionais e artísticas.

Os LED's são freqüentemente utilizados na substituição de sinalização de emergência, tradicionalmente constituídos por lâmpadas fluorescentes de 20W a 40W ou incandescentes de 15W, visto que apresentam baixíssimo consumo: cerca de 4W por luminária. Além disso, possuem pouquíssimas dimensões e grande vantagem se comparadas com outras fontes de luz. E ainda, seu tempo de vida é enorme, cerca de 20.000 horas.

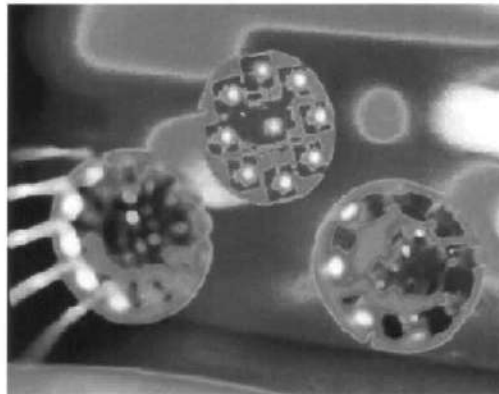


Figura 20 - Exemplo de módulos de Led's  
Fonte: [www.arq.ufsc.br/~labcon](http://www.arq.ufsc.br/~labcon)

O LED (diodo emissor de luz) é constituído de uma série de camadas de material semicondutor. Diferentemente do que ocorre com as lâmpadas incandescentes, o LED emite luz em uma determinada cor. A cor da luz depende do material utilizado em sua composição (AlInGaP ou InGaN) e varia entre as cores

vermelho, amarelo verde e azul. A luz branca é produzida através do uso de um fósforo conversor.

O LED azul proporciona uma excitação do fósforo fazendo com que ele emita luz amarela, resultando no final a luz branca. A eficiência dos LED's tem aumentado consideravelmente durante os últimos anos, graças ao avanço tecnológico. Dependendo do tipo de cor, obtemos em torno 20 lm/W incrementando ainda mais a cada ano. A tensão de operação do LED também varia em função da cor variando de 2V a 4V para uma corrente de condução de até 70 mA. A eficiência máxima é obtida pelo uso de uma fonte de corrente contínua.

A quantidade de luz emitida pelo LED diminui com o aumento da temperatura. O LED amarelo é mais sensível a essa variação comparando-se com o LED verde. Perdas de luminosidade em função da temperatura são controláveis e não estão relacionadas à depreciação do fluxo luminoso. A temperatura máxima de operação é de 100°C e não deve ser ultrapassada.

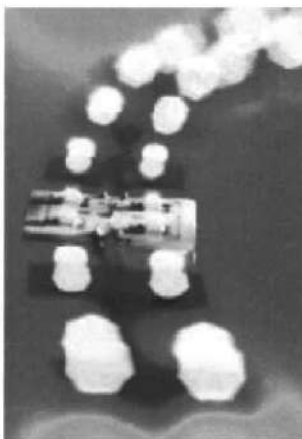


Figura 21 - Exemplo de arranjos individuais de Led's  
Fonte: [www.arq.ufsc.br/~labcon](http://www.arq.ufsc.br/~labcon)

Os módulos de LED's são constituídos por um arranjo de LED's individuais montados em placas de circuito com componentes ativos e passivos. Existem ainda, algumas versões que estão associados a guias de luz e lentes ópticas. As placas eletrônicas ainda podem ser rígidas ou flexíveis em função do modelo. Os módulos com placas flexíveis permitem montagem em perfis e contornos, adequando-se ao projeto arquitetônico.

## 2.4.7. Luminárias

### 2.4.7.1. Generalidades

As luminárias são responsáveis pelo índice de aproveitamento do fluxo luminoso da lâmpada. Um simples suporte, não colabora com a economia de energia que o sistema consome.

De acordo com a definição da Comissão Internacional de Iluminação –CIE, as luminárias são “aparelhos que distribuem, filtram ou transformam a luz emitida por uma ou várias lâmpadas, e que contém todos os acessórios necessários para fixá-las, protegê-las e conectá-las ao circuito de iluminação”. As luminárias devem possuir uma série de características que satisfaçam as necessidades requeridas por uma determinada instalação de iluminação artificial

Uma luminária eficiente otimiza o desempenho do sistema de iluminação artificial. Ao avaliar uma luminária, sua eficiência e suas características de emissão são de considerável importância. A eficiência de uma luminária pode ser obtida pela sua fração de emissão de luz (FEL) ou rendimento, dada por:

$$\text{FEL} = \frac{\text{LUZ EMITIDA P/ LUMINÁRIA}}{\text{LUZ EMITIDA P/ LÂMPADA}} \%$$

Isso explica pelo fato de uma parte de luz emitida pela lâmpada ser absorvida pela luminária, enquanto o restante é emitido ao espaço. O valor da fração de emissão de luz da luminária depende dos materiais empregados na sua construção, da refletância das suas superfícies, de sua forma, dos dispositivos usados para proteger as lâmpadas e do seu estado de conservação.

Quando se avalia a distribuição da luz a partir da luminária, deve-se considerar como ela controla o brilho, assim como a proporção dos lúmens da lâmpada que chegam ao plano de trabalho.

Segundo GHISI (1997) a refletância da superfície refletora das luminárias influencia significativamente na sua eficiência e varia de acordo com o acabamento utilizado. Quando se fala em eficiência energética, o recomendável é a utilização de luminárias com sistema ótico, o que corresponde a refletores de alumínio brilhante, que dependendo do formato, permitem o correto direcionamento e por conseqüência, o melhor aproveitamento da luz emitida pela lâmpada.

A luminária pode modificar (controlar, distribuir e filtrar) o fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas, desviá-lo para certas direções (defletores) ou reduzir a quantidade de luz em certas direções para diminuir o ofuscamento ( difusores).

#### **2.4.7.2. Características**

Essas características constituem em conjunto os requisitos básicos que devem ser apresentados por uma luminária, que veremos abaixo.

- **Ópticas:**

- controle adequado da luz das lâmpadas;
- distribuição do fluxo luminoso adaptado à função que deva realizar;
- luminâncias reduzidas em determinadas direções;
- bom rendimento luminoso.

- **Mecânicas e Elétricas:**

- fabricação em material adaptado às condições de trabalho previstas;
- solidez;
- construção que permita manter a temperatura de operação das lâmpadas dentro dos limites estabelecidos;

- execução que proporcione suporte e conexão elétrica às lâmpadas;
- proteção das lâmpadas e equipamento elétrico acessório contra umidade e demais agentes atmosféricos;
- facilidade para montagem, desmontagem, instalação, limpeza, conservação e manutenção;
- cômodo acesso às lâmpadas e equipamento elétrico acessório.

- **Estéticas**

- as luminárias apagadas durante o dia ou acesas durante a noite não devem destoar com o meio ambiente no qual estão inseridas, apresentando uma aparência agradável.

- **Econômicas**

- as luminárias deverão ser economicamente viáveis, sob o ponto de vista de concepção, produção, instalação, uso e manutenção.

### 2.4.7.3. Classificação das Luminárias

Existem várias classificações dadas às luminárias e que variam de país para país, isso, de acordo com as Organizações de Normatização e Padronização.

Citaremos algumas que julgamos importantes para efeito desse trabalho, sem no entanto detalhá-las.

- Classificação das luminárias segundo a distribuição do fluxo luminoso;

As luminárias para iluminação interna em geral são classificadas pela CIE (Commission Internationale d'Eclairage), de acordo com a percentagem do fluxo luminoso total distribuído por cima ou por baixo do plano horizontal.

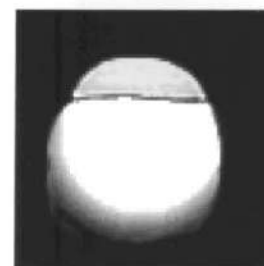
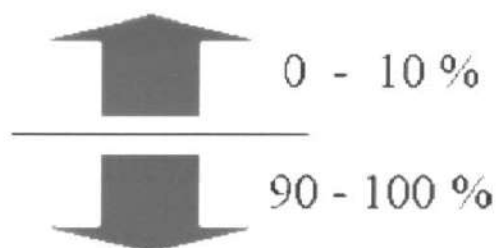


Tabela 06 – Classificação da CIE de luminárias para iluminação geral

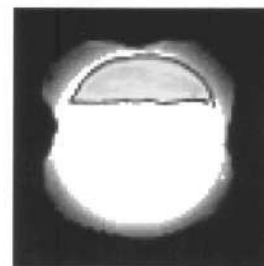
Classe de luminária	Fluxo luminoso em relação ao horizontal	
	Para cima	Para baixo
Direta	0 - 10	90 - 100
Semi-direta	10 - 40	60 - 90
Geral-difusa	40 - 60	40 - 60
Direta-indireta	40 - 60	40 - 60
Semi-indireta	60 - 90	10 - 40
Indireta	90 - 100	0 - 10

Fonte: [www.arq.ufsc.br/~labcon](http://www.arq.ufsc.br/~labcon)

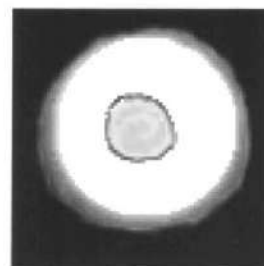
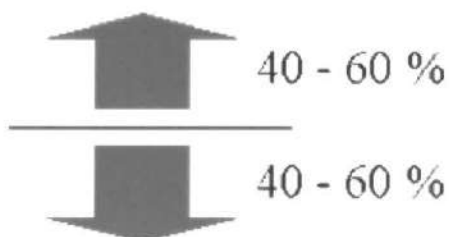
**DIRETA**



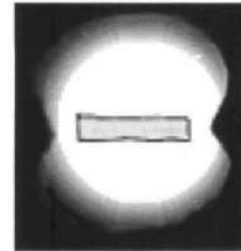
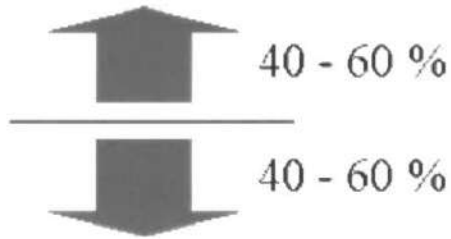
**SEMI - DIRETA**



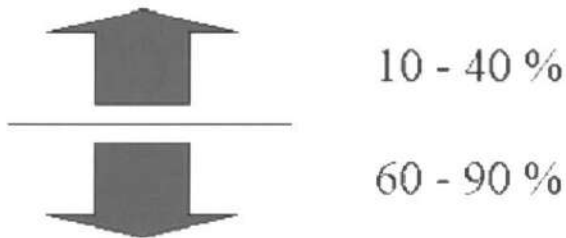
**GERAL - DIFUSA**



**DIRETA – INDIRETA**



**SEMI – INDIRETA**



**INDIRETA**

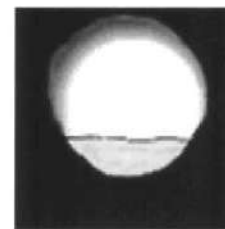
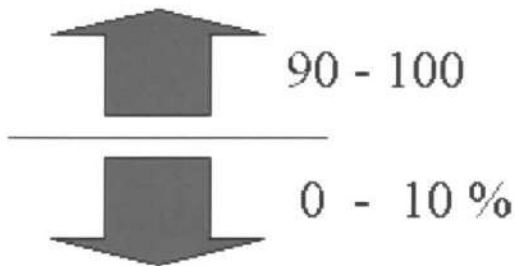


Figura 22 - Classificação proposta pelo CIE de luminárias para iluminação geral de acordo com direcionamento do fluxo luminoso.  
Fonte: [www.arq.ufsc.br/~labcon](http://www.arq.ufsc.br/~labcon)

- Classificação das luminárias segundo a simetria de distribuição do fluxo luminoso emitido e as intensidades luminosas correspondentes;

As luminárias são classificadas pela IES britânica e, dez grupos, de acordo com a distribuição de intensidade luminosa por baixo do plano horizontal, sendo cada distribuição definida por meio de fórmulas.

- Classificação das luminárias empregadas em iluminação pública;

As luminárias aplicadas em iluminação pública são classificadas pela CIE, BSI e IES de acordo com a sua distribuição de intensidade.

- Classificação das luminárias segundo a distribuição do componente direto;

As luminárias industriais para iluminação direta poderão ser classificadas, como nos Estados Unidos, de acordo com a distribuição do componente direto da luz. A classificação é expressa em termos da razão permissível de espaçamento/altura de montagem.

- Classificação das luminárias de acordo com o grau de proteção contra a penetração de umidade ou poeira;

- Classificação das luminárias de acordo com a sua proteção elétrica;

- Outras classificações;

As luminárias poderão ser classificadas de muitas outras maneiras que não sejam em termos de desempenho óptico ou proteção que não existe um interesse prático para fundamentar nosso trabalho.

#### 2.4.8. A Cor das Paredes na Iluminação do Ambiente:

Em se falando de eficiência energética, a cor das paredes do local a ser iluminado assume importância, visto que essa característica pode aumentar ou diminuir o iluminamento produzido por um determinado fluxo luminoso.

Segundo CREDER (1975) a cor das paredes e do teto interferem no cálculo do iluminamento de um ambiente, visto que influem no coeficiente de utilização ( $u$ ), variável, que entre outros fatores, relaciona o fluxo luminoso emitido pela luminária (fluxo total) e o fluxo recebido no plano de trabalho (fluxo útil). Considerando a refletância dessas superfícies, segue:

**Tabela 07 - Refletância de superfícies**

<b>COR</b>	<b>REFLETÂNCIA</b>
Teto Branco	75%
Teto Claro	50%
Paredes Brancas	50%
Paredes Claras	30%
Paredes Medianamente Claras	10%

Fonte: CREDER, Hélio. Instalações Elétricas. 1975

As cores das superfícies internas são fundamentais para um projeto de iluminação e, conseqüentemente, para o bem-estar das pessoas que irão freqüentar ou trabalhar em tal espaço. As cores são o resultado da soma dos comprimentos de ondas da luz incidente, refletidos e absorvidos pelas superfícies, podendo estas ser de maior poder de reflexão (cores claras) ou maior poder de absorção (cores escuras).

#### 2.4.9. Sistemas de Controle do Nível de Iluminação

Os sistemas de controle de luz têm a função de fornecer a quantidade adequada de luz onde e quando ela é necessária, enquanto minimiza o consumo de

energia elétrica. Esse controle da luz elétrica pode ser feito através de vários dispositivos, a distribuição racional dos circuitos é um deles e que permite acionamentos independentes das luminárias, reduzindo assim o consumo de energia. Outro meio é feito através do controle automático através de sensores de ocupação, sistemas com controle fotoelétrico e sistemas de programação de tempo.

#### **2.4.9.1. Sistemas de Sensores de Ocupação**

Esses sistemas respondem à presença e à ausência de pessoas no campo de ação do sensor. Ele usa um detector de movimento (que usa ondas ultra-sônicas ou de radiação infravermelha), uma unidade de controle eletrônico e um interruptor controlável (relé), onde o detector de movimento sente o movimento e envia o sinal para a unidade de controle processando o sinal de entrada para fechar ou abrir o relé que controla a potência da luz.

Segundo EPA (1998), *The Electric Power Research Institute* estima que controles de ocupação podem economizar significativos percentuais de energia:

- Escritórios Coletivos – 18%
- Escritórios Privados – 25%
- Salas de Reunião – 35%
- Vestiários – 40%
- Salão de Convenções – 65%

#### **2.4.9.2. Sistemas de Controle Fotoelétrico**

São sistemas compostos por sensores que identificam a presença de luz natural fazendo a devida diminuição ou até mesmo o bloqueio de luz artificial através de dimmers controlados automaticamente. Esse acionamento da luz artificial mediante a presença da luz natural "lendo" os níveis de iluminação no ambiente, promove grande economia de energia elétrica. Quanto maior ou menor a quantidade

de luz natural disponível no ambiente, o sensor sinaliza o reator para diminuir ou aumentar o fluxo luminoso da lâmpada ou para que parte das luminárias sejam desligadas ou ligadas.

Segundo OSRAN (2000) esses controles não podem ser instalados diretamente expostos à luz natural, por prejudicar o funcionamento correto do seu sistema e devem ser posicionados a uma determinada distância da janela e das extremidades da lâmpada, para que se evite a elevação da temperatura e sempre longe da fiação. O seu ajuste é realizado no período noturno com a utilização de um luxímetro.

#### **2.4.9.3. Sistemas de Propagação do Tempo**

Existem ainda os controles automatizados onde o acionamento da iluminação está atrelado a sistemas de automação predial. Eles são projetados para reduzir o desperdício de luz, gerenciando eficientemente o ligar e o desligar dos sistemas de iluminação em edifícios. Funcionam através da diminuição ou desligamento da luz conforme o uso ou não do ambiente.

Os temporizadores ou minuterias são muito utilizados em halls e corredores de edifícios. Ele é acionado pela pessoa, quando esta entra no prédio, acendendo as lâmpadas por um período de tempo pré-estabelecido, suficiente para seu deslocamento até o local de destino, após o tempo programado, o temporizador desativa às lâmpadas, evitando o desperdício de energia. Outro dispositivo que controla a potência fornecida à lâmpada, são os "*dimmers*".

Segundo COOK (1998), um programa que combine a iluminação natural e o controle de acionamento de luminárias pela presença, faz com que a eficiência do sistema possa ser maximizada.

## 2.5. Análise e Tendências Futuras

Após uma análise dos diversos sistemas tecnológicos de iluminação existentes, concluímos de que as tendências apontam para características onde a economia e a eficiência são fatores marcantes. Os referidos sistemas tendem a desenvolver-se em três sentidos básicos: a inovação, a especialização e a otimização. A inovação refere-se às suas áreas básicas em que a tecnologia da iluminação tem se modificado: o desenvolvimento das novas fontes de luz, como a fibra ótica e a contínua miniaturização, como as lâmpadas compactas. A especialização usada em dois sentidos, onde se deseja aumentar as oportunidades dos especialistas no mercado de Arquitetura, através da especialização da profissão e do aperfeiçoamento desses especialistas por exigência do mercado. A otimização como chave do desenvolvimento diz respeito à consciência da crescente crise energética e a necessidade dos arquitetos de pensar com profundidade seus projetos e seu impacto nessa área, já que diante da crise temos a necessidade de sermos mais eficientes no uso dos escassos recursos naturais.

As características dos sistemas tecnológicos analisados e das tendências para o século XXI apontam para que:

- Esses sistemas deverão oferecer mais eficiência e menor gasto de eletricidade, como acontece hoje com lâmpadas e reatores;
- Melhor índice de reprodução de cor das lâmpadas, evoluindo de amareladas para mais azuladas permitindo assim maior confortabilidade;
- Menor risco de superaquecimento dos reatores, pois a temperatura de sua carcaça tem diminuído, oferecendo assim maior segurança;
- As lâmpadas fluorescentes tubulares estão ficando cada vez mais finas, permitindo um melhor aproveitamento por parte das luminárias, da luz emitida;
- As lâmpadas fluorescentes compactas estão cada vez menores o que elimina a única desvantagem frente às incandescentes;

- Lâmpadas e reatores vêm apresentando vida útil bem maior o que diminui a frequência de manutenção, ou seja, estão mais duráveis;
- A agressão à natureza está menor porque os sistemas estão utilizando elementos tóxicos cada vez menor, como é o caso das lâmpadas fluorescentes.



**CAPÍTULO 3 – PROGRAMAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS  
EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

### **3 PROGRAMAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

#### **3.1. Introdução**

Veremos nesse Capítulo que é perfeitamente possível atingirmos reduções significativas no consumo de energia elétrica pela realização de intervenções, permitindo a substituição de antigos sistemas de iluminação artificial por outros compostos por tecnologias mais eficientes.

Segundo MASCARÓ (1985), o consumo de energia na edificação resulta em grande parte dos hábitos e do bem estar do indivíduo. O sucesso de qualquer política de conservação de energia depende, entretanto, e em última instância, da motivação dos indivíduos. Conseqüentemente, programas extensivos de informação para a comunidade constituem elementos importantes de uma política adequada para a poupança de energia na edificação.

Iniciativas nesse sentido podem ser realizadas para que se promova a esperada redução no consumo ou até mesmo acrescida por meio de medidas que evitem a desperdício de energia elétrica.

A implantação de um Programa Interno de Eficiência Energética, composto por comissões de gerenciamento, controle de investimentos, novos projetos, treinamento e conscientização dos usuários podem ser iniciativas que motivem os usuários a evitar o desperdício. Essa motivação pode ocorrer através de comunicação oral (palestras) e visual (cartazes, adesivos etc.).

No caso dos edifícios escolares, espera-se que esse efeito seja ainda maior devido ao público que atingirá representado por pessoas qualificadas que se caracterizam por terem a possibilidade de assimilar e transmitir aos outros

segmentos da sociedade. Dito isto, as instituições de ensino são ambientes ideais para a implantação e desenvolvimento desses recursos.

## **3.2 Programas Educacionais de Melhor Utilização de Energia**

### **3.2.1. O PROCEL (BRASIL)**

O PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica foi instituído em dezembro de 1985 pelo Ministério de Minas e Energia e da Indústria e Comércio subordinado à ELETROBRÁS. Em 1991 o PROCEL foi transformado em programa de governo, tendo sua abrangência e responsabilidade ampliadas. O Programa utiliza recursos da Eletrobrás e da RGR – Reserva Global de Reversão – fundo federal constituído com recursos das concessionárias, proporcionais ao investimento de cada uma, também utiliza recursos de entidades internacionais.

Seu principal objetivo é a conservação da energia elétrica, tanto do lado da produção como no do consumo, concorrendo para a melhoria da qualidade de produtos e serviços, reduzindo os impactos ambientais e fomentação a criação de empregos. Para isso, desenvolve projetos nas mais diversas áreas.

As metas de longo prazo do PROCEL<sup>11</sup> estão consignadas no Plano 2015. Prevêem uma redução de demanda da ordem de 130 milhões de kWh em 2015, evitando a instalação de 25.000MW (cerca de duas usinas de ITAIPU). O ganho líquido para o País será de R\$ 34 bilhões.

Ele apresenta um Programa de Educação Ambiental para os níveis fundamental e médio das redes públicas e privadas do País, acreditando que professores possam atuar como orientadores. Todo o conteúdo do Programa é distribuído em forma de livros, fitas, folhetos, etc.

---

<sup>11</sup> PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

Os resultados alcançados e ações realizadas até Dez.2003 estão descritos na tabela abaixo:

**Tabela 08 - Resultados Alcançados e Ações Realizadas até Dez. 2003 do PROCEL nas escolas técnicas de nível médio**

Ano	Quantidade de alunos	Economia: kWh/aluno/ano	Economia total MWh/ano	Economia Acumulada MWh
1990	100.000	84	8.400	8.400
1991	150.000	84	12.600	21.000
1992	170.000	84	14.280	35.280
1993	180.000	84	15.120	50.140
1994	200.000	84	16.800	67.200
1995	200.000	84	16.800	84.000
1996	271.948	84	22.843	106.843
1997	319.276	84	26.811	133.662
1998	800.000	84	67.200	208.862
1999	1.000.000	84	84.000	284.862
2000	1.500.000	84	126.000	410.862
2001	2.000.000	84	168.000	578.862
2002	1.500.000	84	126.000	704.862
2003	3.000.000	84	252.000	956.862

*Obs: Foi considerada a média dos resultados obtidos pela COPEL e CEEE (6kWh/mês/aluno) e pela CEMIG ( 8,77kWh/mês/aluno), medidos em 1995 (COPEL e CEEE) e 1996(CEMIG), equivalente a 6,93 kWh/mês de redução de desperdício por aluno treinado.*

*. A persistência será de crescimento, uma vez que o nº de alunos treinados vai crescer a cada ano.*

*. Nº de Escolas envolvidas até 2003: 12.300 Professores: 96.000 Alunos: 10,5 milhões.*

*Fonte: [www.eletrbras.com/procel](http://www.eletrbras.com/procel) - 19.01.05*

O PROCEL tem atuação também nas instituições de Ensino Superior, disseminando disciplinas tais como: " Conservação e Uso Eficiente de Energia I e II" com carga horária de 60 horas, entre os cursos de graduação em Engenharia Elétrica, Mecânica e de Produção, transformando o professor no elemento central para a expansão dos projetos- piloto e com a finalidade de transmitir aos alunos as

temas relativos ao combate ao desperdício de energia com o foco centrado nos conceitos práticos e tecnológicos da eficiência energética, para que possam dar continuidade a implementação da disciplina nessas instituições.

A tabela a seguir apresenta os resultados dos alunos treinados até 2003.

**Tabela 09 - Número de alunos treinados nos Cursos de Engenharia até 2003**

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
<b>USP</b>	240							40	40	40
<b>UPE</b>		30						40	40	40
<b>UnB</b>		60						40	40	40
<b>URRJ</b>		117								40
<b>EFEI</b>			200					80	80	40
<b>UFES</b>			27							40
<b>EFSC</b>				50				40	40	40
<b>UFPE</b>					30			40	40	40
<b>EFF</b>					39			40	40	40
<b>EFMG</b>							29	40	40	40

Fonte: [www.eletróbrás.com/procel](http://www.eletróbrás.com/procel)

### 3.2.2. O Programa de Eficiência no Consumo de Energia Elétrica da Universidade Federal do Ceará – PROCEN – UFC (Brasil)

A Universidade Federal do Ceará com seu Departamento de Engenharia Elétrica – DEE – sempre esteve preocupado com a eficiência no consumo de energia elétrica na UFC. O primeiro ato foi a criação da disciplina de “Introdução a Conservação de Energia Elétrica”, em 1992.

O Programa de Eficiência no Consumo de Energia Elétrica foi efetivamente apoiado pela Universidade em 2001, com a criação da CICE – Comissão Interna de Conservação de Energia – devido aos problemas da crise energética no Brasil. Esta

foi a primeira ação efetiva da Universidade Federal do Ceará no sentido de economizar energia elétrica.

Durante todo o ano de 2001, a CICE atuou e tinha como objetivo atingir as metas de consumo de energia elétrica exigido pelo Governo. Essa comissão obteve total sucesso, de vez que o consumo ficou sempre abaixo da cota de consumo de energia elétrica determinada para órgãos públicos.

Em 2002, com a fim do "apagão" a CICE verificou a necessidade de criar um programa de combate ao desperdício de energia elétrica nas dependências dos diversos campi da UFC. Uma visita da comissão foi feita a Universidade Federal de Pernambuco, onde um programa com este objetivo vinha sendo desenvolvido há aproximadamente dois anos, que comentaremos a seguir neste capítulo.

Foi elaborado um antiprojeto que após várias reuniões técnicas resultou em um convênio entre a ELETROBRÁS e a UFC visando à eficiência no consumo e o estímulo ao uso racional de energia elétrica nos prédios da Reitoria, LABOMAR e Hospital das Clínicas. A atuação deste convênio teve início em janeiro de 2003.

A partir desse convênio criou-se o PROCEN – Programa de Eficiência no Consumo de Energia Elétrica da Universidade Federal do Ceará.

O programa tem como objetivos, analisar e acompanhar o consumo energético na UFC, acabando com o desperdício nas dependências da Universidade Federal do Ceará; interagir com planos nacionais de combate ao desperdício; avaliar anualmente os resultados obtidos mediante o estudo do consumo energético na Universidade e propor programa para anos seguintes; participar da análise de projetos técnicos, construção e aquisição de bens e serviços que envolvam consumo de energia e suas respectivas licitações; levantamento a atual situação das instalações elétricas do Campus; promover ações visando a conscientização e envolvimento dos servidores no Projeto de Combate ao Desperdício de Energia; realizar cursos para o público em geral; incentivar o estudo e a pesquisa na área e

formar profissionais especialistas na área de economia de energia elétrica. O programa é composto por estagiários da UFC sob uma coordenação ligada ao DEE e trabalha na qualificação do estudante, incentivando os alunos que se formam a se matricularem no curso de mestrado, agregando valor ao programa e valorizando o conhecimento.

### **3.2.3. O Programa de Controle ao Desperdício de Energia Elétrica da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE – (Brasil)**

Com início em janeiro de 2001, a Universidade Federal de Pernambuco desenvolveu um Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica, visando inserir o Campus como um todo, no atual Programa Nacional de Conservação Energética – O PROCEL – por meio da interação entre os vários segmentos de atuação: educação, marketing, diagnóstico energético, pesquisa, administração e manutenção elétrica.

O programa tem como objetivo geral, o desenvolvimento de um programa educacional, que vise a conscientização da sociedade para o uso eficiente de energia, desenvolvido inicialmente pelo treinamento dos usuários da própria Universidade, buscando sua mudança de mentalidade, para depois transformar o Campus num núcleo de apoio educacional e de serviços.

A implantação de ações concretas e diferenciadas voltadas ao uso eficiente de energia na Universidade para atingir uma redução de pelo menos 20% no consumo de energia elétrica é um outro objetivo a ser alcançado, através da análise e avaliação dos usos finais de maior consumo; do acompanhamento mensal das contas de energia para possíveis propostas sobre mudanças de tarifa; pelo desenvolvimento de especificações para lâmpadas, reatores e outros equipamentos, para servirem de base ao setor de compras desses produtos.

O Programa propõe a formação de comissões, de atuação específica, tais como:

CICE – Comissão Interna de Conservação de Energia.

GAPE – Grupo de Análise de Projeto de Engenharia.

GTD – Grupo Técnico para Diagnóstico.

GCE – Grupo de Comunicação e Educação

Os componentes das diversas comissões são formados por professores, funcionários de manutenção, estagiários da universidade, engenheiros das especialidades relacionadas com o assunto que trabalham em conjunto com representantes da indústria e da companhia de energia elétrica da região e representantes de Artes, Educação e Comunicação.

#### **3.2.4 As "ENERGYSMART SCHOOLS" (USA)**

Esse programa é patrocinado pelo "U.S. Department of Energy (D.O.E.)<sup>12</sup> e enfoca soluções energéticas e comunitárias, atuando em vários segmentos da sociedade, tais como: grandes áreas metropolitanas, pequenas cidades e até mesmo em tribos americanas nativas. Ele promove a eficiência energética em edifícios públicos governamentais, edifícios comerciais privados e em edifícios escolares.

Detectar fontes de desperdício é o ponto inicial do programa, que visa a reconstrução, renovação e melhoria da eficiência energética desses locais. O EnergySmart Schools representa a campanha do "Rebuild América"<sup>13</sup>, que orienta escolas e universidades a utilizarem a energia de forma racional e moderada.

<sup>12</sup> Fonte: <http://www.eren.doe.gov>

<sup>13</sup> Fonte: [http://www.eren.doe.gov/energysmartschools/storyt\\_build.html](http://www.eren.doe.gov/energysmartschools/storyt_build.html)



### **3.2.5 As "GREEN SCHOOLS" (USA)**

O Projeto "Green Schools" de responsabilidade da "The Alliance to Save Energy" em Washington é um programa desenvolvido para as escolas elementares e secundárias e tem a finalidade de diminuir os gastos das escolas com custos de energia, e ao mesmo tempo aumentar o saber dos alunos sobre questões ambientais, criando assim uma consciência sobre o uso racional de energia.

