

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



**Caracterização Parcial das Instalações Eléctricas
do Parque Escolar da Cidade do Porto**

Paulo Henrique da Costa Almeida

Dissertação de Projecto realizado no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Major Energia

Orientador: Prof. Doutor José Eduardo Roque Neves dos Santos

Junho, 2009

Resumo

O presente trabalho tem como objectivo a proposta de medidas de reabilitação energética de edifícios, em particular do Parque Escolar da Cidade do Porto, no domínio das Escolas Básicas.

É feita a caracterização dos sistemas de iluminação, e encargos energéticos típicos de Escolas Básicas. Através da caracterização energética e, da identificação de patologias, ao nível das instalações eléctricas. Pretende-se fornecer um conjunto de medidas de reabilitação energética, focando-se nos aspectos técnicos, funcionais, de segurança, de sustentabilidade no sentido de uma maior eficiência na utilização dos equipamentos eléctricos das escolas.

Palavras-chave:

Reabilitação energética

Eficiência energética

Iluminação

Abstract

The present work aims at the proposal of measures for energy rehabilitation of buildings, particularly the Park School of the City of Porto, in the elementary schools.

It made the characterization of systems for lighting and energy costs, typical of elementary schools. Through the energy consumption characterization, identification of diseases, at the level of electrical installations, provide a set of measures to rehabilitate energetically these buildings, focusing on the technical, functional, security, sustainability for greater efficiency in use of electrical equipment of schools.

Agradecimentos

Foram vários os que contribuíram para que fosse possível realizar esta dissertação e quem quero expressar os meus agradecimentos.

Em primeiro lugar, quero agradecer ao meu orientador, Professor Doutor José Eduardo Roque Neves dos Santos pela proposta deste tema, pela forma como contribuiu e me acompanhou.

Agradeço também ao Eng. Sandro Miguel Martins Alves pelo tempo disponibilizado para resolução de questões logísticas.

Aos colegas de curso com quem passei os últimos anos.

Aos meus amigos, que sempre me apoiaram nos melhores e piores momentos.

E por último, e mais importante, aos meus pais pela motivação que sempre deram e por nunca me deixarem desanimar.

Índice

Capítulo 1	19
Introdução.....	19
Capítulo 2	24
Caracterização dos Sistemas de Iluminação, e Encargos Energéticos, numa Instalação	24
2.1 - Grandezas Luminotécnicas	25
2.2 - Equipamento Luminotécnico	29
2.2.1. Lâmpadas	29
2.2.2. Tipos de Lâmpadas	31
2.2.3. Luminárias	36
2.2.4. Balastros	38
2.2.5. Controlo e comando da iluminação	40
Capítulo 3	45
Iluminação Natural: Conceitos Gerais	45
3.1 - Modelo do Céu	46
3.2 - Factor de Luz de Dia	46
3.3 - Disponibilidade de luz natural	48
3.4 - Aproveitamento da luz natural	49
3.4.1. Divisão de circuitos	49
3.4.2. Comando	50
Capítulo 4	51
Caracterização Energética de uma Instalação Eléctrica: Aspectos Gerais	51
4.1 - Diagnóstico energético	51
4.1.1. Levantamento de dados	51
4.1.1.1. Facturas de Energia	52
4.1.1.2. Medição directa	53
4.2 - Indicadores de consumo	54
4.2.1. Consumo global	54

4.2.2. Consumo detalhado	54
4.2.3. Factor de carga	55
4.2.4. Tempo de utilização	55
4.2.5. Índice de eficiência energética	55
4.3 - Energia Reactiva	56
Capítulo 5	58
Caracterização Parcial das Instalações Eléctricas do Parque Escolar da Cidade do Porto (Escolas EB 2,3)	58
5.1 - Considerações iniciais	58
5.2 - Aspectos construtivos	59
5.2.1. Salas de aula	59
5.3 - Iluminação interior	60
5.3.1. Salas de aula	60
5.3.2. Corredores	62
5.3.3. Zona Mista	64
5.3.4. Cantina	66
5.3.5. Casas de Banho	68
5.3.6. Pavilhão Gimnodesportivo	68
5.4 - Iluminação Exterior	72
5.5 - Tomadas e Instalações Especiais	74
5.6 - Quadros Eléctricos	76
Capítulo 6	78
Descrição de Patologias Encontradas, ao Nível das Instalações Eléctricas	78
6.1 - Quadros Eléctricos	78
6.2 - Sistemas de Iluminação	82
6.3 - Circuitos de Tomadas	84
6.4 - Canalizações e circuitos de alimentação	86
6.5 - Instalações Especiais	88
6.6 - Verificação das Instalações Eléctricas	90
Capítulo 7	96
Metodologias para a Reabilitação Energética de Escolas: Casos de Estudo	96
7.1 - Estabelecimento de Ensino - Modelo M1	96
7.1.1. Análise dos consumos energéticos	96
7.1.1.1. Facturas de electricidade	96
7.1.1.2. Iluminação	97
7.1.1.3. Computadores	99
7.1.1.4. Sistema de aquecimento	100
7.1.1.5. Equipamento Cantina/Bufete	100
7.1.1.6. Equipamento representação gráfica e audiovisual	101

7.1.2. Resumo dos encargos energéticos.....	102
7.1.2.1. Disponibilidade de iluminação natural	102
7.1.3. Aplicação de metodologias de reabilitação ao nível da instalação eléctrica.....	103
7.1.3.1. Tecnologia de Iluminação	103
7.1.3.2. Iluminação exterior.....	109
7.1.3.3. Controlo e comando de iluminação.....	110
7.1.3.4. Computadores	112
7.1.3.5. Sistema de Aquecimento	112
7.1.3.6. Análise tarifária	113
7.1.3.7. Compensação do factor de potência	114
7.1.3.8. Instalação de colectores solares para aquecimento de águas sanitárias	115
7.1.4. Potencial de Economia de energia eléctrica total	116
7.2 - Estabelecimento de ensino - modelo M2	118
7.2.1. Análise dos consumos energéticos.....	118
7.2.1.1. Factura de electricidade	118
7.2.1.2. Iluminação	118
7.2.1.3. Computadores	121
7.2.1.4. Sistema de aquecimento	121
7.2.1.5. Equipamento Cantina/Bufete.....	122
7.2.1.6. Equipamento representação gráfica e audiovisual.....	123
7.2.2. Resumo dos encargos energéticos.....	123
7.2.2.1. Disponibilidade de iluminação natural	124
7.2.3. Aplicação de metodologias de reabilitação ao nível da instalação eléctrica.....	125
7.2.3.1. Tecnologia de Iluminação	125
7.2.3.2. Iluminação exterior.....	131
7.2.3.3. Controlo e comando de iluminação.....	132
7.2.3.4. Computadores	134
7.2.3.5. Sistema de Aquecimento	134
7.2.3.6. Análise tarifária	135
7.2.3.7. Compensação do factor de potência	136
7.2.3.8. Instalação de colectores solares para aquecimento de águas sanitárias	137
7.2.4. Potencial de economia de energia eléctrica total	138
7.3 - Estabelecimento de ensino - modelo M3	140
7.3.1. Análise dos consumos energéticos.....	140
7.3.1.1. Factura de electricidade	140
7.3.1.2. Iluminação	140
7.3.1.3. Computadores	143
7.3.1.4. Sistema de aquecimento	144
7.3.1.5. Equipamento Cantina/Bufete.....	144
7.3.1.6. Equipamento representação gráfica e audiovisual.....	145

7.3.2. Resumo dos encargos energéticos.....	146
7.3.2.1. Disponibilidade de iluminação natural.....	146
7.3.3. Aplicação de metodologias de reabilitação ao nível da instalação eléctrica.....	147
7.3.3.1. Tecnologia de Iluminação	147
7.3.3.2. Iluminação exterior.....	154
7.3.3.3. Controlo e comando da iluminação.....	155
7.3.3.4. Computadores	156
7.3.3.5. Sistema de Aquecimento	157
7.3.3.6. Análise tarifária	158
7.3.3.7. Compensação do factor de potência	159
7.3.3.8. Instalação de colectores solares para aquecimento de águas sanitárias	159
7.3.4. Potencial de economia de energia eléctrica total	160
Capítulo 8	162
Conclusões Globais e Perspectivas de Desenvolvimento.....	162
Bibliografia e Referências	163
ANEXO I - Disponibilidade de Luz natural em função da latitude [17]	165
ANEXO II - Resumo de Facturas de Energia Eléctrica.....	167
ANEXO III - Caracterização dos Sistemas de Iluminação das Escolas	171
ANEXO IV - Descrição dos Equipamentos da Cantina das Escolas.....	180
ANEXO V - Verificação das Instalações Eléctricas das Escolas	189

Lista de figuras

Figura 1.1 - Evolução do consumo de energia primária em Portugal [2].	20
Figura 2.1 - Fluxo Luminoso [7].	26
Figura 2.2 - Intensidade Luminosa [6].	26
Figura 2.3 - Luminância [6].	26
Figura 2.4 - Iluminância [7].	27
Figura 2.5 - Diferentes formas de lâmpadas incandescentes [9].	32
Figura 2.6 - Diferentes formas de lâmpadas halogéneas [9].	32
Figura 2.7 - Diferentes formas de lâmpadas mistas [9].	33
Figura 2.8 - Diferentes formas de lâmpadas fluorescentes tubulares [9].	33
Figura 2.9 - Diferentes formas de lâmpadas de vapor de mercúrio [9].	34
Figura 2.10 - Diferentes formas de lâmpadas de vapor de sódio.	35
Figura 2.11 - Diferentes formas de lâmpadas de vapor de iodetos metálicos [9].	36
Figura 2.12 - Classificação das luminárias segundo o tipo de distribuição luminosa [12].	38
Figura 2.13 - Potência máxima para um conjunto de lâmpada de 36W+balastro [14].	39
Figura 2.14 - Poupança de energia conseguida com a conjugação luz natural/artificial [14].	42
Figura 2.15 - Sistema de control “scheduling control”	43
Figura 3.1 - Modelo Céu Encoberto da CIE [26].	46
Figura 3.2 - Disponibilidade de luz exterior em função da latitude das 7 às 17 horas	48
Figura 3.3 - Divisão de circuitos para aproveitamento de luz natural [25].	50
Figura 4.1 - Factura de energia eléctrica de um estabelecimento com tarifa BTE.	52
Figura 4.2 - Bateria de condensadores para correcção factor potência.	56

Figura 5.1 - Visão panorâmica de uma das Salas de Aula das escolas do modelo M1 (foto: Escola E.1.1).	60
Figura 5.2 - Exemplos de salas de aula das escolas do modelo M2.	61
Figura 5.3 - Exemplo sala com dois alçados envidraçados.	61
Figura 5.4 - Visão panorâmica de uma sala do modelo M2 (E.3.2).....	62
Figura 5.5 - Luminárias tipo, dos corredores das escolas do modelo M1.	62
Figura 5.6 - Luminárias tipo, dos corredores das escolas do modelo M2.	63
Figura 5.7 - Luminária tipo, dos corredores das escolas do modelo M3.....	63
Figura 5.8 - Luminárias - tipo, das zonas mistas das escolas do modelo M1.	64
Figura 5.9 - Exemplo Zona Mista da escola E.2.3.	65
Figura 5.10 - Exemplo de Zona Mista para escolas do modelo M3.	65
Figura 5.11 - Promenor das luminárias do refeitório e cozinha das escolas do modelo M1. ...	66
Figura 5.12 - Promenor das luminárias do refeitório e cozinha das escolas do modelo M2. ...	67
Figura 5.13 - Promenor das luminárias do refeitório e cozinha das escolas do modelo M3. ...	67
Figura 5.14 - Promenor da luminária característica das casas de banho.	68
Figura 5.15 - Luminária do pavilhão gimnodesportivo das escolas do modelo M1.	69
Figura 5.16 - Luminárias do corredor e casa de banho dos pavilhões gimnodesportivos (modelo M1).....	69
Figura 5.17 - Exemplo de luminárias dos pavilhões gimnodesportivos das escolas do modelo M2.....	70
Figura 5.18 - Luminárias do corredor e casa de banho dos pavilhões gimnodesportivos (modelo M2).....	70
Figura 5.19 - Luminárias do pavilhão gimnodesportivo da escola E.3.1.	71
Figura 5.20 - Exemplo de luminária do corredor e casa de banho do pavilhão gimnodesportivo da escola E.3.1.....	71
Figura 5.21 - Luminárias de iluminação exterior (modelo M1).	72
Figura 5.22 - Luminárias de iluminação exterior (modelo M2).	73
Figura 5.23 - Luminária esférica, tipo applique, fixada numa fachada.	73
Figura 5.24 - Diferentes modos de instalação de tomadas.	74
Figura 5.25 - Tecnologias de detecção e combate a incêndio.	75
Figura 5.26 - Tecnologias de detecção de intrusão.....	75
Figura 5.27 - Modos de instalação do I.T.E.D.	76

Figura 5.28 - Diferentes tecnologias de iluminação de segurança de emergência.	76
Figura 5.29 - Diferentes modos de instalação dos quadros eléctricos.	77
Figura 7.1 - Distribuição percentual das lâmpadas existentes na escola E.1.2.	99
Figura 7.2 - Distribuição do consumo energético na escola E.1.2.	102
Figura 7.3 - Curvas Isolux da “Sala de Aula - Tipo 1”, sistema actual.	105
Figura 7.4 - Curvas Isolux da “Sala de Aula - Tipo 1”, sistema com lâmpadas de 36W.	105
Figura 7.5 - Curvas Isolux da “Sala de Aula - Tipo 1”, sistema com lâmpadas de 32W.	106
Figura 7.6 - Curva fotométrica das luminárias existentes na “Sala de Aula - Tipo 1”.	106
Figura 7.7 - a) Curvas Isolux b) Curva fotométrica da luminária utilizada para a simulação com tecnologia T5.	106
Figura 7.8 - Distribuição percentual das lâmpadas existentes na escola E.2.1.	120
Figura 7.9 - Distribuição do consumo energético na escola E.2.1.	123
Figura 7.10 - Curva fotométrica para a luminária do sistema de iluminação actual no ambiente-padrão avaliado.	126
Figura 7.11 - Dados luminotécnicos da “Sala de Aula - Tipo 2”, sistema actual.	127
Figura 7.12 - Dados luminotécnicos da “Sala de Aula - Tipo 2”, sistema com lâmpadas de 36W.	127
Figura 7.13 - Dados luminotécnicos da “Sala de Aula - Tipo 2”, sistema com lâmpadas de 32W.	127
Figura 7.14 - Dados luminotécnicos da “Sala de Aula - Tipo 2”, sistema com tecnologia T5.	128
Figura 7.15 - Curva fotométrica utilizada na simulação para tecnologia T5.	128
Figura 7.16 - Distribuição percentual das lâmpadas existentes na escola E.3.2.	143
Figura 7.17 - Distribuição do consumo energético na escola E.3.2.	146
Figura 7.18 - Curva fotométrica da luminária actual da “Sala de Aula - Tipo 3”.	149
Figura 7.19 - Dados luminotécnicos da “Sala de Aula - Tipo 3”, sistema actual.	149
Figura 7.20 - Dados luminotécnicos da “Sala de Aula - Tipo 3”, sistema com lâmpadas de 36W.	150
Figura 7.21 - Dados luminotécnicos da “Sala de Aula - Tipo 3”, sistema com lâmpadas de 32W.	150
Figura 7.22 - Dados luminotécnicos da “Sala de Aula - Tipo 3”, sistema com tecnologia T5.	151
Figura 7.23 - Curva fotométrica da luminária simulada com tecnologia T5.	151

Lista de tabelas

Tabela 2.1 - Níveis de iluminância recomendados pela CIE [8].	28
Tabela 2.2 - Classificação da tonalidade de cor da luz emitida por uma lâmpada [9].	30
Tabela 2.3 - Comando recomendado para situações padrão [18].	43
Tabela 2.4 - Valores típicos da aplicação da metodologia “scheduling control” (adaptado) [18].	44
Tabela 3.1 - Coeficientes de transmissão luminosa de diferentes tipos de Envidraçado [26].	47
Tabela 7.1- Dados de diagnóstico energético e iluminância média (modelo M1).	98
Tabela 7.2 - Consumo e encargo anual global da iluminação dos ambientes padrão.	99
Tabela 7.3 - Consumo e encargo anual global de equipamentos dos ambientes padrão.	101
Tabela 7.4 - Cálculo do factor de luz do dia médio.	103
Tabela 7.5 - Características físicas dos ambientes padrão (E.1.2).	104
Tabela 7.6- Resumo dos resultados das simulações para as diferentes tecnologias e ambientes padrão.	107
Tabela 7.7 - Comparação do consumo e encargo anual do sistema de iluminação actual com a melhor opção simulada.	108
Tabela 7.8 - Investimento necessário e período de retorno.	109
Tabela 7.9 - Encargos energéticos globais por modalidade tarifária.	114
Tabela 7.10 - Características do painel solar plano selectivo.	115
Tabela 7.11 - Potencial económico e energético global.	117
Tabela 7.12 - Dados de diagnostic energético e iluminância média actual.	119
Tabela 7.13 - Consumo e encargo anual global da iluminação dos ambientes padrão.	121
Tabela 7.14 - Consumo e encargo anual global dos equipamentos da instalação	122

Tabela 7.15 - Cálculo do factor de luz do dia médio na escola E.2.1.	124
Tabela 7.16 - Características físicas dos ambientes-padrão.	125
Tabela 7.17 - Resumo dos resultados das simulações para as diferentes tecnologias e ambientes padrão.	129
Tabela 7.18 - Comparação do consume e encargo energético anual do sistema de iluminação actual com a melhor opção simulada.	130
Tabela 7.19 - Investimento necessário e período de retorno.	131
Tabela 7.20 - Encargos energéticos globais em cada modalidade tarifária.	136
Tabela 7.21 - Potencial económico e energético global (escola E.2.1).	138
Tabela 7.22 - Dados de diagnóstico energético e iluminância média (E.3.2).	142
Tabela 7.23 - Consumo e encargo anual global da iluminação dos ambientes padrão.	143
Tabela 7.24 - Consumo e encargo anual global dos equipamentos da escola E.3.2.	145
Tabela 7.25 - Cálculo do factor de luz do dia na escola E.3.2.....	147
Tabela 7.26 - Características físicas dos ambientes padrão.	148
Tabela 7.27 - Resumo dos resultados das simulações para os ambientes padrão da escola E.3.2.	152
Tabela 7.28 - Comparação do consume e encargo energético anual do sistema de iluminação dos ambientes padrão.....	153
Tabela 7.29 - Investimento necessário e retorno de investimento.	154
Tabela 7.30 - Encargos energéticos globais por modalidade tarifária.....	158
Tabela 7.31 - Potencial economico e energético global na escola E.3.2.	161

Abreviaturas e Símbolos

Lista de abreviaturas (ordenadas por ordem alfabética)

CIE	<i>Commission Internationale de l'Eclairage</i>
CRT	<i>Cathode Ray Tube</i>
EDF	<i>Électricité de France</i>
EDP	Energia de Portugal
EU	União Europeia
FLDM	Factor de Luz de Dia Médio
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>
LRC	<i>Lighting Research Center</i>
PNAEE	Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética

Capítulo 1

Introdução

1.1 - Enquadramento e Objectivos

Os órgãos de administração pública, historicamente, quando investiam recursos para obras de ampliação e remodelação de suas instalações, não tomavam em consideração projectos de eficiência energética. Os encargos em energia eléctrica faziam parte dos custos de operação das instituições. Esta visão tem vindo a melhorar, felizmente, pela crescente consciencialização da necessidade de racionalizar o consumo de energia eléctrica, assim como pela aceitação de protocolos e medidas que obrigam à satisfação de requisitos de eficiência energética nos mais variados campos de aplicação.

Em Portugal existem cerca de 14500 estabelecimentos de ensino básico e pré-escolar, a maioria dos quais com carências significativas ao nível do conforto térmico e visual. Estes problemas resultam, em regra, da própria concepção dos edifícios e das instalações eléctricas, assim como da ausência, deficiente utilização e manuseamento dos equipamentos energéticos instalados.

Para gerir eficientemente um edifício, do ponto de vista energético, é fundamental começar por conhecer tanto quanto possível, a quantidade de energia consumida e de que forma esta é consumida.