De acordo com o D.O .E (Departamento de Energia dos EUA), as escolas americanas gastam mais de \$ 6 bilhões por ano em energia e 25% desse total pode ser economizado por meio de melhorias nas instalações, ajuda técnica e disciplina.

Essas melhorias podem ser exploradas de duas maneiras: por meio de reformas físicas dos edifícios escolares com a implantação de sistemas eficientes e pela educação fornecendo ensinamentos sobre as questões ambientais e os recursos existentes para evitar o desperdício e reduzir o consumo energético.

## **3.3 Outros Programas**

### **3.3.1 Programas Energéticos Comunitários (Europa)**

A União Européia apresenta "programas de energia" onde foram desenvolvidos para fornecer apoio às iniciativas de pesquisa e desenvolvimento tecnológico e também para incentivar e disseminar o uso eficiente de energia, a fim de assegurar um sistema de energia sustentável. A seguir comentaremos alguns dos programas implementados na União Européia.

### **3.3.1.1 Programa SAVE**

Esse Programa tem como objetivo incentivar o intercâmbio de experiências, visando a difusão das informações sobre as atividades realizadas no âmbito internacional, nacional, regional e local por meio de divulgação adequada. Ele também realiza o acompanhamento dos avanços em eficiência energética na Europa.

É um programa comunitário que trata da eficiência energética sobre aspectos não tecnológicos, visando incentivar o investimento em eficiência e/ou aperfeiçoar os hábitos de utilização da energia.

### **3.3.1.2 Programa MARCO**

O Programa tem por objetivo, a busca por serviços energéticos de alta qualidade, baixo custo e abastecimento energético mais seguro e diversificado para a Europa e o estímulo ao desenvolvimento de sistemas energéticos menos contaminantes, incluindo os renováveis, pelo emprego de tecnologias de ponta, que contribuam para reduzir ao mínimo os impactos sobre o meio ambiente.

A adoção de medidas para melhorar a eficiência e reduzir custos de energia, destinada principalmente aos edifícios, se realiza pelo emprego de tecnologias que permitam sua utilização final, de forma racional e eficiente. Sendo um programa em que se subdivide em quatro temas, o que está relacionado ao assunto diretamente é: "Energia, meio ambiente e desenvolvimento sustentável" com finalidade básica de contribuir para o desenvolvimento sustentável, por meio de atividades desenvolvidas, para promover o bem estar social e a competitividade econômica da Europa.

### **3.3.1.3 Programa ALTENER**

É um programa abrangente pois existem várias linhas de atuação. Fomentou as energias-renováveis na EU (União Européia). Dentre os temas que abrange podemos citar:

- . Apoiar iniciativas tomadas para concluir um plano de ação e sua divulgação;
- . Supervisionar os avanços da Comunidade no desenvolvimento das fontes de energias não renováveis;
- . Estudos e outras ações destinadas a aplicar e complementar as medidas adotadas pela Comunidade e Estados membros, para desenvolver o potencial das fontes de energias renováveis;
- . Promover ações localizadas para acelerar o investimento em novas capacidades operativas de produção de energia, por meio de fontes renováveis, focalizando projetos relativos à Biomassa, energia solar, térmica e voltaica, energia solar passiva e ativa em edifícios, projetos de instalações hidroelétricas em pequena escala, além de energias eólica, geotérmica e de ondas.

### **3.3.2 Programa de Iluminação Eficiente no Canadá**

O Programa de iluminação eficiente no Canadá (Quebec) tinha como propósito ajudar clientes de mercados comerciais, institucionais e industriais a diminuïrem seus custos de eletricidade, mantendo ou até melhorando a qualidade da iluminação.

O programa teve início em 1991 e tinha como principal objetivo gerar um ganho de 390GWh pó ano até 1997, data do seu término. Além da diminuição no consumo de energia elétrica, o programa também objetivava conscientizar o consumidor, a uma mudança em seu comportamento

Com um resultado considerado muito bom, em torno de 90% dos resultados esperados, através de uma avaliação feita por um escritório em 1995, portanto servindo de exemplo de uso de um sistema de iluminação artificial eficiente atrelado a um programa de conscientização do usuário.

### **3.3.3 FEMP (Federal Energy Management Program – USA)**

É um programa que faz parte do "Department of Energy (D.O E)" e foi desenvolvido com o intuito de reduzir custos com energia e água em edifícios governamentais. Fornece ajuda a empresas que queiram introduzir energia eficiente renovável e conserva água. Esse programa possui campanhas de premiação para pessoas envolvidas com projetos de redução de energia e que tenham atingido metas estabelecidas, publicando os casos de sucesso e fornecendo material visual de incentivo à redução do consumo de energia elétrica e de água.

### **3.3.4 PROINFA (Brasil)**

O PROINFA<sup>14</sup>, instituído pela Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002 e revisado pela Lei nº 10.762, de 11 de novembro de 2003, tem como objetivo a diversificação da matriz energética brasileira e a busca por soluções de cunho regional com a utilização de fontes renováveis de energia, mediante o aproveitamento econômico de insumos disponíveis e de tecnologias aplicáveis, a partir do aumento da participação da energia elétrica produzida com base naquelas fontes, no Sistema Elétrico Interligado Nacional – SIN.

O programa é um importante instrumento para a diversificação da matriz energética nacional, garantindo maior confiabilidade e segurança ao abastecimento.

---

<sup>14</sup> PROINFA – Programa de Incentivo as Fontes Alternativas de Energia Elétrica

Ele é coordenado pelo MME, e promoverá a implantação de 3.300 Mw de capacidade, em instalações produzidos por fontes eólicas, biomassa e pequenas centrais hidroelétricas (PCHs) sendo 1.100 Mw de cada fonte, com início de funcionamento previsto para até 30 de dezembro de 2006, sendo assegurada, pela Centrais Elétricas Brasileiras S.A. – ELETROBRÁS, a compra de energia a ser produzida, no período de 20 anos, dos empreendedores que preencherem todos os requisitos de habilitação.

### **3.4 Casos Reais de Intervenções em Sistemas de Iluminação Artificial visando sua Eficiência**

Os exemplos de implantação de intervenções no sistema de iluminação artificial são apresentados abaixo e foram destacados com a finalidade de verificar dados sobre a redução no consumo de energia elétrica, através da substituição de tecnologias obsoletas pôr outras de maior eficiência e economia. Os exemplos aqui citados em sua grande maioria são de prédios escolares. O objetivo maior dessa divulgação reside no fato de que qualquer medida adotada que proporcione a redução no consumo de energia elétrica é julgada muito importante.

#### **3.4.1 Exemplos Internacionais**

##### **A – University of Cincinnati, Ohio (1994)**

Intervenção realizada em 18.000 instalações de iluminação artificial.

Substituição de 40.000 reatores.

Substituição de 90.000 lâmpadas ( não especificadas).

Conclusão:

Redução da demanda de energia em 3.135 kW.

Economia gerada de \$ 1,3 milhões por ano.

Fonte: <http://lightforum.com/projetos>

### **B – Milwaukee, WI Public Schools, Milwaukee, WI (1997)**

Intervenção nos sistemas de iluminação artificial em 158 escolas.

Instalação de “tecnologias eficientes”, não especificadas.

Conclusão:

Economia anual de \$ 825.000

Fonte: <http://www.epa.gov/buildings>

### **C – Valhalla Sport Center, Gothenburg, Suécia (1991)**

Substituição de 54 luminárias com 4 lâmpadas de 60w cada por 88 luminárias com 2 lâmpadas de 58w cada.

Substituição de reatores eletromagnéticos por reatores eletrônicos.

Instalação de sensores de presença.

Instalação de dimmers.

Conclusão:

Redução do consumo de energia foi aproximadamente de 70%.

A instalação de sensores de presença responde por 35% do total economizado, sendo pagos por si mesmos em pouco menos de 1 ano.

Retorno dos investimentos sobre os custos das instalações se realizou entre 4 a 5 anos.

Fonte: <http://www.lightforum.com>

#### **D – Connetquot Central School District, Bohemia, NY (1994)**

Instalação de iluminação eficiente para substituição do sistema antigo, ambos não especificados.

Utilização de sensores de presença.

Conclusão:

A redução no consumo de energia foi de 1.536.788 kWh, para 62% das instalações de iluminação já realizadas.

Fonte: <http://www.epa.gov/buildings>

#### **E – University of Missouri at Columbia, Columbia, MO (1997)**

Instalação de lâmpadas econômicas não especificadas.

Instalação de reatores eletrônicos.

Instalação de sensores de presença.

Instalação de sistemas de controle de iluminação, programados para minimizar o uso de energia.

Conclusão:

A redução no consumo de energia é de 7.532.175 kWh por ano, considerando intervenções em equipamentos.

Fonte: <http://www.epa.gov/buildings>

#### **F – Alexandria, VA Public Schools (1997)**

Realização de intervenção em 100% das instalações de iluminação artificial para 16 edifícios.

Conclusão:

Diminuição da conta anual de energia em 50% num total de \$ 300.000 anuais.

A redução no consumo de energia é de 542.000 kWh por ano.

Fonte: <http://www.epa.gov/buildings>

### **G – Delaware State University, Dover, DE (1997)**

Intervenção realizada em dois anos.

Instalação de lâmpadas fluorescentes T-8.

Instalação de "iluminação externa de grande eficiência", não especificada.

Conclusão:

A economia anual gerada é de \$ 124.633.

Fonte: <http://www.epa.gov/buildings>

### **H – University of Rochester, New York, NY**

50.000 instalações estão sendo atualizadas tecnologicamente, algumas com até 40 anos de idade.

Lâmpadas "econômicas" estão substituindo "velhas esbanjadoras" ambas não especificadas.

Reatores eletrônicos estão substituindo os antigos.

Sensores de presença estão sendo utilizados.

Conclusão:

A redução de consumo prevista é de 65% e a melhoria na qualidade da iluminação de 20%.

Fonte: <http://www.facilities.rochester.edu/greenlight>



### **I – States University of New York, Buffalo, NY (1997)**

50.000 lâmpadas fluorescentes T-12 (40w) substituídas por T-8 (32w).

Reatores eletromagnéticos por eletrônicos.

Instalação de luminárias com refletores e difusores.

Conclusão:

30% a 40% de redução no consumo de energia, e em alguns edifícios até 70%.

Aumento da qualidade da iluminação.

Investimento pago em dois anos, pelo total de energia economizada.

Fonte: <http://industryclick.com//magazinearticle.asp/magazinearticle=33014>

### **J – Aniak School, Alaska (2000)**

Lâmpadas fluorescentes T-12 (40w) substituídas por T-8 (32w).

Reatores eletromagnéticos por eletrônicos.

Conclusão:

20% de redução no consumo de energia.

Investimento para em menos de 20 meses pela economia gerada.

Fonte: [http://www.rebuild.org/attachments/community/press/aniakschoolak\\_pressrelease](http://www.rebuild.org/attachments/community/press/aniakschoolak_pressrelease)

### **K – Ysleta School District, em El Paso, Texas (1995)**

Substituição de 744 lâmpadas incandescentes por 144 Halophane Prisbeam II metal halide floodlights.

Instalação de 80.000 fluorescentes T-8 (32w) e 40.000 reatores eletrônicos.

Conclusão:

A potencia total necessária para iluminação passou de 1,12 milhões de watts para 216.000 watts.

A potencia instalada em cada luminária caiu de 168W para 64w.

Fonte: <http://www.facilitiesnet.com/PS/PS31cas3.html>

### **L – United States Air Force Academy, Colorado Springs, Colorado (1996)**

Obs: intervenção em 311 salas de aula.

Instalação de lâmpadas fluorescentes T-8 com reatores eletrônicos.

Instalação de sensores de ocupação.

Conclusão:

Economia de \$ 33,000 ao ano em energia

Economia de \$ 21,000 em manutenção.

Fonte: <http://www.eren.doe.gov/temp/prodtech/awards/awdwn.html>

### **M – 15th Civil Engineer Squadron, em Hickam Air Force base, Hawaii (1997)**

Modificações no aproveitamento da iluminação natural.

Instalação de temporizadores no sistema de ar condicionado.

Substituição de lâmpadas fluorescentes T-12 por fluorescentes T-8.

Conclusão:

Economia de \$ 360,000 no ano.

Fonte: <http://www.eren.doe.gov/temp/prodtech/awards/winners98.html>

### **N – Boston College – Educacional Laboratory, Chestnut Hill, Massachusetts**

Substituição de lâmpadas fluorescentes T-12 por fluorescentes T-8.

Substituição de reatores magnéticos por reatores eletrônicos.

Conclusão:

Demanda de energia reduzida em 1,3 kW.

Redução de consumo por pés quadrados é de 1,54 W/SF.

Economia anual de consumo de \$780.

*Fonte: A KNOWHOW TM CASE STUDY – BOSTON COLLEGE – The DesignLights Consortium – New York State Research and Development Authority – 4 páginas.*

### **O – Mt. Wachusett Community College, Gardner, Massachusetts**

Substituição de lâmpadas incandescentes por fluorescentes T-8 e compactas fluorescentes.

Conclusão:

Consumo reduzido de 3 watts/SF para 1,22 watts/SF.

Redução de demanda em 6,3 kW.

1,8 watts economizados por pé quadrado.

Economia anual gerada é de \$ 3,300.

*Fonte: A KNOWHOW TM CASE STUDY – BOSTON COLLEGE – The DesignLights Consortium – New York State Research and Development Authority – 4 páginas.*

### **3.4.2. Exemplos Nacionais**

#### **A – Reitoria da Universidade Federal do Ceará (Ceará)**

Substituição de 578 lâmpadas fluorescentes de 20 W e 40 W por lâmpadas fluorescentes de 16 W e 32 W;

Substituição de 151 lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas;

Substituição de todos os reatores eletromagnéticos por reatores eletrônicos;

Conclusão:

Redução de 214,9 kW para 124,9 kW de consumo;

Redução em 42% do consumo.

*Fonte: PROCEN – Programa de Eficiência no Consumo de Energia Elétrica da UFC.*

## **B – Campus da Universidade Federal do Ceará (Ceará)**

Substituição no Sistema iluminação pública do Campus de lâmpadas de VSAP 400W por lâmpadas VSAP de 250 W;

Substituição dos reatores ;

Conclusão:

Redução da potência instalada de 123,55 kW;

Economia no consumo em torno de 43%.

*Fonte: Procen – Programa de Eficiência no Consumo de Energia Elétrica da UFC.*

## **C – Fundação CESP**

Substituição de 2.246 lâmpadas fluorescentes de 40W, E = 350 lux para 1.321 lâmpadas fluorescentes de 32 W, E = 500 lux.

Conclusão:

Investimento de R\$ 38,6 mil;

Economia gerada de R\$ 72,6 mil;

Redução na potência instalada de 115,5 kW para 40,2 kW.

*Fonte: SOLANO, Nelson. Conservação de Energia – Retrofitis de Iluminação Artificial*

### **D – Prédio do Ministério de Minas e Energia**

Retirada de metade das 9.000 lâmpadas e dos 4.500 reatores existentes;  
Modificação da localização das lâmpadas nas luminárias;  
Retirada de difusores de acrílico;  
Instalação de refletores de alumínio de alta potência;  
Substituição de todas as lâmpadas fluorescentes de 40 W por fluorescentes de 32W;  
Substituição de todos os reatores eletromagnéticos por eletrônicos;  
Instalação de mais de 50 interruptores nas salas do edifício.

Conclusão:

Redução em 45% da carga instalada;  
Redução média no consumo de 40% no horário de ponta e de 30% no resto do dia;  
Luminosidade aumentada de 300lux para 650 lux;  
Retorno do investimento: 8 meses.

*Fonte: PROCEL – Casos de Sucesso – Número 01*

### **E – UNIBANCO (São Paulo)**

Substituição de 9.600 lâmpadas de 40 W, E = 450 lux por 6.400 lâmpadas de 32 W, E = 700 W;  
Investimento de U\$ 860.253,00;

Conclusão:

Redução na potência instalada de 512,2 kW para 227,2 kW;  
Economia gerada de U\$ 286.467,00;  
Retorno do investimento em 25,7 meses.

*Fonte: SOLANO, Nelson. Conservação de Energia – Retrofits de Iluminação Artificial*

### **F – Shopping Mueller (Curitiba)**

Substituição de 4.000 lâmpadas mistas de 150W por 4.000 lâmpadas PLE de 23 W;  
Investimento inicial de R\$ 148 mil.

Conclusão:

Redução da potência instalada de 600 kW para 92 kW;

Economia gerada de R\$ 157,2 mil/ano;

Retorno do investimento em 11,3 meses.

*Fonte: SOLANO, Nelson. Conservação de Energia – Retrofits de Iluminação Artificial*

### **G – Deutsche Bank (São Paulo)**

Substituição de 1.00 lâmpadas fluorescentes de 16 W com 7,5 mil horas para 1.100 lâmpadas fluorescentes de 14 W com 15 mil horas;

Investimento de R\$ 35 mil.

Conclusão:

Redução na potência instalada de 25,85 kW para 18,15 kW;

Economia gerada de R\$ 21,1 mil.

*Fonte: SOLANO, Nelson. Conservação de Energia – Retrofits de Iluminação Artificial*

### **H – Shopping Platavieira (Caxias do Sul – RS)**

Substituição de 2.400 lâmpadas incandescentes de 25 W por 600 PLE de 9 W;

Conclusão:

Redução no consumo de energia em 91%;

Redução na potência instalada de 60 kW para 5,4 kW;

Retorno do investimento em 3 meses.

*Fonte: SOLANO, Nelson. Conservação de Energia – Retrofits de Iluminação Artificial*

### **I – Caesar Park Hotel ( São Paulo)**

Substituição de 1.800 lâmpadas incandescentes de 25 W a 100 W por 1.800 PLE de 20 W;

Investimento de U\$ 64,260.00;

Conclusão:

Redução na potência instalada de 108 kW para 36 kW;

Economia gerada de U\$ 32,130.00;

Retorno do investimento em 24 meses.

*Fonte: SOLANO, Nelson. Conservação de Energia – Retrofits de Iluminação Artificial.*

### **J – Saraiva Mega Store – Shopping Eldorado (Sao Paulo)**

Substituição de 550 lâmpadas fluorescentes de 32 W convencionais, 40 incandescentes de 100 W, 45 HÁ de 500 W por 550 lâmpadas fluorescentes de 32 super 80, 40 PLE de 20 W, 45 PLE d 150 W;

Conclusão:

Redução na potência instalada de 53,5 kW para 30 kW.

*Fonte: SOLANO, Nelson. Conservação de Energia – Retrofits de Iluminação Artificial.*

## **3.5 Análise dos Casos Nacionais e Internacionais Citados**

Analisando os dados obtidos em todos os tipos de intervenções encontrados, constatamos uma melhoria de eficiência do sistema de iluminação artificial. Em muito dos casos ocorreu a utilização das lâmpadas T-8 e de reatores eletrônicos, pela substituição de lâmpadas fluorescentes T-12 e reatores eletromagnéticos ou ainda pela troca de lâmpadas não especificadas.

A utilização de dimmers e sensores de ocupação, geralmente em conjunto com a substituição de lâmpadas, também foi significativa nos exemplos citados.

A melhoria na qualidade da iluminação, em alguns casos foi considerável por essa característica estar aliada à substituição de novas tecnologias.

Uma outra medida bastante implantada foi a substituição de lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas, que consomem bem menos energia e conseguem proporcionar a iluminação desejada.

Em todos os exemplos citados e analisados os índices de redução no consumo de energia elétrica atingidos pela intervenção corresponderam a uma média entre 40 a 50%.

A análise das informações dos casos citados nos deu uma idéia significativa sobre o perfil das intervenções realizadas no Brasil e no mundo em termos de tecnologias empregadas e dos percentuais de redução no consumo.

### **3.6 Alternativas Tecnológicas de Fontes de Energia**

#### **3.6.1 Introdução**

As chamadas alternativas tecnológicas ou fontes alternativas de energia são aquelas que não dependem do consumo de um combustível, e sim de energia disponíveis na natureza. Algumas fontes podem ser citadas, tais como: a energia solar – proveniente do Sol; a energia eólica – energia dos ventos; marés – aproveitamento das diferenças de altura das águas dos oceanos causadas pelas marés para geração de energia; ondas – aproveitamento da energia das ondas dos oceanos; biomassa – material orgânico que quando decomposto gera gás metano, que pode ser aproveitado na geração de energia elétrica.

Numa visão geral, a energia solar é a fonte absoluta de vida no planeta. Ela pode substituir qualquer outro sistema convencional, com a diferença de não agredir o meio ambiente.

Além da importante tarefa de conscientização ambiental pelo uso de uma energia limpa e gratuita, a economia de energia convencional causada pela utilização



da fonte solar evita desperdício, tanto para a economia e estabilidade energética mundial, como pelas grandes perdas ambientais irreversíveis.

Essa nova forma de energia, abundante em nosso planeta, pode ser utilizada basicamente de duas formas:

- aquecimento de água – através de aquecedores solares;
- geração de energia elétrica – através de painéis foto voltaicos.<sup>15</sup>

Atualmente o Sol envia a superfície da terra energia equivalente a mais de 15 (quinze) mil vezes o consumo anual de energia do mundo, porém a natureza difusa da energia solar impõe grandes obstáculos técnicos e econômicos à sua exploração comercial. Constata-se que o Sol é uma enorme usina à disposição durante todo o tempo, fornecendo uma energia limpa, gratuita, renovável e não poluente. A tecnologia fotovoltaica transforma a energia luminosa proveniente do Sol em eletricidade para abastecer equipamentos elétricos.

### 3.6.2 Energia Eólica

As pesquisas para implantação dos parques eólicos no Estado do Ceará foram iniciadas em 1990. Atualmente, o Governo Estadual avalia a possibilidade de implantar sistemas de geração de energia por meio de ondas do mar. O Ceará sempre esteve na vanguarda no uso de novas fontes de energia renováveis.

O Brasil produz hoje apenas 28,6 MW de energia eólica: dos quais 17,4 MW estão no Ceará, o que corresponde a 76% do total. Hoje, estão em operação no Estado os parques eólicos da Prainha (10MW), Taíba (5MW) e Mucuripe (2,4MW). O Estado possui um dos maiores potenciais comprovados de geração de energia pelos ventos. Em torno de 25 mil MW no continente e mais 10,5 mil MW "off shore" (no mar).<sup>16</sup>

<sup>15</sup> Manual de Prédios eficientes em energia elétrica. Cláudia Barroso Krause...[et al.]; José Luiz Pitanga Maia, coordenador – Rio de Janeiro: IBAM/ELETOBRÁS/PROCEL, 2002

<sup>16</sup> "Ceará amplia produção de energia eólica" – Reportagem do jornal O Povo – 22/02/2005

Cinco novos projetos de energia eólica serão contratados pela ELETROBRÁS para o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), representando assim um aumento de 222,5 MW na potência elétrica produzida pelo Estado. Esses projetos serão desenvolvidos nas localidades de Aracati, Acaraú, Amontada e São Gonçalo do Amarante por empresas privadas em parceria com o Governo Estadual.

### 3.6.3 Biodiesel

Considerada uma espécie de “petróleo verde”, a mamona é apontada como a fonte de maior potencial no Estado. O biodiesel de mamona tem vantagens econômicas e sócio-ambientais em relação ao diesel derivado do petróleo.

É uma planta resistente, própria de lugares secos, com cultivo de baixo custo e boa produtividade. Com essas características, a mamona se tornou matéria-prima privilegiada na produção de biodiesel no Nordeste. O combustível alternativo ao petróleo é considerado a grande aposta para o Ceará.

As vantagens do combustível de mamona também se dão pela inclusão da agricultura familiar na cadeia produtiva. Ao contrário de outras matérias primas para biocombustíveis, como a soja e o álcool, concentradas nas mãos de grandes proprietários rurais.

No ano passado foram plantados 8.227 hectares, um aumento de mais de 400% em relação à área plantada em 2003. A estimativa para 2005 é que se plante 30 mil hectares de mamona. Cálculos da Seagri apontam que cada hectare produzirá mil quilos do vegetal. Atualmente, a média é de 900 quilos no Estado. A estimativa

da Secretaria de Agricultura e Pecuária (Seagri) é de que cada hectare plantado de mamona no Estado possa render até US\$ 60,00 no mercado internacional.<sup>17</sup>

O biodiesel já está sendo produzido em pequena escala, de forma experimental, em Quixeramobim, no Sertão Central. Como combustível, o biodiesel emite zero de produtos aromáticos, zero de enxofre, reduz a fumaça em até 70% e reduz cerca de 70% a emissão de CO<sub>2</sub>.

Segundo o Prof<sup>o</sup> João Bosco Arruda<sup>18</sup>, diante da tendência de aumento do preço do petróleo, e sem alguns impostos, o biodiesel se torna viável. Até porque a tendência é que o diesel fique escasso.

<sup>17</sup> Dados cedidos pela Secretaria de Agricultura e Pecuária do Estado do Ceará.

<sup>18</sup> Professor Titular do Departamento de Engenharia de Transporte da UFC.

## **CAPÍTULO 4 – ESTUDO DE CASO: DAU – UFC**

## **4 – O ESTUDO DE CASO – DAU – UFC**

### **4.1. Introdução**

Iniciamos esse capítulo abordando dados históricos sobre o edifício do DAU – UFC. Na seqüência são apresentados e analisados todos os dados colhidos sobre o consumo de energia elétrica no DAU – UFC referente aos sistemas de iluminação artificial. Num segundo momento, descreve-se as condições físicas atuais do sistema e como se realiza sua manutenção observando o comportamento dos usuários. Finalmente é feita uma análise de todos os dados obtidos sugerindo modificações no sistema para redução do consumo de energia elétrica.

### **4.2. Pequeno Resumo Histórico do DAU - UFC**

A Escola de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Ceará, foi criada pela Lei nº 4.363 de 17 de julho de 1964. Tendo como primeiro diretor o Profº Hélio de Queiroz Duarte<sup>19</sup> da Universidade de São Paulo. O curso de graduação teve suas atividades letivas iniciadas em 1965, funcionando provisoriamente no prédio do antigo Colégio Santa Cecília, já demolido, situado na Av. da Universidade, em frente às atuais instalações do curso, estas inauguradas ainda em 1965 pelo Presidente Castelo Branco.

Este curso, que dava acesso a 20 alunos por ano, era constituído de 40 disciplinas, distribuídas em 5 anos, contando inicialmente seu corpo docente com cerca de 14 professores.

Em 1968, com a implantação da Reforma Universitária através do Decreto 62.279, que reestruturou a UFC, a Escola de Arquitetura e Urbanismo foi transformada em Faculdade de Artes e Arquitetura, ficando vinculada ao Centro de

---

<sup>19</sup> Antes da instalação da primeira diretoria, respondia pela Escola de Arquitetura o Profº Luciano Pamplona, diretor da Escola de Engenharia.

Humanidades e contando apenas com um departamento, o Departamento de Projetos de Edificações e Urbanismo.

Em 1973, após nova reestruturação sofrida pela UFC através do Decreto 71.882, desapareceu a Faculdade de Artes e Arquitetura, substituída pelo atual Curso de Arquitetura e Urbanismo. Da mesma forma o Departamento de Projetos de Edificações e Urbanismo deu lugar ao Departamento de Arquitetura e Urbanismo – DAU, objeto do nosso estudo, ambos, o curso e o departamento, integrando o Centro de Tecnologia.

Desde 1977, portanto depois de 13 anos de sua criação e até hoje, vem o curso recebendo 40 alunos por ano, o dobro do número anterior, em consequência da implantação do regime semestral adotado por recomendação do MEC.

### **4.3. O Prédio Atual**

Desde a sua implantação até os dias atuais, tivemos algumas modificações em sua estrutura inicial, com a construção de um bloco de salas dos professores e reformas internas com mudanças de determinadas funções dentro do próprio edifício.

Essas novas construções definiram por completo o edifício do DAU. As figuras abaixo mostram a planta de situação do prédio em 1971 e em 2000 bem como uma foto aérea atual da localização do DAU.