O levantamento energético é a primeira fase de um processo conducente à tomada de consciência da situação energética do edifício e consequente decisão sobre as alterações a efectuar para uma melhor e mais racional utilização da energia. Esta intervenção permitirá conhecer os equipamentos instalados e identificar o seu estado de funcionamento de modo a estabelecer os fluxos de energia mais relevantes, e assim planificar uma intervenção conducente a uma eventual redução de consumos [1].

Entende-se por eficiência energética o conjunto de práticas e políticas, que reduzam os encargos com energia e/ou aumente a quantidade de energia fornecida sem alteração da geração. No caso de estabelecimentos de ensino, tecnologias e práticas que estimulam a eficiência energética são exequíveis ao nível das tecnologias eléctricas e caloríficas existentes, tais como iluminação, aquecimento, computadores, equipamentos para confecção e conservação alimentos, entre outros. Também inclui tecnologias que proporcionem a conservação e uso racional da energia, como o uso de geradores de energia solar e aparelhos de controlo do consumo da energia.

O consumo nacional de energia eléctrica é fortemente influenciado pelo sector de serviços tendo este vindo a subir de 19% em 1980, para 31% em 1999, actualmente esta tendência foi invertida, embora em 2007 o consumo de energia nos serviços, aumentou 0,8% face a 2006 [2].

O crescimento deve-se sobretudo ao aumento da actividade económica, níveis de exigência e qualidade superiores como também da ineficiência dos sistemas consumidores, quer dos equipamentos, quer dos edifícios.

Se aliarmos a um baixo nível de eficiência energética uma forte dependência do petróleo como fonte de energia primária, como mostra a figura 1.1 para o caso português, facilmente nos apercebemos da forte necessidade de implementar medidas, para contrariar a crescente utilização de combustíveis fósseis.

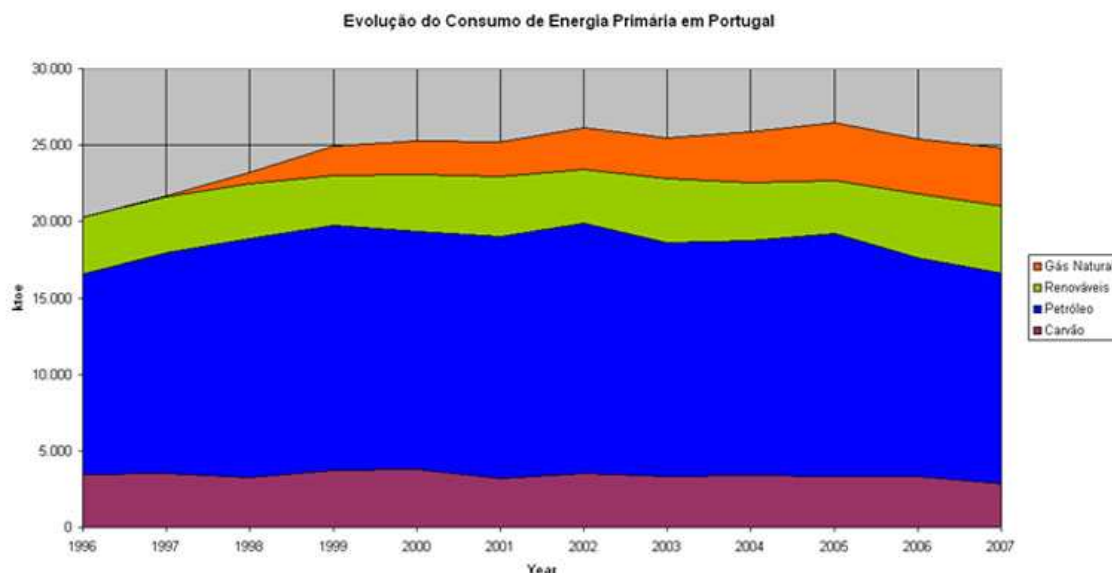


Figura 1.1 - Evolução do consumo de energia primária em Portugal [2].

Prevê-se que a procura energética mundial - e as emissões de CO₂ - aumentem cerca de 60% até 2030. O consumo global de petróleo aumentou 20% desde 1994, e estima-se que a procura global de petróleo cresça 1,6% ao ano [2].

Para combater estes efeitos, a maioria dos países ratificaram o Protocolo de Quioto, comprometendo-se a baixar a emissão dos gases que provocam o efeito de estufa. Portugal, como membro da União Europeia inclui-se neste grupo, tendo por meta baixar em 8% as emissões de gases poluentes até 2012 [2].

A Comissão Europeia propôs um plano de acção para a eficiência energética a fim de realizar a poupança de 20% no consumo de energia da EU. Este esforço necessita de um apoio coerente e de determinação ao mais alto nível político em toda a Europa. Muitos dos instrumentos funcionam a nível nacional, como os subsídios e os incentivos fiscais, é a nível nacional que existem meios para convencer o público de que a eficiência energética lhes pode trazer poupanças efectivas. Alguns exemplos de possíveis acções incluem:

- Mecanismos para incentivar o investimento em projectos de eficiência energética;
- Orientar consumidores e fabricantes, da necessidade de classificação e indicação do desempenho energético das principais tecnologias consumidoras de energia.

Uma das linhas de acção para promover o uso racional e eficiente de energia eléctrica é a intervenção junto às instalações consumidoras. Através de acções que optimizam os sistemas de cada uso final de energia eléctrica presentes na instalação, é possível reduzir o consumo sem comprometer o seu desempenho. Para analisar a viabilidade técnica e económica dessas acções, é necessário, inicialmente, determinar a forma como a energia eléctrica é utilizada nos vários sectores. É chamado de auditoria ou diagnóstico energético, permitindo propor soluções que aumentem a eficiência dos sistemas diagnosticados bem como calcular o potencial económico e energético das soluções propostas, implementando-se aquelas que apresentem as melhores vantagens técnicas e económicas.

Para o consumidor final, as principais vantagens da adopção de medidas de uso racional de energia são a redução dos encargos energéticos, a optimização do desempenho das tecnologias dos equipamentos eléctricos e, a disseminação de uma postura de preservação energética e ambiental.

Segundo o PNAEE, entre 2005 e 2007, Portugal inverteu a tendência de aumento da intensidade energética verificada desde 1990. Apesar da melhoria recente da intensidade energética, Portugal regista valores superiores à média europeia. Para o sector escolar do estado, o PNAEE, através do programa E3 (Eficiência Energética no Estado), compromete-se a [3]:

- certificar de todos os edifícios do estado;
- alcançar 20% dos edifícios do estado com classe igual ou superior a B- (50% das escolas com energias renováveis);
- financiar medidas de eficiência nos edifícios do estado.

No âmbito das escolas públicas, o PNAEE sugere a utilização de energia solar para alimentação de balneários, piscinas, cozinhas, iluminação e equipamentos. Também a reabilitação para iluminação eficiente, equipamentos de classe A ou superior. É também previsto a implementação de programas curriculares que abordem o tema da eficiência energética [3].

É precisamente nestas medidas ambicionadas pelo PNAEE que se debruça uma parte do trabalho. Pretende-se caracterizar e identificar patologias sob os aspectos técnicos e construtivos das instalações eléctricas, criando metodologias de reabilitação, quantificando os custos inerentes à implementação dos modelos propostos.

O objectivo do trabalho centra-se na caracterização exaustiva e identificação de patologias técnicas e construtivas dos estabelecimentos de ensino do Parque Escolar da Cidade do Porto. Caracterização sob o ponto de vista das instalações eléctricas e outras, como o sistema de detecção de intrusão, detecção e extinção de incêndio, rede estruturada de telecomunicações, aquecimento ambiente, entre outros. Com a intenção de propor metodologias de reabilitação das instalações eléctricas, fornecendo um conjunto de soluções sobre diferentes aspectos, nomeadamente técnicos, funcionais, de segurança e sustentabilidade energética, quantificando custos inerentes à sua implementação, assim como a avaliação do potencial de conservação de energia eléctrica em cada medida proposta.

1.2 - Estrutura

A presente dissertação é constituída por seis capítulos além deste introdutório, onde está exposta a necessidade de racionalização energética, políticas de eficiência, a motivação e objectivos para a realização deste trabalho. O conteúdo dos seguintes capítulos está descrito sumariamente a seguir.

No capítulo 2, avaliou-se o estado da arte das várias tecnologias e equipamentos consumidores de energia eléctrica que caracterizam os encargos energéticos próprios da instalação.

No capítulo 3, mostrou-se como avaliar a disponibilidade de luz natural e quais as medidas a implementar para o aproveitamento desta.

No capítulo 4, realizou-se a caracterização das instalações eléctricas do Parque Escolar sob o ponto de vista construtivo, técnico, funcional e de segurança.

No capítulo 5, foram sistematizadas as patologias vistas nos estabelecimentos de ensino, ao nível da instalação eléctrica.

No capítulo 6, foram apresentadas metodologias de análise para a reabilitação económica e energética de estabelecimentos de ensino, onde se contemplaram indicadores genéricos de consumo e de diagnóstico energético.

No capítulo 7, analisaram-se os consumos energéticos de uma escola de cada modelo definido, onde se aplicaram modelos de reabilitação da instalação eléctrica tomando opções visando a eficiência e racionalização energética. Avalia-se também economicamente a viabilidade das soluções propostas.

No capítulo 8 foram relatadas as conclusões globais obtidas com a presente dissertação.

Capítulo 2

Caracterização dos Sistemas de Iluminação, e Encargos Energéticos, numa Instalação

O papel dos sistemas de iluminação é o de garantir um ambiente visual adequado, que forneça a luz mínima necessária à realização de tarefas visuais desenvolvidas pelos utilizadores, isto é, a iluminação deve atender às exigências do utilizador para os momentos em que a tarefa visual é desenvolvida. Para os sistemas de iluminação de emergência, deve estar garantida uma iluminância mínima de segurança de circulação. Um adequado sistema de iluminação implica o uso correcto da luz, através da optimização dos níveis de iluminância, dos índices de reprodução de cor e da temperatura de cor da fonte, do fluxo luminoso, dos contrastes, etc.

Os critérios gerais de desempenho na iluminação devem seguir um princípio: evitar a incidência directa do sol (ofuscamento) e alcançar uniformidade na iluminação. O nível óptimo de iluminância não é necessariamente o mais alto, mas aquele que possibilita a melhor visão sem nos causar cansaço visual [4].

Um sistema de iluminação, energeticamente eficiente, é obtido através da minimização de duas variáveis fundamentais: tempo de utilização e potência instalada. O aproveitamento da iluminação natural, através da utilização de sistemas de controlo da iluminação artificial, pode minimizar o tempo de utilização do sistema de iluminação artificial. O mesmo se verifica com o uso de sensores de presença e temporizadores, para áreas com ocupação intermitente, assim como com o uso de reguladores de fluxo. Na minimização do tempo de utilização de um sistema de iluminação, deve-se ter em conta o utilizador, pois este tem influência no processo, podendo apagar ou não lâmpadas inutilmente acesas. A minimização

da potência instalada é obtida através da utilização de equipamentos de iluminação energeticamente eficientes, como lâmpadas de alta eficiência luminosa, luminárias de alto grau de reflexão, balastros com elevado factor de potência, assim como de uma manutenção frequente. As características construtivas do ambiente também têm o seu papel no projecto luminotécnico: por exemplo, superfícies de cores mais claras detêm reflectâncias mais elevadas.

Partindo de um estudo realizado pela EDF em 1999, verificou-se que o custo de electricidade destinado à iluminação representa cerca de 40% a 50% dos totais do consumo energia eléctrica [5]. Prevê-se então, que é indispensável o investimento em sistemas de iluminação eficientes.

A preocupação pelo uso racional e eficiente de energia tem vindo a aumentar, de ano para ano, embora muitos projectos ignorem aspectos tecnológicos, simples e de baixo custo, em sistemas de iluminação. É muito comum o erro de se escolher um sistema, apenas considerando o seu custo inicial, ao invés de realizar uma análise económica, tendo em conta, também, os custos relacionados com o consumo de energia eléctrica, a substituição e manutenção de equipamentos e, a perda de eficiência resultante das pessoas que fazem usar desse sistema. Um adequado projecto luminotécnico ou uma reestruturação de um sistema de iluminação de uma instalação já existente (reabilitação), deve fornecer garantias de eficiência energética e de uso racional de energia.

2.1 - Grandezas Luminotécnicas

São definidas quatro grandezas luminotécnicas fundamentais no estudo luminotécnico [6]:

- Fluxo luminoso;
- Intensidade luminosa;
- Luminância;
- Iluminância.

O fluxo luminoso (Φ) é a quantidade de luz obtida por unidade de tempo (s), expressa em lúmen (lm).

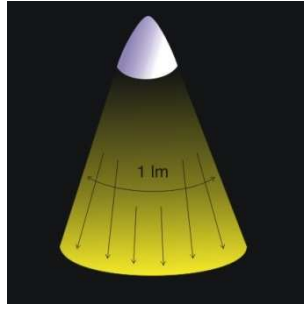


Figura 2.1 - Fluxo Luminoso [7].

A intensidade luminosa (I) determina a forma como se distribui, pelo espaço, a luz emitida por uma determinada fonte de luz. Por outras palavras é o fluxo luminoso (Φ) que abandona uma superfície emissora e se propaga por um elemento de ângulo sólido (ω) contido nessa direcção, $I = \frac{\Phi}{\omega}$ expressa em candela (cd).

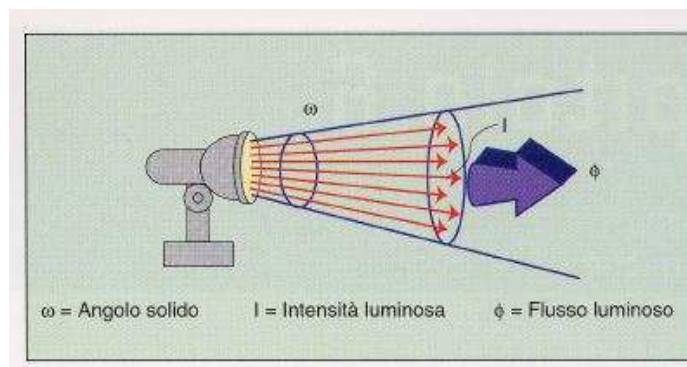


Figura 2.2 - Intensidade Luminosa [6]

A luminância (L) é o quociente entre a intensidade luminosa emitida por uma fonte luminosa ou uma superfície reflectora e a sua área aparente (S_a é a área projectada num plano perpendicular à direcção de observação), $L = \frac{I}{S_a}$ expressa em cd/m^2 [6].

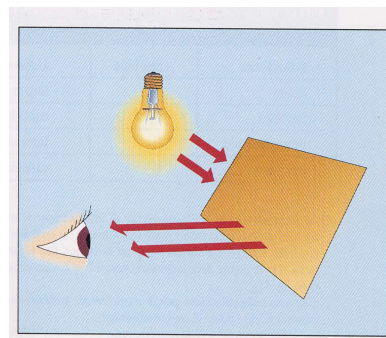


Figura 2.3 - Luminância [6].

Por definição, a iluminância é o fluxo luminoso (F) incidente numa superfície por unidade de área (m^2). A unidade S.I é o lux.

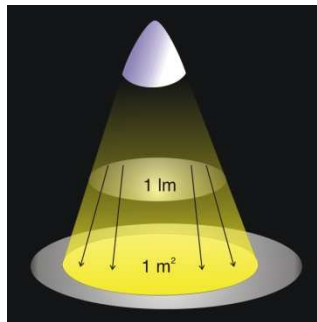


Figura 2.4 - Iluminância [7]

A unidade de um lux corresponde à iluminância de uma superfície plana de um metro quadrado de área, sobre a qual incide perpendicularmente um fluxo luminoso de um lúmen. Uma forma simples de expor este conceito de iluminância talvez seja o de o definir como uma densidade de luz necessária para a realização de uma determinada tarefa visual. Isto pressupõe que existe um valor óptimo de luz para quantificar um projecto de iluminação.

Sendo um dos parâmetros fundamentais na caracterização de um sistema de iluminação, os níveis de iluminância exigidos pela CIE são relativos à iluminância medida na altura do plano de trabalho¹. Baseado em pesquisas realizadas com diferentes níveis de iluminação, os valores relativos à iluminância foram tabelados por tipo de actividade e de ambiente. Os níveis recomendados de iluminância para o caso específico de estabelecimentos de ensino estão inscritos na tabela 2.1.

¹ Plano de trabalho é o local onde são desenvolvidas actividades que necessitam de iluminância apropriada. Quando o campo de trabalho não for definido, deve-se adoptar um plano de altura 0,85 metros paralelo ao piso.

Type of interior, task or activity	$\overline{E}_m$ lux	UGR_L	R_a	Remarks
1. General building areas				
Entrance halls	100	22	80	
Lounges	200	22	80	
Circulation areas and corridors	100	28	40	At exits and entrances provide a transition zone and avoid sudden changes.
Stairs, escalators, travelators	150	25	40	
Loading ramps/bays	150	25	40	
Canteens	200	22	80	
Rest rooms	100	22	80	
Rooms for physical exercise	300	22	80	
Cloakrooms, washrooms, bathrooms, toilets	200	25	80	
28. Educational buildings				
Play school room	300	19	80	
Nursery class	300	19	80	
Nursery craft room	300	19	80	
Classrooms, tutorial rooms	300	19	80	Lighting should be controllable.
Classroom for evening classes and adults education	500	19	80	
Lecture hall	500	19	80	Lighting should be controllable.
Black board	500	19	80	Prevent specular reflections.
Demonstration table	500	19	80	In lecture halls 750 lux
Art and craft rooms	500	19	80	
Art rooms in art schools	750	19	90	$T_{cp} > 5000K$
Technical drawing rooms	750	16	80	
Practical rooms and laboratories	500	19	80	
Teaching workshop	500	19	80	
Music practice rooms	300	19	80	
Computer practice rooms	500	19	80	For VDT-work see clause 4.10.
Language laboratory	300	19	80	
Preparation rooms and workshops	500	22	80	
Student common rooms and assembly halls	200	22	80	
Teachers rooms	300	22	80	
Sports halls, gymnasiums and swimming pools	300	22	80	For public access facilities see CIE 58 - 1983 and CIE 62 - 1984.

Tabela 2.1 - Níveis de iluminância recomendados pela CIE [8].

onde E_m é a iluminância média, o UGR (Unified Glare Rating) é o índice de ofuscamento e o R_a é o índice de restituição de cores.

2.2 - Equipamento Luminotécnico

2.2.1. Lâmpadas

É o elemento irradiador num sistema de iluminação, havendo uma elevada gama de lâmpadas, de diferentes características específicas muito úteis nos variados sistemas de iluminação presentes no mundo.

Para umas lâmpadas são definidas em características físicas e luminotécnicas, das quais as mais relevantes são as seguintes:

- Rendimento luminoso;
- Temperatura de cor;
- Índice de restituição de cores;
- Luminância;
- Ofuscamento;
- Uniformidade;
- Duração média de vida;

O quociente entre o fluxo luminoso emitido por uma lâmpada e a potência eléctrica absorvida, descreve o rendimento luminoso, expresso em lúmen por Watt (lm/W). O rendimento luminoso varia entre 8 lm/W, para as lâmpadas incandescentes e as centenas de lm/W, para as lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão.

A temperatura de cor expressa a aparência de cor da luz emitida pela fonte de luz. A sua unidade de medida é o Kelvin (K). Quanto mais alta a temperatura de cor, mais clara é a tonalidade de cor da luz. Quando falamos em luz quente ou fria, não nos estamos a referir ao calor físico da lâmpada, mas sim à tonalidade de cor que ela apresenta ao ambiente. Luz com tonalidade de cor mais suave torna-se mais aconchegante e relaxante, luz mais clara torna-se mais estimulante.

Temperatura de cor (K)	Classificação	Sigla	Tonalidade de cor emitida
Inferior a 3300 K	Quente	W	Branco quente
Entre 3300 K e 5300 K	Intermédia	I	Branco neutro
Superior a 5300 K	Fria	C	Branco frio

Tabela 2.2 - Classificação da tonalidade de cor da luz emitida por uma lâmpada [9].

O índice de restituição de cor (IRC) é o valor percentual médio relativo à reprodução de cor, baseado numa série de cores padrão. É a medida de comparação entre a cor real de um objecto ou superfície e a sua aparência sob uma fonte de luz. A luz artificial, como regra, deve permitir ao olho humano perceber as cores correctamente ou o mais próximo possível da luz natural. Lâmpadas com índice de reprodução de cor, de valor 100, apresentam as cores com total fidelidade e precisão. Quanto mais baixo for o índice, mais deficiente é a reprodução de cores; são indicados valores mínimos de IRC de acordo com o uso de cada ambiente. No caso mais comum de salas de aula, o índice de reprodução de cores deverá ser alto, acima de 60.