**LEGENDA:** 5 – Almoxarifado Central

7 – Museu de Arte

9 – Comissão do Vestibular

6 – Escola de Arquitetura

8 – Imprensa Universitária

10 - CETREDE

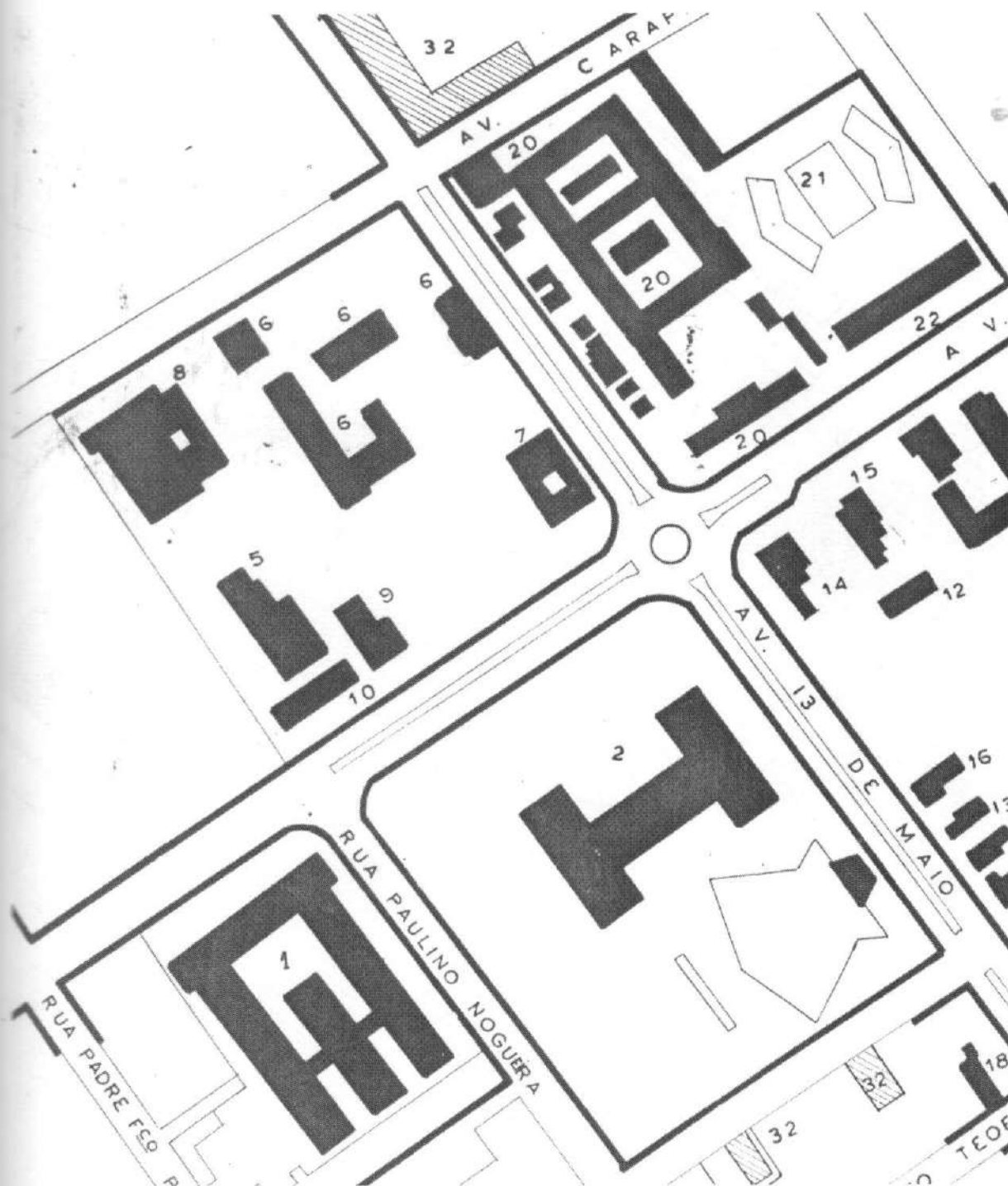


Figura 23 – Planta da Quadra onde se insere o DAU – UFC – 1970

Fonte: Arquivos do PLANOP - UFC

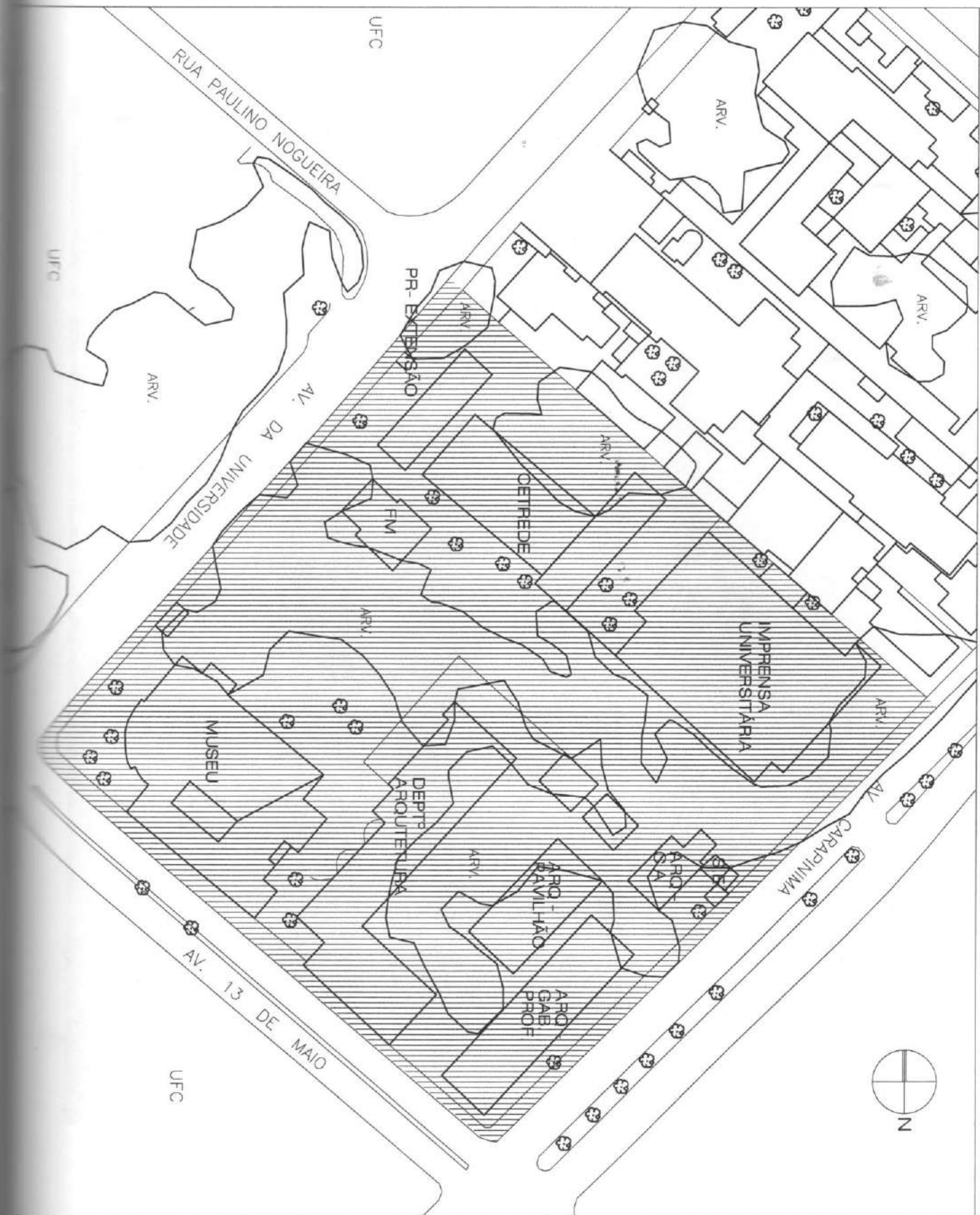


Figura 24 – Planta da Quadra onde se insere o DAU – UFC – 2000

Fonte: Arquivos do PLANOP - UFC

DAU – UFC

Planta de Situação e Localização





*Figura 25 – Foto Aérea da área onde se localiza o DAU – UFC*

*Fonte: Arquivos da Biblioteca do DAU - UFC*

### 4.3.1. Imagens Recentes do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFC

A seguir serão mostradas várias fotografias da situação atual do DAU –UFC com o objetivo de dar uma visão geral de sua arquitetura vernacular, que embora simples mas muito significativa no seu papel enquanto edifício escolar.



Figura 26 – Vista da Entrada principal do DAU.  
Fonte: Foto do autor



Figura 27 – Vista da Área Interna (Anfiteatro) do DAU.  
Fonte: Foto do autor



Figura 28 – Vista da Área Externa (Estacionamento) do DAU.  
Fonte: Foto do autor



*Figura 29 – Vista do Pavilhão Martins Filho do DAU.  
Fonte: Foto do autor*



*Figura 30 – Vista Lateral 1 do Pavilhão Martins Filho do DAU.  
Fonte: Foto do autor*



*Figura 31 – Vista Lateral 2 do Pavilhão Martins Filho do DAU.  
Fonte: Foto do autor*



*Figura 32 – Vista Externa do Bloco de Salas dos Professores do DAU.  
Fonte: Foto do autor*



*Figura 33– Vista Externa de uma Sala de Aula do DAU.  
Fonte: Foto do autor*



*Figura 34 – Vista Externa das Salas de Aulas do DAU.  
Fonte: Foto do autor*



*Figura 35 – Vista Externa do Biblioteca do DAU.  
Fonte: Foto do autor*



*Figura 36 – Vista Lateral das Salas de Aulas do DAU.  
Fonte: Foto do autor*



*Figura 37 – Vista do Anfiteatro do DAU.  
Fonte: Foto do autor*

#### **4.4. Resumo da Metodologia Aplicada**

A metodologia aplicada foi baseada em estudos realizados por ROMERO (1994), dando ênfase as avaliações energéticas em edifícios de ensino, aplicando algumas etapas nesse estudo.

Essa metodologia nos permitiu desenvolver algumas etapas, que foram elas:

##### **4.4.1 Levantamento da Situação Atual do Sistema de Iluminação Artificial do DAU - UFC**

Como primeiro passo para realização dessa etapa do trabalho, definiu-se fazer o levantamento completo do sistema de iluminação artificial do DAU – UFC, para que se tivesse o verdadeiro diagnóstico da situação atual da parcela de consumo que a iluminação artificial exerce dentro do consumo total de energia do edifício do Departamento.

Esse levantamento identificou os equipamentos que compõem o sistema de iluminação artificial. Todos os dados coletados foram inseridos numa planilha de cálculos (ver anexo ) e feita uma análise onde obtivemos os valores de consumo e fatura por uso final.

##### **4.4.2 Proposta de Retrofit para o Sistema de Iluminação Artificial do DAU - UFC**

Depois de avaliadas as condições do atual sistema de iluminação artificial e da possibilidade de realização de um retrofit, sugerimos a substituição total de lâmpadas e reatores, bem como das luminárias de todo o sistema. No caso específico das salas de aula, essa substituição foi baseada em estudos dos cálculos luminotécnicos de acordo com as normas da ABNT<sup>20</sup>.

---

<sup>20</sup> Associação Brasileira de Normas Técnicas

### **4.4.3 Análise Quantitativa e Qualitativa da Iluminação Existente**

Essa fase do processo foi realizada especificamente nas salas de aula porque julgamos ser mais importante dentro do conjunto do Departamento. Os dados foram levantados e posteriormente analisados e corrigidos, sugerindo soluções mais viáveis.

### **4.4.4 Sugestões de Estratégias de Conservação de Energia - ECO**

Essa etapa sugere algumas estratégias de conservação de energia referentes tanto ao gerenciamento energético como a potencialização dos serviços de manutenção bem como as atitudes dos usuários frente a essas mudanças.

## **4.5 Levantamento de Dados do Estudo de Caso**

### **4.5.1 Delimitação da Unidade – Caso**

O objeto de estudo corresponde ao Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Ceará localizado no Bairro do Benfica, à Avenida da Universidade. Ele se encontra fincado em uma quadra onde existem outros edifícios da Universidade tais como: Imprensa Universitária, Rádio Universitária, CETREDE e Museu de Arte. O DAU ocupa uma área total de 6.640 m<sup>2</sup> dentro dessa quadra. Com uma área construída de aproximadamente 2.847 m<sup>2</sup>, é composto de 4 (quatro) blocos distintos, estes os quais com suas funções específicas. Os blocos são utilizados especificamente para fins escolares, abrigando: salas de aula (10), coordenação, chefia do Departamento, secretaria, biblioteca, sala de professores, mini-auditório, centro acadêmico e um pavilhão, hoje em sua grande parte desativado por questões de infra-estrutura.

A figura abaixo mostra o departamento (DAU), onde os espaços representam a parcela estudada.

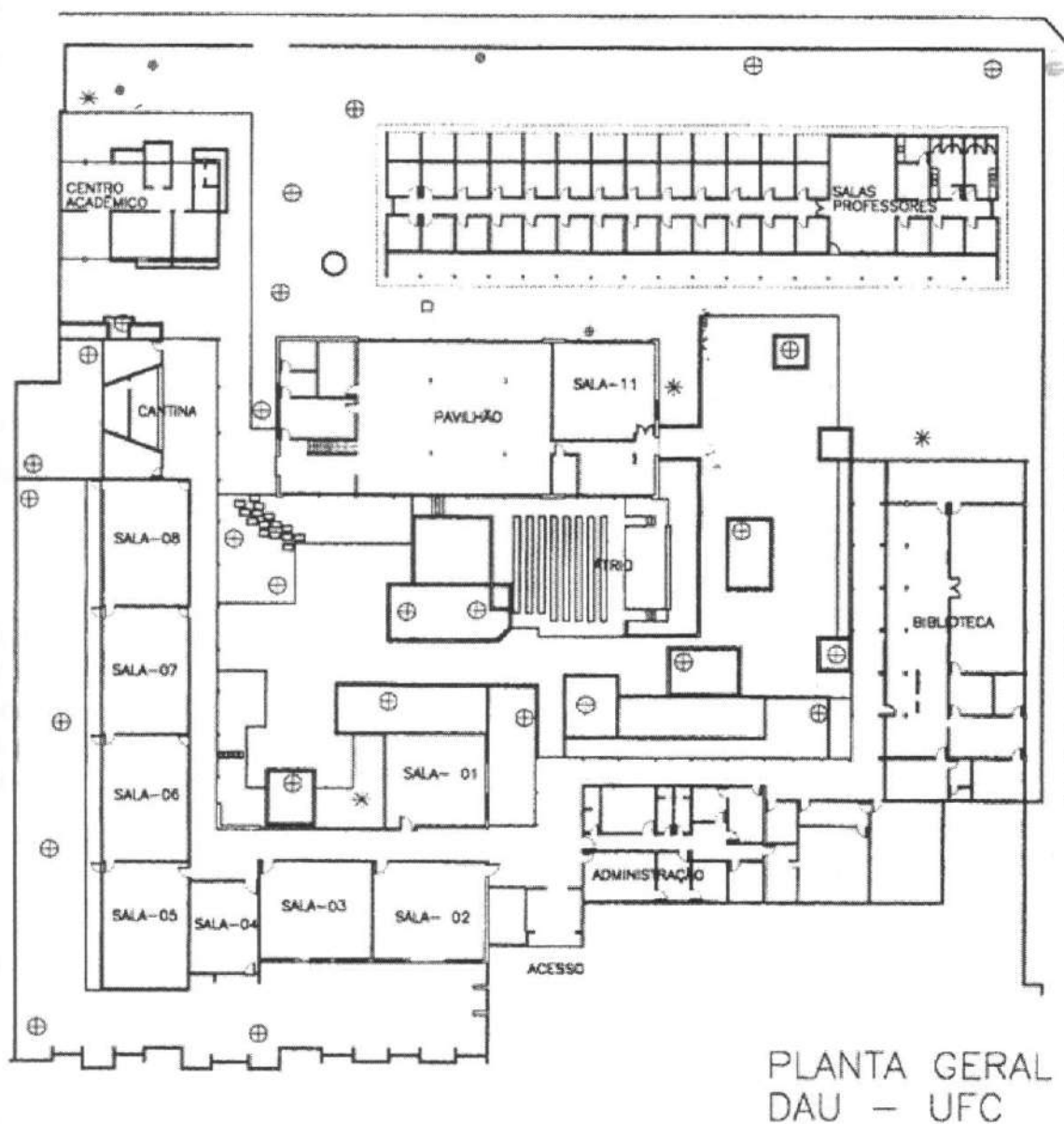


Figura 38 – Planta da Disposição dos Blocos do DAU – UFC

Fonte: Arquivo da Biblioteca do DAU - UFC



## 4.5.2 Importância Sobre o Edifício Estudado

Sabedores que somos de que a iluminação artificial apresenta-se como um dos usos finais de maior consumo no setor público, principalmente edifícios escolares, que são grandes consumidores de energia elétrica, nada mais oportuno do que identificar as possibilidades de redução do consumo de energia elétrica no DAU – UFC.

### 4.5.3 Divisão do Departamento em Blocos

O DAU –UFC foi didaticamente dividido em 5 blocos para uma melhor sistematização da coleta dos dados e posteriormente colocados nas planilhas de cálculos fornecida pelo Prof. Dr. Marcelo de Andrade Romero.<sup>21</sup>

Os blocos receberam as seguintes denominações:

- Bloco 1 – Administração;
- Bloco 2 – Sala de Professores;
- Bloco 3 – Salas de Aula;
- Bloco 4 – Centro acadêmico e
- Bloco 5 – Pavilhão. (ver plantas anexas).

A tabela 10 abaixo mostra as áreas construídas do Departamento de Arquitetura e Urbanismo.

**Tabela 10 – Áreas Construídas – DAU - UFC**

<b>LOCAL</b>	<b>ÁREA CONSTRUÍDA</b>
Bloco 1 - Administração	872,00 m <sup>2</sup>
Bloco 2 - Sala dos Professores	600,00 m <sup>2</sup>
Bloco 3 – Salas de Aulas	868,00 m <sup>2</sup>
Bloco 4 – Centro Acadêmico - CACAU	104,00 m <sup>2</sup>
Bloco 5 - Pavilhão	403,00 m <sup>2</sup>
Jardins	3.793,00 m <sup>2</sup>
<b>Total:</b>	<b>6.640,00 m<sup>2</sup></b>

Dentro da área de estudo temos o Departamento de Arquitetura com uma área total de 6.640 m<sup>2</sup> onde 2.847 m<sup>2</sup> são de área construída perfazendo 42,87% e 3.793 m<sup>2</sup> de jardins totalizando 57,13% da área total.

<sup>21</sup> Prof. Dr. Marcelo de Andrade Romero – Professor Titular do Departamento de Tecnologia da FAUUSP.

#### 4.5.4 Consumo de Iluminação Artificial da Situação Atual

Segundo ROMERO (1984), "para se detectar como a energia consumida é efetivamente gasta, deve-se levantar dados referentes a usos finais." Dito isto, podemos comprovar que a iluminação artificial apresenta-se como uma das principais fontes de consumo de energia elétrica, principalmente em edifícios escolares, pois os mesmos na sua grande maioria não costumam possuir condicionamento artificial de ar.

No levantamento da iluminação feito "in loco" foram considerados dois aspectos importantes: primeiro o tipo, a potência e a quantidade de lâmpadas do edifício, e depois o período em que as lâmpadas permanecem acesas definido em horas/dia.

Através de várias visitas ao edifício pesquisado em horários diferentes pudemos comprovar os horários em que cada sala é utilizada. Desta forma foi possível saber quanto tempo cada sala permanece iluminada no período dedicado exclusivamente para esse fim.

Os dados coletados foram lançados em uma planilha (ver anexo) que mostra a quantidade e os tipos de lâmpadas existentes, além do consumo diário, do consumo mensal e do consumo total de todos os ambientes. No edifício estudado encontramos três tipos de lâmpadas: incandescentes de 40 W e fluorescentes tubulares de 20 W e 40 W.

Conforme indicado na tabela abaixo, o consumo total referente a iluminação artificial para o edifício estudado foi de 4.578,30 kWh.

**Tabela 11 – Consumo Total do Sistema de Iluminação Artificial**

Ambiente	Número de Lâmpadas	Consumo Diário		Consumo Mensal	
		Dias úteis (kWh)	Sab + Dom (kWh)	Dias úteis (kWh)	Sab + Dom (kWh)
Bloco Administrativo	152	55,76	0	1.226,85	0
Bloco Sala dos Profs.	88	10,94	0	240,75	0
Bloco Salas de Aulas	259	117,85	0	2.592,30	0
Bloco CACAU	15	2,08	0	45,93	0
Bloco Pavilhão	52	21,47	0	472,47	0
<b>TOTAL</b>	<b>566</b>	<b>208,10</b>	<b>0</b>	<b>4578,30</b>	<b>0</b>

Diante do exposto podemos constatar que o consumo de iluminação artificial no Departamento é de **4.578,30 kWh/mês** com um total da fatura de energia elétrica de **R\$ 1.086,54**.(ver planilha em anexo)

#### **4.5.5 Situação das Instalações do Sistema de Iluminação Artificial do DAU – UFC**

Feito o levantamento de todo o sistema de iluminação artificial do edifício em estudo, onde foi considerado o tempo de utilização dos ambientes, a quantidade de potencia instalada em cada um deles, o tipo de lâmpada e o tipo de reator, partimos para uma investigação mais apurada, com o intuito de completar os dados obtidos, que nos permitiu analisar a situação das instalações de iluminação artificial bem como o comportamento dos usuários, a fim de proporcionar uma melhoria na eficiência do sistema.

Para tanto foram adotados alguns procedimentos que nos norteou a conclusão do nosso estudo:

- a) Observação das condições físicas dos conjuntos (lâmpadas e luminárias) registradas através de fotografias;
- b) Observação "in loco" da disposição das luminárias nos ambientes em estudo;
- c) Observação das salas no período da manhã e a tarde, com a finalidade de verificar um possível aproveitamento da luz natural, esta medida por meio de

um luxímetro Lutron Lx-101 (LUX METER). Esse procedimento foi realizado somente nas salas de aulas em que possivelmente a luz natural poderia ser aproveitada, já que no restante do edifício as salas são climatizadas artificialmente;

- d) Observação do comportamento dos usuários, por meio de visitas em diferentes horários do dia, percorrendo salas de aula e corredores e verificando que ambientes vazios existiam e estavam iluminados;
- e) Consulta aos usuários, principalmente aqueles de longa permanência, com a finalidade de saber o grau de conforto que a iluminação oferece e suas dificuldades.

#### **4.5.6 Diagnóstico da Situação Atual do Sistema de Iluminação Artificial do Edifício**

As ocorrências comuns nos sistemas de iluminação em uma edificação, seja ela pública ou privada, não diferem muito, estes geralmente se encontram fora dos padrões técnicos adequados. Os tipos mais comuns dessas ocorrências são:

- Uso de equipamentos com baixa eficiência luminosa;
- Falta de aproveitamento da iluminação natural;
- Iluminação fora dos níveis normatizados;
- Falta de comandos das luminárias;
- Hábitos de uso inadequados.

Diante dos problemas observados em todo o Departamento podemos constatar que as ocorrências acima citadas correspondem basicamente às encontradas no edifício.

O edifício do DAU, em sua grande maioria, possui sistemas de iluminação tecnologicamente defasados, compostos de lâmpadas fluorescentes de 40 W em quase todos os ambientes, acionados por reatores eletromagnéticos, grandes consumidores de energia, e poucas lâmpadas fluorescentes de 20 W, apresentando

assim um enorme potencial de redução no consumo através de uma simples substituição por modelos de lâmpadas e reatores mais modernos e mais eficientes.

O edifício em estudo apresentou inúmeros problemas em relação aos equipamentos de iluminação artificial, dentre eles: luminárias obsoletas, enferrujadas, quebradas; lâmpadas de baixa eficiência energética, muitas queimadas, empoeiradas e em sua totalidade, reatores eletromagnéticos. Não existem luminárias desenvolvidas para promover o direcionamento do fluxo luminoso das lâmpadas, são luminárias de metal tipo calha pintada de branco, sem refletores capazes de melhorar seu desempenho.

Todos os ambientes foram observados, porém alguns mereceram destaques, como descreveremos a seguir:

#### 4.5.6.1 Mini auditório (Sala de aula)

Esse local é usado tanto como mini auditório como sala de aula. Por ser climatizado todas as esquadrias do tipo venezianas de madeira são vedadas, impedindo assim o aproveitamento da luz do dia. A iluminação artificial, como nas outras salas, é composta de luminárias tipo calha com 2 fluorescentes de 40 W e reatores eletromagnéticos. Seu acionamento é parcial, o que facilita as atividades lá desenvolvidas. Como não é usado especificamente como auditório o que não implicaria em seu uso corrido, o local permanece iluminado o tempo todo do regime de uso.



Figura 39 – Vista Interna do Mini auditório do DAU.  
Fonte: Foto do autor

#### 4.5.6.2 Laboratório de Informática

É um local projetado para tal, possuindo esquadrias de ferro e vidro tipo basculante que poderia promover a entrada de luz natural com certa abundância mas não acontece porque os vidros são foscos e isso reduz a incidência da luz do dia. É um ambiente climatizado por necessidade e possui um sistema de iluminação artificial considerado bom em termos de iluminância. Também é composto do mesmo tipo de luminárias e lâmpadas dos outros ambientes.

Na consulta aos usuários, os mesmos não reclamaram da iluminação. Não foi declarada a existência de ofuscamento, apenas percebeu-se um pequeno reflexo das lâmpadas nas telas do computador.



*Figura 40 – Vista da Sala de Informática do DAU.  
Fonte: Foto do autor*

#### 4.5.6.3 Biblioteca

A biblioteca é composta basicamente de dois ambientes onde um é usado para o acervo e um outro para a leitura e estudos, tendo ainda algumas salas usadas para a parte administrativa. O local é climatizado sendo suas esquadrias de ferro e

vidro vedadas, onde poderia ser aproveitada alguma iluminação natural na sala de leitura e estudos.

O sistema de iluminação deste local é composto por luminárias tipo calha com 2 fluorescentes de 40 W , todas fixadas no teto e não apresentando problemas de ofuscamento pois o pé direito é tido como normal. Não existe iluminação de tarefa o que seria uma alternativa viável para auxiliar no caso de iluminação insuficiente e ficariam acesas somente aquelas mesas que estivessem sendo utilizadas proporcionando assim uma economia de energia elétrica.

Verificamos que apesar de apresentar grandes esquadrias, a possibilidade de usufruir do potencial de iluminação natural, parece não ter sido considerada a área de leitura, além da sujeira ali depositada colaborar para a diminuição da incidência da luz do dia.

As lâmpadas apresentam camadas de poeira e as luminárias não possuem elementos ou superfícies refletoras, impedindo o esperado aproveitamento da luz emitida.

Segundo GHISI (1997), a visibilidade de um objeto depende da intensidade de luz que incide sobre ele e da proporção da quantidade refletida até o olho, ou seja, aumentando-se a iluminância, melhora-se as condições de visibilidade. Portanto quanto maior é a camada de poeira depositada na lâmpada menor é a emissão de luz sobre os objetos, o que implica em desperdício de energia elétrica.

O uso de luminárias adequadas poderia acarretar na diminuição da carga total de iluminação instalada, visto que uma luminária pode apresentar propriedades para maximizar o uso da luz emitida pela lâmpada.



Figura 41 – Vista Interna da Sala de Leitura e Acervo da Biblioteca do DAU.  
Fonte: Foto do autor

#### 4.5.6.4 Pavilhão

Esse local possui dois pavimentos, no térreo funciona o laboratório de fotografia e duas salas de aula uma se encontra desativada por problemas estruturais e a outra funciona precariamente com uma iluminação obsoleta e apresentando lâmpadas queimadas, empoeiradas e pouco eficientes. As luminárias são compostas de caixas de metal embutidas na laje volterrana onde sua manutenção torna-se difícil. A incidência de luz natural nesta sala é pequena porque as esquadrias são do tipo mezanino à altura da laje e estreitas o que poderia ser uma auxiliar à redução do uso da iluminação artificial mas não exerce esse papel. Como na maioria das outras esta sala é climatizada.

No pavimento superior existe uma sala de aula em funcionamento sendo climatizada e não possuindo esquadrias específicas, apenas uma estrutura de madeira em forma de venezianas que faz parte da fachada do prédio. A iluminação é do tipo embutida no forro de gesso e apresenta os mesmos problemas já citados em salas anteriores descritas.

Nestas salas foi feito um estudo luminotécnico para tentar corrigir erros de iluminação e torná-las mais eficientes.





Figura 42 – Vista interna inferior e superior do Pavilhão Martins Filho do DAU.  
Fonte: Foto do autor

#### 4.5.6.5 Corredores e Circulações

Observamos que a iluminação dos corredores e circulações é feita em sua totalidade por luminárias tipo calha com uma ou duas lâmpadas de 20 W ou 40 W dependendo do local. Como as circulações não são confinadas no interior do edifício, o uso da luz natural é feito por quase o dia todo, não necessitando do sistema de iluminação artificial, apesar de muitas vezes por ocasião das visitas, encontramos algumas delas ligadas. Os corredores que são internos ao corpo do edifício, estes sim as luzes se faz presente durante todo o dia.



Figura 43 – Vista Interna das circulações do DAU.  
Fonte: Foto do autor

#### 4.5.6.6 Salas de Aula

As salas de aulas em sua totalidade são iluminadas por luminárias tipo calha com duas lâmpadas fluorescentes de 40 W equipadas com reatores eletromagnéticos. Em relação à manutenção constatamos, em visitas periódicas, que o estado das lâmpadas é regular. Algumas estão queimadas e quase todas sujas. Os suportes (luminárias) também apresentam problemas de manutenção, haja vista que muitas estão enferrujadas e sujas. Existem 4 salas em que as luminárias foram confeccionadas em madeira formicada do tipo calha, não apresentando presilhas para a proteção do sistema contra um possível desprendimento de lâmpadas, muito delas necessitando de reparos. A distribuição das luminárias segue um padrão de acordo com o tamanho da sala.

Das dez salas de aulas existentes no Departamento, seis são climatizadas e possuem esquadrias de madeira tipo venezianas e permanecem fechadas portanto não sendo possível o aproveitamento da luz natural, necessitando assim de uso total de iluminação artificial em qualquer hora do dia. No restante das salas, que não são climatizadas, as esquadrias são de ferro e vidro, tipo basculante, a iluminação natural poderia ser aproveitada, mas alguns fatores obstruem esse propósito, tais como: a existência de árvores de grande porte (mangueiras) fincadas junto à fachada do edifício, bem como uma marquise de um lado e uma circulação de outro impedindo assim a passagem de uma quantidade maior de iluminação natural. O acúmulo de poeira nas esquadrias também contribui muito para dificultar a passagem da luz natural. Verificamos que apesar de apresentar grandes janelas, a possibilidade de usufruir do potencial de iluminação natural parece não ter sido ainda considerada. Notamos que as paredes de algumas salas são pintadas de bege e outras de branco e o teto, em algumas delas, em concreto aparente, minorando assim a refletância do ambiente.

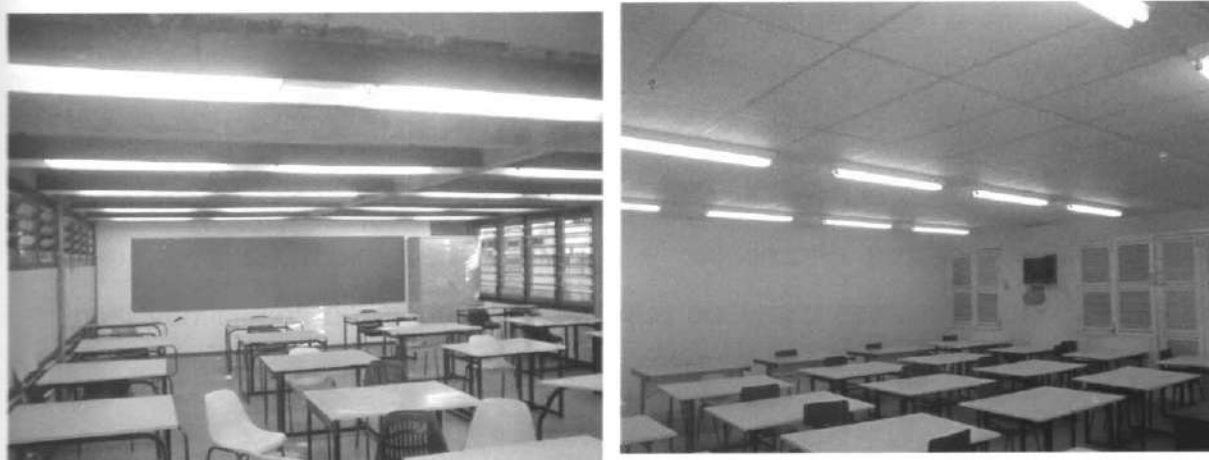


Figura 44 – Vista Interna das Salas de Aulas mostrando a iluminação do DAU.  
Fonte: Foto do autor

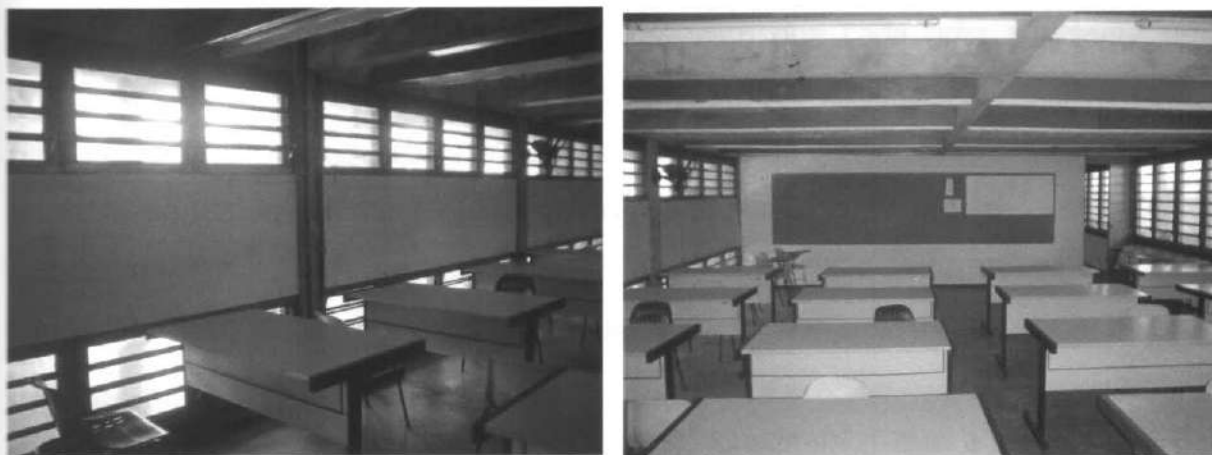


Figura 45 – Vista interna das Salas de Aula sem iluminação do DAU.  
Fonte: Foto do autor

Segundo IESNA (1995) apud GHISI (1997), as refletâncias recomendadas para salas de aula são descritas na tabela 11 abaixo:

**Tabela 12 - Refletâncias recomendadas**

Superfície	Refletância (%)
Piso	30 a 50
Parede	40 a 60
Teto	70 a 90
Lousa	Inferior a 20
Tarefa	35 a 50

No caso, para se obter um resultado mais eficiente, o mais indicado seria que todas as paredes assim como os tetos apresentassem a mesma cor, de preferência branca.

Em se tratando de um ambiente de sala de aula destinada a tarefa de desenho, deva ser muito bem iluminado e proporcione sensação agradável aos usuários, verificamos de modo particular que poderiam apresentar um sistema de iluminação mais bem planejado.

Um outro problema apresentado em algumas salas foi que, apesar de todas as lâmpadas existentes nas salas estarem funcionando, muitas apresentam diferentes temperaturas de cor, algumas são brancas e outras amarelas, o que não torna agradável para os olhos dos usuários, visto que cada uma apresenta uma finalidade. A temperatura de cor da lâmpada deve ser escolhida de acordo com a tarefa a ser realizada no local. Para uma iluminação de qualidade a aparência de cor da fonte de luz deve estar relacionada com a iluminância de serviço, sendo assim, quanto maior a iluminância do ambiente maior deve ser a temperatura de cor da lâmpada conseqüentemente, mais fria a aparência de cor.

Nas salas de aula não climatizadas, constatamos que a distribuição das linhas de luminárias, em número de 6 com interruptores comandando cada 2 linhas delas, numa medida razoavelmente favorável à economia de energia elétrica, o problema está no fato das linhas serem acionadas perpendicularmente à linha de esquadrias o que dificulta o desligamento delas, paralela a estas, quando a luz natural poderia ser utilizada em determinadas horas do dia, visto que não foram dimensionadas com esse propósito.

Uma prática que encontramos e julgamos extremamente importante, refere-se ao comportamento do usuário. É possível encontrar salas de aulas vazias com todas as luzes ligadas. Outra prática que ocorre com muita freqüência e que chama a atenção é a ocupação de salas fora dos horários de aula por pequenos

grupos de dois ou três alunos usando a mesma para estudos, reuniões e até mesmo conversas, com toda iluminação ligada.

Diante dessas situações encontradas, decorrente de erradas atitudes, constatamos que existe uma considerável, desnecessária e injustificável consumo de energia elétrica.

#### **4.5.7 Serviços de Manutenção**

Os serviços de manutenção são próprios da Universidade e quando necessário é solicitado e na medida do possível atendido. Consta basicamente da troca de lâmpadas queimadas. Como a burocracia nos órgãos públicos federais é muito grande e a verba escassa, muitas vezes, essa manutenção é demorada.

A limpeza das luminárias pode ser considerada inexistente mesmo com uma equipe terceirizada responsável pelos serviços de limpeza trabalhando no departamento mas a mesma não é orientada para tal, se restringindo a serviços de varrição e limpeza de banheiros.

#### **4.6. Estratégia de Conservação – ECO's**

Analisando os dados levantados neste trabalho e aqui apresentados, onde nos foi possível termos conhecimento sobre o tipo, a quantidade, a qualidade, as condições físicas do sistema de iluminação artificial existente, assim como às prováveis fontes de desperdício advindo de uma manutenção não planejada e de uma ausência de cuidados com a sua utilização, nos foi possível realizar algumas propostas para realização de estratégias de conservação de energia (ECO's) com o intuito de proporcionar uma significativa redução de consumo para o Departamento.

#### 4.6.1 Proposta de Intervenção no Sistema de Iluminação Artificial

Para a correta avaliação dos níveis de iluminamento, utilizamos um luxímetro Lutron Lx-101 (LUX METER). As medições foram executadas em um plano horizontal a uma altura de 0,75m do nível do piso à 1,00m do plano das esquadrias. As medições foram realizadas durante o dia (9:00hs e 15:00hs) e à noite (18:00hs) em condições favoráveis, para que se tivesse uma real contribuição da iluminação natural e iluminação artificial.

Quanto a localização exata da medição obtivemos para cada sala examinada, índices de iluminamento: um próximo a janela e os outros distribuídos ao longo de toda a área da sala.

Vale ressaltar que a leitura da iluminação natural foi feita somente nas salas em que ela poderia ser aproveitada já que nas demais não existe contribuição da luz natural por estas serem condicionadas artificialmente. Todas as salas de aula foram corrigidas luminicamente.

Realizamos o cálculo do nível lumínico em cada uma das salas de aula estudadas através do "método dos lúmens". Para efeito de cálculo, utilizamos o roteiro apresentado pelo Programa Softlux<sup>22</sup>.

O método dos lúmens, consiste basicamente em determinar o nº médio de lux (E), que chega a um certo plano de trabalho, utilizando algumas variáveis, como:

- fluxo total real do recinto;
- fator de depreciação;
- coeficiente de utilização;
- área do recinto.

<sup>22</sup> Softlux é um programa de cálculo luminotécnico para auxiliar no desenvolvimento de projetos de iluminação artificial. As luminárias escolhidas fazem parte do catálogo da Itaim Iluminação. É um programa freeware de propriedade da Itaim Iluminação – [www.itaim.ind.br](http://www.itaim.ind.br).

As luminárias escolhidas para a realização desse cálculo são do tipo de sobrepor para 2 lâmpadas fluorescentes tubulares de 32W.<sup>23</sup>

O resultado dos cálculos para os recintos analisados, bem como as plantas da nova disposição das luminárias estão no anexo .

As tecnologias disponíveis que, por meio de uma simples substituição, podem promover uma importante redução no consumo de energia nos sistemas de iluminação artificial antigos, além de mais econômicas, oferecem uma melhoria na qualidade da luz emitida.

As lâmpadas fluorescentes de 40W acionadas por reatores eletromagnéticos podem ser substituídas por lâmpadas fluorescentes de 32W, similares no comprimento do tubo e energeticamente mais eficientes. Elas são acionadas por reatores eletrônicos, os quais são mais leves, de menores dimensões e sua vida útil é cerca de quatro vezes maior que os convencionais. Uma simples medida como essa já promove uma significativa economia de energia, sem o prejuízo da qualidade da iluminação produzida.

A tabela 13 a seguir apresenta propostas de intervenções possíveis de serem realizadas em lâmpadas existentes no edifício estudado. Para efeito de comparação entre o sistema existente e a implantação das novas tecnologias, informamos os valores referentes a prováveis reduções no consumo de energia.

<sup>23</sup> As luminárias escolhidas para o cálculo são do catálogo da Itaim Iluminação tendo como referência – LUMILUX – 3.600 2xFL 32W.

**Tabela 13 – Iluminação Artificial – Intervenções Propostas**

Existentes	Lâmpadas			Potência		Consumo		Redução	
	Qtde.	Proposta	Qtde.	Atual	Proposta	Atual	Proposta	Absoluta	Relativa
				kW	kW	kWh	kWh	kWh	%
Fluorescente - 40w e reator Eletromagnético	529	Fluorescente - 32w e Reator Eletrônico	494	27,50	15,80	4.439,86	2.510,46	1.929,39	43,4
Fluorescente - 20 w e reator Eletromagnético	33	Fluorescente - 16w e reator Eletrônico	33	0,96	0,53	131,43	72,51	58,92	44,8
Incandescente - 40w	04	PL - 15w	04	0,16	0,06	7,04	2,64	4,40	62,5
<b>Totais</b>	<b>566</b>		<b>531</b>	<b>28,62</b>	<b>16,39</b>	<b>4.578,33</b>	<b>2.585,61</b>	<b>1992,71</b>	<b>43,5</b>

Da tabela anterior, depreende-se uma redução no consumo de energia elétrica em iluminação artificial de 43,5% no edifício analisado.

Essa intervenção poderá ser implementada de duas maneiras:

- Gradativamente de acordo com as necessidades de troca das instalações antigas ou;

- Totalmente, realizando em uma medida única a completa substituição do sistema existente. A opção por um dos dois procedimentos irá depender da disponibilidade de investimentos por parte do Governo Federal.

A substituição das luminárias também foi proposta, instalando luminárias de maior eficiência e que direcionem corretamente a luz aos planos de trabalho aproveitando assim a potencialidade das lâmpadas.

As luminárias existentes são do tipo calha de sobrepor para duas lâmpadas fluorescentes tubulares com corpo e refletor em chapa de aço tratada e pintada na cor branca, além de estarem sujas, enferrujadas e serem ineficientes, poderão ser substituídas por luminárias do tipo de sobrepor para duas lâmpadas fluorescentes tubulares com o corpo em chapa de aço tratada e pintada na cor branca, possuindo refletor com acabamento especular de alto brilho com possibilidade de adaptação futura de aletas planas e parabólicas.



#### 4.6.2 Aproveitamento da Luz Natural

Segundo BOGO (1996) apud CARDOSO (2001), o consumo real de energia pela iluminação artificial sem o aproveitamento da luz natural é cerca de cinco a doze vezes maior do que com o uso da luz natural, para escolas em Florianópolis. Visto isso, conforme *The European Commission* (1994) apud BOGO (1996) apud CARDOSO (2001), verifica-se que o potencial de aproveitamento da iluminação natural do ponto de vista de conservação de energia, é relativamente grande, podendo variar de 30 a 70%.

Dos espaços estudados do DAU – UFC, alguns seriam possíveis o aproveitamento da iluminação natural, para isso, um investimento nesse tipo de análise deve ser realizado, principalmente nas salas de aula em que a incidência da luz do dia se torna aproveitável dispensando parcialmente a iluminação artificial em determinados períodos do dia.

Nesse caso, a mudança no sistema dos circuitos das salas de aula, ou seja, a linha de luminárias próximas as janelas poderiam ser desligadas e somente acionadas à medida que os níveis de iluminamento exigidos pela norma, que em salas de aula é de 300 lux, segundo a NBR 5413 (1991), atingisse o mínimo. Uma poda nas árvores próximas às janelas seria também uma estratégia no sentido de melhorar a incidência da luz natural e esta seria mais aproveitada acarretando uma redução no consumo de energia elétrica.

#### 4.6.3 Potencialização dos Serviços de Manutenção

Em se falando de serviços de manutenção, este é feito precariamente por um número reduzido de funcionários se limitando essencialmente a troca de lâmpadas quando se faz necessário, representando assim a causa do problema nesse

setor. A limpeza das luminárias, que é de suma importância, não é executada, dificultando assim que o fluxo luminoso das lâmpadas atinjam o plano de trabalho.

A necessidade de um maior número de funcionários e uma eficiente vistoria nas lâmpadas, luminárias e suportes, bem como, nas instalações elétricas é evidente, somente assim podemos pensar numa melhor limpeza, medidas essas que garantiriam uma redução nos gastos de energia elétrica e melhor segurança aos usuários.

#### **4.7 Criação de uma CIEE para o DAU (Comissão Interna de Eficiência Energética)**

A criação de uma Comissão de Conservação de Energia (CIEE) é de fundamental importância na elaboração de um programa de combate ao desperdício de energia elétrica. Tal fato se comprova pelas experiências adquiridas ao longo do tempo, apontando para insucessos nas aplicações de medidas isoladas, que se perdem ao longo do tempo e não contagiam aos usuários por melhor que seja o resultado.

O descaso dos usuários para com a economia de energia é evidente e não se percebe nenhuma tentativa de combate ao desperdício, por falta de um trabalho de conscientização geral sobre o caso.

O Poder Público, em todos os níveis, também tem a responsabilidade de dar exemplo a outros setores de atividades no país na busca pelo aumento da eficiência no uso da energia.

Com a finalidade de organizar as tentativas de combate ao desperdício tentando resolver a maioria dos problemas encontrados, sugerimos a criação de uma CIEE – Comissão Interna de Conservação de Energia de forma a controlar todas as

medidas necessárias para a eficiência da energia consumida, sempre buscando o engajamento dos usuários dos vários setores do Departamento, visando à atribuição de responsabilidades e ao comprometimento com as medidas a serem adotadas. É sabido que as pessoas criam resistências às mudanças e em muitas vezes, nem querem saber se a mudança será positiva ou não, elas simplesmente não colaboram para que seja realizada.

Cabe à CIEE atuar nesse trabalho de conscientização dos usuários sobre o uso racional de energia elétrica como também na elaboração de normas que evite o desperdício de energia.

Dentre as recomendações para a operação da CIEE podemos citar:

- Analisar e acompanhar mensalmente o consumo energético do Departamento, fazendo um balanço anual do consumo;
- Levantar os horários de operação das cargas, a fim de avaliar a possibilidade de cargas estarem ligadas sem necessidade;
- Elaborar um programa de manutenção preventiva do sistema de iluminação artificial;
- Enumerar as medidas recomendadas pelo diagnóstico energético, com suas respectivas economias previstas;
- Confeccionar um manual de normas internas de eficiência energética, relacionado ao uso dos equipamentos de um modo geral;
- Divulgar através de cartazes, e-mail interno ou outros métodos, as medidas a serem adotadas bem como as metas a serem alcançadas;
- Realizar palestras e campanhas internas para o uso eficiente em energia para todos os usuários;
- Criar uma consciência de eliminação de desperdício de energia nos usuários.

## **CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES**

## 5 – CONCLUSÕES

### 5.1 Conclusões à cerca dos Sistemas de Iluminação Artificial Existentes

Os princípios da iluminação artificial em arquitetura são baseados hoje numa fórmula simplificada que mistura uma visão do arquiteto combinada com a sofisticação tecnológica do luminotécnico, com o objetivo de produzir projetos nunca antes vistos que são paradigmas de espaços, textura e cor.

Os sistemas e técnicas de iluminação artificial desenvolveram-se muito mais que a mera aplicação de novas tecnologias, transformando-se numa profissão em si mesmo. Essa evolução, conduzida pelos avanços tecnológicos, tem enriquecido o mais utilizado sentido da visão a tal ponto que agora é possível criar espaços surpreendentes e emocionantes.

Os referidos sistemas tendem a desenvolver-se em três sentidos básicos: a inovação, a especialização e a otimização. A inovação se refere às suas áreas básicas em que a tecnologia da iluminação tem se modificado: o desenvolvimento das novas fontes de luz, como a fibra ótica, e a contínua miniaturização, como as lâmpadas compactas.

A especialização usada em dois sentidos, onde se deseja aumentar as oportunidades dos especialistas no mercado de Arquitetura, através da especialização da profissão e do aperfeiçoamento dessas especialistas por exigência do mercado.

A otimização como chave do desenvolvimento diz respeito à consciência da crescente crise energética e a necessidade dos arquitetos de pensar com profundidade seus projetos e seu impacto nessa área, já que diante da crise temos a necessidade de sermos mais eficientes no uso dos escassos recursos naturais.

Não podemos menosprezar os aspectos culturais da luz, principalmente num país como o nosso, onde a disponibilidade de luz natural é enorme, e seu uso aliado ao da iluminação artificial é fundamental.

Um dos principais fatores que estimulam a evolução dos produtos de iluminação artificial é a eficiência energética, considerando que a economia gerada para os usuários, por esses tipos de produtos, é grande e proporciona uma queda no consumo desse uso final.

Essa evolução nos trouxe lâmpadas mais eficientes em termos energéticos, apresentando melhor índice de reprodução de cores e conseqüentemente vida mais longa. Os reatores apresentam alto fator de potência, duram mais tempo e até podem ser dimmerizados. Os controles de iluminação se sofisticaram e passaram a ser parte integrante de todo sistema. Essa sofisticação também acarretou numa maior

especialização por parte dos usuários na implantação e no manuseio desses equipamentos.

Percebe-se que nos últimos anos o desenvolvimento dessas tecnologias quando aplicadas corretamente surtem um grande efeito econômico, e o investimento inicial tem sido recuperado rapidamente, diante das qualidades e dos resultados proporcionados.

## **5.2 Conclusões à cerca da Análise das Realizações**

A implantação de tecnologias energeticamente eficientes promove uma significativa redução no consumo de energia elétrica e os programas educacionais tanto no mundo como no Brasil são explorados mostrando a importância de uma mudança de atitude perante a necessidade de se evitar o desperdício.

Um regulamento energético para o País é necessário, baseado em critérios de desempenho resultando numa melhoria da qualidade dos serviços arquitetônicos e do padrão de conforto de seus usuários (ROMERO, 2003).

A análise dos casos pesquisados sugere que em alguns casos não sejam feitos novos projetos luminotécnicos e sim substituições de tecnologias obsoletas por outras energeticamente mais eficientes, visto que a quantidade de iluminação existente antes da intervenção já seja suficiente. Essas intervenções nos sistemas de iluminação artificial visam basicamente não só a substituição de lâmpadas mas também de seus acessórios e de uma mudança de mentalidade dos usuários que juntos garantem o máximo de qualidade, quantidade e eficiência acrescentando ganhos ainda maiores ao sistema.

## **5.3. Conclusões à cerca do Estudo de Caso**

Feito o levantamento do sistema de iluminação do DAU – UFC, procedeu-se uma avaliação mais minuciosa dos dados. Foi determinado o consumo final da iluminação artificial do edifício e reconhecida a existência de um potencial de economia de energia elétrica no Departamento.

A princípio sabe-se que apenas a substituição da iluminação existente por outra de menor consumo, conseqüentemente mais eficientes, já garante uma medida de economia de energia elétrica.

Essa substituição de sistemas de iluminação veio acompanhada de uma correção, considerando a determinação das condições de iluminância especialmente nas salas de aula, baseada nas normas da ABNT.

A iluminação natural também deve ser levada em consideração, visto que ela pode auxiliar na redução do consumo de energia elétrica. O uso de programadores para manter as lâmpadas apagadas durante períodos em que a

iluminação natural supre parcialmente a necessidade de iluminação permite economia significativa no consumo de eletricidade.

#### 5.4. Conclusões Finais

Esse trabalho pode proporcionar uma importante fonte de informações sobre a eficiência dos sistemas de iluminação artificial.

É evidente a crescente preocupação em reduzir o consumo de energia elétrica em edificações e é o sistema de iluminação que se constitui na opção mais imediata para a realização dessas mudanças. A substituição de tecnologias existentes e a implantação de programas educacionais representam estratégias básicas de conservação.

De posse dos dados energéticos do DAU - UFC podemos expressar a realidade da maioria das edificações públicas, principalmente as destinadas às atividades escolares, evidenciando a situação do uso final da iluminação, e é exatamente nele que se encontra uma elevada possibilidade de redução do consumo de energia elétrica.

A pesquisa aqui realizada pôde demonstrar que a substituição do atual sistema por tecnologias mais eficientes, bem como a correção dos níveis de iluminância das salas de aula, reduz o consumo de iluminação em pelo menos 44%. Embora de início, seja um investimento relativamente caro, nessa escala de economia mensal, a diferença de custo de aquisição será coberta em um período em torno de 3 anos, eliminando a falsa vantagem do custo inicial.

Considera-se que o potencial de redução no consumo pode ser ainda acrescido pela implementação de medidas que fiscalize o uso correto dos sistemas de iluminação e equipamentos, o controle na aquisição de novas tecnologias e a adoção de programas educacionais que enfatize uma política de anti desperdício.

## BIBLIOGRAFIA



**BIBLIOGRAFIA:**

ABILUX (1992). **Uso Racional de Energia Elétrica em Edificações**. Manual de Iluminação, ABILUX – Associação Brasileira da Indústria da Iluminação, São Paulo, 1992.

ABILUX (1995 a). **Conservar energia significa mais verbas para educação e saúde**. Associação Brasileira da Indústria da Iluminação. Jornal ABILUX, ano V, nº 55, p.3.

ABILUX (1996). **Iluminação eficiente é uma das lutas da ABILUX**. Associação Brasileira da Indústria da Iluminação. Jornal ABILUX, ano VI, nº 64, p.3.

AGUIAR, João Carlos; LONARDO, Louise; THOMÉ, Mabele; LAMBERTS, Roberto. **Eficiência Energética em Edificações: Estado da Arte**. UFSC. 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5413: **Iluminância de Interiores**. Rio de Janeiro, 1982.

CARDOSO, Isaura Maria Valone de Moraes. **Avaliação de Sistemas de Iluminação Artificial visando a Eficiência Energética: O caso da FATEC – SP**. São Paulo. USP, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2001. Dissertação de mestrado.

CAVALIN, Geraldo & CERVELIN, Severino. **Instalações Elétricas Prediais**. São Paulo. Editora Érica, 1998.

CONSERVAÇÃO de Energia, **Enfoque**. São Paulo, fev. 2004. [www.guiafloripa.com.br](http://www.guiafloripa.com.br). 10/02/04.

COOK, Brian. High – *Efficiency Lighting in Industry and Commercial Buildings*. 1998. Disponível na internet. <http://solstice.crest.org/efficiency/lighting/cookbrian/index.htm>.

COSTA, Gilberto José Correa da. *Iluminação Econômica – Cálculo e Avaliação*. Porto Alegre. Edipucrs. Coleção Engenharia- 5. 1998.

CREDER, Hélio. *Instalações Elétricas*. Rio de Janeiro. Livros Técnicos e Científicos Editora S. A . 2000.

\_\_\_\_\_. *Manual do Instalador Eletricista*. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora S. A . 1995.

ELÉTRICA, *Manual de Conservação de Energia* . Rio de Janeiro, CICE, PROCEL. 1991.

ELETROBRÁS/PROCEL. *Manual de Prédios Eficientes em Energia Elétrica*. Rio de Janeiro. IBAN/ELETROBRÁS/PROCEL. 2003.

\_\_\_\_\_. *Conservação de Energia – Eficiência Energética de Instalações e Equipamentos*. Itajubá. E. Federal de Engenharia de Itajubá. 2º Edição. 2001

ENERGIA, *Um bem escasso que deve ser conservado*. São Paulo, fev. 2004. [www.hnluz.com.br](http://www.hnluz.com.br) . 05/02/04.

FROTA, Anésia Barros. *Manual de Conforto Térmico*. São Paulo, Nobel. 1998.

ILUMINAÇÃO – *Enfoque especial no. 005*. São Paulo, maio 2002, [www.lume.com.br](http://www.lume.com.br) .04/05/02.

GHISI, EneDir. LAMBERTS. Roberto. ***Desenvolvimento de uma Metodologia para retrofit em sistemas de iluminação***. Florianópolis, 1997. 246p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil . UFSC.

ILUMINAÇÃO – ***Enfoque especial no. 005***. São Paulo, maio 2002, [www.lume.com.br](http://www.lume.com.br) . 04/05/02..

ILUMINAÇÃO Artificial. ***Curso de Arquitetura e Urbanismo – UFSC***, Santa Catarina, junho 2004 – [www.arq.ufsc.br/~labcom](http://www.arq.ufsc.br/~labcom) .

KOZLOWSKI, David. ***Golden Opportunities***. 1998. Disponível na internet. <http://www.facilities.com/NS/NS368dd/html> .

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O . R. ***Eficiência Energética na Arquitetura***. São Paulo. PW, 1997.

LEITE, Brenda Chaves Coelho. ***Análise do desempenho de Edifícios de Escritórios Automatizados através da Avaliação Pós-Ocupação***. São Paulo, FAU/USP, 1997.

LEITE, Antonio Dias. ***A Energia do Brasil***. Ed. Nova Fronteira. Rio de Janeiro. 1997

LUMINOTÉCNICA. ***Trabalho final de curso 1999/2000***. Portugal, maio 2002 – [www.laseeb.ist.pt](http://www.laseeb.ist.pt) .

MARTAU, Betina Tshiedel. ***Iluminação Artificial em espaços comerciais de lojas***. Porto Alegre. UFRGS, Faculdade de Arquitetura, 1998. Dissertação de mestrado.

MASCARÓ, Lúcia E.A.. Raff de et alli – ***Luz, Clima e Arquitetura***. São Paulo, FAUUSP, 1978. 177p.

MINGRONE, Antonio Carlos. ***Iluminação – Importância e Metodologia de aplicação na Arquitetura***. São Paulo, FAUUSP. Dez 1984. Dissertação de mestrado.

MOREIRA, Vinícius de Araújo . ***Iluminação e Fotometria*** – teoria e aplicação. São Paulo, Edgard Blucher, 1976. 212p.

MOREIRA, A B., SILVEIRA, L.C.J., SHIMIDLIN Júnior, C.R., CAVALCANTE Neto, T.N., PEREIRA, A,H., CARVALHO, P.C.M. ***Energy Efficiency in the Rectory of the Federal University of Ceará***. IEEE/PES. T&D 2004 Latin América, 2004, São Paulo.6 p.

OSRAM. ***Produtos para Iluminação Geral***. Catálogo, 2001.

\_\_\_\_\_. **Catálogo Geral 2004**.

PHILIPS LIGHTING DIVISION. ***Manual de Iluminação***. Holanda, 1976.

\_\_\_\_\_. **CATÁLOGO DE ILUMINAÇÃO**. São Paulo, set.2001.

ROMÉRO, Marcelo de Andrade. ***Conservação de Energia e Arquitetura: Dois conceitos inseparáveis***. Revista Climatização, São Paulo, p. 20-24, fev. 2001.

\_\_\_\_\_. ***Método de Avaliação do Potencial de Conservação de Energia Elétrica em Campi Universitários: O caso da Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira***. Tese de Doutorado defendida na USP, 1994.

\_\_\_\_\_. ***O Edifício da Epusp – Civil: Um exercício da Metodologia da Avaliação Pós-ocupação (APO)***. Dissertação de Mestrado. São Paulo. FAUUSP. 1990.

\_\_\_\_\_. **Conservação de Energia e Arquitetura: Dois conceitos inseparáveis.** Revista Climatização, São Paulo, p. 20-24, fev. 2001.

\_\_\_\_\_; GONÇALVES, Joana Carla; DILONARDO, L.F.P. **A evolução da Arquitetura e dos Aspectos Energéticos das Edifícios de Escritórios nos últimos 30 anos na Cidade de São Paulo.** São Paulo. USP. NUTAU. 2000.

\_\_\_\_\_; RORIZ. Maurício. **Programas de Simulação termoenergética em edifícios: O Arqitrop.** Revista Climatização, São Paulo, nº 19. p. 30-34. mar. 2002.

SHIMIDLIN Junior, C.R., SILVEIRA, L.C.J., C.R., CAVALCANTE Neto, T.N., MOREIRA, A B., PEREIRA, A.H., CARVALHO, P.C.M. **Energy Efficiency and renewable Energy Sources: The Experience of the Federal University of Ceará.** IEEE/PES. T&D 2004 Latin América, 2004, São Paulo.6 p.

SILVA, Mauri Luiz da. **Luz, Lâmpadas e Iluminação.** Rio de Janeiro. Editora Ciência Moderna Ltda. 2004.

SILVEIRA, L.C.J., SHIMIDLIN Júnior, C.R., CAVALCANTE Neto, T.N., MOREIRA, A B., PEREIRA, A.H., CARVALHO, P.C.M. **Energy Analysis of na Academical Campus: The Case of the Federal University of Ceará.** IEEE/PES. T&D 2004 Latin América, 2004, São Paulo.6 p.

STILLER, Esther. **Ciclo de Palestras LuzCor 2003.** São Paulo, dez.2003. [www.luzphilips.com.br](http://www.luzphilips.com.br) - 02/12/2003.

\_\_\_\_\_. A luz e a Arquitetura. **Revista A&D,** São Paulo, no. 11, p. 106-107, set.1998.

SZABÓ, Ladislao. ***Efeitos da luz na Arquitetura***. Projeto Design, São Paulo, no. 227, p.100-101, dez.1998.

\_\_\_\_\_. "Sim" à Luz – ***Considerações de Ladislao Szabo***. São Paulo, dez.2003. [www.lume.com.br](http://www.lume.com.br). - 27/12/03.

VAJÃO, Vitor. ***Boas Práticas de Eficiência Energética em Iluminação***. Worksshop Greenlight. Atelier de Iluminação e Electrotécnica Ltda. Lisboa 29/01/2004.65 p.

VIANNA, Nelson Solano & GONÇALVES, Joana Carla Soares. ***Iluminação e Arquitetura***, Virtus s/c, São Paulo, SP, 2001

WESTPHAL, Fernando S; MARINOSKY, Deivis L; GHISI, Eneidir; LAMBERTS, Roberto. ***Proposta de retrofit para o sistema de iluminação artificial da UFSC***. Santa Catarina, 2003. [www.labeee.ufsc.br](http://www.labeee.ufsc.br). 10/02/04.