A luminância é um dos conceitos mais abstractos que a luminotecnica apresenta. É através da luminância que o homem vê. É a diferença entre zonas claras e escuras que permite apreciar uma escultura, um dia de sol, etc. A luminância liga-se com contrastes; a leitura de uma página escrita em letras pretas (reflexão 10%) sobre um fundo branco (reflexão 85%) revela que a luminância das letras é menor do que a luminância do fundo e, assim, a leitura torna-se menos dolorosa para os olhos [10].

A duração média de vida indicada pelo fabricante indica o número de horas, após 50% de lâmpadas, um lote significativo de lâmpadas acesas, deixa de emitir o fluxo luminoso. A duração média varia entre as 1000 horas, nas lâmpadas de incandescência, e, cerca de, 60000 horas, no caso de lâmpadas de indução [9]

No passado, a relação entre o número de operações “liga”/”desliga” e a redução da vida útil das lâmpadas fluorescentes era bastante crítica; hoje em dia já não o é, uma vez que o volume de pó ionizante sobre o filamento é bastante grande. Contudo, não se deve ligar/desligar uma lâmpada fluorescente “a cada minuto”, mas antes por períodos superiores a 10, 15 minutos. Isto porque o consumo de energia é compensado pelo custo da lâmpada.

Ofuscamento e uniformidade são outras características fundamentais num sistema de iluminação, uma vez que eles podem afectar, de forma significativa, o bem-estar e a produtividade dos utilizadores. O ofuscamento é a sensação de desconforto visual ou uma redução da capacidade de ver os detalhes ou objectos, causada pela inadequada distribuição do sistema de iluminação ou variação das luminâncias. É causado, geralmente, por exposição directa de fontes luminosas, por excesso de contraste e por reflexos (por exemplo, luz

reflectida nos monitores de computadores). A uniformidade está relacionada com a variação do nível de iluminância no ambiente. Tarefas onde os utilizadores necessitam visualizar áreas bem e mal iluminadas alternadamente podem-se tornar cansativas. Além disso, pontos com níveis de iluminância muito superiores em relação ao resto do ambiente (luz proveniente de “spots”, por exemplo) podem distrair o utilizador, diminuindo a sua capacidade de concentração [11].

O efeito “estroboscópico” é causado pelas lâmpadas de descargas, que operam com tensão de frequência igual à da rede eléctrica, piscando. É o caso das lâmpadas fluorescentes que utilizam balastros electromagnéticos, as quais apresentam também um problema de ruído sonoro, causado pela vibração das lâminas do núcleo e da própria carcaça do balastro.

2.2.2. Tipos de Lâmpadas

Existem imensos tipos de lâmpadas, no mercado, para os mais variados campos de aplicação. As lâmpadas podem ser classificadas pelo princípio de funcionamento das mesmas [8]:

- Lâmpadas de incandescência - emitem luz através de um filamento de tungsténio levado à incandescência durante a passagem de corrente eléctrica;
- Lâmpadas de descarga - a descarga eléctrica dum gás (entre dois eléctrodos) produz a excitação dos electrões, os quais, consequentemente, emitem luz;
- Lâmpadas de indução - princípio de funcionamento idêntico ao das lâmpadas de descarga, com a diferença que a descarga do gás é produzida por uma corrente induzida por um campo magnético externo (sem eléctrodos).

As lâmpadas incandescentes convencionais adequam-se a aplicações pontuais, iluminação intermitente ou decorativa, pois somente convertem 5% da potência, em luz visível; os restantes 95% são convertidos em calor. Torna-se um problema em ambientes climatizados e uma mais-valia em ambientes “quentes” (referência à baixa temperatura de cor das lâmpadas incandescentes). Em comparação com os outros tipos de lâmpadas, as incandescentes apresentam o menor rendimento luminoso (entre 10 e 25 lm/W), o menor tempo de vida (1000 horas). No entanto apresentam uma óptima reprodução de cores, baixo custo e fácil manutenção.



Figura 2.5 - Diferentes formas de lâmpadas incandescentes [9].

Um outro tipo de lâmpada incandescente é conhecido como “lâmpada halogénea”; difere das lâmpadas incandescentes normais, pela adição de gases halogéneos, que se misturam com as partículas do filamento resultante do aquecimento. São mais eficientes e duradouras que as normais, produzem uma iluminação branca e brilhante, com alta intensidade luminosa e excelente reprodução de cores, sendo óptimas para zonas com exigência de elevada iluminância ou necessitando de luz intensa e bem direccionada, embora o seu rendimento seja reduzido (entre 17 a 22 lm/W).



Figura 2.6 - Diferentes formas de lâmpadas halogéneas [9].

A “lâmpada mista” possui uma tecnologia híbrida das tecnologias incandescentes e de descarga. Diferente das lâmpadas incandescente, a lâmpada mista utiliza o filamento de tungsténio para limitar a corrente de descarga no gás. Com um IRC 33% superior ao das lâmpadas de mercúrio e uma durabilidade seis vezes maior que a de uma incandescente convencional, a lâmpada mista representa uma alternativa de substituição directa de lâmpadas incandescentes já existentes. Por outro lado, as suas principais desvantagens são o baixo rendimento luminoso (semelhante ao das halogéneas) e os elevados tempos de reacendimento e de estabilização, cerca de 5 minutos para ambos.

O uso de lâmpadas mistas é recomendado para casos de substituição directa de lâmpadas incandescentes onde não exista a possibilidade do uso de outras tecnologias mais eficientes.



Figura 2.7 - Diferentes formas de lâmpadas mistas [9].

Dentro da gama das lâmpadas de descarga, as mais conhecidas são as lâmpadas fluorescentes tubulares, clássicas para uma iluminação económica, as quais evoluíram com os anos, possibilitando melhores índices de reprodução de cor (antes com IRC de 70% e actualmente chegando até 85). Por serem mais económicas, são amplamente empregues em estabelecimentos de ensino. As habituais lâmpadas fluorescentes desenvolvidas tinham um diâmetro de tubo de 38 mm (designadas T10/T12) e utilizavam no seu revestimento interno um pó fluorescente comum. Em seguida, surgiram as modernas fluorescentes tubulares tipo T8 e hoje em dia, em Portugal, já são comercializadas as tubulares T5 ainda mais finas que as T8 e com melhores índices de eficiência energética. Lâmpadas fluorescentes convencionais T8 (Figura 2.8) apresentam rendimentos entre 33 lm/W e 62 lm/W (para balastros electromagnéticos convencionais), e tonalidades variando entre 2.700 K e 6.100 K. O desenvolvimento destas lâmpadas fluorescentes mais eficientes mostra a constante evolução das tecnologias de iluminação. O rendimento luminoso de uma lâmpada T5 de 35W (95lm/W) é 7% maior que o de uma T8 de 36W equivalente (89 lm/W), ambas alimentadas por balastros electrónicos. Além do aspecto económico, é de salientar o facto das lâmpadas T5 apresentarem menor quantidade de mercúrio no seu interior, cerca de 80% menores que as anteriores T8, o que é ecologicamente preferível.



Figura 2.8 - Diferentes formas de lâmpadas fluorescentes tubulares [9].

A lâmpada fluorescente é uma lâmpada de descarga de vapor de mercúrio de baixa pressão. É constituída por um tubo de descarga alongado, com um eléctrodo em cada extremidade. O gás utilizado para encher o tubo inclui um gás inerte, o qual arranca com facilidade e controla a descarga, incluindo uma pequena quantidade de mercúrio, cujo vapor produz radiação ultravioleta quando excitado. A superfície interior do tubo de descarga está revestida com uma substância fluorescente que transforma a radiação ultravioleta produzida pela lâmpada em luz visível por intermédio da fluorescência [9].

Para facilitar o arranque das lâmpadas fluorescentes, os eléctrodos têm a forma de filamentos revestidos com um óxido metálico (material emissor) que facilita a libertação de electrões. Os eléctrodos são pré-aquecidos no período de arranque e a lâmpada arranca quando a tensão é aplicada [9].

Em contraste com as lâmpadas incandescentes, a luz emitida pelas lâmpadas fluorescentes provém de um espectro de emissão mais largo. A luz é predominantemente difusa tornando-a mais adequada para uma iluminação uniforme de maiores áreas. As lâmpadas fluorescentes produzem um espectro que não é contínuo, o que significa que têm uma restituição de cores diferente da obtida com as lâmpadas de incandescência [9].

Outro tipo de lâmpadas de descarga são as “lâmpadas de mercúrio de alta pressão”, apresentam rendimento luminoso relativamente mais baixo que as fluorescentes tubulares e podem funcionar com economia de energia, a uma potência reduzida (iluminação nocturna reduzida). Não necessitam de arrancadores e a duração de vida útil pode ir até às 10000h; por outro lado, a restituição de cores é pouco satisfatória (entre 40 a 57) e necessita de tempos de pré-aquecimento e de re-arranque relativamente longos (aprox. 5 min).

A lâmpada de vapor de mercúrio emite uma luz de aparência branca-azulada, com uma emissão na região visível dos comprimentos de onda do amarelo, verde e azul, faltando a radiação vermelha. No caso da lâmpada de 400W, metade desta potência é transformada em radiação, cerca de 60W encontra-se na parte visível do espectro, 73W na zona do ultravioleta e 60W na zona dos infravermelhos.



Figura 2.9 - Diferentes formas de lâmpadas de vapor de mercúrio [9].

As “lâmpadas de sódio de alta pressão” apresentam elevado rendimento luminoso (entre 100 e 120lm/W), com duração média de vida até 16000 horas e uma temperatura de cor de 1900 K a 2500 K. A radiação apresenta uma cor alaranjada característica, que a torna mais sensível à nossa vista (IRC de 23 a 70).

A iluminação resultante deste tipo lâmpada origina uma má impressão do ambiente iluminado, em relação à obtida com a lâmpada de vapor de mercúrio; no entanto, o seu custo é um pouco mais elevado. Porque tem bom rendimento é usada em imensas aplicações, onde a restituição de cores não seja fundamental, como o caso de iluminação exterior.

Existem no mercado lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão que substituem directamente as lâmpadas de mercúrio de 250W e 400W, sem necessidade de troca do balastro, o que proporciona uma economia de energia eléctrica da ordem de 15% e 12%, com aumento do fluxo luminoso de 50% e 127%, respectivamente.



Figura 2.10 - Diferentes formas de lâmpadas de vapor de sódio.

Como foi referido, as lâmpadas de vapor de mercúrio e de sódio não são aconselhadas para ambientes onde o índice de restituição de cores seja elevado. São as lâmpadas de vapor de iodetos metálicos que proporcionam uma boa restituição de cores (entre 80 e 85), com rendimentos luminosos na ordem dos 80 lm/W e duração média de vida útil até 10000 horas. O elevado fluxo luminoso emitido tornam estas lâmpadas de vapores metálicos ideais para a iluminação de recintos desportivos e outras aplicações onde se pretenda uma correcta restituição de cores.

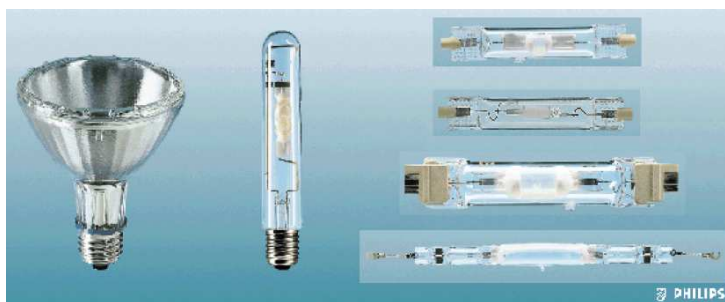


Figura 2.11 - Diferentes formas de lâmpadas de vapor de iodetos metálicos [9].

2.2.3. Luminárias

As luminárias têm como principal função, o controle da distribuição da luz emitida por uma ou mais lâmpadas, sendo constituídas pelo suporte, e por outros equipamentos ópticos, como as lentes, os reflectores, etc. [11].

O principal objectivo dos suportes e equipamentos ópticos é a distribuição, difusão e direcção da luz. Suportes mais eficientes permitem um maior fluxo luminoso. Esta eficiência depende da sua forma geométrica, características dos materiais e, como é óbvio, do sistema lâmpada+balastro instalado na mesma.

A parte óptica da luminária é o elemento que define o tipo de emissão luminosa que ela terá. O reflector encarrega-se de modelar a distribuição luminosa de cada luminária. O melhor material para a construção de espelhos é o alumínio polido a espelho, liso e anodizado, sendo o material indicado para todas as aplicações onde a precisão da direcção e a eliminação do encadeamento são necessários. Quando se pretende uma luminária que tenha uma emissão de luz do tipo dispersor, o material a usar é igual, embora não se forme um espelho, mas sim múltiplos espelhos que dispersam a luz em variadas direcções.

Os espelhos podem classificar-se em três grandes grupos: circulares, parabólicos e elípticos. Os circulares são os indicados para as luminárias destinadas a iluminar os ambientes onde se utilizem computadores. A forma do espelho evita que as altas intensidades luminosas se propaguem acima de um determinado ângulo (normalmente 65°), que se reflectiriam nos monitores. Os espelhos parabólicos são os mais comuns; a emissão de luz é semelhante à emissão de um ponto de luz no centro da luminária, conseguindo-se elevados rendimentos. Finalmente, os espelhos elípticos, que têm a propriedade de emitirem a luz somente para uma metade do hemisfério inferior, ideal para a iluminação de superfícies verticais (quadros, paredes, etc.).

No estudo fotométrico, uma das informações de maior utilidade para o estudo luminotécnico, é o conhecimento do rendimento da luminária. Ele permite conhecer a

quantidade de fluxo luminoso devolvido, face ao emitido pela lâmpada, sendo fundamental para a análise económica de um sistema de iluminação. Outra característica da performance de uma luminária é a sua eficiência óptica, isto é, a influência das características da luminária na temperatura de funcionamento da lâmpada.

No que respeita à instalação e manutenção, as luminárias devem evitar: os choques eléctricos, a redução do tempo de vida das lâmpadas e das luminárias, assim como perturbações no funcionamento.

Existem múltiplos tipos de luminárias, conforme o tipo de lâmpadas utilizadas. Existem, ainda, luminárias funcionais e decorativas; as primeiras são as fundamentais no campo da luminotecnia, centram-se na resposta às exigências de iluminação, com o objectivo de se obter o melhor rendimento possível.

As luminárias funcionais podem ser instaladas de diversas formas: montagem saliente, encastrada ou em calha electrificada.

Existem diversos componentes numa luminária que são responsáveis pela distribuição correcta da luz no ambiente de trabalho: reflectores, difusores, lentes e lamelas. Estes componentes influenciam o desempenho da luminária, pelo que a escolha adequada da luminária para um certo ambiente seja fundamental, pode-se dividir as luminárias por tipo de actividade desenvolvida, curva de distribuição da luminária, factor de utilização e tipo de iluminação desejada, isto é, a forma como as luminárias distribuem o fluxo luminoso. Classificam-se basicamente em seis grupos: directa, semi-directa, difusa, directa - indirecta, semi-indirecta e indirecta que, iniciando da parte superior esquerda para a direita, respectivamente, se pode observar na figura 2.12.

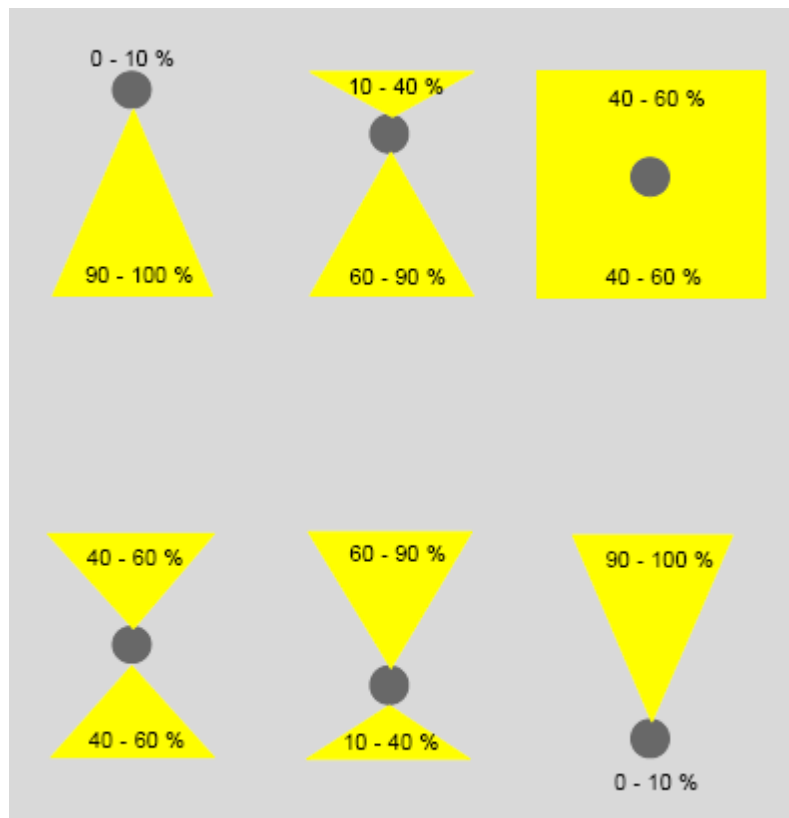


Figura 2.12 - Classificação das luminárias segundo o tipo de distribuição luminosa [12].

2.2.4. Balastros

O balastro é um dispositivo que tem por objectivos: pré-aquecer os eléctrodos para provocar a emissão de electrões, produzir a tensão de arranque para iniciar a descarga e limitar a corrente de funcionamento a um valor correcto.

O primeiro balastro para lâmpadas fluorescentes teve origem nos anos 30. Era um balastro electromagnético constituído por um núcleo magnético e de chapas laminadas, envolvido por enrolamentos de cobre. Com o evoluir da tecnologia, diferentes materiais e dispositivos foram empregues, com o intuito de reduzir as perdas e melhorar o rendimento. Contudo, o constante evoluir das tecnologias e contínuos estudos na área de sistemas de iluminação, permitem concluir que a operação de lâmpadas a altas frequências melhorava substancialmente a sua eficiência luminosa. Assim, após a invenção do inversor, surge um novo conceito de balastro, o balastro electrónico [14].

Os balastros agrupam-se em diferentes classes, de acordo com a sua eficiência energética (ver figura 2.13).

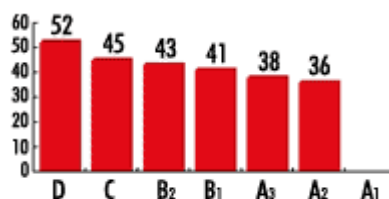


Figura 2.13 - Potência máxima para um conjunto de lâmpada de 36W+balastro [14].

Assim quanto à sua classificação temos as seguintes classes:

D, C - Balastros convencionais

B2,B1- Balastros de perdas reduzidas

A3 - Balastros electrónicos de perdas elevadas

A2 - Balastros electrónicos de perdas reduzidas

A1 - Balastros electrónicos com regulação de fluxo²

Os balastros electrónicos melhoram o rendimento das lâmpadas convertendo a frequência da rede (50Hz) em alta frequência, geralmente em 25kHz a 40kHz. O funcionamento a altas frequências também proporciona outras vantagens no uso de balastros electrónicos.