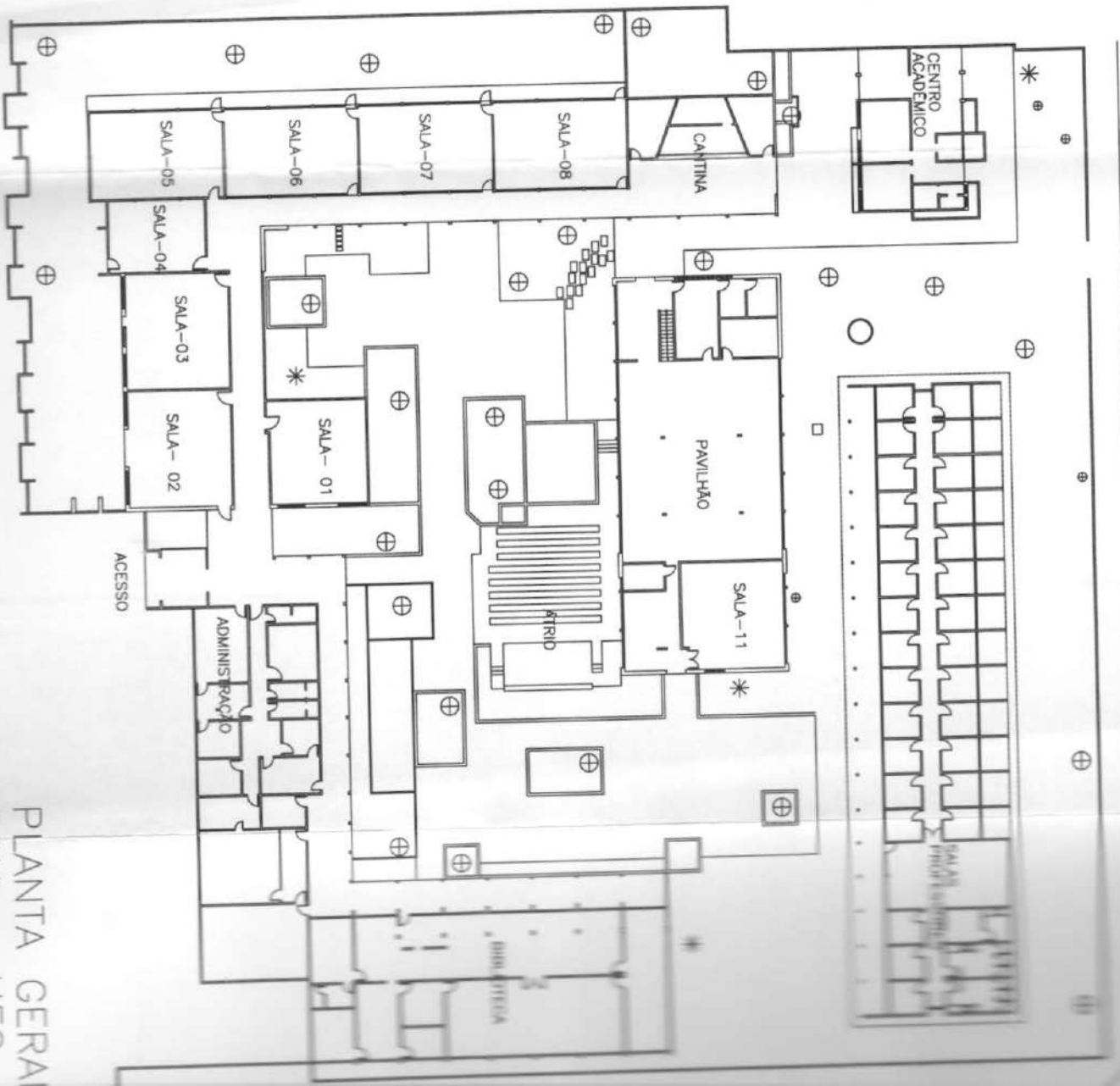
## ENDEREÇOS DA INTERNET

**Endereços da Internet****DOE** (Department of Energy of USA)<http://www.eren.doe.gov>**LIGHTFORUM**<http://www.lightforum.com>**Rebuild América: EnergySmart Schools**<http://www.rebuild.org>**THE SAVE PROGRAMME**<http://www.europa.eu.int/en/comm/dg17/save.htm>**Philips – Europa**<http://www.eur.lighting.philips.com>**ELETROBRÁS**<http://www.eletrabras.gov.br>**INEE**<http://www.inee.org.br>**LABEEE**<http://www.labeee.ufsc.br>**MME**<http://www.mmme.gov.br>**PROCEL**<http://www.eletrabras.gov.br/procel>**Philips – Lighting - Brasil**<http://www.lighting.philips.com/brasil/catalogos>



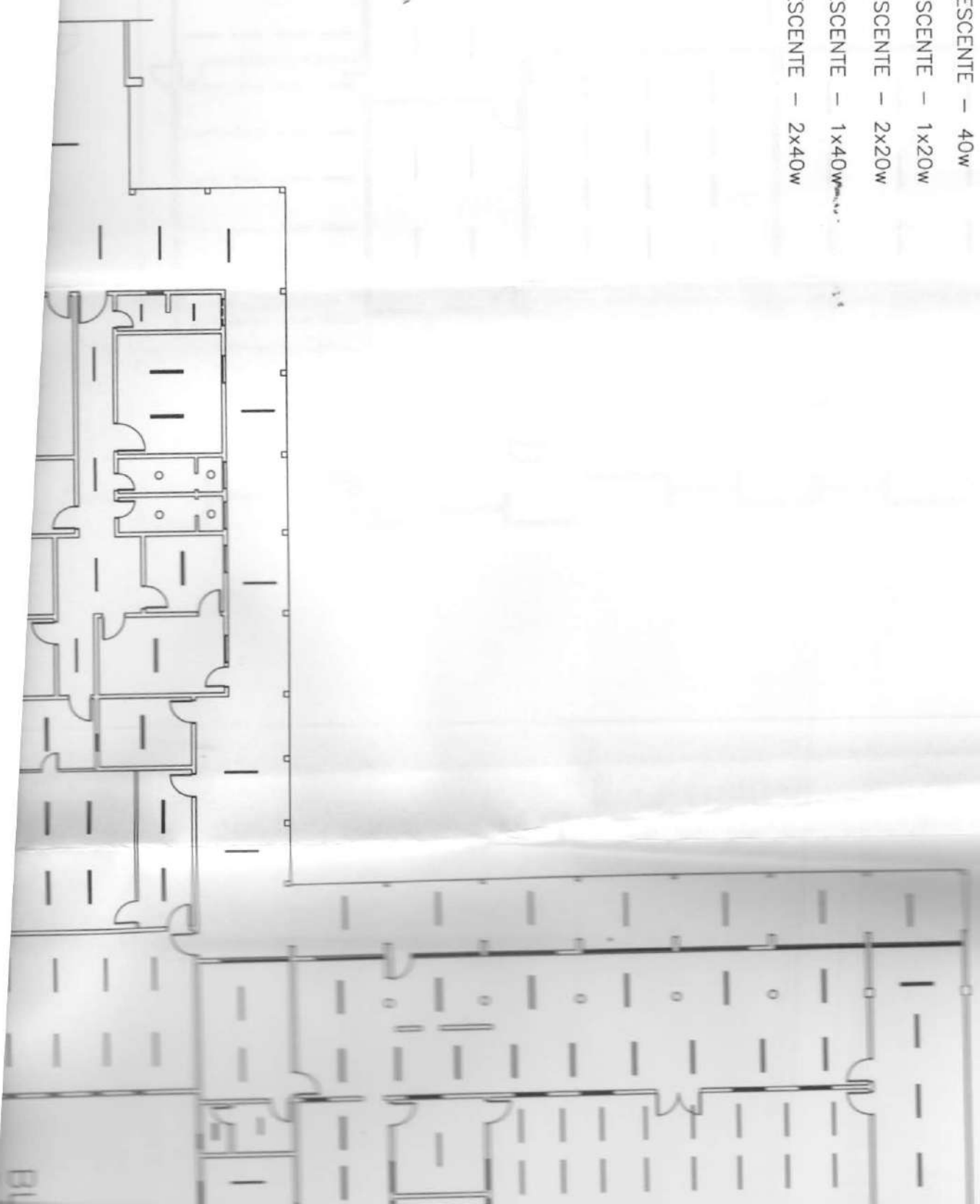
**ANEXOS**

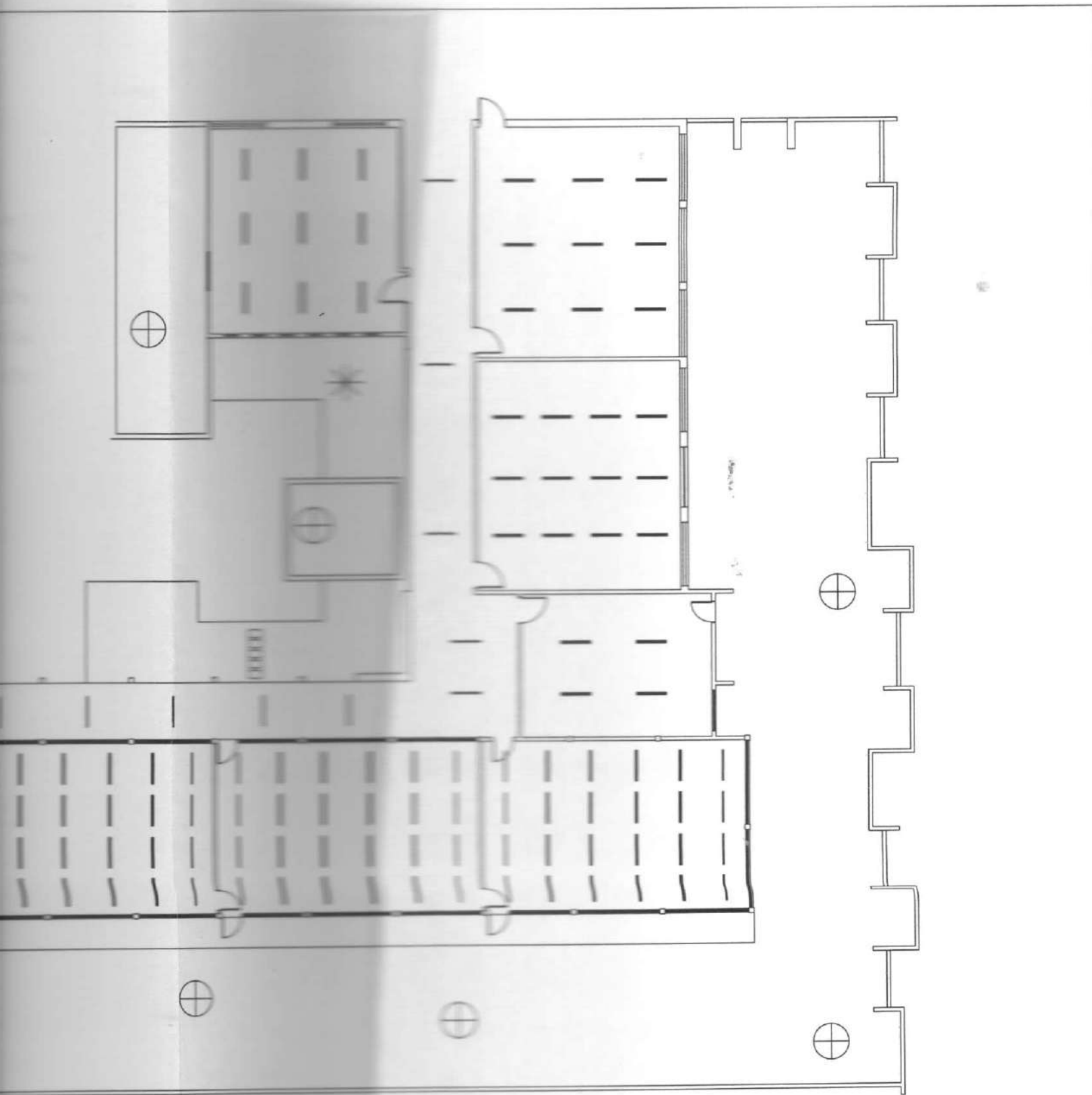
PLANTA GERA  
DAU - UFC



# LEGENDA

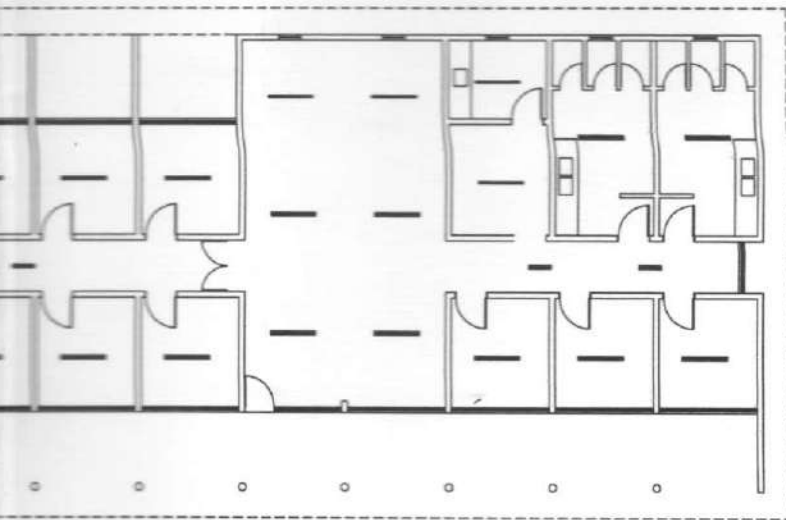
- INCANDESCENTE - 40w
- FLUORESCENTE - 1x20w
- FLUORESCENTE - 2x20w
- FLUORESCENTE - 1x40w
- FLUORESCENTE - 2x40w





BLOCO SALAS DE AULA  
DAU - UFC

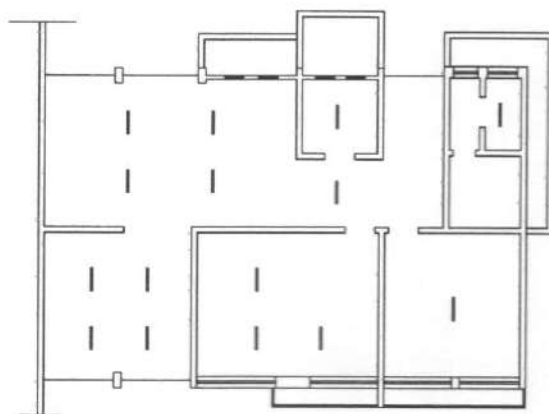
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO  
CAMPUS DO BENFICA  
2004  
esc:1/200



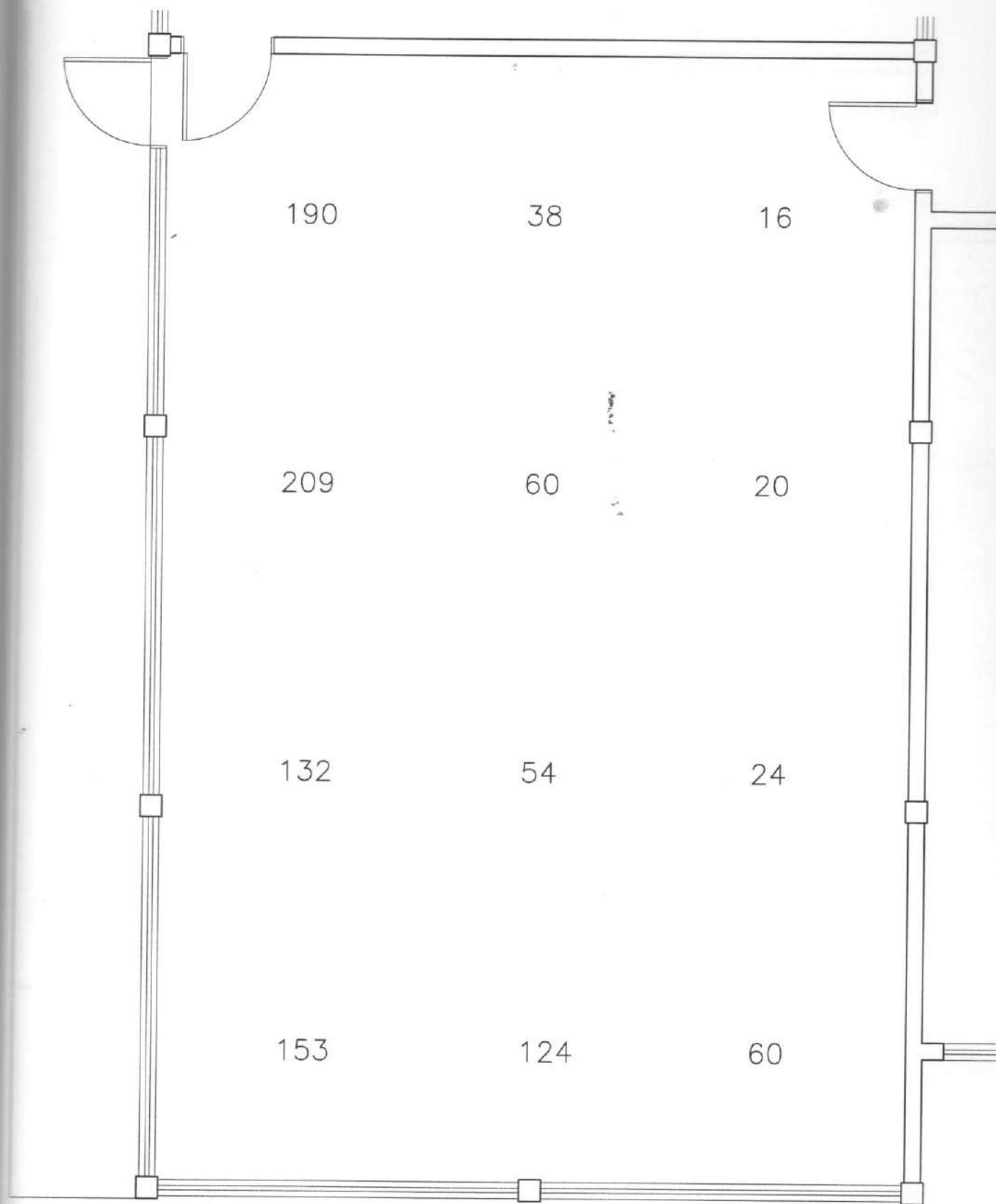
BLOCO SALA DOS PROFESSORES  
DAU - UFC

### LEGENDA

- INCANDESCENTE - 40w
- FLUORESCENTE - 1x20w
- ≡ FLUORESCENTE - 2x20w
- FLUORESCENTE - 1x40w
- ≡ FLUORESCENTE - 2x40w



BLOCO CACAU  
DAU - UFC

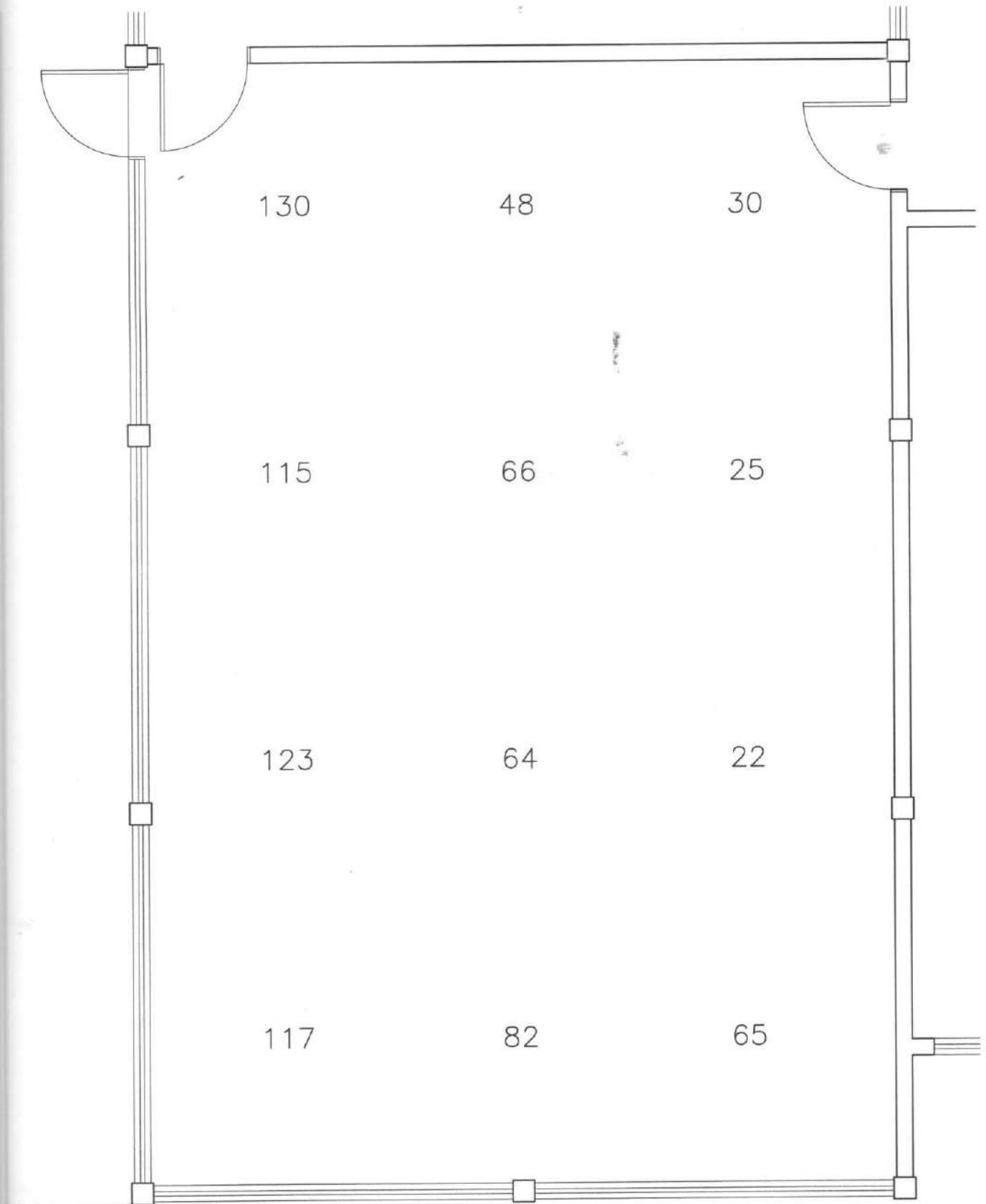


DAU - UFC

Leitura da Iluminação Natural

SALA DE AULA 05

HORA - 10:00hs

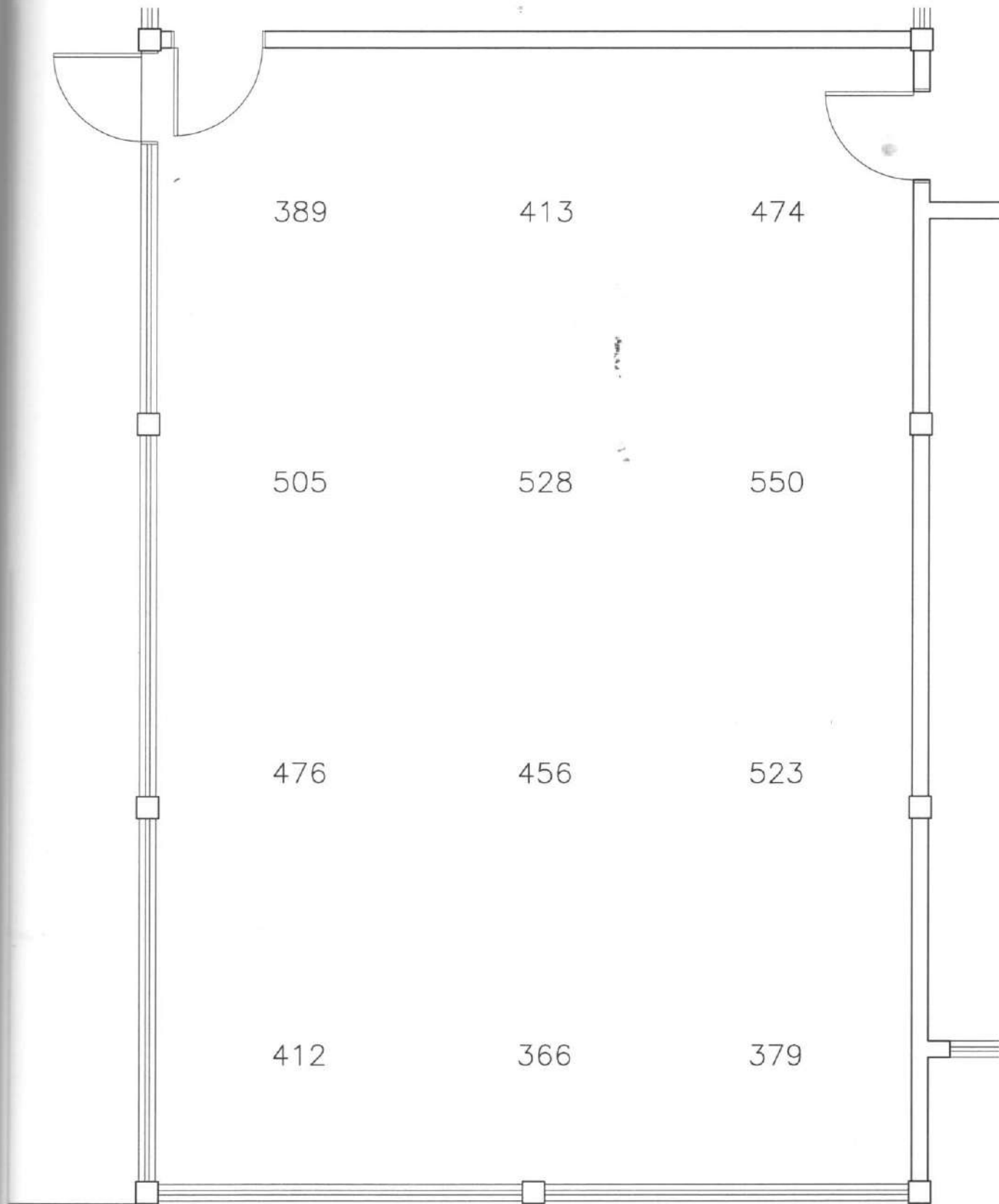


DAU - UFC

Leitura da Iluminação Natural

SALA DE AULA 05

HORA - 15:00hs



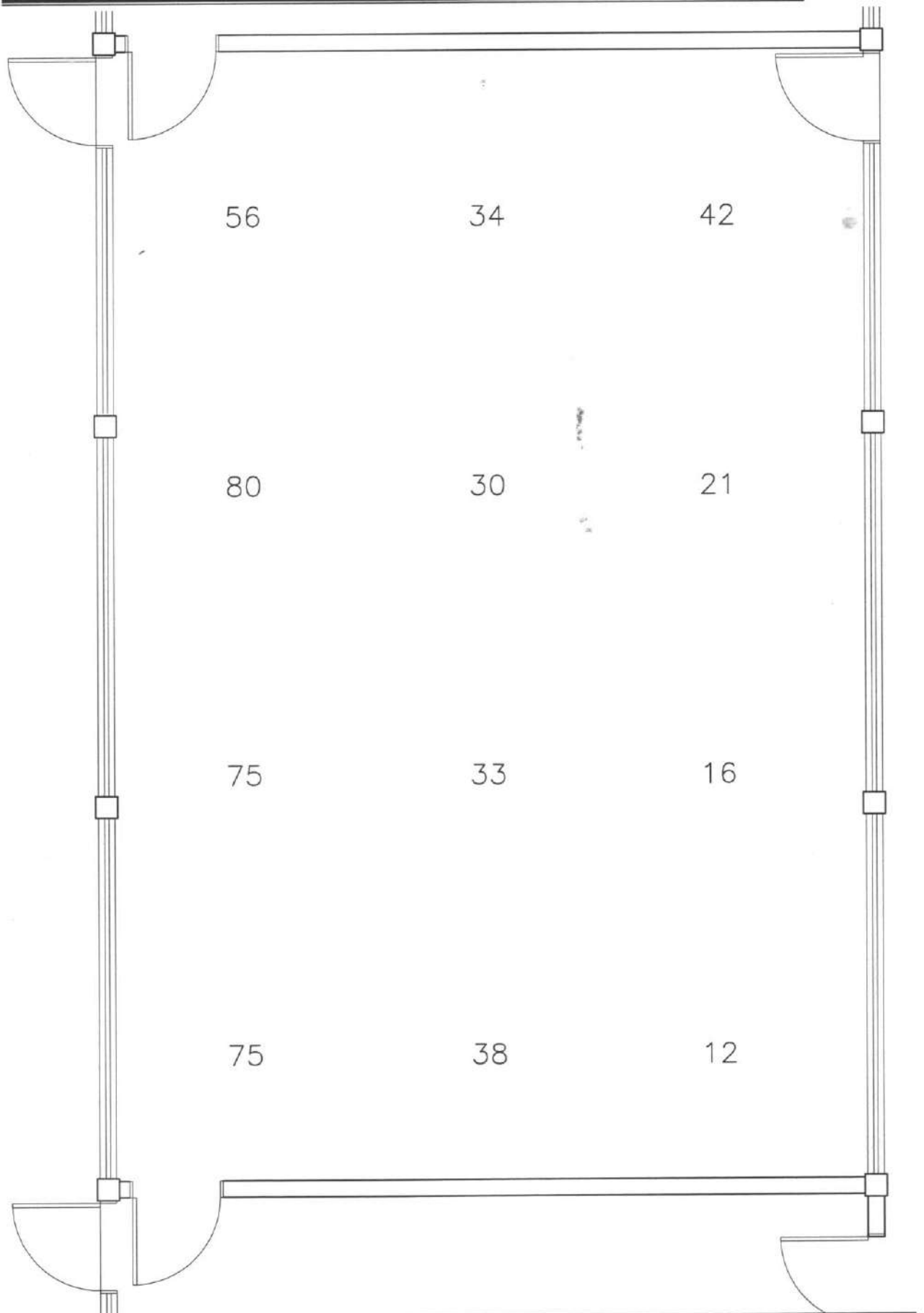
DAU – UFC

Leitura da Iluminação Artificial

SALA DE AULA 05

HORA – 18:00hs



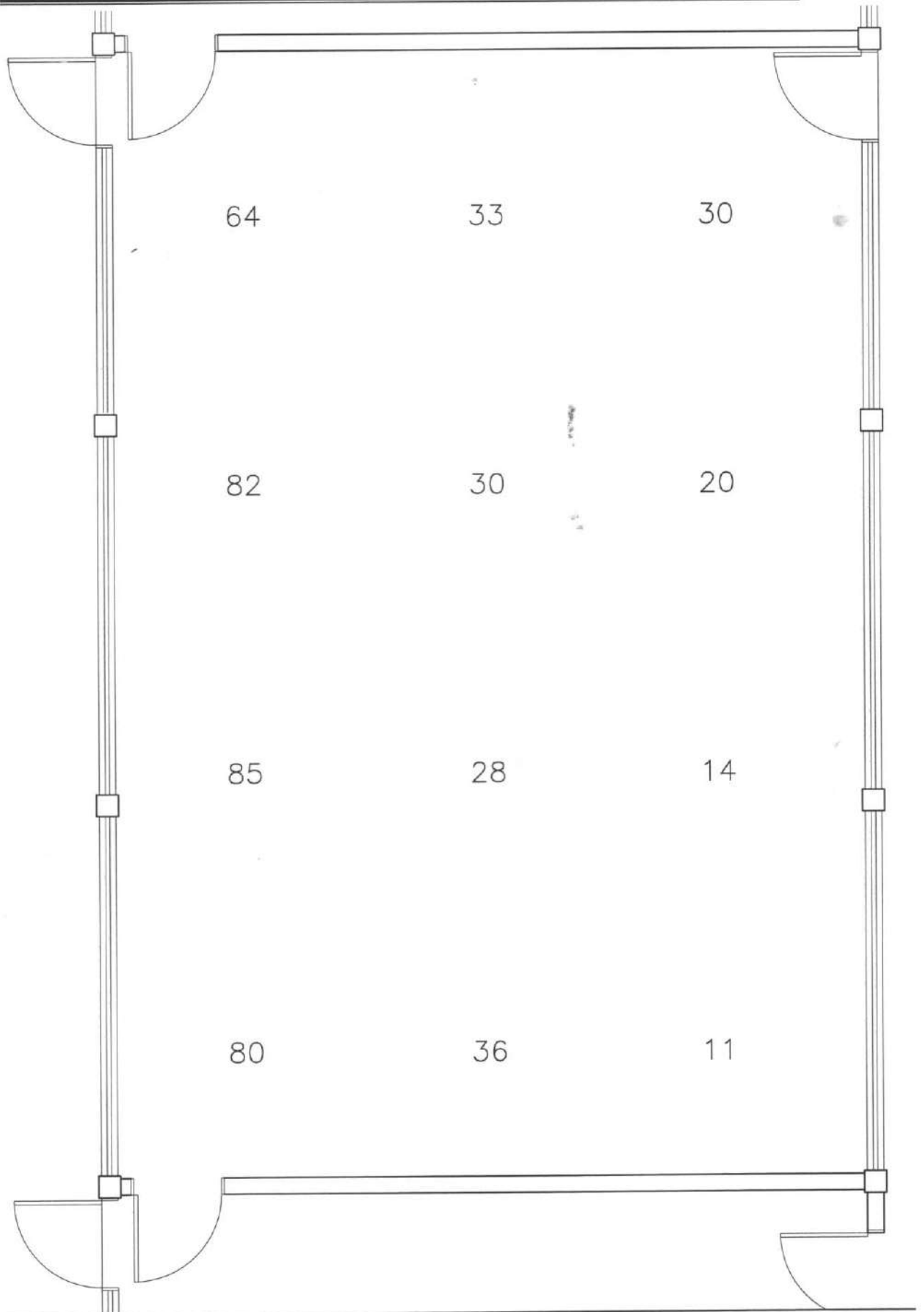


DAU - UFC

Leitura da Iluminação Natural

SALA DE AULA 06

HORA - 10:00hs

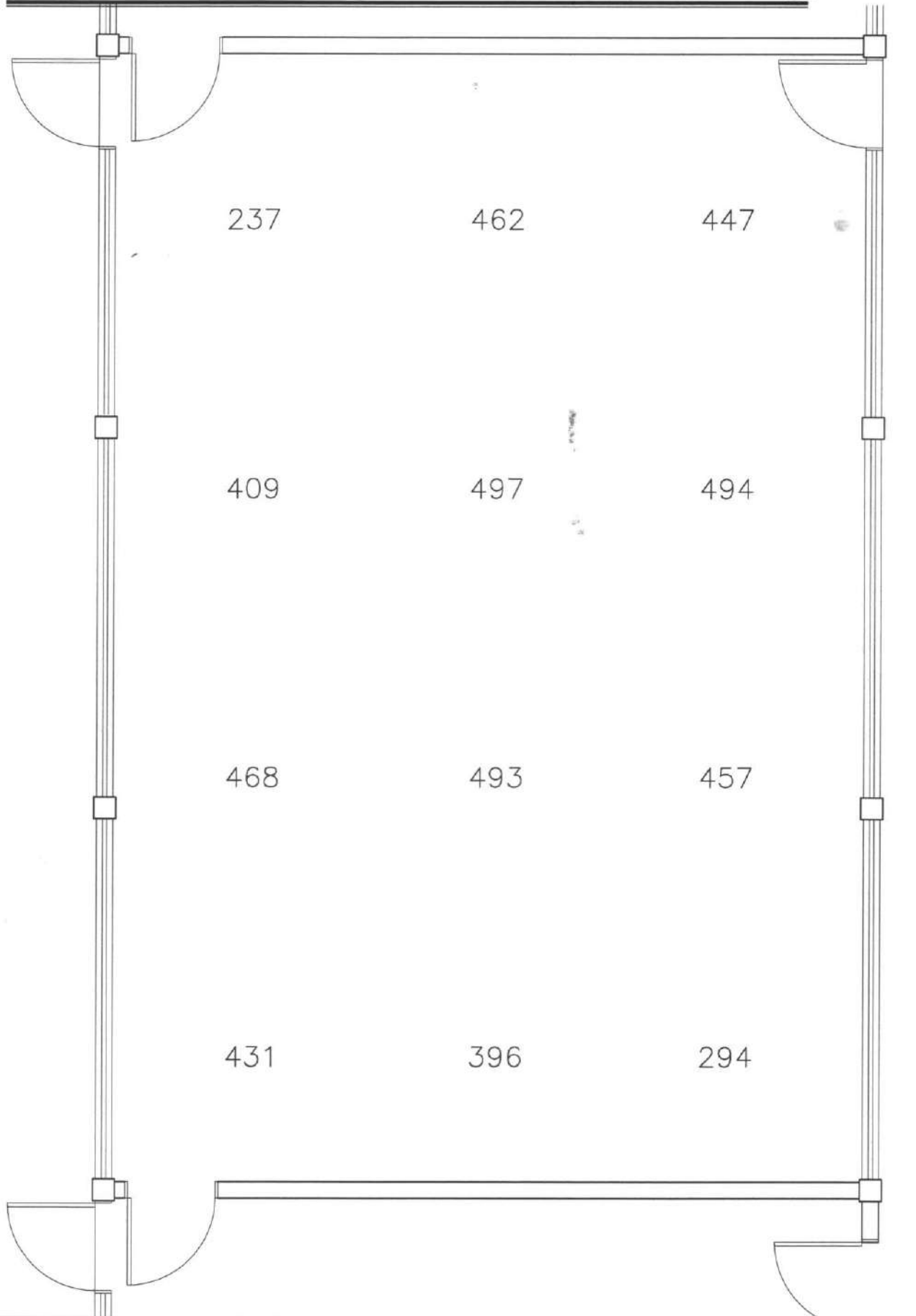


DAU - UFC

Leitura da Iluminação Natural

SALA DE AULA 06

HORA - 15:00hs

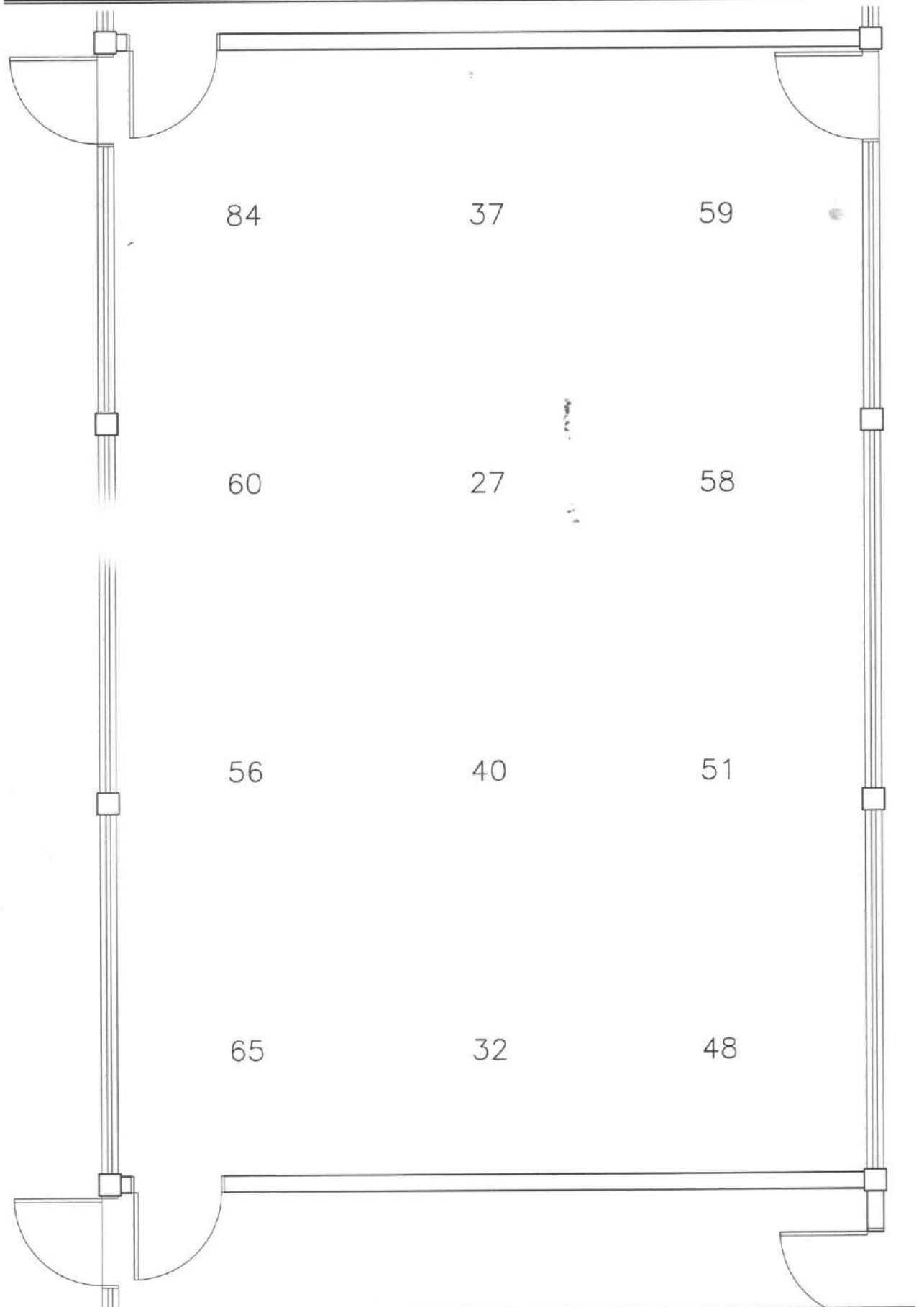


DAU – UFC

SALA DE AULA 06

Leitura da Iluminação Artificial

HORA – 18:00hs

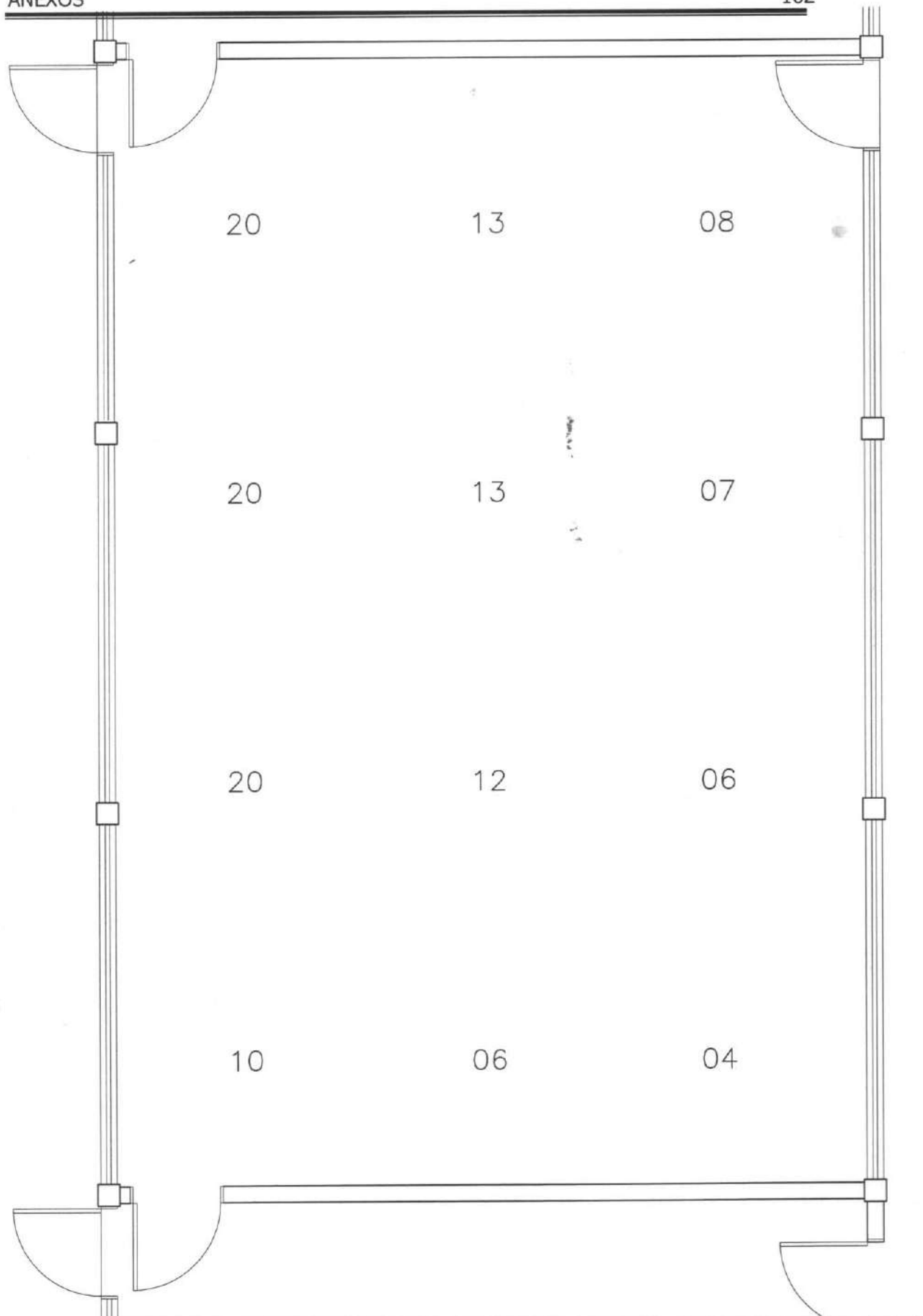


DAU - UFC

Leitura da Iluminação Natural

SALA DE AULA 07

HORA - 10:00hs

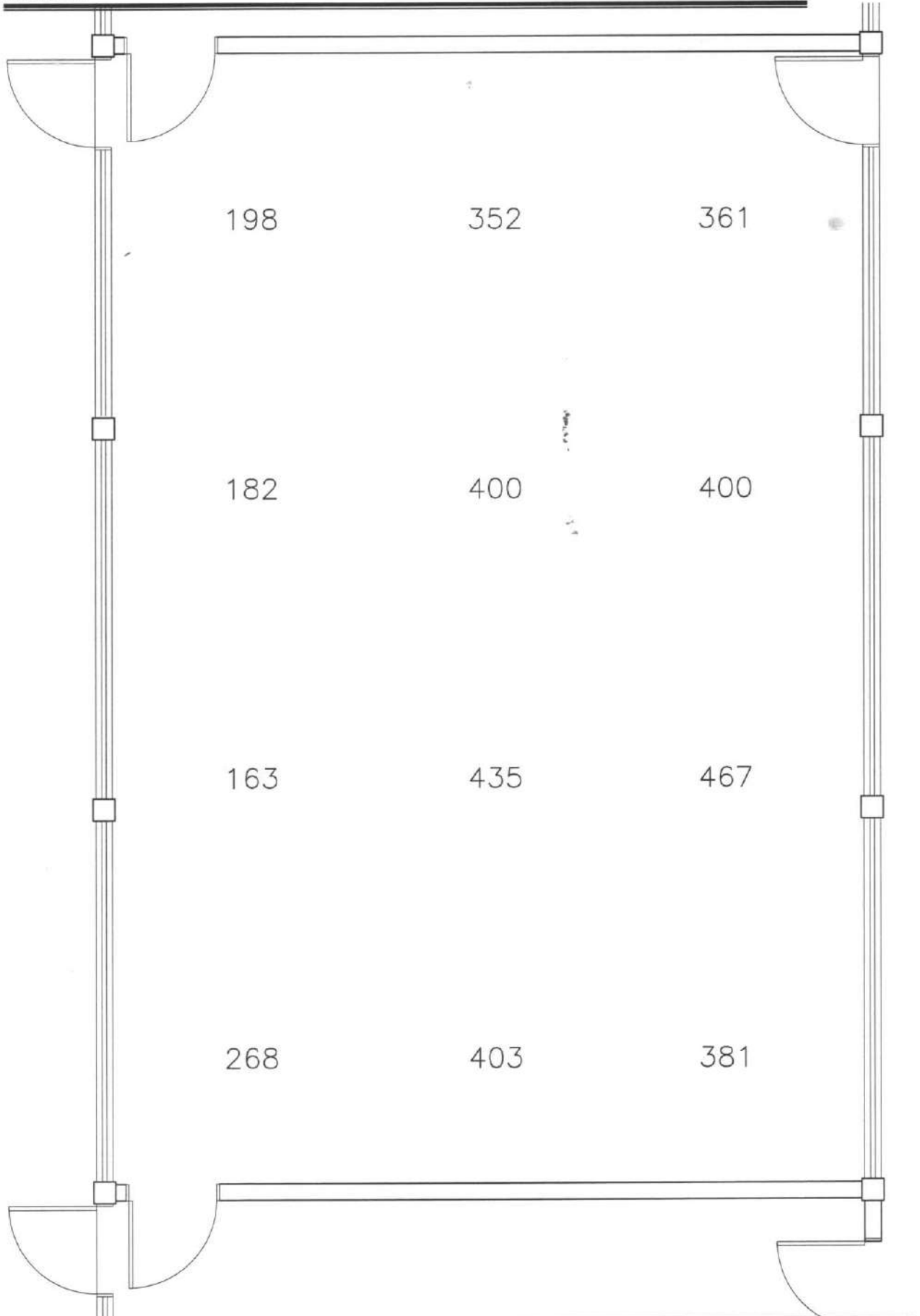


DAU - UFC

Leitura da Iluminação Natural

SALA DE AULA 07

HORA - 15:00hs



DAU - UFC

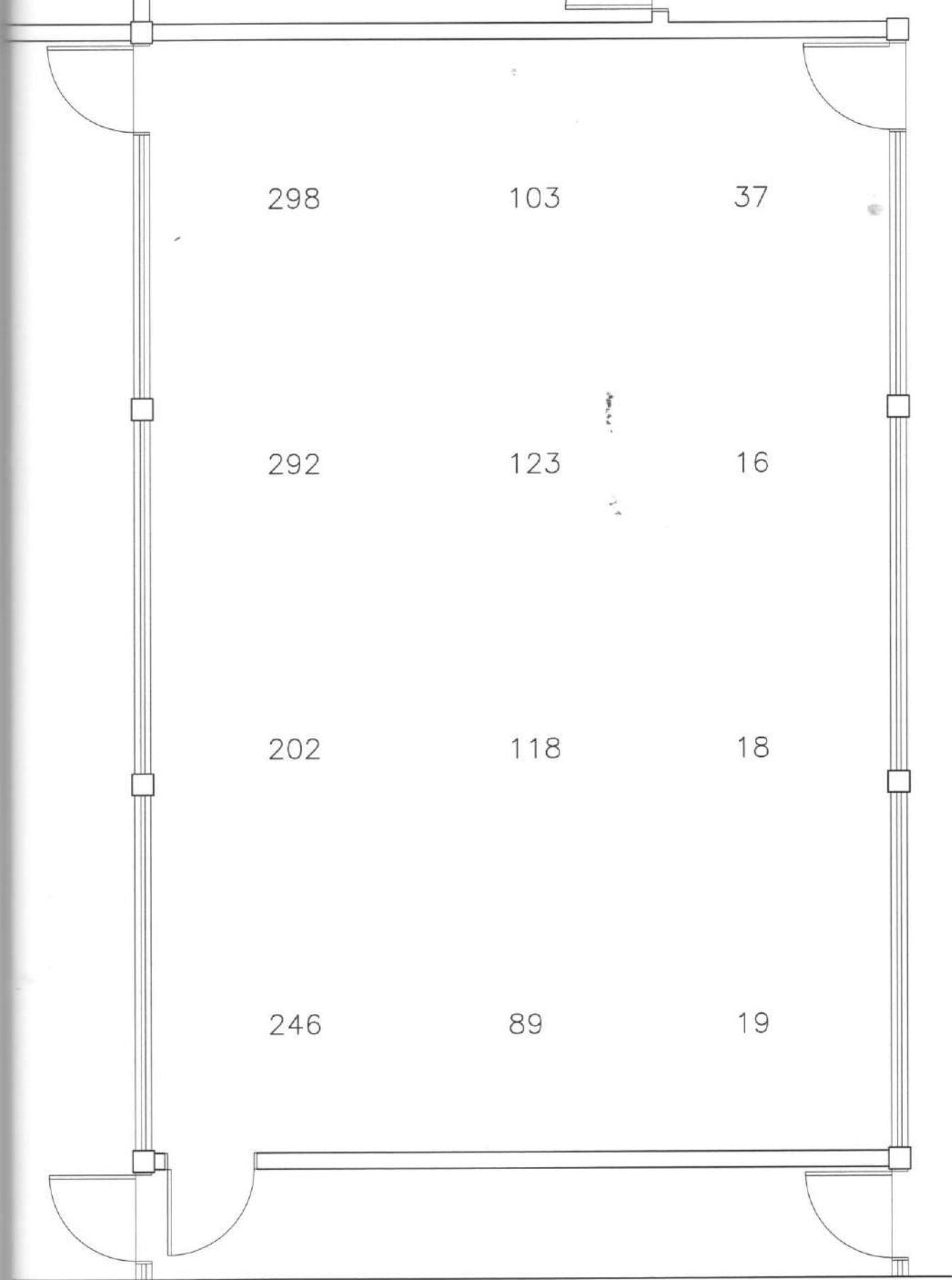
SALA DE AULA 07

Leitura da Iluminação Artificial

HORA - 18:00hs

ANEXOS

164

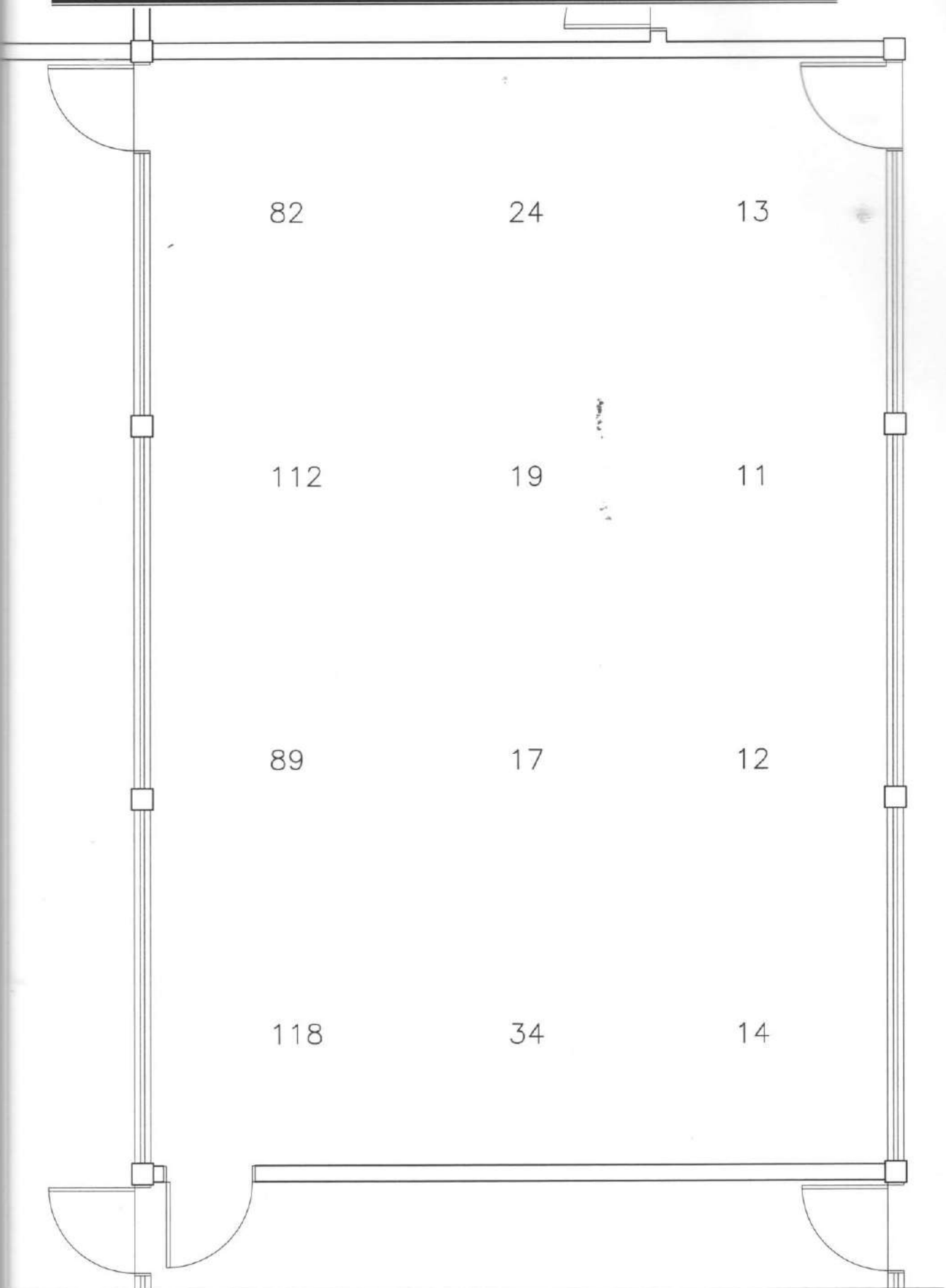


DAU - UFC

SALA DE AULA 08

Leitura da Iluminação Natural

HORA - 10:00hs



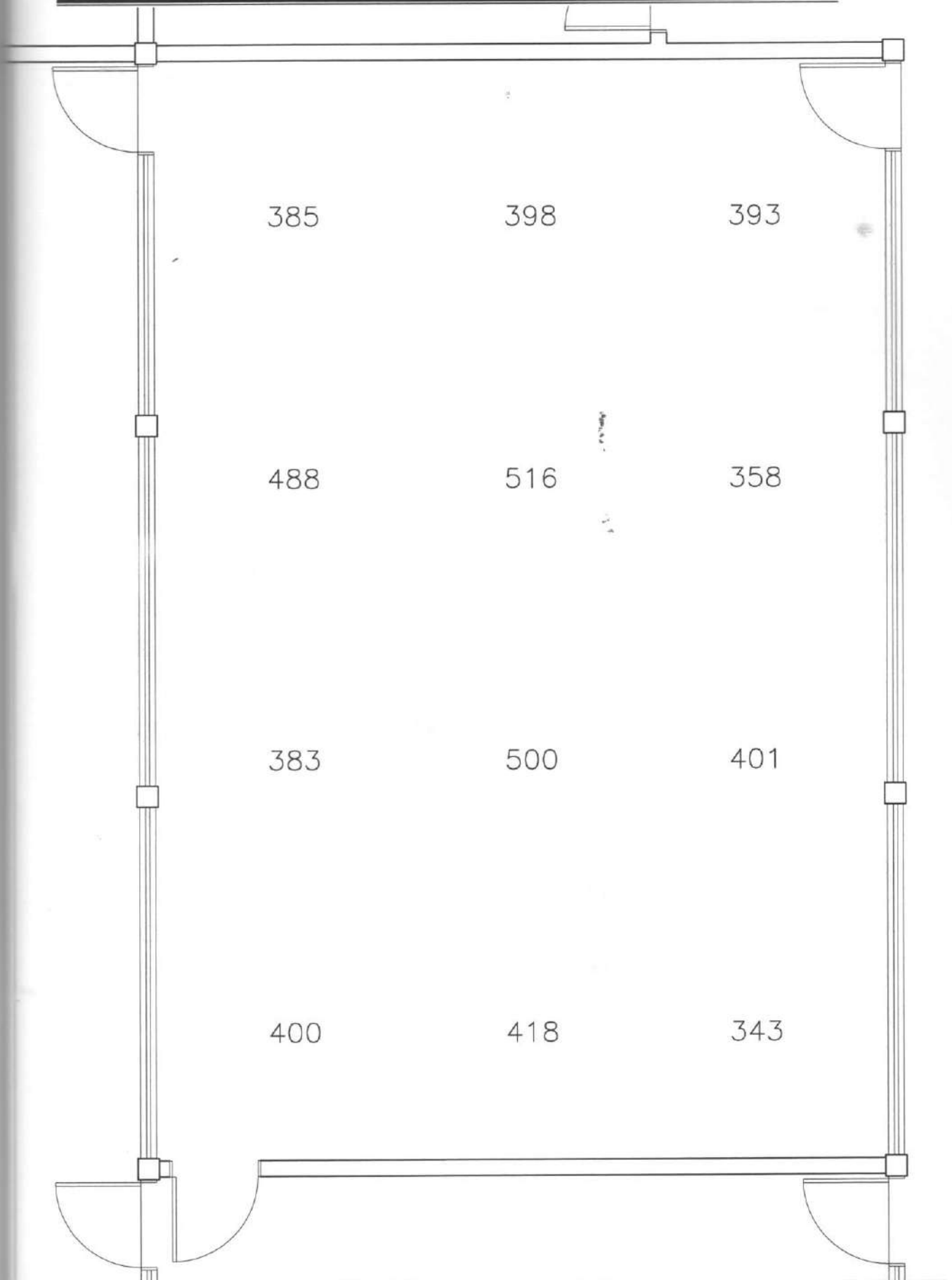
DAU - UFC

SALA DE AULA 08

Leitura da Iluminação Natural

HORA - 15:00hs





DAU – UFC

SALA DE AULA 08

Leitura da Iluminação Artificial

HORA – 18:00hs

## FICHA DO CÁLCULO LUMINOTÉCNICO

### 1 . DADOS DO AMBIENTE

AMBIENTE: **Sala de Aula Nº 01**

DIMENSÕES:

COMPRIMENTO:	8,30m
LARGURA:	7,80m
PÉ DIREITO:	2,95m
PLANO DE TRABALHO:	0,75m
ALTURA DE SUSTENTAÇÃO:	0,00m

CORES E REFLETÂNCIA: Média

TETO:	50
PAREDE:	30
PISO:	10

CONDIÇÕES DO AMBIENTE: Médio

FATOR DE PERDAS LUMINOSAS: 0,70

TIPO DE ATIVIDADE: Sala de Aula

### 2. DISTRIBUIÇÃO DAS LUMINÁRIAS

LUMINÁRIA: Tipo - 3.600 2 x FL 32W ( Lumilux)

ILUMINÂNCIA SOLICITADA: 300 lux

QUANTIDADE: 09

Nº DE COLUNAS :	03	Nº DE LINHAS:	03
DISTÂNCIA ENTRE COLUNAS:	2,77m	DISTÂNCIA ENTRE LINHAS:	2,60m
DISTÂNCIA PAREDE – COLUNAS:	1,38m	DISTÂNCIA PAREDE – LINHAS:	1,30m

### 3. RESULTADOS

E médio: 272 lux

E máximo: 379 lux

E mínimo: 118 lux

## FICHA DO CÁLCULO LUMINOTÉCNICO

### 1 . DADOS DO AMBIENTE

AMBIENTE: **Sala de Aula Nº 02 (Mini - auditório)**

DIMENSÕES:

COMPRIMENTO:	9,10m
LARGURA:	8,00m
PÉ DIREITO:	2,80m
PLANO DE TRABALHO:	0,75m
ALTURA DE SUSTENTAÇÃO:	0,00m

CORES E REFLETÂNCIA: Clara

TETO:	70
PAREDE:	50
PISO:	10

CONDIÇÕES DO AMBIENTE: Médio

FATOR DE PERDAS LUMINOSAS: 0,70

TIPO DE ATIVIDADE: Sala de Aula

### 2. DISTRIBUIÇÃO DAS LUMINÁRIAS

LUMINÁRIA: Tipo - 3.600 2 x FL 32W ( Lumilux)

ILUMINÂNCIA SOLICITADA: 300 lux

QUANTIDADE: 09

Nº DE COLUNAS :	03	Nº DE LINHAS:	03
DISTÂNCIA ENTRE COLUNAS:	3,03m	DISTÂNCIA ENTRE LINHAS:	2,67m
DISTÂNCIA PAREDE – COLUNAS:	1,52m	DISTÂNCIA PAREDE – LINHAS:	1,33m

### 3. RESULTADOS

E médio: 257 lux

E máximo: 345 lux

E mínimo: 102 lux

## FICHA DO CÁLCULO LUMINOTÉCNICO

### 1 . DADOS DO AMBIENTE

AMBIENTE: **Sala de Aula N° 03**

DIMENSÕES:

COMPRIMENTO:	9,10m
LARGURA:	8,00m
PÉ DIREITO:	2,80m
PLANO DE TRABALHO:	0,75m
ALTURA DE SUSTENTAÇÃO:	0,00m

CORES E REFLETÂNCIA: Clara

TETO:	70
PAREDE:	50
PISO:	10

CONDIÇÕES DO AMBIENTE: Médio

FATOR DE PERDAS LUMINOSAS: 0,70

TIPO DE ATIVIDADE: Sala de Aula

### 2. DISTRIBUIÇÃO DAS LUMINÁRIAS

LUMINÁRIA: Tipo - 3.600 2 x FL 32W ( Lumilux)