As principais vantagens decorrentes do uso de balastros electrónicos são as seguintes [15]:

- Aumento do rendimento luminoso;
- Eliminação do flicker: numa lâmpada funcionando a 50 Hz a luz extingue-se duas vezes por ciclo na passagem da corrente por zero. Isto produz o flicker, o qual provoca cansaço visual, assim como o efeito estroboscópico, com efeitos potencialmente perigosos no caso de existirem máquinas rotativas. Com o funcionamento da lâmpada a alta frequência a emissão de luz é contínua, anulando-se aquele efeito;
- Eliminação do ruído audível: como os balastros electrónicos funcionam acima da gama audível de frequências, o problema do ruído é eliminado. O familiar ruído dos balastros convencionais é provocado pelas vibrações mecânicas das chapas laminadas do seu núcleo e, possivelmente, também pela bobine, vibrações estas

² Não é apresentado qualquer valor no gráfico, uma vez que se trata de um balastro com regulação e fluxo.

que se propagam à armadura e à superfície na qual está fixada, ampliando ainda mais o ruído;

- Menor potência absorvida: um balastro electrónico consome menos potência e, portanto, dissipa menos calor do que um balastro magnético convencional. Esta redução de potência é possível porque: a alta frequência, a lâmpada pode funcionar a uma potência mais baixa, com a mesma emissão de fluxo; as perdas num balastro electrónico são muito menores do que as perdas num balastro magnético. Podem conseguir-se reduções de custo da energia de 20 a 25%;
- Aumento da duração de vida da lâmpada: um balastro electrónico efectua um pré aquecimento dos eléctrodos, antes de aplicar um impulso controlado de tensão, diminuindo o desgaste do material emissor de electrões dos eléctrodos. Isto aumenta a duração de vida da lâmpada;
- Controlo versátil do fluxo luminoso: existem balastros electrónicos que permitem a regulação do fluxo luminoso. Isto permite uma poupança considerável de energia nas situações em que a iluminação está ligada a um sistema de controlo automático;
- Diminuição de peso e de tamanho;
- Não necessitam de equipamento para compensação do factor de potência.

2.2.5. Controlo e comando da iluminação

A crescente consciência relativamente aos problemas de racionalização do uso de energia tem contribuído para uma melhoria dos hábitos dos utilizadores. Em estabelecimentos de ensino, seccionamento diversificado e automatização de dispositivos de comando, possibilitam uma grande redução dos consumos de energia eléctrica. A iluminação deve ser utilizada em níveis suficientes para as actividades que são desenvolvidas nos espaços em questão e apenas quando é necessária.

Um simples e eficaz dispositivo é o, “sensor de presença”, em locais onde o tempo de utilização é reduzido e a frequência é aleatória; a sua função é evitar que um ambiente esteja com iluminação sem estar ocupado. No entanto, como todos os equipamentos, os sensores de presença só funcionam eficientemente se forem bem dimensionados, isto é, se forem posicionados de modo a actuarem sempre que necessário e, essencialmente, se as lâmpadas sobre as quais irão actuar forem incandescentes ou de halogéneo. Tratando-se de lâmpadas fluorescentes tubulares ou compactas, embora se economize no consumo, aumentam os custos com as lâmpadas, uma vez que a vida útil deste tipo de lâmpadas diminui quando se acendem e apagam com frequência. É necessário um estudo criterioso do

ambiente onde o controlo por sensores de presença seja favorável, com vista ao cálculo do rácio custo-benefício da aplicação desta tecnologia.

Os sensores de presença são dispositivos de comutação que respondem à presença e ausência de pessoas no campo de vista do sensor. São constituídos por um processador de controlo e por um relé comutador que responde ao movimento, abrindo ou fechando a alimentação [16].

Existem vários tipos de sensores, adaptando-se a variados ambientes e utilizações; os mais usuais são os sensores sensíveis à radiação infravermelha e os sensores sensíveis ao ultrassom. Os sensores de infravermelhos passivos (PIR) reagem à radiação infravermelha emitida pelas pessoas, são desenhados para funcionamento em linha de vista, isto é, não “vêem” à volta de cantos nem sobre obstruções [16].

Em relação ao potencial económico do uso de sensores de presença é de salientar que a performance deste tipo de comando é influenciada pela frequência de utilização do espaço controlado; em corredores onde haja elevada movimentação, o re-accionamento das lâmpadas, no geral fluorescentes, poderá ser elevado, ao ponto de se tornar economicamente inviável, pois haverá grande redução do tempo de vida útil das lâmpadas.

A estratégia de organizar o funcionamento por horários fixos ao longo do dia, onde o tempo de ocupação seja previsível e limitado, através de temporizadores, interruptores horários, relés temporizados, interruptores multi-critério (programáveis para diversos esquemas luminárias em uso), implica uma redução dos consumos de energia aliada ao seu uso eficiente e racional.

O interruptor horário pode ser programado para desligar a iluminação artificial nas horas em que se sabe que a iluminação natural é suficiente.

O interruptor crepuscular permite comandar os circuitos de iluminação a partir de um dado nível de iluminância medido com uma célula fotoelétrica. Tem uma função semelhante à do interruptor horário mas não precisa de ser programado pois detecta a presença de luz natural e liga ou desliga conforme a presença ou ausência desta. Devem ser usados em conjunto com interruptores horários nas situações em que o horário de trabalho não coincida com as horas em que a iluminação natural é suficiente.

Outra forma de controlo é a regulação de fluxo (*dimming*), reduzindo a potência do sistema de iluminação de acordo com as necessidades do momento, geralmente através do uso de reguladores de fluxo (*dimmers*) e sensores de luz natural, que permitem uma regulação manual ou automática da iluminância do local; o uso combinado destas duas tecnologias deve ser considerado quando a iluminação natural for razoável. O uso destas tecnologias tira partido da iluminação natural que entra num ambiente, através de janelas e de estruturas translúcidas. Um estudo realizado pela LRC comprova que se pode atingir 30% de economia de electricidade, com o uso de reguladores de fluxo (*dimmers* e sensores de luz natural) em comparação com o uso de interruptores liga/desliga convencionais [11].

A figura 2.14 mostra valores típicos do potencial de redução do consumo de energia eléctrica com o uso de reguladores de fluxo.



Figura 2.14 - Poupança de energia conseguida com a conjugação luz natural/artificial [14].

Para a promoção do uso eficiente dos sistemas de iluminação, é também usado o controlo chamado de, “scheduling control”. Este sistema de controlo permite desligar, integral ou parcialmente, um sistema de iluminação, durante períodos de pouca actividade, como por exemplo, durante o almoço, seguindo um horário distinto para cada dia da semana. Um sistema de controlo sofisticado alia todas as tecnologias de comando para uma melhor gestão da iluminação do local. A monitorização da presença de pessoas pode ser realizada através de sensores de presença ou interruptores manuais. A título de exemplo, se o período de funcionamento de uma escola termina às 18h00, o sistema de controlo pode ser programado para avisar os utilizadores que as luzes serão apagadas dentro de um tempo específico, ou o desligamento ser gradual mantendo uma iluminância mínima de circulação. Caso se deseje manter mais tempo a iluminação do sistema deverá ser accionada manualmente [11].

A figura 2.15 mostra um exemplo de um sistema de controlo “scheduling control”.

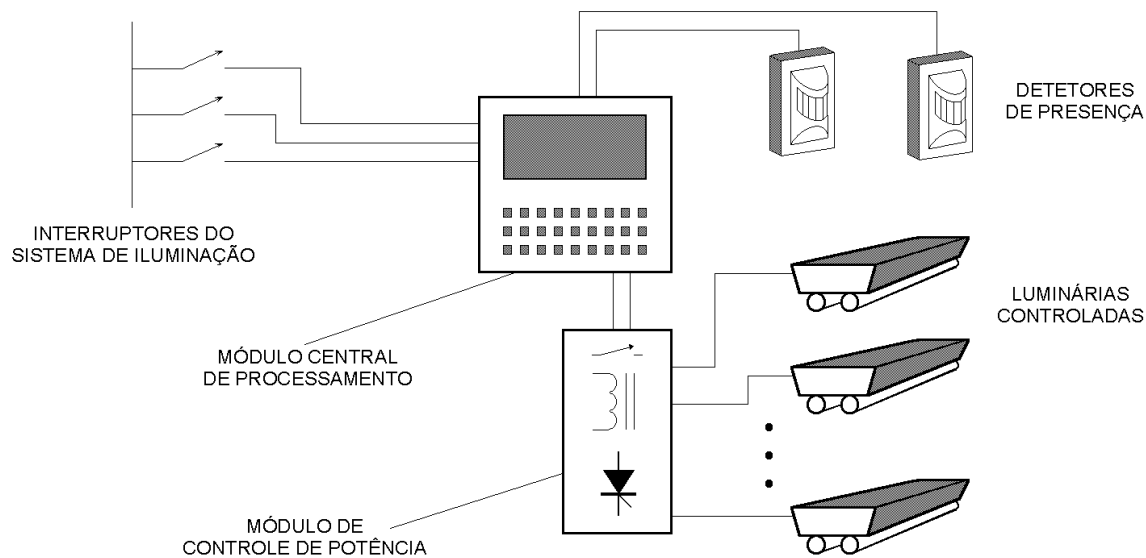


Figura 2.15 - Sistema de controlo “scheduling control”

A tabela 2.3 mostra os comandos recomendados para várias situações.

Pergunta sobre o local:	Se SIM, considere:
O local é imprevisível? (até 30% do tempo ocupado, arrumos, casas de banho, etc.)	Sensores de presença Temporizadores
A utilização é previsível mas não permanente?	Interruptores horários
Iluminação exterior para iluminação fachadas, estacionamento, zonas de circulação?	Interruptores crepusculares Interruptores horários
Iluminação natural através de janelas e/ou tectos translúcidos?	Sensores de luz natural Sensores crepusculares Interruptores multi-critério
Iluminância necessária varia ao longo do dia/noite?	<i>Dimmers</i> manuais Interruptores multi-critério

Tabela 2.3 - Comando recomendado para situações padrão [18].

O recurso a tecnologias de comando mais eficiente pode economizar até 50% dos custos com a iluminação em certos locais. A tabela 4 mostra os valores típicos de redução do consumo alcançáveis com a aplicação deste tipo de tecnologia.

Local	Comando	Máxima economia de energia elétrica
Espaços comuns	Sensor de presença	45%
	<i>Dimmer</i>	30%
Salas de aula	Interruptores multi-critérios e <i>dimmers</i>	25%
	Células fotoelétricas	40%
	Detector de presença	15%
Casas de banho	Detector de presença	30 a 75%
Corredor	Interruptores multi-critério	15%
	Detector de presença	20%

Tabela 2.4 - Valores típicos da aplicação da metodologia “scheduling control” (adaptado) [18].

Capítulo 3

Iluminação Natural: Conceitos Gerais

O principal objectivo da iluminação é o de criar um ambiente visual que permita aos ocupantes verem, deslocarem-se em segurança e desempenharem as diferentes tarefas visuais eficazmente e com precisão, sem causar fadiga e desconforto visuais indevidos. Adicionalmente, os sistemas de iluminação (natural e artificial) deverão ainda ser energeticamente eficientes, minimizando eventuais impactes energéticos negativos.

Proporcionar uma boa iluminação requer que se consagre igual atenção aos aspectos quantitativos e aos aspectos qualitativos da iluminação. A existência de níveis de iluminância suficientes para a realização das tarefas visuais (principal exigência quantitativa) constitui, naturalmente, uma condição necessária. Mas, em muitas situações, a visibilidade das tarefas visuais depende ainda de outros factores como sejam: o modo como a luz é disponibilizada, as características de cor das fontes de iluminação e das superfícies e os níveis de encadeamento presentes (aspectos qualitativos).

Numa perspectiva de conforto e eficiência energética, é desejável que a iluminação dos espaços interiores seja efectuada, preferencialmente, com recurso à luz natural devendo esta ser suplementada por sistemas de iluminação eléctrica eficazes e flexíveis, quando as necessidades de iluminação não possam ser satisfeitas apenas à custa da luz natural. Deste modo, o aproveitamento da iluminação natural nos edifícios, e em particular naqueles com ocupação predominantemente diurna (salas de aula), pode contribuir de modo significativo para a eficiência energética, o conforto visual e o bem-estar dos seus ocupantes. Neste sentido, as estratégias de aproveitamento de luz natural deverão ter em consideração os potenciais ganhos e perdas térmicas (eventuais sobreaquecimentos nos períodos quentes e arrefecimentos nos períodos frios e os ganhos de calor devidos à utilização da iluminação artificial), a diminuição dos consumos energéticos ao substituir a iluminação artificial e ao diminuir ou eliminar o recurso à climatização mecânica) e, ainda, os benefícios mais

subjectivos para os ocupantes decorrentes da utilização da luz natural em vez da luz artificial e do usufruto da visão para o exterior [25].

3.1 - Modelo do Céu

A CIE recomenda a utilização de três modelos de referência para a distribuição de luminâncias do céu para melhor compreensão nos estudos de iluminação natural. Os três tipos ou modelos de céu considerados são o Céu Encoberto Padrão da CIE, o Céu Limpo Padrão da CIE e o Céu Intermédio [17]. Para os cálculos de disponibilidade de luz natural a CIE recomenda o uso de Céu Encoberto representado na figura 3.1.

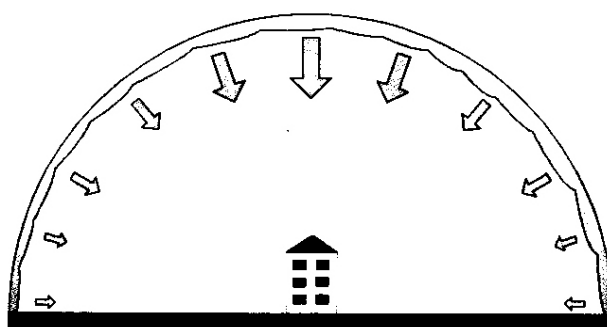


Figura 3.1 - Modelo Céu Encoberto da CIE [26].

Este modelo corresponde a um céu com nuvens claras, escondendo o sol. Neste caso, a simetria à volta da direcção zenital indica que a orientação de clarabóias verticais não tem efeito no nível de iluminância interior [26].

3.2 - Factor de Luz de Dia

Em iluminação natural a noção de iluminância é por vezes substituída pela noção de factor de luz do dia, designada FLD.

O factor de luz do dia é o quociente entre a iluminância natural interior recebida num ponto do plano de referência (plano de trabalho) e a iluminância exterior simultânea sobre uma superfície horizontal num ponto sem obstruções. Estes valores de iluminância são valores

recebidos do mesmo céu, cuja repartição de iluminância se supõe ser conhecida, excluindo-se a luz directa proveniente do sol [26].

Exprime-se por:

$$FLD = \frac{E_{interior}}{E_{exterior}} (\%) \quad (3.1)$$

onde FLD é o factor de luz do dia em percentagem (%), $E_{interior}$ é a iluminância interior num ponto de um plano (lux) e $E_{exterior}$ é a iluminância exterior num ponto de um plano (lux);

É uma expressão que nos dá o valor do factor da luz de dia para um determinado ponto o que se torna pouco interessante quando se pretende avaliar uma determinada área quanto à disponibilidade de luz natural. Surge assim a necessidade de utilizar ferramentas simples que permitam uma avaliação aproximada da iluminação natural, como é o caso do “método do factor de luz do dia médio”. Este método pretende traduzir o valor médio do factor de luz do dia ao longo do plano de trabalho e, conseqüentemente, pode funcionar como um indicador da quantidade de iluminação natural total num determinado ambiente [25]. O “factor de luz do dia médio” pode ser obtido pela expressão: $FLDM = \frac{S_j \times \tau \times \alpha}{S_t \times (1 - \rho^2)}$, em que FLMD é o factor de luz do dia médio (%), S_j é a área da superfície envidraçada (m^2), τ é o factor de transmissão luminoso do envidraçado, α é o ângulo de céu visível do envidraçado, que pode ser considerado igual a 60° se um edifício em frente causar alguma obstrução ($^\circ$), S_t é a área total de todas as superfícies no local, considerando a área envidraçada (m^2) e ρ é o factor de reflexão médio de todas as superfícies do local.

A tabela 3.1 refere os coeficientes de transmissão luminosa dos diferentes tipos de envidraçado.

Tipo de Envidraçado		Transmissão Luminosa (%)
Simplex	Claro	90
Duplo	Claro	81
	Claro + Baixa emissividade	78
	Claro + Absorvente	36 a 65
	Claro + Reflector	7 a 66
Tripló	Claro	74

Tabela 3.1 - Coeficientes de transmissão luminosa de diferentes tipos de Envidraçado [26].

3.3 - Disponibilidade de luz natural

Para a noção da disponibilidade de luz natural num ambiente, além do conhecimento do FLDM, é necessário conhecer outros factores tais como: a latitude do local e o horário de funcionamento da sala.

A base para o cálculo aproximado da disponibilidade de luz natural é um diagrama lançado pela CIE que indica a iluminação externa média, medida num plano horizontal, na ausência de qualquer obstrução, não tendo em atenção a luz solar directa, ou seja, considerando o Céu Encoberto Padrão da CIE, em função da latitude. Este diagrama tem uma vertente prática importante, pois indica o valor médio (obtido em função dos horários de trabalho diário, assim como para uma determinada latitude), da percentagem de horas durante as quais a iluminação natural no exterior é superior a um determinado valor [25]. A título de exemplo, a figura 3.2 mostra um desses diagramas onde se pode ler a percentagem de horas, para um horário das 7h00 às 17h00, em que um dado nível de iluminância externa é ultrapassado.

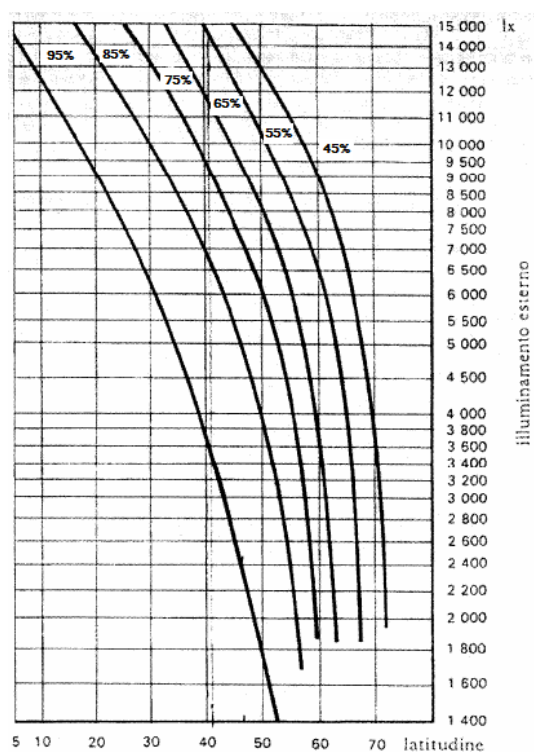


Figura 3.2 - Disponibilidade de luz exterior em função da latitude das 7 às 17 horas

Assim, por exemplo, para um ambiente dum estabelecimento de ensino situado a uma latitude de 41° N (cidade do Porto), em que se pretende um nível de iluminância interna de 350 lux, supondo que o factor de luz do dia calculado para o local é de 6%, necessitamos de

ter no exterior uma iluminância natural de pelo menos $350/0.06 = 5833$ lux. Consultando o diagrama verificamos que para essa latitude e para o horário pretendido temos uma média cerca de 86% das horas de trabalho durante o ano para as quais é suficiente a luz natural.

Este diagrama, é relativamente pessimista, visto considerar um céu encoberto e não é muito preciso, mas actualmente é a forma mais expedita de efectuar rapidamente um cálculo de aproveitamento de luz natural [25].

No anexo I pode ser consultado o diagrama para outros horários de funcionamento, da disponibilidade de luz natural.

3.4 - Aproveitamento da luz natural

Embora o aproveitamento da luz natural exterior num edifício dependa fortemente de factores arquitectónicos, cabe ao projectista da instalação de iluminação decidir como aproveitar a iluminação que chega ao interior deste, e fazer a combinação desta com a iluminação artificial. Este aproveitamento depende essencialmente do sistema de comando escolhido e da maneira como se dividem os circuitos de iluminação [17].

3.4.1. Divisão de circuitos

Dividir a iluminação artificial em vários sectores comandados separadamente, permite que as diferentes partes de um edifício possam ser ligadas selectivamente em função da iluminação natural, estabelecendo zonas com a mesma actividade ou período de ocupação, de acordo com a escolha efectuada.

Em locais com iluminação natural através de uma abertura lateral, a distribuição da luz natural é pouco uniforme. Deve-se então pensar numa subdivisão do espaço em circuitos de iluminação comandados separadamente, em função das suas posições em relação à iluminação natural, sendo preferível, neste caso, colocar as luminárias paralelamente à fachada do edifício [17].

Na figura 3.3 mostra-se um exemplo em que há de dois circuitos de iluminação artificial; onde o da esquerda permite o aproveitamento da luz natural, enquanto o da direita não usufrui da iluminação natural disponível.