ILUMINÂNCIA SOLICITADA: 300 lux

QUANTIDADE: 09

N° DE COLUNAS : 03 N° DE LINHAS: 03

DISTÂNCIA ENTRE COLUNAS: 3,03m DISTÂNCIA ENTRE LINHAS: 2,67m

DISTÂNCIA PAREDE – COLUNAS: 1,52m DISTÂNCIA PAREDE – LINHAS: 1,33m

### 3. RESULTADOS

E médio: 257 lux

E máximo: 345 lux

E mínimo: 102 lux

## FICHA DO CÁLCULO LUMINOTÉCNICO

### 1 . DADOS DO AMBIENTE

AMBIENTE: **Sala de Aula N° 04**

DIMENSÕES:

COMPRIMENTO:	7,20m
LARGURA:	5,10m
PÉ DIREITO:	2,95m
PLANO DE TRABALHO:	0,75m
ALTURA DE SUSTENTAÇÃO:	0,00m

CORES E REFLETÂNCIA: Clara

TETO:	70
PAREDE:	50
PISO:	10

CONDIÇÕES DO AMBIENTE: Médio

FATOR DE PERDAS LUMINOSAS: 0,70

TIPO DE ATIVIDADE: Sala de Aula

### 2. DISTRIBUIÇÃO DAS LUMINÁRIAS

LUMINÁRIA: Tipo - 3.600 2 x FL 32W ( Lumilux)

ILUMINÂNCIA SOLICITADA: 300 lux

QUANTIDADE: 06

Nº DE COLUNAS :	03	Nº DE LINHAS:	02
DISTÂNCIA ENTRE COLUNAS:	2,40m	DISTÂNCIA ENTRE LINHAS:	2,55m
DISTÂNCIA PAREDE – COLUNAS:	1,20m	DISTÂNCIA PAREDE – LINHAS:	1,27m

### 3. RESULTADOS

E médio: 274 lux

E máximo: 409 lux

E mínimo: 127 lux

## FICHA DO CÁLCULO LUMINOTÉCNICO

### 1 . DADOS DO AMBIENTE

AMBIENTE: **Sala de Aula Nº 05 a 08**

DIMENSÕES:

COMPRIMENTO:	10,30m
LARGURA:	6,80m
PÉ DIREITO:	2,85m
PLANO DE TRABALHO:	0,75m
ALTURA DE SUSTENTAÇÃO:	0,60m

CORES E REFLETÂNCIA: Média

TETO:	50
PAREDE:	30
PISO:	10

CONDIÇÕES DO AMBIENTE: Médio

FATOR DE PERDAS LUMINOSAS: 0,70

TIPO DE ATIVIDADE: Sala de Aula

### 2. DISTRIBUIÇÃO DAS LUMINÁRIAS

LUMINÁRIA: Tipo - 3.600 2 x FL 32W ( Lumilux)

ILUMINÂNCIA SOLICITADA: 300 lux

QUANTIDADE: 09

Nº DE COLUNAS :	03	Nº DE LINHAS:	03
DISTÂNCIA ENTRE COLUNAS:	3,43m	DISTÂNCIA ENTRE LINHAS:	2,27m
DISTÂNCIA PAREDE – COLUNAS:	1,72m	DISTÂNCIA PAREDE – LINHAS:	1,13m

### 3. RESULTADOS

E médio: 302 lux

E máximo: 452 lux

E mínimo: 86 lux

COMPRIMENTO: 8,50m  
LARGURA: 7,90m  
PÉ DIREITO: 2,25m  
PLANO DE TRABALHO: 0,75m  
ALTURA DE SUSTENTAÇÃO: 0,00m

CORES E REFLETÂNCIA: Média

TETO: 50  
PAREDE: 30  
PISO: 10

CONDIÇÕES DO AMBIENTE: Médio

FATOR DE PERDAS LUMINOSAS: 0,70

TIPO DE ATIVIDADE: Sala de Aula

## 2. DISTRIBUIÇÃO DAS LUMINÁRIAS

LUMINÁRIA: Tipo - 3.600 2 x FL 32W ( Lumilux)

ILUMINÂNCIA SOLICITADA: 300 lux

QUANTIDADE: 09

Nº DE COLUNAS : 03 Nº DE LINHAS: 03

DISTÂNCIA ENTRE COLUNAS: 2,83m DISTÂNCIA ENTRE LINHAS: 2,63m

DISTÂNCIA PAREDE – COLUNAS: 1,42m DISTÂNCIA PAREDE – LINHAS: 1,32m

## 3. RESULTADOS

E médio: 314 lux

E máximo: 453 lux

E mínimo: 79 lux

## FICHA DO CÁLCULO LUMINOTÉCNICO

### 1 . DADOS DO AMBIENTE

AMBIENTE: **Sala de Aula Nº 11**

DIMENSÕES:

COMPRIMENTO:	8,50m
LARGURA:	7,90m
PÉ DIREITO:	2,25m
PLANO DE TRABALHO:	0,75m
ALTURA DE SUSTENTAÇÃO:	0,00m

CORES E REFLETÂNCIA: Média

TETO:	50
PAREDE:	30
PISO:	10

CONDIÇÕES DO AMBIENTE: Médio

FATOR DE PERDAS LUMINOSAS: 0,70

TIPO DE ATIVIDADE: Sala de Aula

### 2. DISTRIBUIÇÃO DAS LUMINÁRIAS

LUMINÁRIA: Tipo - 3.600 2 x FL 32W ( Lumilux)

ILUMINÂNCIA SOLICITADA: 300 lux

QUANTIDADE: 09

Nº DE COLUNAS :	03	Nº DE LINHAS:	03
DISTÂNCIA ENTRE COLUNAS:	2,83m	DISTÂNCIA ENTRE LINHAS:	2,63m
DISTÂNCIA PAREDE – COLUNAS:	1,42m	DISTÂNCIA PAREDE – LINHAS:	1,32m

### 3. RESULTADOS

E médio: 314 lux

E máximo: 453 lux

E mínimo: 79 lux



## FICHA DO CÁLCULO LUMINOTÉCNICO

### 1 . DADOS DO AMBIENTE

AMBIENTE: **Sala de Aula Nº 12**

DIMENSÕES:

COMPRIMENTO:	8,40m
LARGURA:	6,20m
PÉ DIREITO:	2,30m
PLANO DE TRABALHO:	0,75m
ALTURA DE SUSTENTAÇÃO:	0,00m

CORES E REFLETÂNCIA: Clara

TETO:	70
PAREDE:	50
PISO:	10

CONDIÇÕES DO AMBIENTE: Médio

FATOR DE PERDAS LUMINOSAS: 0,70

TIPO DE ATIVIDADE: Sala de Aula

### 2. DISTRIBUIÇÃO DAS LUMINÁRIAS

LUMINÁRIA: Tipo - 3.600 2 x FL 32W ( Lumilux)

ILUMINÂNCIA SOLICITADA: 300 lux

QUANTIDADE: 06

Nº DE COLUNAS :	03	Nº DE LINHAS:	02
DISTÂNCIA ENTRE COLUNAS:	2,80m	DISTÂNCIA ENTRE LINHAS:	3,10m
DISTÂNCIA PAREDE – COLUNAS:	1,40m	DISTÂNCIA PAREDE – LINHAS:	1,55m

### 3. RESULTADOS

E médio: 260 lux

E máximo: 394 lux

E mínimo: 79 lux

## 1 . DADOS DO AMBIENTE

AMBIENTE: **Pavilhão Inferior ( Sala de Aula )**

DIMENSÕES:

COMPRIMENTO:	16,00m
LARGURA:	12,50m
PÉ DIREITO:	2,20m
PLANO DE TRABALHO:	0,75m
ALTURA DE SUSTENTAÇÃO:	0,00m

CORES E REFLETÂNCIA: Média

TETO:	50
PAREDE:	30
PISO:	10

CONDIÇÕES DO AMBIENTE: Médio

FATOR DE PERDAS LUMINOSAS: 0,70

TIPO DE ATIVIDADE: Sala de Aula

## 2. DISTRIBUIÇÃO DAS LUMINÁRIAS

LUMINÁRIA: Tipo - 3.600 2 x FL 32W ( Lumilux)

ILUMINÂNCIA SOLICITADA: 300 lux

QUANTIDADE: 24

Nº DE COLUNAS :	06	Nº DE LINHAS:	04
DISTÂNCIA ENTRE COLUNAS:	2,67m	DISTÂNCIA ENTRE LINHAS:	3,12m
DISTÂNCIA PAREDE – COLUNAS:	1,33m	DISTÂNCIA PAREDE – LINHAS:	1,56m

## 3. RESULTADOS

E médio: 312 lux

E máximo: 452 lux

E mínimo: 96 lux

## 1 . DADOS DO AMBIENTE

AMBIENTE: **Pavilhão Superior**

DIMENSÕES:

COMPRIMENTO:	16,00m
LARGURA:	6,50m
PÉ DIREITO:	2,20m
PLANO-DE TRABALHO:	0,75m
ALTURA DE SUSTENTAÇÃO:	0,00m

CORES E REFLETÂNCIA: Médio

TETO:	50
PAREDE:	30
PISO:	10

CONDIÇÕES DO AMBIENTE: Médio

FATOR DE PERDAS LUMINOSAS: 0,70

TIPO DE ATIVIDADE: Sala de Aula

## 2. DISTRIBUIÇÃO DAS LUMINÁRIAS

LUMINÁRIA: Tipo - 3.600 2 x FL 32W ( Lumilux)

ILUMINÂNCIA SOLICITADA: 300 lux

QUANTIDADE: 14

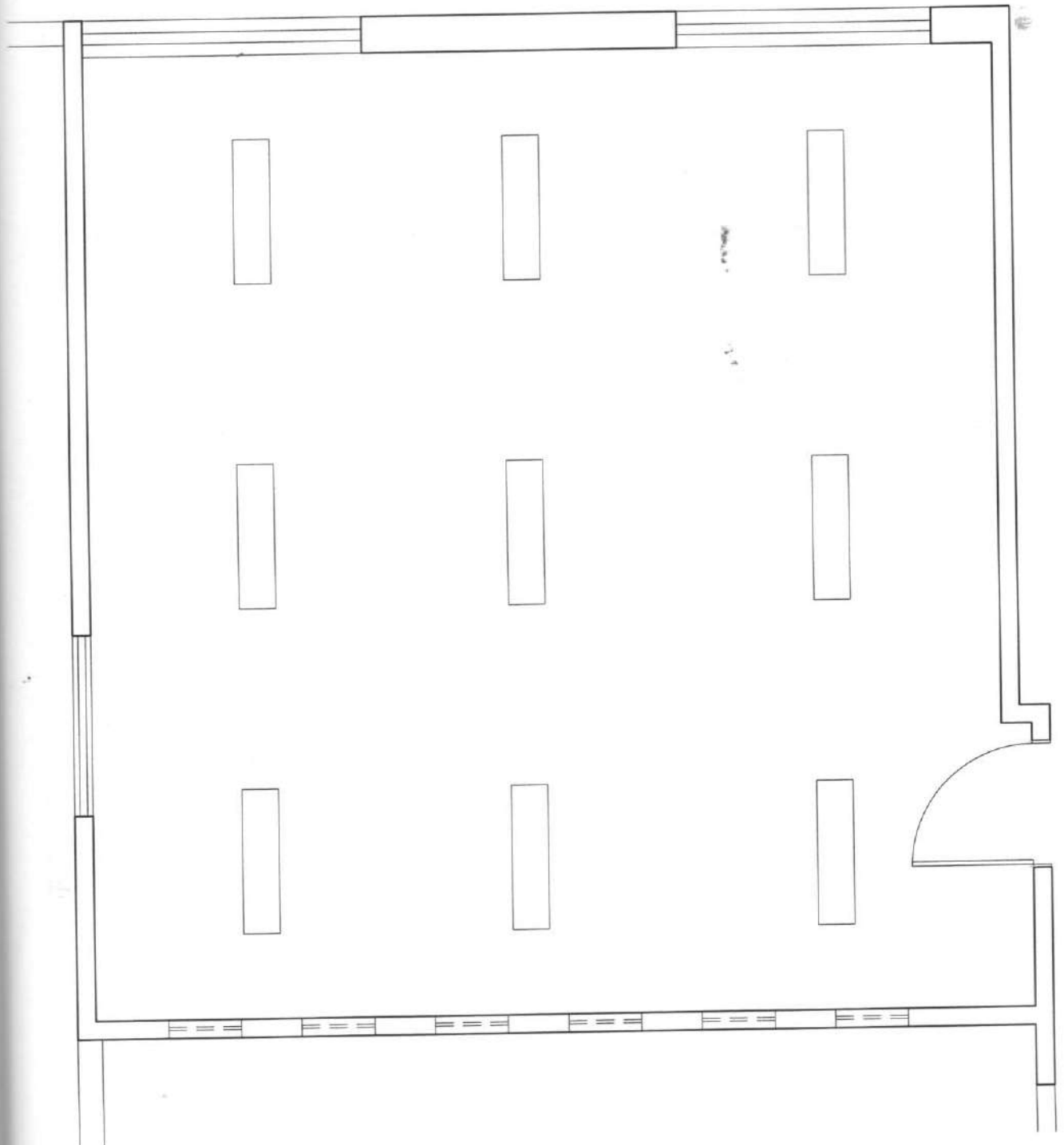
Nº DE COLUNAS :	07	Nº DE LINHAS:	02
DISTÂNCIA ENTRE COLUNAS:	2,29m	DISTÂNCIA ENTRE LINHAS:	3,25m
DISTÂNCIA PAREDE – COLUNAS:	1,14m	DISTÂNCIA PAREDE – LINHAS:	1,62m

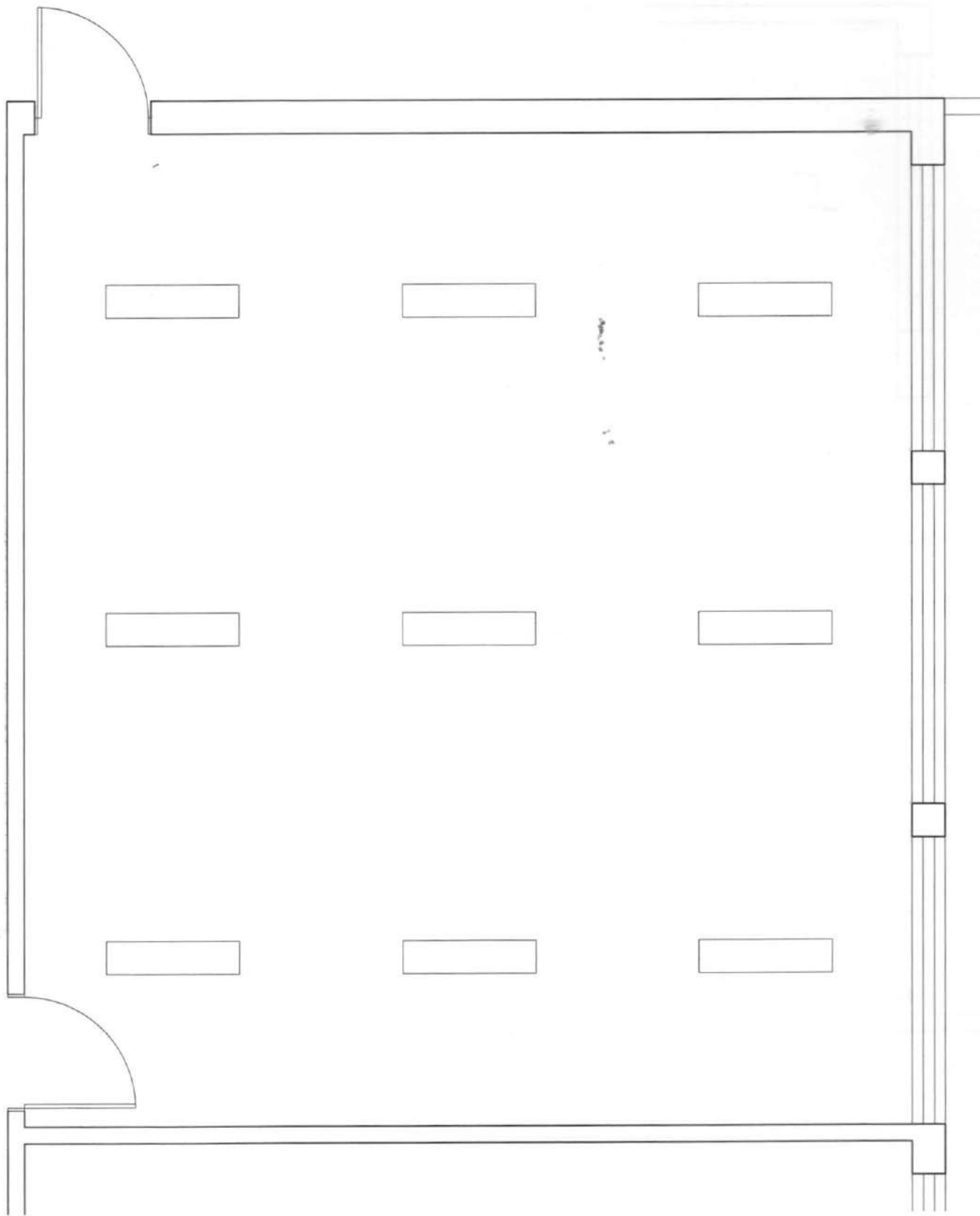
## 3. RESULTADOS

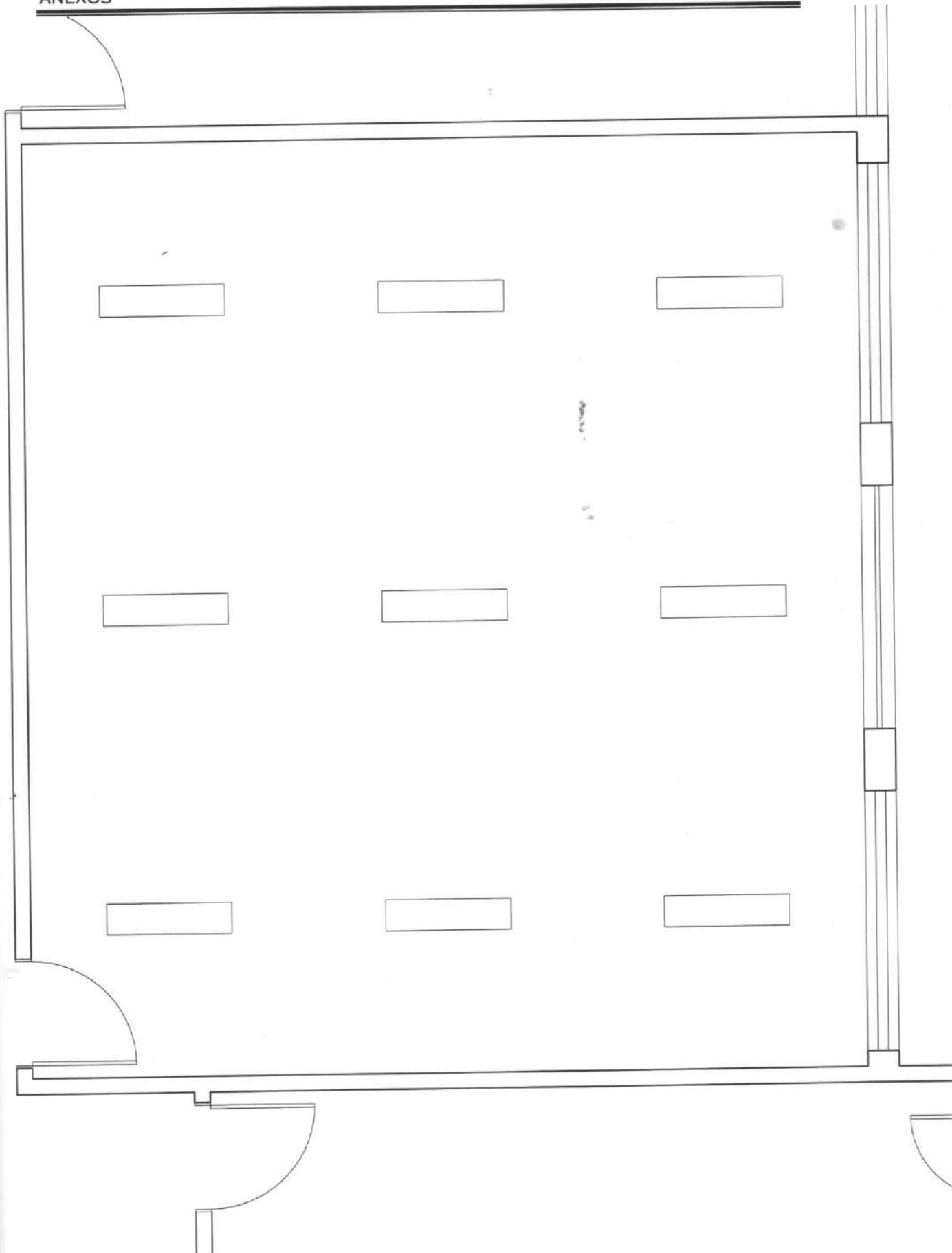
E médio: 329 lux

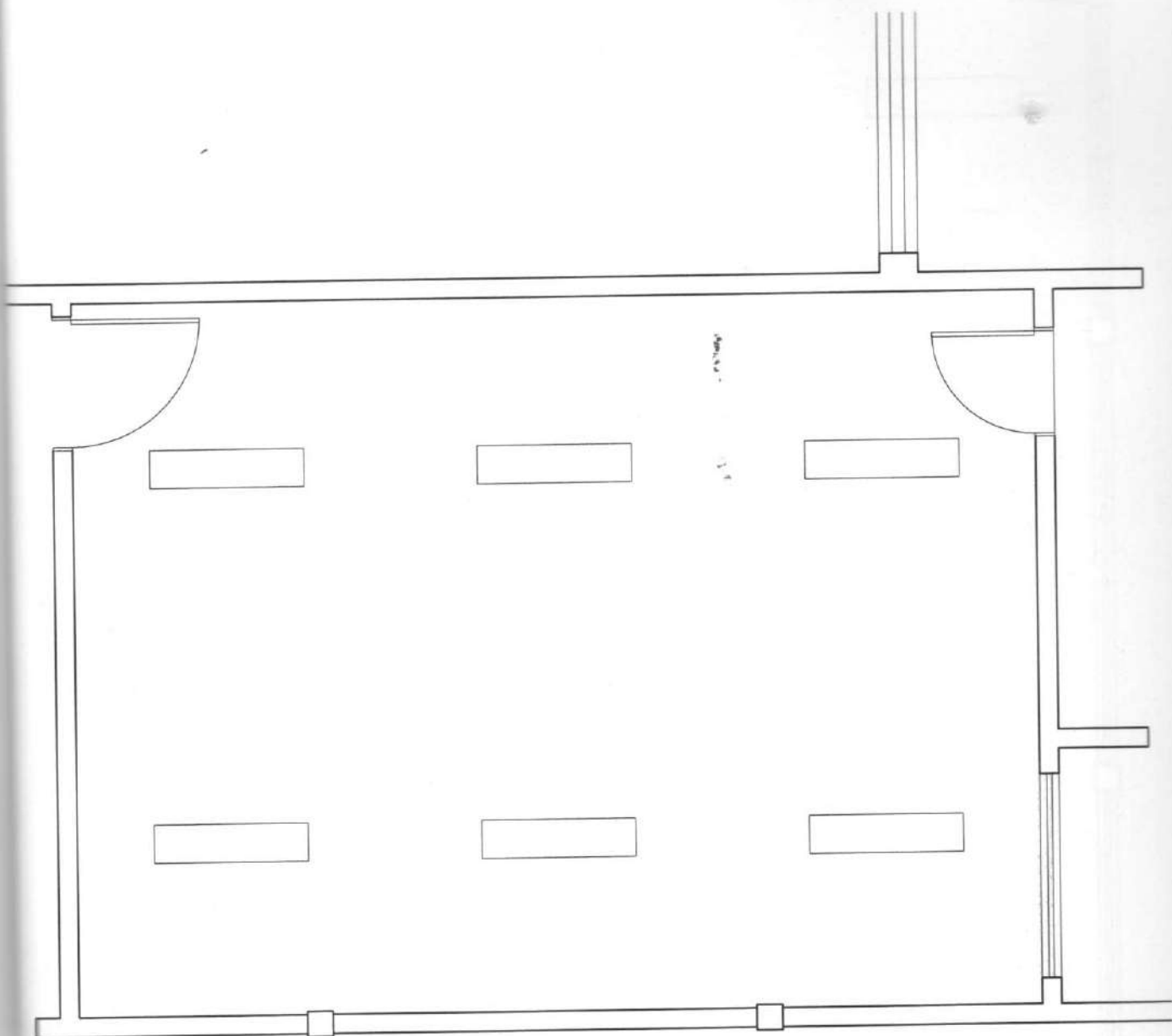
E máximo: 466 lux

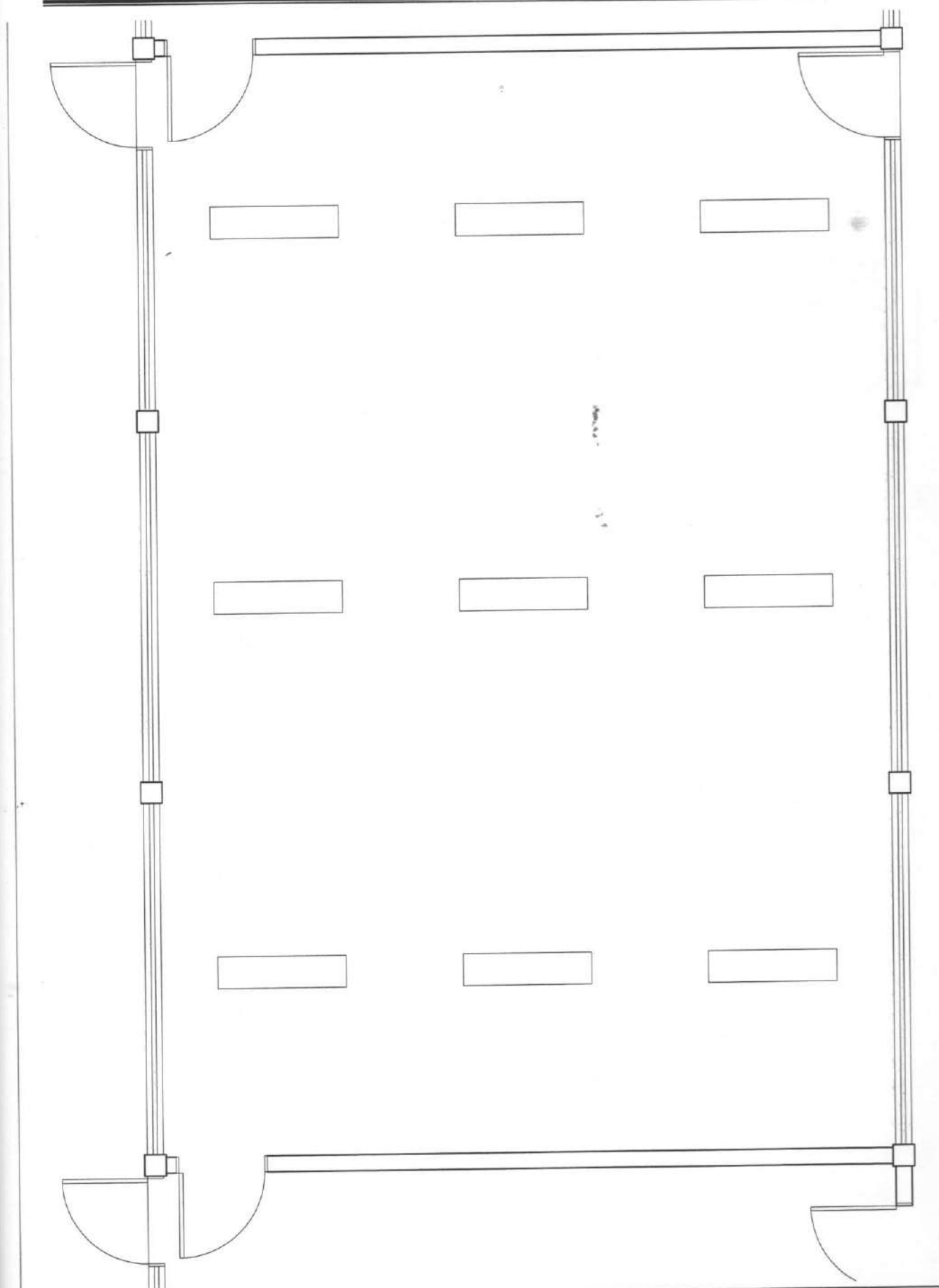
E mínimo: 97 lux









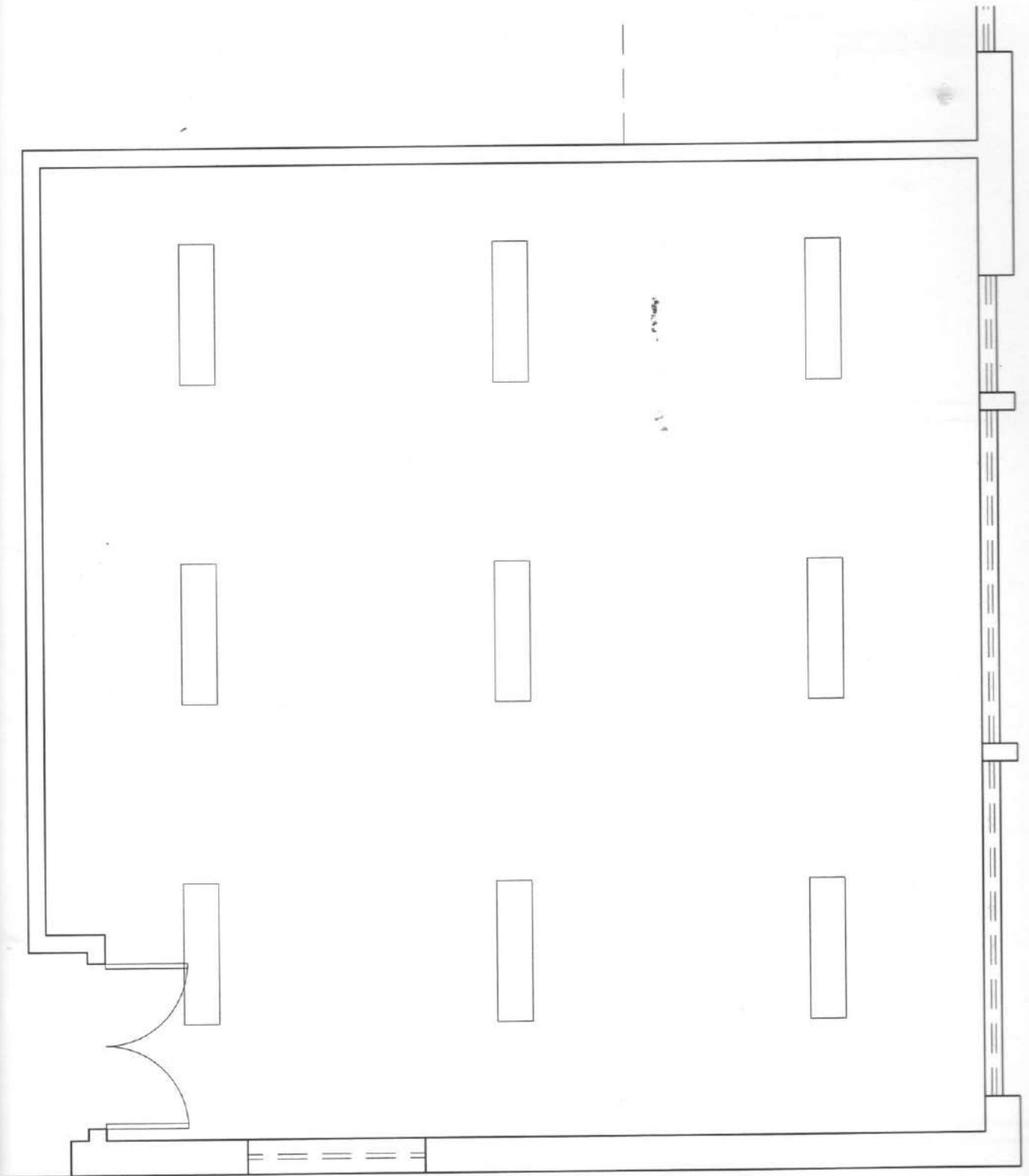


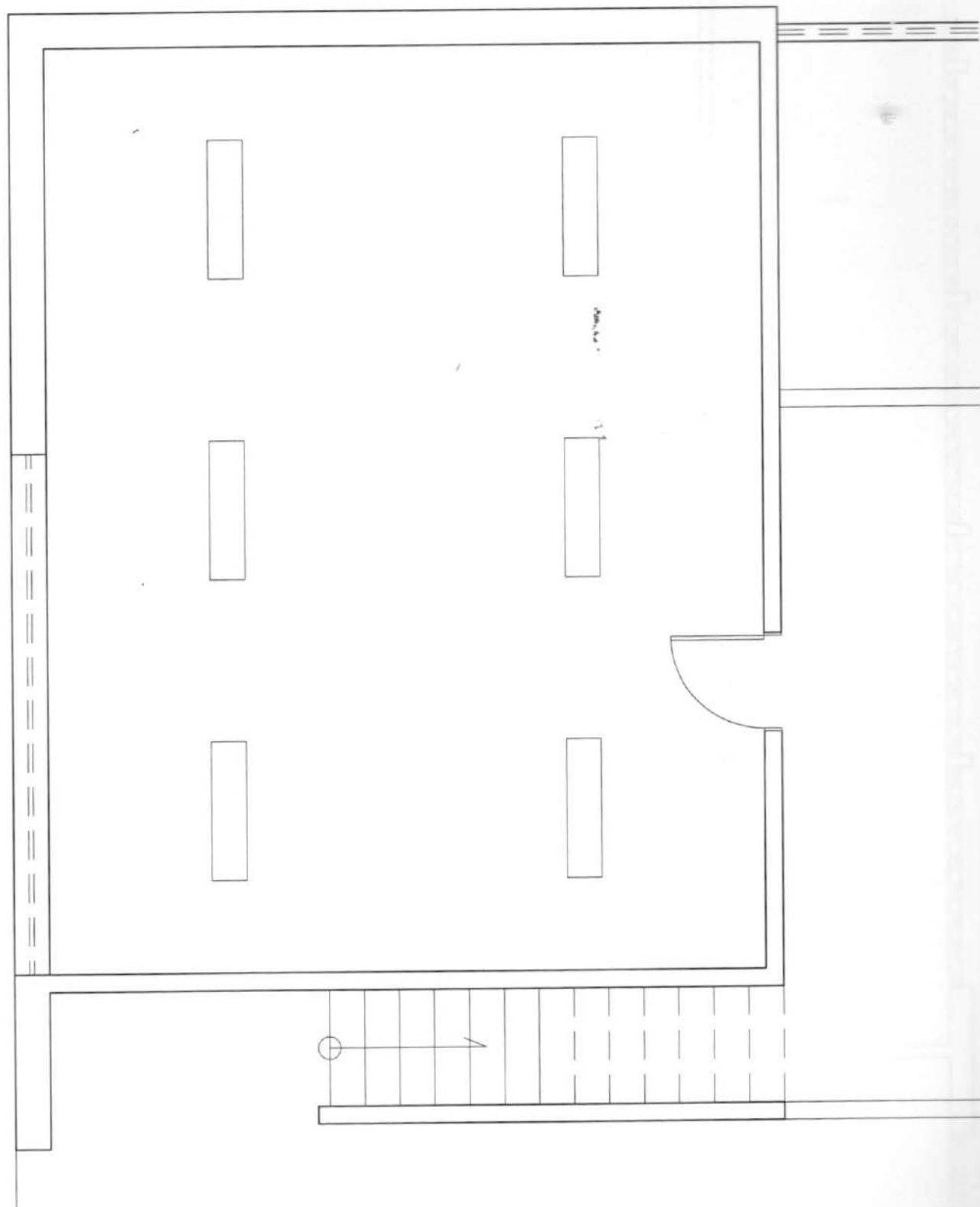
DAU - UFC

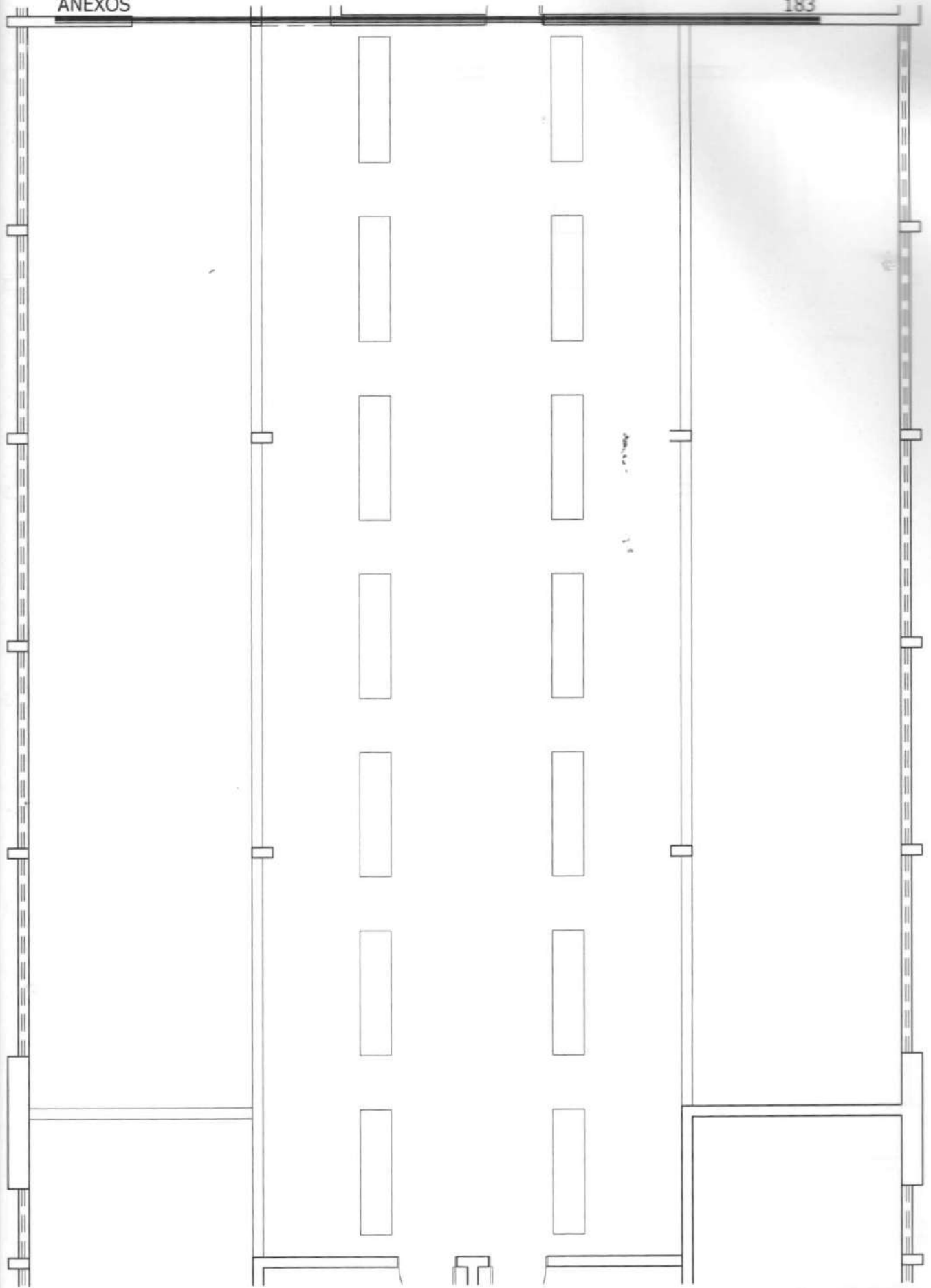
SALA DE AULA 05 A 08

Cálculo Luminotécnico - Proposta de Distribuição das Luminárias





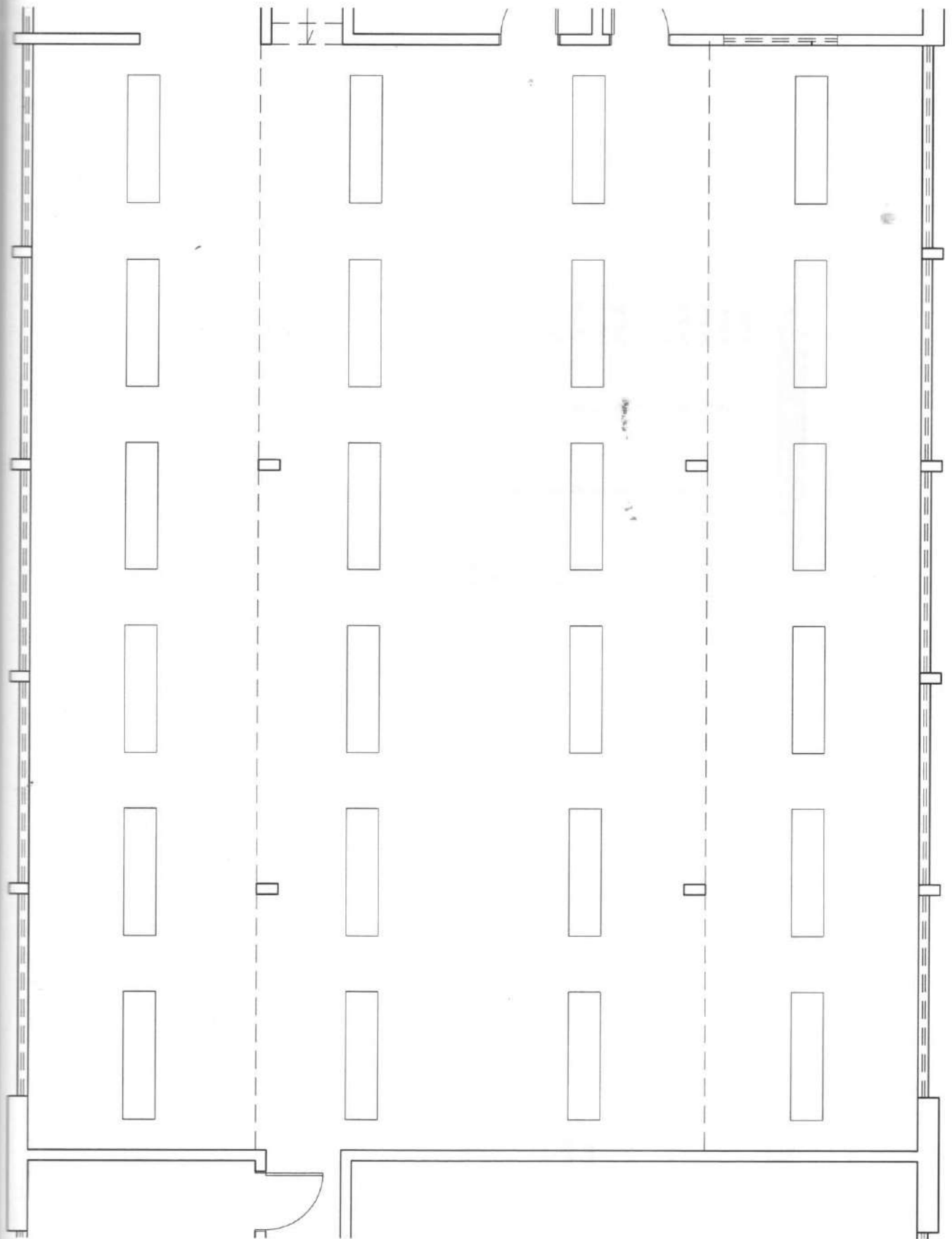




DAU - UFC

PAVILHÃO SUPERIOR

Cálculo Luminotécnico - Proposta de Distribuição das Luminárias



DAU - UFC

PAVILHÃO INFERIOR

Cálculo Luminotécnico - Proposta de Distribuição das Luminárias

## DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO - DAU - UFC

## PLANILHAS DA SITUAÇÃO ATUAL

## BLOCO ADMINISTRAÇÃO

Local	Lugar	Quant	Potência (W)	Tipo Lâmpada	Regime Dias úteis (h)	Regime Sab+Dom (h)	Consumo Dias úteis (kWh)	Consumo Sab+Dom (kWh)	Consumo Mensal (kWh)	Fatura Energia R\$
Portaria	Forro	2	29	Fluor	9	0	11,484	0	11,484	1,689756
Recepção	Forro	1	52	Fluor	9	0	10,296	0	10,296	1,514953
Livraria/Xerox	Forro	2	52	Fluor	8	0	18,304	0	18,304	2,693251
Chefia Departamento	Forro	3	52	Fluor	5	0	17,16	0	17,16	2,524922
Coordenação	Forro	4	52	Fluor	5	0	22,88	0	22,88	3,366563
Apoio Chefia	Forro	2	52	Fluor	8	0	18,304	0	18,304	2,693251
Secretaria	Forro	2	52	Fluor	8	0	18,304	0	18,304	2,693251
Almoxarifado	Forro	1	52	Fluor	2	0	2,288	0	2,288	0,336656
WC Masculino	Arandela	2	40	Incandesc	2	0	3,52	0	3,52	0,517933
WC Feminino	Arandela	2	40	Incandesc	2	0	3,52	0	3,52	0,517933
Sala Didática	Forro	2	52	Fluor	8	0	18,304	0	18,304	2,693251
Sala Secretaria	Forro	2	52	Fluor	8	0	18,304	0	18,304	2,693251
Xerox	Forro	1	52	Fluor	4	0	4,576	0	4,576	0,673313
LEAU	Forro	8	52	Fluor	8	0	73,216	0	73,216	10,773
Circulação	Forro	4	52	Fluor	9	0	41,184	0	41,184	6,059814
Sala Comp. Professores	Forro	4	52	Fluor	8	0	36,608	0	36,608	5,386501
Sala Computação	Forro	16	52	Fluor	9	0	164,736	0	164,736	24,23926
Circulação Geral	Forro	16	52	Fluor	4	0	73,216	0	73,216	10,773
Biblioteca	Forro	30	52	Fluor	8	0	274,56	0	274,56	40,39876
Biblioteca Livros	Forro	24	52	Fluor	8	0	219,648	0	219,648	32,31901
Obras raras	Forro	10	52	Fluor	8	0	91,52	0	91,52	13,46625
Acrevo Multimídia	Forro	2	52	Fluor	8	0	18,304	0	18,304	2,693251
Sala Reunião	Forro	6	52	Fluor	8	0	54,912	0	54,912	8,079752
Arquivo	Forro	3	52	Fluor	2	0	6,864	0	6,864	1,009969
Copa	Forro	1	52	Fluor	2	0	2,288	0	2,288	0,336656
WC	Forro	2	29	Fluor	2	0	2,552	0	2,552	0,375501
<b>Totais</b>		<b>152</b>	<b>1282</b>				<b>1226,85</b>	<b>0</b>	<b>1226,85</b>	<b>229,259</b>

## BLOCO SALAS DOS PROFESSORES

Local	Lugar	Quant	Potência (W)	Tipo Lâmpada	Regime Dias úteis (h)	Regime Sab+Dom (h)	Consumo Dias úteis (kWh)	Consumo Sab+Dom (kWh)	Consumo Mensal (kWh)	Fatura Energia R\$
29 Gabinetes Professores	Forro	58	52	Fluor	2	0	132,704	0	132,704	19,52607
Sala Reunião	Forro	10	52	Fluor	2	0	22,88	0	22,88	3,366563
WC Masculino	Forro	2	52	Fluor	2	0	4,576	0	4,576	0,673313
WC Feminino	Forro	2	52	Fluor	2	0	4,576	0	4,576	0,673313
Apolo	Forro	2	52	Fluor	2	0	4,576	0	4,576	0,673313
Circulação	Forro	14	29	Fluor	8	0	71,456	0	71,456	10,51404
<b>Totais</b>		<b>88</b>	<b>289</b>				<b>240,768</b>	<b>0</b>	<b>240,768</b>	<b>44,9918</b>

## BLOCO DAS SALAS DE AULA

Local	Lugar	Quant	Potência (W)	Tipo Lâmpada	Regime Dias úteis (h)	Regime Sab+Dom (h)	Consumo Dias úteis (kWh)	Consumo Sab+Dom (kWh)	Consumo Mensal (kWh)	Fatura Energia R\$
Sala Aula 02 (Mini-auditório)	Forro	18	52	Fluor	9	0	185,328	0	185,328	27,26916
Sala Aula 01	Forro	12	52	Fluor	9	0	123,552	0	123,552	18,17944
Sala Aula 03	Forro	24	52	Fluor	9	0	247,104	0	247,104	36,35888
Sala Aula 04	Forro	8	52	Fluor	9	0	82,368	0	82,368	12,11963
Sala Aula 05 a 08	Forro	176	52	Fluor	9	0	1812,096	0	1812,096	266,6318
Circulação	Forro	13	52	Fluor	4	0	59,488	0	59,488	8,753064
WC Masculino	Forro	2	52	Fluor	9	0	20,592	0	20,592	3,029907
WC Feminino	Forro	2	52	Fluor	9	0	20,592	0	20,592	3,029907
Cantina	Forro	4	52	Fluor	9	0	41,184	0	41,184	6,059814
<b>Totais</b>		<b>259</b>	<b>468</b>				<b>2592,3</b>	<b>0</b>	<b>2592,3</b>	<b>484,418</b>

## BLOCO CENTRO ACADÊMICO- CACAU

Local	Lugar	Quant	Potência (W)	Tipo Lâmpada	Regime Dias úteis (h)	Regime Sab+Dom (h)	Consumo Dias úteis (kWh)	Consumo Sab+Dom (kWh)	Consumo Mensal (kWh)	Fatura Energia R\$
Sala 1	Forro	4	29	Fluor	2	0	5,104	0	5,104	0,751003
Sala 2	Forro	3	29	Fluor	2	0	3,828	0	3,828	0,563252
Sala 3	Forro	1	29	Fluor	2	0	1,276	0	1,276	0,187751
Lazer	Forro	6	29	Fluor	9	0	34,452	0	34,452	5,069267
WC	Forro	1	29	Fluor	2	0	1,276	0	1,276	0,187751
<b>Totais</b>		<b>15</b>	<b>145</b>				<b>45,936</b>	<b>0</b>	<b>45,936</b>	<b>8,58396</b>

## BLOCO PAVILHÃO

Local	Lugar	Quant	Potência (W)	Tipo Lâmpada	Regime Dias úteis (h)	Regime Sab+Dom (h)	Consumo Dias úteis (kWh)	Consumo Sab+Dom (kWh)	Consumo Mensal (kWh)	Fatura Energia R\$
Sala Aula 11	Forro	12	52	Fluor	9	0	123,552	0	123,552	18,17944
Sala Aula 12	Forro	12	52	Fluor	9	0	123,552	0	123,552	18,17944
Galpão Inferior	Forro	4	52	Fluor	9	0	41,184	0	41,184	6,059814
Galpão Superior	Forro	13	52	Fluor	9	0	133,848	0	133,848	19,69439
Copa	Forro	1	52	Fluor	4	0	4,576	0	4,576	0,673313
Laboratório Fotografia	Forro	6	52	Fluor	4	0	27,456	0	27,456	4,039876
Sala Coordenação	Forro	2	52	Fluor	4	0	9,152	0	9,152	1,346625
Sala Professor	Forro	2	52	Fluor	4	0	9,152	0	9,152	1,346625
<b>Totais</b>		<b>52</b>	<b>416</b>				<b>472,472</b>	<b>0</b>	<b>472,472</b>	<b>88,2898</b>

## TOTAIS DA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

Local	Lugar	Quant	Potência (W)	Tipo Lâmpada	Regime Dias úteis (h)	Regime Sab+Dom (h)	Consumo Dias úteis (kWh)	Consumo Sab+Dom (kWh)	Consumo Mensal (kWh)	Fatura Energia R\$
BLOCO ADMINISTRAÇÃO	Iluminação	152							1226,852	229,2591
BLOCO SALAS DOS PROFESSORES	Iluminação	88							240,768	44,99179
BLOCO SALAS DE AULAS	Iluminação	259							2592,304	484,4181
BLOCO CENTRO ACADÊMICO- CACAU	Iluminação	15							45,936	8,583959
BLOCO PAVILHÃO	Iluminação	52							472,472	88,2898
<b>Totais</b>		<b>566</b>							<b>4578,33</b>	<b>1086,54</b>

## VALORES DO CONSUMO E FATURA POR USO

FINAL	kWh	R\$
Consumo de iluminação artificial	4578,332	
Fatura de energia elétrica		1086,539392

PLANILHAS DA ETAPA DE RETROFIT

BLOCO ADMINISTRAÇÃO

Local	Lugar	Quant	Potência (W)	Tipo Lâmpada	Regime Dias úteis (h)	Regime Sab+Dom (h)	Consumo Dias úteis (kWh)	Consumo Sab+Dom (kWh)	Consumo Mensal (kWh)	Fatura Energia R\$
Portaria	Forro	2	16	Fluor	9	0	6,336	0	6,336	0,932279
Recepção	Forro	1	32	Fluor	9	0	6,336	0	6,336	0,932279
Livraria/Xerox	Forro	2	32	Fluor	8	0	11,264	0	11,264	1,657385
Chefia Departamento	Forro	3	32	Fluor	5	0	10,56	0	10,56	1,553798
Coordenação	Forro	4	32	Fluor	5	0	14,08	0	14,08	2,071731
Apoio Chefia	Forro	2	32	Fluor	8	0	11,264	0	11,264	1,657385
Secretaria	Forro	2	32	Fluor	8	0	11,264	0	11,264	1,657385
Almoxarifado	Forro	1	32	Fluor	2	0	1,408	0	1,408	0,207173
WC Masculino	Arandela	2	15	PL	2	0	1,32	0	1,32	0,194225
WC Feminino	Arandela	2	15	PL	2	0	1,32	0	1,32	0,194225
Sala Didática	Forro	2	32	Fluor	8	0	11,264	0	11,264	1,657385
Sala Secretaria	Forro	2	32	Fluor	8	0	11,264	0	11,264	1,657385
Xerox	Forro	1	32	Fluor	4	0	2,816	0	2,816	0,414346
LEAU	Forro	8	32	Fluor	8	0	45,056	0	45,056	6,62954
Circulação	Forro	4	32	Fluor	9	0	25,344	0	25,344	3,729116
Sala Comp. Professores	Forro	4	32	Fluor	8	0	22,528	0	22,528	3,31477
Sala Computação	Forro	16	32	Fluor	9	0	101,376	0	101,376	14,91646
Circulação Geral	Forro	16	32	Fluor	4	0	45,056	0	45,056	6,62954
Biblioteca	Forro	30	32	Fluor	8	0	168,96	0	168,96	24,86077
Biblioteca Livros	Forro	24	32	Fluor	8	0	135,168	0	135,168	19,88862
Obras raras	Forro	10	32	Fluor	8	0	56,32	0	56,32	8,286925
Acrevo Multimídia	Forro	2	32	Fluor	8	0	11,264	0	11,264	1,657385
Sala Reunião	Forro	6	32	Fluor	8	0	33,792	0	33,792	4,972155
Arquivo	Forro	3	32	Fluor	2	0	4,224	0	4,224	0,621519
Copa	Forro	1	32	Fluor	2	0	1,408	0	1,408	0,207173
WC	Forro	2	16	Fluor	2	0	1,408	0	1,408	0,207173
<b>Totais</b>		<b>152</b>	<b>766</b>				<b>752,4</b>	<b>0</b>	<b>752,4</b>	<b>140,599</b>



## BLOCO SALAS DOS PROFESSORES

Local	Lugar	Quant	Potência (W)	Tipo Lâmpada	Regime Dias úteis (h)	Regime Sab+Dom (h)	Consumo Dias úteis (kWh)	Consumo Sab+Dom (kWh)	Consumo Mensal (kWh)	Fatura Energia R\$
29 Gabinetes Professores	Forro	58	32	Fluor	2	0	81,664	0	81,664	12,01604
Sala Reunião	Forro	10	32	Fluor	2	0	14,08	0	14,08	2,071731
WC Masculino	Forro	2	32	Fluor	2	0	2,816	0	2,816	0,414346
WC Feminino	Forro	2	32	Fluor	2	0	2,816	0	2,816	0,414346
Apoio	Forro	2	32	Fluor	2	0	2,816	0	2,816	0,414346
Circulação	Forro	14	16	Fluor	8	0	39,424	0	39,424	5,800847
<b>Totais</b>		<b>88</b>	<b>176</b>				<b>143,616</b>	<b>0</b>	<b>143,616</b>	<b>26,8372</b>

## BLOCO SALAS DE AULAS

Local	Lugar	Quant	Potência (W)	Tipo Lâmpada	Regime Dias úteis (h)	Regime Sab+Dom (h)	Consumo Dias úteis (kWh)	Consumo Sab+Dom (kWh)	Consumo Mensal (kWh)	Fatura Energia R\$
Sala Aula 02 (Mini-auditório)	Forro	18	32	Fluor	9	0	114,048	0	114,048	16,78102
Sala Aula 01	Forro	18	32	Fluor	9	0	114,048	0	114,048	16,78102
Sala Aula 03	Forro	18	32	Fluor	9	0	114,048	0	114,048	16,78102
Sala Aual 04	Forro	12	32	Fluor	9	0	76,032	0	76,032	11,18735
Sala Aula 05 a 08	Forro	72	32	Fluor	9	0	456,192	0	456,192	67,12409
Circulação	Forro	13	32	Fluor	4	0	36,608	0	36,608	5,386501
WC Masculino	Forro	2	32	Fluor	9	0	12,672	0	12,672	1,864558
WC Feminino	Forro	2	32	Fluor	9	0	12,672	0	12,672	1,864558
Cantina	Forro	4	32	Fluor	9	0	25,344	0	25,344	3,729116
<b>Totais</b>		<b>159</b>	<b>288</b>				<b>961,664</b>	<b>0</b>	<b>961,664</b>	<b>179,704</b>

## BLOCO CENTRO ACADÊMICO - CACAU

Local	Lugar	Quant	Potência (W)	Tipo Lâmpada	Regime Dias úteis (h)	Regime Sab+Dom (h)	Consumo Dias úteis (kWh)	Consumo Sab+Dom (kWh)	Consumo Mensal (kWh)	Fatura Energia R\$
Sala 1	Forro	4	16	Fluor	2	0	2,816	0	2,816	0,414346
Sala 2	Forro	3	16	Fluor	2	0	2,112	0	2,112	0,31076
Sala 3	Forro	1	16	Fluor	2	0	0,704	0	0,704	0,103587
Lazer	Forro	6	16	Fluor	9	0	19,008	0	19,008	2,796837
WC	Forro	1	16	Fluor	2	0	0,704	0	0,704	0,103587
<b>Totais</b>		<b>15</b>	<b>80</b>				<b>25,344</b>	<b>0</b>	<b>25,344</b>	<b>4,73598</b>

## BLOCO PAVILHÃO

Local	Lugar	Quant	Potência (W)	Tipo Lâmpada	Regime Dias úteis (h)	Regime Sab+Dom (h)	Consumo Dias úteis (kWh)	Consumo Sab+Dom (kWh)	Consumo Mensal (kWh)	Fatura Energia R\$
	Forro	18	32	Fluor	9	0	114,048	0	114,048	16,78102
	Forro	12	32	Fluor	9	0	76,032	0	76,032	11,18735
	Forro	48	32	Fluor	9	0	304,128	0	304,128	44,74939
	Forro	28	32	Fluor	9	0	177,408	0	177,408	26,10381
	Forro	1	32	Fluor	4	0	2,816	0	2,816	0,414346
	Forro	6	32	Fluor	4	0	16,896	0	16,896	2,486077
	Forro	2	32	Fluor	4	0	5,632	0	5,632	0,828692
	Forro	2	32	Fluor	4	0	5,632	0	5,632	0,828692
<b>Totais</b>		<b>117</b>	<b>256</b>				<b>702,592</b>	<b>0</b>	<b>702,592</b>	<b>131,292</b>

## TOTAIS DA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

Local	Lugar	Quant	Potência (W)	Tipo Lâmpada	Regime Dias úteis (h)	Regime Sab+Dom (h)	Consumo Dias úteis (kWh)	Consumo Sab+Dom (kWh)	Consumo Mensal (kWh)	Fatura Energia R\$
BLOCO ADMINISTRAÇÃO	Iluminação	152							752,4	140,5993
BLOCO SALAS DOS PROFESSORES	Iluminação	88							143,616	26,83721
BLOCO SALAS DE AULAS	Iluminação	159							961,664	179,704
BLOCO CENTRO ACADÊMICO - CACAU	Iluminação	15							25,344	4,735978
BLOCO PAVILHÃO	Iluminação	117							702,592	131,2918
<b>Totais</b>		<b>531</b>							<b>2585,62</b>	<b>613,624</b>

## VALORES DO CONSUMO E FATURA POR USO FINAL - RETROFIT

Consumo de iluminação artificial	kWh	2585,616	
Fatura de energia elétrica + ICMS	R\$	613,6238344	

## AQUISIÇÃO DE NOVAS LÂMPADAS

Tipo de Lâmpada	Quantidade	Valor unitário	Valor Total	Observações
Tubular PHILIPS - 32W + reator elet.	494	33,5	R\$ 16.549,00	Substituição das Fluor. 40W + 12W do reator
Tubular PHILIPS - 16W + reator elet.	33	33,5	R\$ 1.105,50	Substituição das Fluor. 20 W + 9W do reator
PL - PHILIPS - 15W	4	11,5	R\$ 46,00	Substituição das incand. De 40W
<b>Total de investimento</b>			<b>#####</b>	

VENDA DE TECNOLOGIA OBSOLETA	
Lâmpadas	566 1,5 R\$ 849,00

## QUADRO RESUMO

Consumo anterior - iluminação	kWh	4578
Consumo após o retrofit - ilu	kWh	2586
Redução no consumo	kWh	1993
Fatura em Ilum. Artificial Anterior	R\$	1086,539392
Fatura em Ilum. Artificial Retrofit	R\$	614
Economia	R\$	473
Redução no consumo	%	43,5
Tarifa base outubro de 2003	R\$/kWh	0,14714
Encargo de capac. emergência	R\$/kWh	0,01164
ICMS - Base de cálculo	%	27
Investimento em iluminação	R\$	17700,50
Venda de tecnologia obsoleta	R\$	849
Tempo de retorno do capital	ano	3,12