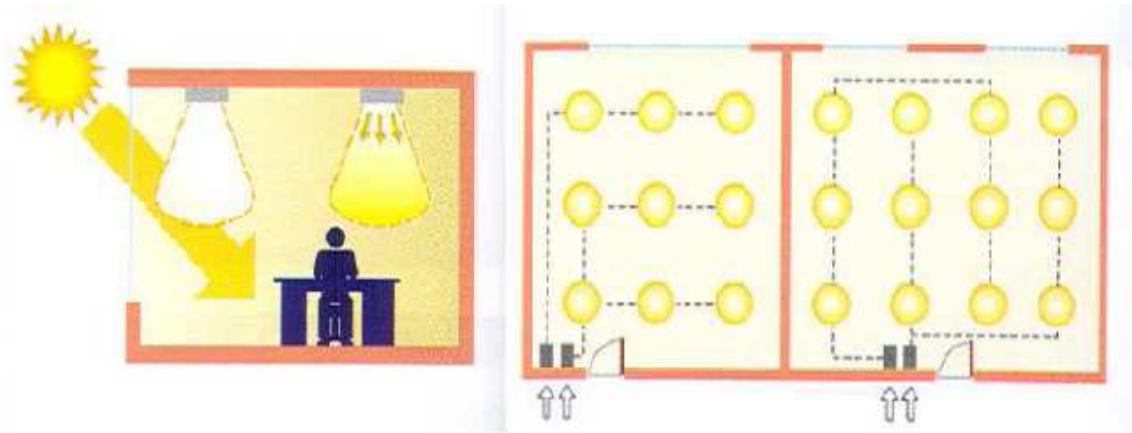


Figura 3.3 - Divisão de circuitos para aproveitamento de luz natural [25].

3.4.2. Comando

O aproveitamento de luz natural através da divisão de circuitos só é praticável, para sistemas de comando manuais, se houver consciência e colaboração das pessoas. Em certos ambientes torna-se mais vantajoso o uso de sistema de comando automático.

Capítulo 4

Caracterização Energética de uma Instalação Eléctrica: Aspectos Gerais

4.1 - Diagnóstico energético

Nesta secção são expostos os métodos e procedimentos para a obtenção de dados e consumos de energia eléctrica de um estabelecimento de ensino, algo que é, absolutamente, essencial quando se pretende levar a cabo a reabilitação da instalação eléctrica de um estabelecimento daquele tipo, ou de outro tipo.

4.1.1. Levantamento de dados

O levantamento de dados é uma fase fundamental na caracterização da instalação eléctrica de um estabelecimento. São obtidos todos os dados necessários à intensa aplicação das metodologias de reabilitação e de redução dos consumos de energia eléctrica da instalação. Vejamos alguns dos elementos a obter.

4.1.1.1. Facturas de Energia

As facturas de energia fornecem informações importantes sobre o perfil de consumo de energia das instalações analisadas. São também uma fonte confiável e de fácil acesso para o diagnóstico energético.

As facturas de energia eléctrica fornecem várias informações sobre sistema tarifário em vigor assim como sobre os consumos globais da instalação (mensais). As principais informações normalmente presentes numa factura de energia eléctrica são:

- Potência requisitada (kW)
- Potência contratada (kW)
- Modalidade tarifária
- Consumo energia activa (kWh)
- Consumo energia reactiva (kVarh)
- Potência horas de ponta (kW)
- Factor de potência
- Custo (€)

Como, as instalações são alimentadas em BTE, é também possível obter informações ao nível do consumo em horas de ponta, cheias e/ou vazio. Aspecto importante é o facto de a factura ser calculada para períodos de 30 dias, não sendo possível avaliar o consumo semanal ou diário do estabelecimento. No entanto, a análise do histórico de facturas (período de um ou dois anos) permite analisar o padrão de consumo e níveis de potência requisitadas pelo estabelecimento ao longo do tempo.

A figura 4.1 mostra, a título de exemplo, uma factura de energia eléctrica para um estabelecimento de ensino, com tarifa BTE - Longas Utilizações de ciclo diário.

NOME DA INSTALAÇÃO	N.º EQ	POT. REQUISITADA	POT. INSTALADA	POT. CONTRATADA	DATA	N.º CONTRATO	TARIFA DO CONTRATO	CICLO
	1	84 kVA	0,0 kVA	94,00 kW	02-2008	9001438793	BTE-Longas Utilizações	
ELEMENTOS DE FACTURAÇÃO		PERÍODO A FACTURAR		QUANTIDADES	PREÇO UNIT.	FACTOR	VALORIZAÇÃO	
		Data Inicio	Data Fim	(kWh/kVarh/kW)	(Euros)	(X)	(Euros)	
En Activa vazio		2008-04-17	2008-05-19	2.664,00	0,0501	1,000	133,47	
En Activa ponta		2008-04-17	2008-05-19	3.410,00	0,1186	1,000	405,11	
En Activa cheias		2008-04-17	2008-05-19	9.078,00	0,0819	1,000	743,49	
Potência horas de ponta				25,83	14,2370	1,000	367,74	
Potência contratada				94,00	1,0780	1,000	101,33	
En Reactiva cons fora vazio		2008-04-17	2008-05-19	1.105,00	0,0197	1,000	21,77	
Termo tarifário fixo				1,00	26,7200	1,000	26,72	
Base tributável	IVA (%)	Valor IVA (€)		kWh	15.152,00	SUBTOTAL	1.799,63	
1.799,63	5,00	89,98						

Figura 4.1 - Factura de energia eléctrica de um estabelecimento com tarifa BTE.

Como referido, encontram-se discriminados os valores de energia activa nos vários períodos (vazio, cheias e ponta), de energia reactiva consumida fora do vazio, potência

máxima requisitada nas horas de ponta e de potências contratadas e requisitada pela instalação. Em algumas facturas também é possível obter o factor de potência global da instalação para um determinado mês.

Na perspectiva de estimar a opção tarifária mais económica num dado estabelecimento de ensino, deve usar-se uma folha de cálculo do Microsoft Excel para a simulação tarifária, que relacionando os consumos energéticos específicos obtidos na análise do histórico das facturas, avalia os custos associados a cada opção tarifária existente, obtendo a opção tarifária mais favorável de cada escola.

4.1.1.2. Medição directa

O procedimento de medição directa consiste na monitorização do quadro geral de entrada da instalação sob análise, com o objectivo de determinar minuciosamente as características de consumo diárias que não estão disponíveis nas contas de energia eléctrica.

A medição directa pode ser realizada por um analisador de energia, capaz de medir continuamente as grandezas eléctricas de interesse, fornecendo registos a cada intervalo de tempo específico, programável pelo técnico responsável. É possível o registo das seguintes grandezas:

- Tempo (hh:mm:ss);
- Tensões de fase (V_R , V_S , V_T);
- Correntes de fase (I_R , I_S , I_T);
- Potências activas (P_R , P_S , P_T);
- Potências reactivas (Q_R , Q_S , Q_T).

Todos os registos são guardados na memória interna do analisador, possibilitando a análise posterior em computador. Desta forma pode-se determinar:

- Factor de potência por fase;
- Consumo energia activa por fase;
- Potência máxima e média consumida;
- Factor de carga trifásico.

A maior potencialidade da medição directa é a determinação do perfil de consumo de uma instalação, em intervalos e períodos de tempo programados. Para se obter curvas de carga representativas, os intervalos de tempo terão de ser pequenos para detectar variações no ciclo de trabalho de cada sistema consumidor. A análise minuciosa dos perfis de consumo permite identificar picos de potência, horários de maior e menos consumo, comportamento do factor de potência, entre outros.

4.2 - Indicadores de consumo

4.2.1. Consumo global

O consumo global de energia eléctrica é um parâmetro necessário para realização de qualquer diagnóstico energético, sendo normalmente obtido através das facturas de energia da EDP, por medição directa ou até estimado a partir de dados adquiridos por inspecção de ambientes.

Os valores adquiridos nas facturas de energia permitem avaliar vários factores importantes no diagnóstico energético, como é o caso de sazonalidade no perfil de consumo, excesso de energia reactiva (baixo factor de potência), desagregação da utilização ao longo do dia (utilização de ponta, cheias e vazio). Para uma análise mais específica, deve-se corrigir as facturas energéticas para um período de tempo padrão, a 30 dias dado que as facturas são mensais.

A análise das facturas de um conjunto de anos permite estimar tendências de consumo ao longo de um ano, o que fornece informação importante no planeamento futuro da instalação, no que respeita ao crescimento do sistema eléctrico e a renovação de contrato com a concessionária EDP. Permite, também, avaliar a evolução das medidas de reabilitação energética implementadas.

4.2.2. Consumo detalhado

Existem diversas formas de pormenorizar o consumo global em consumos específicos. A medição directa dos circuitos de alimentação de cada sistema consumidor fornece os resultados mais precisos. Infelizmente é um processo muito demorado e a maior parte dos sistemas não contém circuitos de alimentação independentes para os vários usos, o que torna, além de longo, muito difícil de executar. Uma forma mais simples, e igualmente eficaz, é a proporcionalidade do consumo específico em relação ao consumo global da instalação.

4.2.3. Factor de carga

O factor de carga é um elemento da avaliação do potencial de redução dos custos do consumo de energia eléctrica. É um indicador genérico que, de uma forma global, avalia como a energia eléctrica está a ser utilizada. Quanto mais próximo de 1 for o seu valor, maior a regularidade no uso da energia eléctrica; quanto mais baixo o factor de carga maior é a possibilidade de reduzir os custos, por exemplo actuando na modalidade tarifária que, mais depende das características do consumo da instalação.

Este factor é obtido através de medições ou da análise de facturas de energia, e mostra como a energia eléctrica é utilizada numa instalação, podendo ser calculado, para um determinado intervalo de tempo, pela expressão seguinte: $F.C. = \frac{P_{méd}}{P_{máx}}$, onde $P_{méd}$ é a potência média consumida no intervalo de tempo e $P_{máx}$ é a potência máxima consumida no intervalo de tempo.

4.2.4. Tempo de utilização

O tempo de utilização de um equipamento ou sistema eléctrico é fundamental na perspectiva de racionalização da energia eléctrica consumida. É através deste indicador que se torna possível a avaliação do potencial de conservação de energia de um espaço. Com informação precisa consegue-se um diagrama de carga específico para cada ambiente onde se debruçam muitas das metodologias de eficiência energética.

4.2.5. Índice de eficiência energética

O índice de eficiência energética em iluminação ($W/m^2 \cdot 100lux$) é o indicador mais influente na avaliação da eficiência energética de uma instalação, considera a tecnologia utilizada no sistema de iluminação em estudo e não o tempo de utilização do mesmo. A análise deste indicador, permite identificar a tecnologia mais eficiente do sistema de iluminação, de um determinado ambiente, por comparação com valores característicos de outras tecnologias de iluminação. Outra informação extraída deste indicador é, identificar se o sistema de iluminação está sobredimensionado em relação à iluminância recomendada pela norma.

Visto a iluminação representar uma percentagem significativa do consumo global de energia eléctrica de uma instalação, é indispensável, ter em atenção a potência por unidade

de área, por cada 100 lux relativa à instalação de iluminação. O índice de eficiência energética em iluminação, recomendado para estabelecimentos de ensino, está estabelecido em 4 W/m².100lux.

4.3 - Energia Reactiva

Parte da potência reactiva, necessária ao funcionamento da instalação, pode não ser fornecida pelo distribuidor, mas sim por equipamentos, como é o caso de condensadores, instalados junto à carga de forma individual, por grupos ou em conjunto (compensação centralizada).

Os condensadores podem ser instalados em qualquer ponto da rede eléctrica. No entanto, como a carga num estabelecimento de ensino é estável e continua, devido a existirem muitos receptores de baixa potência que, normalmente, não funcionam todos ao mesmo tempo, é vantajoso o uso da compensação em conjunto ou global.

Este tipo de compensação caracteriza-se por uma bateria de condensadores ligada ao barramento de entrada do Quadro Geral da instalação, que assegura a compensação global da instalação, como mostra a figura 4.2.



Figura 4.2 - Bateria de condensadores para correcção factor potência.

As principais vantagens deste tipo de compensação são: boa adaptação dos escalões de compensação à potência reactiva necessária (compensação automática), conseguindo-se assim manter o factor de potência acima do mínimo exigível; a bateria estará em funcionamento de forma permanente durante o funcionamento normal da instalação, possibilitando tempos de amortização do investimento reduzidos.

O cálculo da potência da bateria de condensadores a instalar é muito simples, conhecendo o factor de potência da instalação (obtido pela média dos valores indicados nas facturas de energia), a potência máxima requerida pela instalação e, da definição do factor

de potência pretendido. Como já referido, o consumo de energia reactiva não deverá ultrapassar os 40% da energia activa consumida, assim, para o não pagamento da energia reactiva, é necessário um mínimo factor de potência de 0.93. A expressão, de cálculo da compensação do factor de potência, é a seguinte:

$$Q_{bc} = P_r (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \quad (kVar) \quad (4.1)$$

em que Q_{bc} é a potência nominal da bateria de condensadores, P_r é a potência máxima requerida pela instalação, φ_1 é o ângulo de defasamento para a situação actual da instalação e φ_2 é o ângulo de defasamento para a situação pretendida na instalação.

Os condensadores têm a propriedade de “absorver” uma intensidade que está em antecipação de 90° relativamente à tensão, comportando-se como um verdadeiro gerador de energia reactiva a qual se encontra em oposição à do fornecedor de energia eléctrica. Esta potência “fornecida” pelo condensador deixa de ser fornecida pela rede, pelo que diminui a intensidade da corrente de entrada, melhora o $\cos \varphi$ e anula a penalização na factura, do excesso de energia reactiva consumida.

Capítulo 5

Caracterização Parcial das Instalações Eléctricas do Parque Escolar da Cidade do Porto (Escolas EB 2,3)

5.1 - Considerações iniciais

A caracterização parcial das instalações eléctricas do Parque Escolar da Cidade do Porto foi realizada, com vista a modelizar soluções padrão aplicáveis aos vários modelos de escolas EB 2,3 existentes na cidade. Foram caracterizados oito estabelecimentos de ensino que se englobam em três grandes modelos arquitectónicos: M1 - Monobloco; M2 - Compacto; M3 - Brandão. Embora os estabelecimentos de ensino não sejam exactamente iguais, as várias células constituintes de cada modelo são de estrutura e dimensões iguais, tornando viável a aproximação considerada.

Integram-se no modelo M1, os seguintes estabelecimentos: Escola EB 2,3 Irene Lisboa (E.1.1); Escola EB 2,3 da Areosa (E.1.2); Escola EB 2,3 Nicolau Nasoni (E.1.3). Integram-se no modelo M2, os seguintes estabelecimentos: Escola EB 2,3 Leonardo Coimbra (E.2.1); Escola EB 2,3 de Paranhos (E.2.2); Escola EB 2,3 Pêro Vaz de Caminha. Integram-se no modelo M3, os seguintes estabelecimentos: Escola EB 2,3 Manoel de Oliveira (E.3.1); Escola EB 2,3 do Viso (E.3.2).

De futuro, para simplificar, a referência às escolas será feita apenas recorrendo às siglas, que acabaram de ser definidas (E.1.1; E.1.2; E.1.3; E.2.1; E.2.2; E.2.3; E.3.1; E.3.2).

5.2 - Aspectos construtivos

5.2.1. Salas de aula

As salas de aula dos estabelecimentos do modelo M1, caracterizam-se pela existência de um vão envidraçado, com janelas de $2,5 \text{ m}^2$. As paredes são, geralmente, de cor beges, com imensos obstáculos, que implica um baixo grau de reflexão da parede (30%). Os tectos são compostos de cortiça de cor escura (grau de reflexão de 40%), embora se encontra-se, em algumas das salas, o tecto pintado de branco, elevando o índice de reflexão e o rendimento das luminárias. O pavimento é sintético, de cor cinzento-escuro (grau de reflexão de 10%). Encontraram-se dois modelos de salas de aula com dimensões de $45,5 \text{ m}^2$ e $95,5 \text{ m}^2$.

Definiram-se mais dois modelos de salas que diferem das anteriores, somente, nas dimensões. São elas: “Sala de Apoio ao Ensino” e “Sala Administrativa”, com 18 m^2 e $12,5 \text{ m}^2$, respectivamente.

As salas de aula das escolas do modelo M2, caracterizam-se pela presença de dois vãos envidraçados, com janelas, de sensivelmente 3 m^2 . A superfície das paredes é de cor bege muito clara (grau de reflexão 40%), com tecto de cor amarelada (grau de reflexão 50%), com excepção das salas da escola E.2.2, que se caracterizam por tectos de cortiça de cor clara ou, tecto pintado de branco.

Encontraram-se dois modelos de salas de aula com dimensões de $42,25 \text{ m}^2$ e $59,15 \text{ m}^2$.

Definiu-se mais um ambiente-padrão que difere das anteriores, somente, nas dimensões; “Sala de Apoio ao Ensino”, com 8 m^2 .

As salas de aula dos estabelecimentos do modelo M3, caracterizam-se pela existência de um vão envidraçado, com janelas de $2,5 \text{ m}^2$. As paredes são, geralmente, de cor beges, com imensos obstáculos, que implicam um baixo grau de reflexão da parede (30%). Os tectos são compostos de cortiça de cor escura (grau de reflexão de 40%), embora se encontra-se, em algumas das salas, o tecto pintado de branco, elevando o índice de reflexão e o rendimento das luminárias. O pavimento é sintético ou em “Lanparquet”, respectivamente, de cor cinzento-escuro (grau de reflexão de 10%) e, castanho-escuro (grau de reflexão de 10%). Encontraram-se três modelos de salas de aula com dimensões de 49 m^2 , $73,5 \text{ m}^2$ e $83,75 \text{ m}^2$.

Caracterizou-se mais um modelo de sala que difere das anteriores, somente, nas dimensões; “Sala de Apoio ao Ensino”, com $19,25 \text{ m}^2$.

5.3 - Iluminação interior

5.3.1. Salas de aula

Para o modelo M1, as salas estão equipadas com luminárias salientes e fixas, com reflectores e alhetas parabólicas, em alumínio de alta pureza (Escola E.1.1), de duas lâmpadas fluorescentes tubulares. Nas escolas E.1.2 e E.1.3, as luminárias estão instaladas do mesmo modo e, sem reflectores e com alhetas de plástico de baixa reflectância.

As luminárias estão distribuídas simetricamente, com disposição horizontal em relação ao alçado envidraçado.

Os circuitos são embutidos nos elementos de construção, com comando por comutador de lustre instalado no interior.



Figura 5.1 - Visão panorâmica de uma das Salas de Aula das escolas do modelo M1 (foto: Escola E.1.1).

Para o modelo M2, as salas estão equipadas com luminárias salientes e fixas, com reflectores e alhetas parabólicas, em alumínio de alta pureza (E.2.1 e E.2.3) ou, sem reflectores e alhetas verticais em plástico de baixa reflexão (E.2.2), de duas lâmpadas fluorescentes tubulares. Foram também encontradas, salas com luminárias semi-directas (figura 5.2).



Figura 5.2 - Exemplos de salas de aula das escolas do modelo M2.

As luminárias estão distribuídas simetricamente, com disposição horizontal em relação ao alçado envidraçado. No entanto, para as escolas E.2.1 e E.2.2, a arquitectura das salas permite a entrada de iluminação natural através de dois alçados opostos, como mostra a figura 5.3.



Figura 5.3 - Exemplo sala com dois alçados envidraçados.

Os circuitos são embutidos nos elementos de construção, com comando por comutador de lustre instalado no interior.

Para o modelo M3, as salas estão equipadas com luminárias salientes e fixas, com reflectores e aletas parabólicas em alumínio de alta pureza (E.3.1) ou, sem reflectores e aletas verticais em plástico de baixa reflexão (E.3.2), equipadas com lâmpadas fluorescentes tubulares.

As luminárias estão distribuídas simetricamente, com disposição horizontal em relação ao alçado envidraçado.

Os circuitos são embutidos nos elementos de construção, com comando por comutador de lustre instalado no interior.



Figura 5.4 - Visão panorâmica de uma sala do modelo M2 (E.3.2).

5.3.2. Corredores

Para o modelo M1, a iluminação dos corredores é feita através de luminárias salientes, fixas e com reflector de plástico (E.1.2 e E.1.3) ou estanque (E.1.1), equipadas com duas lâmpadas fluorescentes tubulares. No entanto, as luminárias somente usam uma lâmpada em tensão; no geral a outra permanece de “reserva”. As escadas de acesso aos pisos superiores estão equipadas de luminárias estanques de uma lâmpada fluorescente tubular.

Os circuitos estão embutidos nos elementos da construção, com comando efectuado modularmente no quadro parcial do sector onde estão inseridos.



Figura 5.5 - Luminárias tipo, dos corredores das escolas do modelo M1.

Nos corredores do modelo M2, a iluminação é feita através de luminárias salientes, estanques, fixas e com reflector de plástico ou de alhetas verticais metálicas, equipadas com lâmpadas fluorescentes tubulares. Os circuitos embutidos nos elementos da construção, com comando efectuado modularmente no quadro parcial do bloco onde estão inseridos, do tipo tudo ou nada, isto é, um interruptor controlam todas as lâmpadas.



Figura 5.6 - Luminárias tipo, dos corredores das escolas do modelo M2.

Nas escolas do modelo M3, a iluminação é feita através de luminárias salientes, fixas e com reflector e aletas metálicas de alumínio de alta pureza, equipadas com duas lâmpadas fluorescentes tubulares.



Figura 5.7 - Luminária tipo, dos corredores das escolas do modelo M3.

5.3.3. Zona Mista

As zonas mistas do modelo M1, são locais com elevada circulação, onde a disponibilidade de iluminação natural é elevada; o hall de convívio interpeçoal é também um espaço bastante iluminado naturalmente, complementado artificialmente por vários tipos de luminárias. Para a iluminação do ambiente são utilizadas luminárias esféricas do tipo aplique, fixadas às paredes do local, com lâmpadas de vapor de mercúrio de alta-pressão. São também utilizadas luminárias estantes salientes, equipadas com lâmpadas fluorescentes, para complementar a iluminação de zonas obstruídas.



Figura 5.8 - Luminárias - tipo, das zonas mistas das escolas do modelo M1.

Em relação à alimentação e comando, os circuitos são, na generalidade, embutidos nos elementos da construção, exceptuando o caso de novas instalações (luminárias para lâmpadas fluorescentes) que apresentam circuitos à vista. O comando de todas as lâmpadas é feito por aparelhagem modular situada num dos quadros parciais, o que evidencia a pouca, ou nenhuma, desagregação do comando dos mesmos (isto é, um a dois interruptores modulares comandam todo o sistema de iluminação deste ambiente).

No modelo M2, foram definidas de zonas mistas, os pisos superiores dos blocos do estabelecimento E.2.3 (dado que os blocos das escolas E.2.1 e E.2.2 têm um único piso, não existe nenhum local que se integre neste ambiente generalizado), como mostra a figura 5.9. Trata-se de espaços bastante iluminados naturalmente, com iluminação artificial por vários tipos de luminárias. Para a iluminação do ambiente são utilizadas luminárias estantes salientes, equipadas com lâmpadas fluorescentes, como complemento à iluminação natural.



Figura 5.9 - Exemplo Zona Mista da escola E.2.3.

Em relação à alimentação e comando, os circuitos são, na generalidade, embutidos nos elementos da construção, o comando de todas as lâmpadas é feito por aparelhagem modular situada num dos quadros parciais, evidenciando a pouca, ou nenhuma, desagregação do comando dos mesmos.

Para o modelo M3, as zonas de circulação do piso 1 das escolas deste modelo integram este ambiente, como mostra a figura 5.10. Trata-se espaços bastante iluminados naturalmente, com iluminação artificial por luminárias de aplicação saliente, equipadas com lâmpadas fluorescentes.



Figura 5.10 - Exemplo de Zona Mista para escolas do modelo M3.

Quanto à alimentação e comando, os circuitos são, na generalidade, embutidos nos elementos da construção. O comando de todas as lâmpadas é feito por aparelhagem modular situada num dos quadros parciais, evidenciando a pouca, ou nenhuma, desagregação do comando dos mesmos.

5.3.4. Cantina

No modelo M1, este ambiente engloba toda a área da cozinha e a área adjacente do refeitório. O refeitório é amplamente iluminado naturalmente, embora à medida que se afasta da janela os níveis de iluminação descem drasticamente. O sistema de iluminação é composto por luminárias de aplicação saliente, com aletas verticais de baixa reflectância, equipadas com duas lâmpadas fluorescentes tubulares (ver figura 5.11.a). Os circuitos de alimentação são embutidos nos elementos construtivos e o seu comando é efectuado por comutadores de lustre dispostos aleatoriamente no local.

Em relação à cozinha, a iluminação natural é média (2 vãos envidraçados), complementada, artificialmente, por luminárias estanques de aplicação saliente equipadas com lâmpadas fluorescentes tubulares (ver figura 5.11.b). Os circuitos estão à vista, presos por abraçadeiras e com protecção física em tubo de PVC até uma altura não inferior a 2 metros.

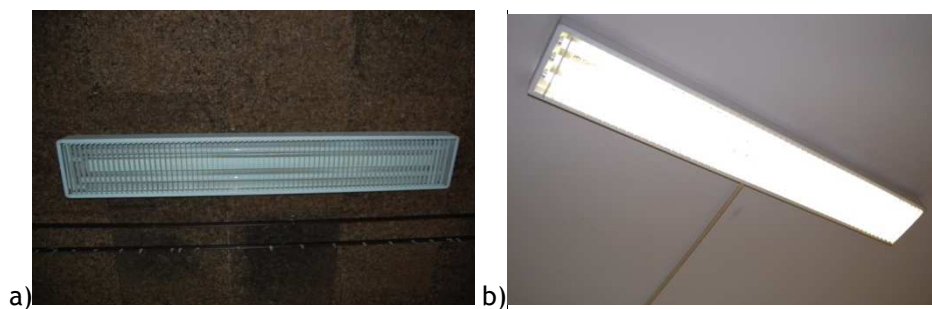


Figura 5.11 - Pormenor das luminárias do refeitório e cozinha das escolas do modelo M1.

No modelo M2, as características do local não variam muito; estão englobadas a área da cozinha e a área adjacente do refeitório. Ambas as áreas contêm elevados níveis iluminação natural, com grande número de janelas o que possibilita a integração de sistemas de controlo para o aproveitamento da luz natural. O sistema de iluminação é composto por luminárias de aplicação saliente, com alhetas verticais de baixa reflectância equipadas com duas lâmpadas fluorescentes tubulares (ver figura 5.12.a). Os circuitos de alimentação são embutidos nos elementos construtivos e o seu comando é efectuado por aparelhagem modular no quadro parcial do local.

Em relação à cozinha, a iluminação natural é média (um vão totalmente envidraçado), complementada, artificialmente, por luminárias estanques de aplicação saliente, equipadas com lâmpadas fluorescentes tubulares (ver figura 5.12.b). Os circuitos estão à vista, fixados

por abraçadeiras e com protecção física em tubo de PVC até uma altura não inferior a 2 metros.

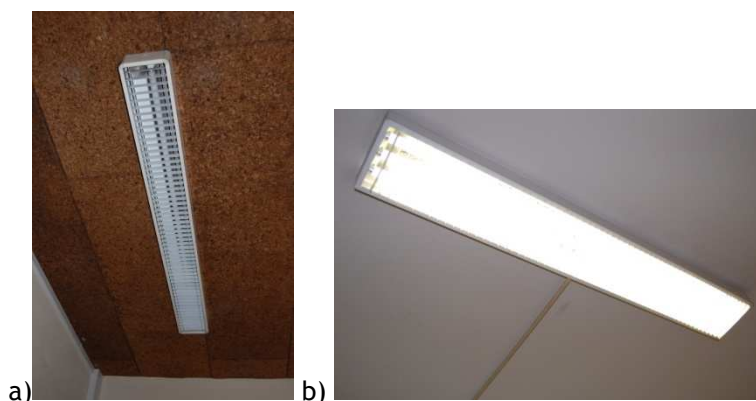


Figura 5.12 - Pormenor das luminárias do refeitório e cozinha das escolas do modelo M2.

As características da cantina das escolas do modelo M3 são semelhantes às das cantinas dos dois modelos anteriores; somente no refeitório se verificam algumas alterações, ao nível arquitectónico, por consequência, também ao nível do sistema de iluminação utilizado. O refeitório é bastante iluminado naturalmente, embora à medida que nos afastamos da janela, os níveis de iluminância desçam drasticamente. O sistema de iluminação é composto por luminárias de aplicação saliente, com reflector de alhetas verticais de alumínio, equipadas com duas lâmpadas fluorescentes tubulares (ver figura 5.13.a). Os circuitos de alimentação são embutidos nos elementos construtivos e o seu comando é efectuado por comutadores de lustre dispostos aleatoriamente no local.

Em relação à cozinha, a iluminação natural é baixa (um vão envidraçado), sendo complementada artificialmente por luminárias estanques de aplicação saliente, equipadas com lâmpadas fluorescentes tubulares (ver figura 5.13.b). Os circuitos estão à vista, presos por abraçadeiras e com protecção física em tubo de PVC até uma altura não inferior a 2 metros.

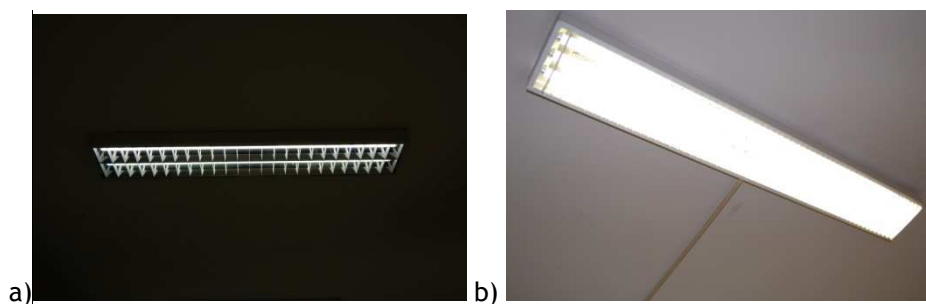


Figura 5.13 - Pormenor das luminárias do refeitório e cozinha das escolas do modelo M3.

5.3.5. Casas de Banho

A casa de banho é um elemento essencial e especial de uma escola, visto que, como é um local húmido, obriga a tomar algumas precauções ao nível do projecto luminotécnico. A composição do sistema de iluminação é idêntica, para todas as casas de banho dos diferentes modelos considerados. O sistema de iluminação deste ambiente é obtido com recurso a luminárias estanques, aplicação saliente e equipadas com uma ou duas lâmpadas fluorescentes tubulares. Os circuitos de alimentação estão, na generalidade, à vista fixados por abraçadeiras ou, são embutidos nos elementos da construção. O comando das luminárias é efectuado a partir do quadro parcial mais próximo, por aparelhagem modular (disjuntor unipolar).



Figura 5.14 - Pormenor da luminária característica das casas de banho.

5.3.6. Pavilhão Gimnodesportivo

Os pavilhões gimnodesportivos são complexos de elevado consumo de energia eléctrica, a iluminação é o elemento que maior consumo energético traz para a instalação. Nas escolas do modelo M1, onde exista pavilhão gimnodesportivo, a caracterização dos sistemas de iluminação instalados é mais complexo, devido aos diferentes ambientes presentes no local. Os elementos fundamentais são o campo de jogos e o ginásio, composto por luminárias metálicas, suspensas do tecto, equipadas com lâmpadas de descarga de vapor de mercúrio de alta pressão e com rede de protecção mecânica (figura 5.15). Os circuitos são à vista, presos à estrutura metálica da cobertura ou através de calha metálica nas paredes da instalação. O comando é efectuado no quadro parcial respectivo, por aparelhagem modular.



Figura 5.15 - Luminária do pavilhão ginnodesportivo das escolas do modelo M1.

O sistema de iluminação dos corredores e casas de banho é composto por luminárias estanques, aplicação saliente e equipadas com lâmpadas fluorescentes tubulares, com circuitos de alimentação à vista, fixados por abraçadeiras e com protecção mecânica de tubo PVC, até uma altura não inferior a 2 metros. O comando é efectuado no quadro parcial respectivo, por aparelhagem modular.



Figura 5.16 - Luminárias do corredor e casa de banho dos pavilhões ginnodesportivos (modelo M1).

Para os restantes ambientes que integram o pavilhão ginnodesportivo do modelo M1, sala de professores, armazém de material desportivo, recepção e outras salas de apoio, eles são equipados com luminárias de aplicação saliente com reflector de alhetas verticais de baixa reflexão (equipadas com lâmpadas fluorescentes tubulares), comandadas localmente por comutadores de lustre para um melhor controlo dos níveis de iluminância. Os circuitos de alimentação estão à vista, dispostos através de calha metálica.

Relativamente aos pavilhões presentes no modelo M2, os sistemas de iluminação instalados são também variados. O elemento fundamental é o campo de jogos, nas escolas E.2.1 e E.2.3, temos luminárias metálicas, suspensas do tecto, equipadas com lâmpadas de descarga de vapor de mercúrio de alta pressão e com rede de protecção mecânica (figura 5.17.a), na escola E.2.2, temos luminárias metálicas, de aplicação saliente, sobre a estrutura metálica da cobertura (figura 5.17.b), equipadas com lâmpadas de vapor de iodetos de

mercúrio. Os circuitos são à vista, presos à estrutura metálica da cobertura ou através de calha metálica nas paredes da instalação. O comando é efectuado no quadro parcial respectivo, por aparelhagem modular.

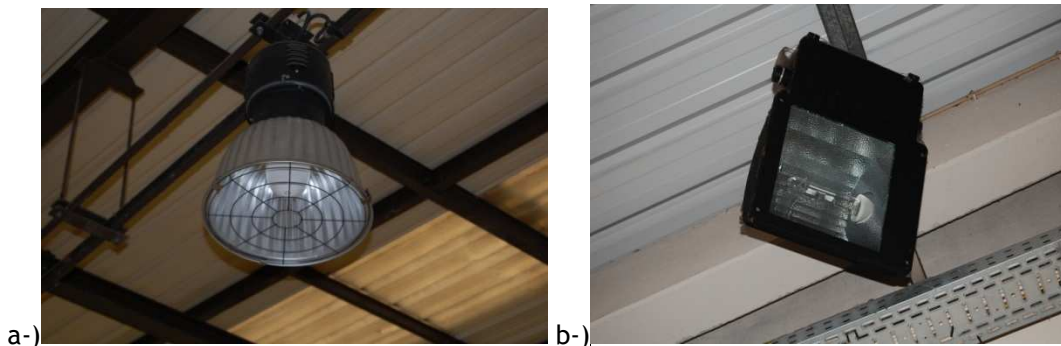


Figura 5.17 - Exemplo de luminárias dos pavilhões gimnodesportivos das escolas do modelo M2.

O sistema de iluminação do corredor e casas de banho é composto por luminárias estanques, de aplicação saliente e equipadas com lâmpadas fluorescentes tubulares, com circuitos de alimentação à vista, fixados por abraçadeiras e com protecção mecânica de tubo PVC, até uma altura não inferior a 2 metros. O comando é efectuado no quadro parcial por aparelhagem modular.



Figura 5.18 - Luminárias do corredor e casa de banho dos pavilhões gimnodesportivos (modelo M2).

Para os restantes ambientes que integram o pavilhão das escolas do modelo M2, sala de professores, armazém de material desportivo, recepção e outras salas de apoio, eles são equipados com luminárias de aplicação saliente com reflector de alhetas verticais de baixa reflexão (equipadas com lâmpadas fluorescentes tubulares), comandadas localmente por comutadores de lustre para um melhor controlo dos níveis de iluminância. Os circuitos de alimentação estão à vista, dispostos através de calha metálica.

Finalmente para o modelo M3, o sistema de iluminação dos pavilhões gimnodesportivos são semelhantes aos já descritos antes. Existe um pavilhão gimnodesportivo (E.3.1), onde o

sistema de iluminação do campo de jogos é composto por luminárias metálicas, suspensas do tecto, equipadas com lâmpadas de descarga de vapores de iódetos metálicos e com rede de protecção mecânica (figura 5.19). Os circuitos são à vista, presos à estrutura metálica da cobertura ou através de calha metálica nas paredes da instalação. O comando é efectuado no quadro parcial por aparelhagem modular.



Figura 5.19 - Luminárias do pavilhão gimnodesportivo da escola E.3.1.

O sistema de iluminação do corredor e casas de banho é composto por luminárias estanques, de aplicação saliente e equipadas com lâmpadas fluorescentes tubulares, com circuitos de alimentação à vista, presos por abraçadeiras e com protecção mecânica de tubo PVC, até uma altura não inferior a 2 metros. O comando é efectuado no quadro parcial respectivo por aparelhagem modular.



Figura 5.20 - Exemplo de luminária do corredor e casa de banho do pavilhão gimnodesportivo da escola E.3.1.

Para os restantes ambientes que integram o pavilhão da escola E.3.1, sala de professores, armazém de material desportivo, recepção e outras salas de apoio, eles são equipados com luminárias de aplicação saliente de aletas verticais de baixa reflexão, equipadas com lâmpadas fluorescentes tubulares, comandadas localmente por interruptores de lustre para um melhor controlo dos níveis de iluminação. Os circuitos de alimentação estão à vista, dispostos através de calha metálica.

5.4 - Iluminação Exterior

A iluminação de todo o recinto escolar assume grande importância, não só para o conforto dos utilizadores, mas como forma de auxílio à segurança do estabelecimento de ensino. O tempo de utilização é restrito a horários nocturnos pelo que o controlo dos mesmos é efectuado por interruptores horários (temporizadores), devidamente programados.

Para as escolas definidas no modelo M1, a iluminação exterior é conseguida através de luminárias esféricas montadas em poste, equipadas com lâmpadas de descarga de vapor de mercúrio de alta pressão, distribuídas ao longo da periferia da instalação. Nas áreas de circulação exterior, no caso das escolas E.1.2 e E.1.3, estão instaladas luminárias estanques, de aplicação saliente, na cobertura dessas zonas e equipadas com lâmpadas fluorescentes tubulares.



Figura 5.21 - Luminárias de iluminação exterior (modelo M1).

As escolas de modelo M2 são igualmente iluminadas por luminárias esféricas montadas em poste, equipadas com lâmpadas de descarga de vapor de mercúrio de alta pressão, distribuídas ao longo da periferia da instalação (figura 5.22.a). No entanto, contêm áreas de circulação que interligam os diversos blocos, nas quais estão instalados sistemas de iluminação distintos. No caso das escolas E.2.1 e E.2.2, o sistema de iluminação das zonas de circulação exterior, é composto por luminárias estanques, de aplicação saliente, equipadas com lâmpadas incandescentes e fluorescentes compactas (figura 5.22.b). Para a escola E.2.3,

o sistema de iluminação das zonas de circulação exterior é composto por luminárias estanques, aplicação saliente, equipadas com lâmpadas fluorescentes tubulares (figura 5.22.c).

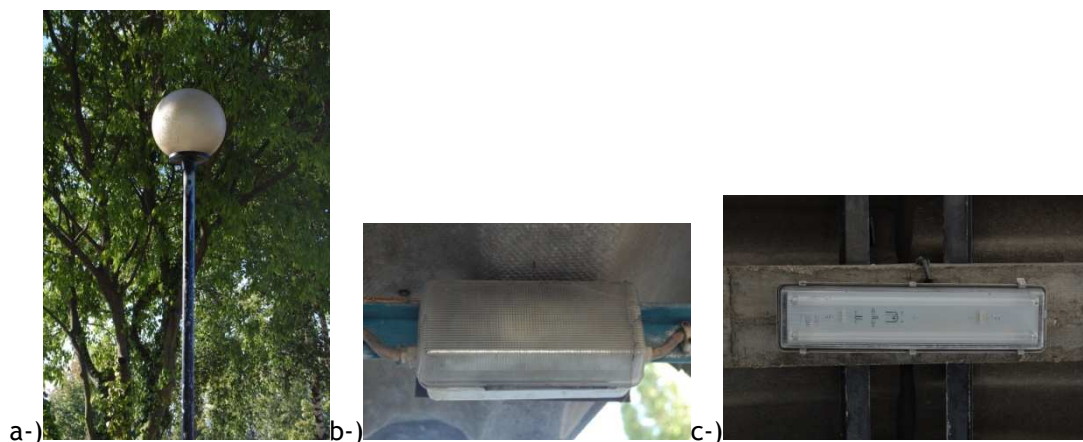


Figura 5.22 - Luminárias de iluminação exterior (modelo M2).

No caso dos estabelecimentos do modelo M3, que além do sistema de iluminação caracterizado para a tipologia M1, é constituído por um sistema de iluminação exterior de luminárias esféricas, tipo applique, fixadas às fachadas, equipadas com uma lâmpada de vapor de mercúrio de alta pressão (ver figura 5.23).



Figura 5.23 - Luminária esférica, tipo applique, fixada numa fachada.

5.5 - Tomadas e Instalações Especiais

As tomadas é um elemento comum a todos os estabelecimentos do Parque Escolar, pelo que a caracterização é realizada globalmente. O mesmo se reflecte nas instalações especiais, as quais integram: sistema automático de detecção de incêndios (S.A.D.I); sistema de detecção de intrusão (S.D.I); infra-estrutura de telecomunicações em edifícios (I.T.E.D) e iluminação de emergência de segurança.

Ao nível da instalação de tomadas, observaram-se três modos de instalação dos circuitos: à vista, fixos por abraçadeiras (figura 5.24.a); embutidos nos elementos da construção (figura 5.24.b); em calha PVC ao longo do sopé do ambiente (figura 5.24.c).

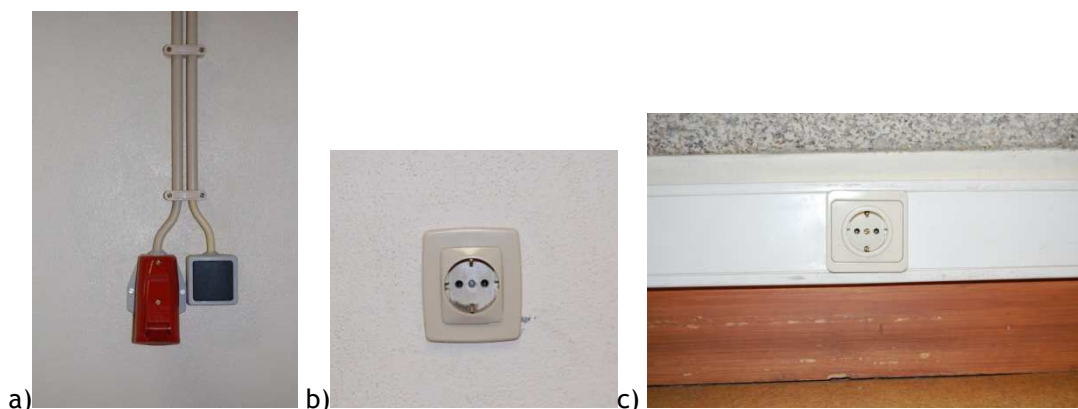


Figura 5.24 - Diferentes modos de instalação de tomadas.

Relativamente a instalações especiais (S.A.D.I, S.D.I, I.T.E.D, Iluminação emergência), foram caracterizadas segundo a existência, ou não, dessa tecnologia, assim como o tipo de equipamento utilizado.

Para o S.A.D.I encontraram-se três diferentes tecnologias, embora não sejam todas de detecção automática, estão complementadas por equipamentos de protecção e extinção de incêndios. Os equipamentos são os seguintes: módulo de detecção de fumos (figura 5.25.a); extintor (figura 5.25.b); boca-de-incêndio (figura 5.25.c). A frequência e tipo de equipamentos encontrados nas várias escolas, para cada ambiente, podem ser consultados no ANEXO V, assim como o modo de instalação.

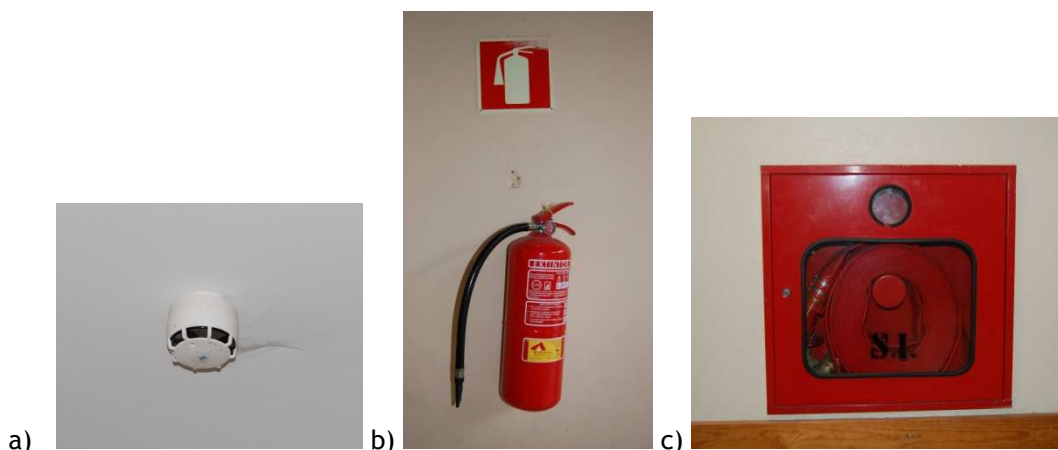


Figura 5.25 - Tecnologias de detecção e combate a incêndio.

O S.D.I é o elemento crítico na protecção e segurança de uma escola, a localização e tipo de equipamento influencia a eficiência do sistema. Caracterizou-se o S.D.I sobre duas vertentes: tipo de equipamento utilizado e modo de instalação. Encontraram-se dois equipamentos diferentes, são eles: detectores de movimento (figura 5.26.a) e câmaras de vigilância (figura 5.26.b). O modo de instalação de todos os equipamentos S.D.I é através de circuitos à vista, fixados por material adesivo ou, através de calha técnica em PVC, ao longo das abas, junto ao tecto da instalação. A descrição dos equipamentos existentes, em cada ambiente dos vários estabelecimentos, podem ser consultados no ANEXO V.

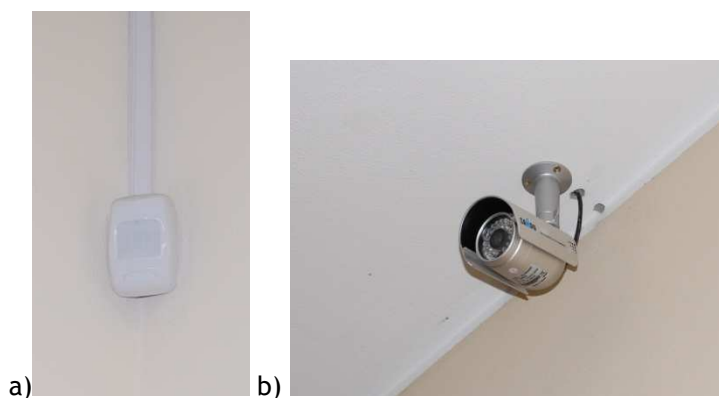


Figura 5.26 - Tecnologias de detecção de intrusão.

A instalação de I.T.E.D integra circuitos de telecomunicação e transmissão de dados. Os diferentes modos de instalação dos circuitos são: à vista, fixados por material adesivo (figura 5.27.a) ou em calha técnica de PVC (figura 5.27.b), ao longo das abas, junto ao tecto da instalação. A descrição do modo de instalação e da existência de I.T.E.D nos vários ambientes, de todas as escolas, está descrita no ANEXO V.

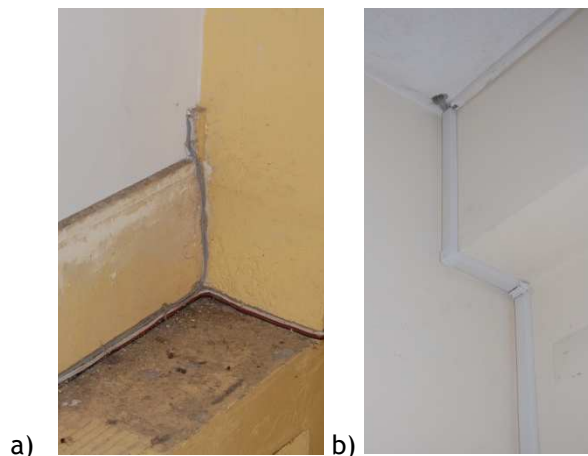


Figura 5.27 - Modos de instalação do I.T.E.D.

O sistema de iluminação de emergência de segurança, de todos os estabelecimentos de ensino, correspondem ao tipo C, como é recomendado para estabelecimentos deste género. Os diferentes equipamentos encontrados nas várias escolas foram: Blocos autónomos (figura 5.28.a); placas fluorescentes (figura 5.28.b); iluminação de circulação por lâmpadas fluorescentes tubulares (figura 5.28.c). Foi também caracterizado o modo, adequação do local de instalação e funcionalidade dos equipamentos, para os vários ambientes, dos estabelecimentos de ensino (ver ANEXO V).

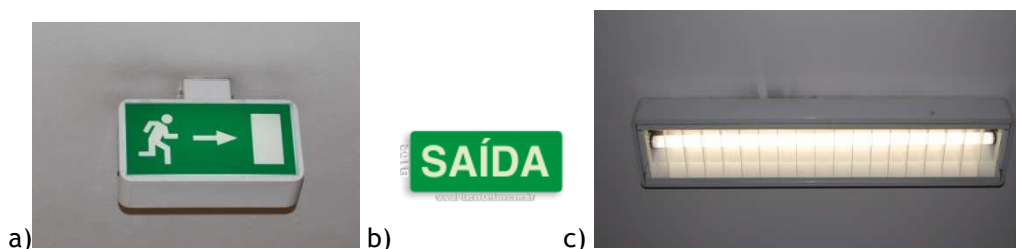


Figura 5.28 - Diferentes tecnologias de iluminação de segurança de emergência.

5.6 - Quadros Eléctricos

A caracterização dos quadros eléctricos, ao nível construtivo, torna-se uma medida de avaliação da instalação, na circunstância de, a segurança e manobra do mesmo estar implícita na forma como o está construído e organizado o seu interior.

Nas escolas visitadas, os quadros eléctricos distinguem-se sob dois aspectos: material do invólucro, e o modo de instalação. Relativamente ao invólucro, observaram-se, dois tipos: metálico (figuras 5.29.a,c,d) ou plástico (figura 5.29.b). Relativamente ao modo de

instalação, observaram-se, quatro modos: instalação encastrada (figura 5.29.a), saliente (figura 5.29.b), semi-encastrada (figura 5.29.c) ou em cabine (figura 5.29.d).

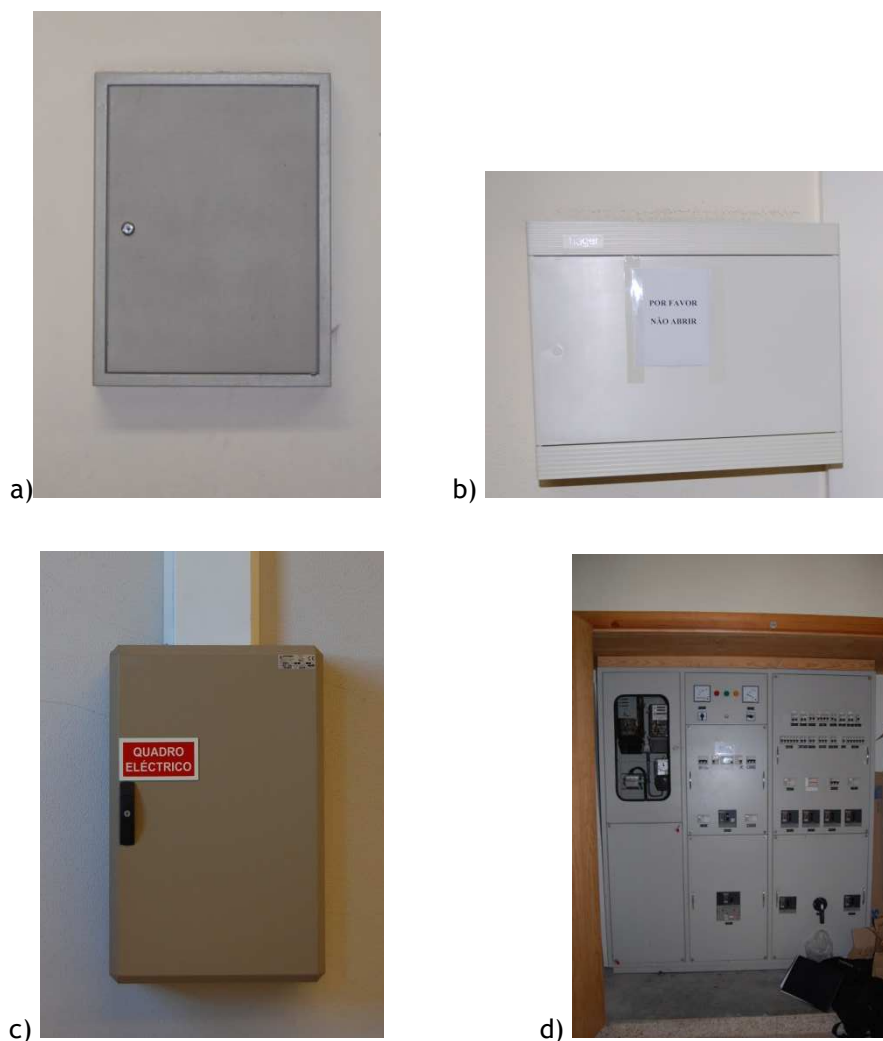


Figura 5.29 - Diferentes modos de instalação dos quadros eléctricos.

As características dos quadros eléctricos, para cada ambiente, de cada escola, podem ser consultadas no ANEXO V.

Capítulo 6

Descrição de Patologias Encontradas, ao Nível das Instalações Eléctricas

6.1 - Quadros Eléctricos

Numa escola, em geral, os quadros eléctricos estão acessíveis ao público, pelo que devem possuir um sistema de fecho que impeça o acesso a pessoas não qualificadas. Devem ainda, possuir características de protecção não inferiores às definidas na classificação dos locais. Todos os circuitos devem estar devidamente identificados através de porta etiquetas apropriados, assim como os condutores e barramentos têm de ser identificados pelas cores convencionais.

Os quadros devem estar equipados com interruptores omnipolares de corte brusco e com sinalizadores de fase com difusor e lâmpada de néon para 230V, não cores verde, laranja e vermelha, protegidos por fusíveis de 2A. Deve estar assegurada a ligação equipotencial, entre o invólucro e a porta do quadro, por meio de trança de cobre adequada, e deve ter reservado um espaço livre, de reserva, para futuras ampliações da instalação.

Tendo presente estas recomendações gerais e outras mais específicas, foram avaliados todos os quadros eléctricos existentes nos vários estabelecimentos, e foram identificadas eventuais patologias técnicas e normativas dos mesmos.

As listas de patologias encontradas nos vários quadros de cada estabelecimento escolar encontram-se descritas a seguir:

Escola EB 2,3 da Areosa

- o Quadros em mau estado de conservação, com porta desbloqueada e condutores activos não protegidos;
- o Deficiente dimensionamento das protecções, com disparos de disjuntores e interruptores diferenciais em situações de funcionamento normal;
- o Interruptores diferenciais inoperacionais;
- o Interruptores omipolares sem qualquer manutenção, danificados, com sinais de corrosão;
- o Inexistência de redimensionamento da aparelhagem de protecção devido a alterações na carga dos circuitos;
- o Vários sistemas de iluminação e equipamentos sem protecção diferencial;
- o Reserva reduzida para futuras ampliações na instalação.

Escola EB 2,3 Nicolau Nasoni

- o Mau estado de conservação, com porta desbloqueada;
- o Quadros inacessíveis ou de acesso livre a qualquer individuo;
- o Equipamento diferencial defeituoso;
- o Deficiente indicação de circuitos;
- o Interruptores omipolares sem manutenção, danificados, com sinais de corrosão;
- o Inexistência de redimensionamento da aparelhagem de protecção devido a alterações na carga dos circuitos;
- o Quadro sem barramento de Terra;
- o Reserva reduzida para futuras ampliações na instalação.

Escola EB 2,3 Irene Lisboa

- o Quadros em mau estado de conservação, com porta desbloqueada e condutores activos não protegidos;
- o Deficiente dimensionamento das protecções, com disparos de disjuntores e interruptores diferenciais em situações de funcionamento normal;
- o Quadros inacessíveis ou de acesso livre a qualquer individuo;
- o Interruptores omipolares sem manutenção, danificados, com sinais de corrosão;
- o Deficiente indicação de circuitos;
- o Vários sistemas de iluminação e equipamentos sem protecção diferencial.
- o Reserva reduzida para futuras ampliações na instalação.

Escola EB 2,3 de Paranhos

- o Deficiente dimensionamento das protecções, com disparos de disjuntores e interruptores em situações de funcionamento normal;
- o Quadros com porta desbloqueada;
- o Vários disjuntores diferenciais inoperacionais;
- o Apertos mal executados;
- o Deficiente indicação dos circuitos;
- o Condutores de cores diferentes aos convencionais normalizados;
- o Interruptores omnipolares sem manutenção, danificados;
- o Vários sistemas de iluminação e equipamentos sem protecção diferencial;
- o Resistência de terra muito elevada.

Escola EB 2,3 Dr. Leonardo Coimbra (Filho)

- o Deficiente dimensionamento das protecções, com disparos de disjuntores e interruptores em situações de funcionamento normal;
- o Vários disjuntores diferenciais inoperacionais;
- o Quadros inacessíveis ou de acesso livre a qualquer indivíduo, com porta desbloqueada;
- o Deficiente indicação dos circuitos;
- o Condutores de cores diferentes aos convencionais normalizados;
- o Interruptores omnipolares sem manutenção, danificados, com sinais de corrosão;
- o Vários sistemas de iluminação e equipamentos sem protecção diferencial;

Escola EB 2,3 do Viso

- o Quadros em muito mau estado conservação, com corrosão evidente;
- o Apertos mal executados;
- o Quadros inacessíveis ou de acesso livre a qualquer indivíduo, com porta desbloqueada;
- o Interruptores omnipolares sem manutenção, danificados, com sinais de corrosão;
- o Caixas de derivação sem protecção;
- o Reserva reduzida para futuras ampliações na instalação.

Escola EB 2,3 Pêro Vaz de Caminha

- o Quadros em mau estado de conservação;
- o Quadros inacessíveis ou de acesso livre a qualquer indivíduo, com porta desbloqueada;
- o Deficiente indicação dos circuitos;
- o Interruptores omnipolares sem manutenção, danificados, com sinais de corrosão.

Escola EB 2,3 Manoel de Oliveira

- o Mau estado de conservação, com porta desbloqueada;
- o Quadros inacessíveis ou de acesso livre a qualquer indivíduo;
- o Deficiente indicação de circuitos;
- o Interruptores omnipolares sem manutenção, danificados, com sinais de corrosão;
- o Inexistência de redimensionamento da aparelhagem de protecção devido a alterações na carga dos circuitos;
- o Reserva reduzida para futuras ampliações na instalação.

Além da lista de patologias, foi realizada uma avaliação específica (ver ANEXO V), para cada quadro eléctrico, de cada escola, integrando os seguintes aspectos: estado de conservação; divisão e identificação de circuitos. O estado de conservação dos quadros eléctricos foi avaliado segundo três escalões: Mau (sinais de corrosão evidente e acesso livre a condutores activos); Razoável (porta de acesso desbloqueada, acesso facilitado a condutores activos); Bom (sem defeitos). A divisão dos circuitos foi avaliada, pelo equilíbrio entre as três fases. Definiram-se três escalões: Bom (3 fases equilibradas); Razoável (duas fases equilibradas); Mau (nenhuma fase equilibrada). A identificação dos circuitos nos quadros eléctricos foi avaliada, igualmente, segundo os três escalões definidos para a divisão dos circuitos, nos quais o escalão “Bom” define os quadros eléctricos com identificação correcta dos circuitos, o escalão “Razoável” engloba quadros eléctricos onde alguns dos circuitos não estão identificados e finalmente o escalão “Mau” engloba os quadros onde a identificação dos circuitos é inexistente ou incorrecta.

6.2 - Sistemas de Iluminação

Escola EB 2,3 da Areosa

- o Lâmpadas fundidas;
- o Lâmpadas com temperaturas de cor diferentes;
- o Luminárias danificadas, sem difusor e/ou inoperacionais;
- o Diferentes modelos de luminárias para um único sistema de iluminação;
- o Comando da iluminação nas salas por comutador de lustre com seccionamento perpendicular à parede envidraçada;
- o Circuitos de iluminação pouco selectivos.

Escola EB 2,3 Nicolau Nasoni

- o Lâmpadas fundidas;
- o Lâmpadas com temperaturas de cor diferentes;
- o Luminárias danificadas, sem difusor e/ou inoperacionais;
- o Luminárias com lâmpadas sem tensão;
- o Diferentes modelos de luminárias para um único sistema de iluminação;
- o Comando da iluminação nas salas por comutador de lustre com seccionamento perpendicular à parede envidraçada.
- o Circuitos de iluminação pouco selectivos.

Escola EB 2,3 Irene Lisboa

- o Lâmpadas fundidas;
- o Lâmpadas com temperaturas de cor diferentes;
- o Luminárias danificadas, sem difusor e/ou inoperacionais;
- o Diferentes modelos de luminárias para um único sistema de iluminação;
- o Comando da iluminação nas salas por comutador de lustre com seccionamento perpendicular à parede envidraçada;
- o Circuitos de iluminação pouco selectivos.

Escola EB 2,3 de Paranhos

- o Lâmpadas fundidas;
- o Luminárias danificadas, sem difusor e/ou inoperacionais;
- o Diferentes modelos de luminárias para um único sistema de iluminação;
- o Comando da iluminação nas salas por comutador de lustre com seccionamento perpendicular à parede envidraçada;
- o Circuitos de iluminação pouco selectivos.

Escola EB 2,3 Dr. Leonardo Coimbra (Filho)

- o Lâmpadas fundidas;
- o Luminárias danificadas, sem difusor e/ou inoperacionais;
- o Sistemas de iluminação compostos por luminárias de duas lâmpadas fluorescentes tubulares (somente uma lâmpada em tensão) substituídas por lâmpadas fluorescentes mais eficientes, sem revisão luminotécnica.
- o Comando da iluminação nas salas por comutador de lustre com seccionamento perpendicular à parede envidraçada;
- o Circuitos de iluminação pouco selectivos.

Escola EB 2, 3 do Viso

- o Lâmpadas com temperaturas de cor diferentes;
- o Luminárias danificadas, sem difusor e/ou inoperacionais;
- o Comando da iluminação nas salas por comutador de lustre com seccionamento perpendicular à parede envidraçada;
- o Circuitos de iluminação pouco selectivos.

Escola EB 2,3 Pêro Vaz de Caminha

- o Lâmpadas fundidas;
- o Lâmpadas com temperaturas de cor diferentes;
- o Luminárias com elevado ruído;
- o Luminárias danificadas, sem difusor e/ou inoperacionais;
- o Diferentes modelos de luminárias para um único sistema de iluminação;
- o Comando da iluminação nas salas por comutador de lustre com seccionamento perpendicular à parede envidraçada;
- o Circuitos de iluminação pouco selectivos.

Escola EB 2,3 Manoel de Oliveira

- o Lâmpadas fundidas;
- o Lâmpadas com temperaturas de cor diferentes;
- o Luminárias danificadas, sem difusor e/ou inoperacionais;
- o Comando da iluminação nas salas por comutador de lustre com seccionamento perpendicular à parede envidraçada;
- o Circuitos de iluminação pouco selectivos.

6.3 - Circuitos de Tomadas

Escola EB 2,3 da Areosa

- o Tomadas de Usos Gerais (T.U.G) em número deficiente e, em mau estado de conservação;
- o T.U.G sem protecção de alvéolos;
- o T.U.G não estanque em locais de risco (locais húmidos);
- o T.U.G sem condutor PE;
- o Reduzido número de tomadas trifásicas;
- o Instalação de novas T.U.G sobre circuitos já existentes, sem continuidade do condutor PE.

Escola EB 2,3 Nicolau Nasoni

- o T.U.G em número deficiente e, em mau estado de conservação;
- o T.U.G sem protecção de alvéolos;
- o T.U.G não estanque em locais de risco (locais húmidos);
- o T.U.G sem condutor de protecção (condutor PE);
- o Reduzido número de tomadas trifásicas;
- o Instalação de novas T.U.G sobre circuitos já existentes, sem continuidade do condutor PE.

Escola EB 2,3 Irene Lisboa

- o T.U.G em número deficiente e, em mau estado de conservação;
- o T.U.G sem protecção de alvéolos;
- o T.U.G não estanque em locais de risco (locais húmidos);
- o T.U.G sem condutor PE;
- o Circuitos de T.U.G com mais de 8 terminais e elevadas correntes de fuga;
- o Reduzido número de tomadas trifásicas;
- o Instalação de novas T.U.G sobre circuitos já existentes, sem continuidade do condutor PE.

Escola EB 2,3 de Paranhos

- o T.U.G em número deficiente e, em mau estado de conservação;
- o T.U.G sem protecção de alvéolos;
- o T.U.G não estanque em locais de risco (locais húmidos);
- o T.U.G sem condutor PE;
- o Reduzido número de tomadas trifásicas.

Escola EB 2,3 Dr. Leonardo Coimbra (Filho)

- o T.U.G em número deficiente e, em mau estado de conservação;
- o T.U.G sem protecção de alvéolos;
- o T.U.G não estanque em locais de risco (locais húmidos);
- o T.U.G sem condutor PE;
- o Corredores sem T.U.G;
- o Reduzido número de tomadas trifásicas.

Escola EB 2,3 do Viso

- o T.U.G em número deficiente e, em mau estado de conservação;
- o T.U.G sem protecção de alvéolos;
- o T.U.G não estanque em locais de risco (locais húmidos);
- o T.U.G sem condutor PE;
- o Instalação de novas T.U.G sobre circuitos já existentes, sem continuidade do condutor PE;
- o Reduzido número de tomadas trifásicas.

Escola EB 2,3 Pêro Vaz de Caminha

- o T.U.G em número deficiente e, em mau estado de conservação;
- o T.U.G sem protecção de alvéolos;
- o T.U.G não estanque em locais de risco (locais húmidos);
- o T.U.G sem condutor PE;
- o Reduzido número de tomadas trifásicas.

Escola EB 2,3 Manoel de Oliveira

- o T.U.G em número deficiente e, em mau estado de conservação;
- o T.U.G sem protecção de alvéolos;
- o T.U.G não estanque em locais de risco (locais húmidos);
- o T.U.G sem condutor de protecção (condutor PE);
- o Reduzido número de tomadas trifásicas;
- o Instalação de novas T.U.G sobre circuitos já existentes, sem continuidade do condutor PE.

6.4 - Canalizações e circuitos de alimentação

Escola EB 2,3 da Areosa

- Canalizações em calha ou à vista deficientemente fixadas e instaladas;
- Canalizações desactivadas ainda instaladas;
- Derivações de circuitos mal concebidos;
- Derivações de circuitos sem continuidade de condutor PE;
- Novas instalações (I.T.E.D, terminais de tomadas para equipamento informático, etc.) com concepção e fixação deficiente.

Escola EB 2,3 Nicolau Nasoni

- Canalizações em calha ou à vista deficientemente fixadas e instaladas;
- Canalizações desactivadas ainda instaladas;
- Derivações de circuitos mal concebidos;
- Derivações de circuitos sem continuidade de condutor PE;
- Novas instalações de terminais de tomadas para equipamento informático com deficiente concepção (alimentação por derivações de circuitos já existentes).

Escola EB 2,3 Irene Lisboa

- Canalizações em calha ou à vista deficientemente fixadas e instaladas;
- Canalizações desactivadas ainda instaladas;
- Derivações de circuitos mal concebidos;
- Derivações de circuitos sem continuidade de condutor PE;
- Novas instalações (I.T.E.D, terminais de tomadas para equipamento informático, etc.) com concepção e fixação deficiente.

Escola EB 2,3 de Paranhos

- Canalizações em calha ou à vista deficientemente fixadas e instaladas;
- Canalizações desactivadas ainda instaladas;
- Derivações de circuitos sem continuidade de condutor PE;
- Novas instalações (equipamentos, terminais de tomadas para equipamento informático, etc.) com concepção e fixação deficiente.

Escola EB 2,3 Dr. Leonardo Coimbra (Filho)

- Canalizações em calha ou à vista deficientemente fixadas e instaladas;
- Canalizações desactivadas ainda instaladas;
- Derivações de circuitos mal concebidos;
- Derivações de circuitos sem continuidade de condutor PE;
- Novas instalações (equipamentos, terminais de tomadas para equipamento informático, etc.) com concepção e fixação deficiente.

Escola EB 2,3 do Viso

- Canalizações em calha ou à vista deficientemente fixadas e instaladas;
- Canalizações desactivadas ainda instaladas;
- Derivações de circuitos mal concebidos;
- Derivações de circuitos sem continuidade de condutor PE;
- Novas instalações de terminais de tomadas para equipamento informático com deficiente concepção (alimentação por derivações de circuitos já existentes);
- Circuitos de novas instalações (equipamentos, I.T.E.D, etc.) com concepção e fixação deficiente.

Escola EB 2,3 Pêro Vaz de Caminha

- Canalizações em calha ou à vista deficientemente fixadas e instaladas;
- Canalizações desactivadas ainda instaladas;
- Derivações de circuitos sem continuidade de condutor PE;
- Novas instalações de luminárias com deficiente concepção (alimentação por derivações de circuitos já existentes);
- Circuitos de novas instalações (equipamentos, I.T.E.D, etc.) com concepção e fixação deficiente.

Escola EB 2,3 Manoel de Oliveira

- Canalizações em calha ou à vista deficientemente fixadas e instaladas;
- Canalizações desactivadas ainda instaladas;
- Derivações de circuitos mal concebidos;
- Derivações de circuitos sem continuidade de condutor PE;
- Novas instalações (I.T.E.D, terminais de tomadas para equipamento informático, etc.) com concepção e fixação deficiente.

6.5 - Instalações Especiais

Escola EB 2,3 Areosa

- Inexistência de dispositivos de combate a incêndio em alguns locais de risco (laboratório, salas técnicas);
- Salas de aula sem sinalização emergência;
- Sinalização de emergência com elevada corrosão;
- Sistema de Quadro Alvos avariado ou não funcional a 100%;
- Iluminação de emergência danificada (blocos autónomos).

Escola EB 2,3 Nicolau Nasoni

- Projectores sem tela para visualização gráfica;
- Inexistência de dispositivos de combate a incêndio em alguns locais de risco (laboratório, salas técnicas);
- Salas de aula sem sinalização emergência;

- Sistema de Quadro Alvos avariado ou não funcional a 100%;
- Iluminação de emergência danificada e com sinais de corrosão (blocos autónomos);
- S.D.I instalado e desactivado (Pavilhão Gimnodesportivo);
- S.A.D.I mal calibrado (Pavilhão Gimnodesportivo).

Escola EB 2,3 Irene Lisboa

- Inexistência de dispositivos de combate a incêndio em alguns locais de risco (laboratório, salas técnicas);
- Salas de aula sem sinalização emergência;
- Iluminação de emergência danificada e com sinais de corrosão (blocos autónomos);
- Sistema de Quadro Alvos avariado ou não funcional a 100%.

Escola EB 2,3 de Paranhos

- Inexistência de dispositivos de combate a incêndio em alguns locais de risco (laboratório, salas técnicas);
- Salas de aula sem sinalização emergência;
- Iluminação de emergência danificada e com sinais de corrosão (blocos autónomos).

Escola EB 2,3 Dr. Leonardo Coimbra

- Iluminação de emergência danificada e com sinais de corrosão (blocos autónomos);

Escola EB 2,3 do Viso

- S.D.I inoperacional;
- Sistema de Quadro Alvos avariado ou não funcional a 100%.
- Secadores de mãos sem condutor PE;
- Iluminação de emergência danificada e com sinais de corrosão (blocos autónomos);

Escola EB 2,3 Pêro Vaz de Caminha

- Inexistência de dispositivos de combate a incêndio em alguns locais de risco (laboratório, salas técnicas);
- Salas de aula sem sinalização emergência;
- Iluminação de emergência danificada e com sinais de corrosão (blocos autónomos).

Escola EB 2,3 Manoel de Oliveira

- Inexistência de dispositivos de combate a incêndio em alguns locais de risco (laboratório, salas técnicas);
- Salas de aula sem sinalização emergência;
- Sinalização de emergência com elevada corrosão;
- Sistema de Quadro Alvos avariado ou não funcional a 100%;
- Iluminação de emergência danificada (blocos autónomos).

6.6 - Verificação das Instalações Eléctricas

Além da inspecção visual, a verificação das instalações eléctricas, contribui para identificação de patologias nas instalações eléctricas. Assim, com auxílio do aparelho de teste de instalações eléctricas, SIRIUS 87, foram verificadas as instalações eléctricas nos seguintes pontos: continuidade dos condutores de protecção; resistência de isolamento; teste dos aparelhos de corte automático e verificação do poder de corte da aparelhagem de protecção.

Os valores medidos estão integrados no ANEXO V. O resumo da verificação da instalação eléctrica de cada escola é descrita a seguir.

Escola EB 2,3 Irene Lisboa (E.1.1)

Este estabelecimento de ensino é composto por nove quadros parciais e pelo quadro geral de baixa tensão, nos quais se encontram instalados dezassete disjuntores com protecção diferencial.

Nos testes efectuados na verificação do funcionamento dos dispositivos de corte diferencial, demonstraram, que um dos dispositivos está danificado, situado no quadro da cantina. Este dispositivo deve ser substituído o quão rápido possível, visto ser uma ambiente de alto risco a contactos indirectos.

Relativamente aos ensaios realizados, salienta-se o facto de o poder de corte de toda a aparelhagem modular, ser superior à corrente de curto-circuito presumível para o ponto correspondente da instalação. As resistências de isolamento dos diversos circuitos situam-se acima do limite mínimo exigido pelo R.T.I.E.B.T. (para tensão <500 V, a resistência de isolamento deve ser > 0,5 M Ω). A continuidade dos condutores de protecção foi conferida, visto todos os circuitos terem uma resistência abaixo de 1 Ω . Quanto à resistência de terra, verificou-se uma média de 3,3 Ω para esta instalação, que está bastante abaixo dos 50 Ω de máximo permitidos.

Globalmente, a instalação está em boas condições de funcionamento, salientando-se a necessidade de substituição dos equipamentos danificados, e o reforço da potência de alguns quadros eléctricos, devido a disparos no interruptor de corte geral para situações de picos de potência requisitada.

Escola EB 2,3 da Areosa (E.1.2)

Esta escola apresentou problemas, ao nível da realização dos ensaios e, da medição das correntes de curto-circuito. Esta dificuldade deveu-se ao facto de a instalação estar a funcionar no seu limite de potência. Com base em relatos de funcionários e de docentes, pode-se verificar que o interruptor de corte geral está constantemente a disparar, em condições normais de funcionamento. O mesmo fenómeno ocorreu também no teste dos dispositivos diferenciais, o que nos levou a concluir, que além da instalação estar a funcionar no limite técnico, o interruptor de corte geral não está a operar correctamente.

É constituída, sensivelmente, por doze quadros parciais e o quadro geral de baixa tensão, nos quais estão inseridos, um total de vinte e quatro dispositivos diferenciais. Como referido, não foi possível testar os dispositivos diferenciais, nem verificar o poder de corte da aparelhagem. Contudo, foi possível medir a impedância entre fase e neutro, que possibilitou conferir que os interruptores monofásicos estão bem dimensionados, ao nível do poder de corte.

A resistência de isolamento e a continuidade dos condutores de protecção foram medidos por amostragem (isto é, medição em metade dos circuitos de cada quadro), verificando-se que, todos os circuitos respeitavam os valores normativos. Relativamente à resistência de terra, obteve-se um valor médio de 2,3 Ω para toda a instalação eléctrica, valor óptimo, que confere o escoamento das correntes de defeito directamente para a terra, oferecendo muito pouca resistência.

Globalmente, as medições efectuadas e a inspecção visual de equipamentos, levaram-nos a pesar que a instalação está em razoável estado de conservação e funcionamento. Preza-se o facto de, não terem sido realizados os ensaios de teste dos dispositivos diferenciais, ficando assim um importante item da verificação da instalação eléctrica por avaliar.

Escola EB 2,3 Nicolau Nasoni (E.1.3)

Este estabelecimento de ensino é composto por doze quadros parciais e pelo quadro geral de baixa tensão, nos quais se encontram instalados vinte e seis disjuntores com protecção diferencial.

Observou-se que, num quadro parcial, todos os condutores PE se encontravam desligados do barramento da terra de protecção, o que é extremamente perigoso (tensão de contacto >50V).

Relativamente aos ensaios, também realizados por amostragem, verificou-se o poder de corte de todos os interruptores, excepto, para o caso da corrente de curto-circuito provável fase - terra do Quadro Parcial da Ala Esquerda. Neste quadro, verificou-se uma tensão simples muito baixa ($U_s = 180V$), pelo que não foi possível avaliar a coordenação da protecção contra os contactos indirectos.

As resistências de isolamento dos diversos circuitos situam-se acima do limite mínimo, excepto para um circuito, onde se mediu $250\text{ k}\Omega$, metade do permitido. A continuidade dos condutores de protecção foi conferida, visto todos os circuitos terem uma resistência abaixo de 1Ω , o que confere a continuidade desejada. Quanto à resistência de terra, mediu-se, um mínimo de 5Ω e, um máximo de $7,7\Omega$ na instalação, que está bastante abaixo dos 50Ω máximos.

Globalmente, a instalação está em boas condições de funcionamento, salientando-se a necessidade de substituir os equipamentos danificados e, a urgente manutenção do Quadro Parcial da Ala Direita, onde as ligações à terra de protecção existem, pondo em risco todos os utilizadores do estabelecimento.

Escola EB 2,3 Leonardo Coimbra (E.2.1)

Esta escola é composta por oito quadros parciais e pelo quadro geral de baixa tensão, nos quais se encontram instalados trinta e quatro disjuntores com protecção diferencial.

Os testes efectuados ao funcionamento dos dispositivos de corte diferencial demonstraram que, um grande número de dispositivos está danificado. Nove dos trinta e quatro dispositivos diferenciais, não estão a funcionar correctamente ou, não funcionam mesmo. Estes dispositivos devem ser substituídos o quão rápido possível, pois o risco de acidentes provocados por contactos indirectos é muito elevado. À também a salientar que, num dos quadros parciais, todos os condutores PE, encontram-se desligados do barramento de terra de protecção, o que é extremamente perigoso (tensão de contacto >50V).

Relativamente aos ensaios, conclui-se que o poder de corte de todos os interruptores de corte da alimentação é superior à corrente de curto-circuito presumível para o ponto

correspondente da instalação (onde foi possível a realização dos ensaios). A resistência de isolamento, realizada por processo de amostragem, permitiu-nos concluir que os diversos circuitos situam-se acima do limite mínimo. A continuidade dos condutores de protecção foi também conferida, visto todos os circuitos terem uma resistência abaixo de $1,5\Omega$. Quanto à resistência de terra, verificou-se um máximo de $6,1\ \Omega$ para esta instalação, que está bastante abaixo dos $50\ \Omega$ máximos.

Globalmente, a instalação eléctrica necessita de uma verificação mais exaustiva, além da substituição dos dispositivos diferenciais, para que as condições de segurança e protecção das pessoas estejam garantidas. Em termos do estado de conservação e funcionamento desta instalação eléctrica, classificou-se como “Mau” este estabelecimento de ensino, pois a segurança e protecção das pessoas não está assegurada em vários pontos da instalação.

Escola EB 2,3 de Paranhos (E.2.2)

Esta escola é composta por sete quadros parciais e pelo quadro geral de baixa tensão, nos quais se encontram instalados vinte e três disjuntores com protecção diferencial.

Os testes efectuados na verificação do funcionamento dos dispositivos de corte diferencial demonstraram que um grande número de dispositivos está danificado. Seis deles não estão a funcionar correctamente ou, não funcionam mesmo. Estes dispositivos devem ser substituídos o quão rápido possível, pois o risco de acidentes provocados por contactos indirectos é muito grande.

Relativamente aos ensaios, conclui-se que o poder de corte de todos os interruptores de corte da alimentação é superior à corrente de curto-circuito presumível para o ponto correspondente da instalação. A resistência de isolamento, realizada por processo de amostragem, permitiu-nos concluir que os diversos circuitos situam-se acima do limite mínimo exigido pelo R.T.I.E.B.T. No entanto, valores de resistência de isolamento a rondarem o $1M\Omega$, leva-nos a concluir que, o estado de conservação dos circuitos começa a mostrar sinais de fragilidade. A continuidade dos condutores de protecção foi conferida, visto todos os circuitos terem uma resistência abaixo de 1Ω .

Globalmente, classificou-se como “Razoável” este estabelecimento de ensino, pois a segurança e protecção das pessoas não está assegurada em vários pontos da instalação.

Escola EB 2,3 Pêro Vaz de Caminha (E.2.3)

Este estabelecimento de ensino é composto por nove quadros parciais e pelo quadro geral de baixa tensão, nos quais se encontram instalados quinze disjuntores com protecção diferencial.

Os testes efectuados na verificação do funcionamento dos dispositivos de corte diferencial demonstraram que todos os dispositivos se encontram a funcionar correctamente. No entanto, o número total de dispositivos existentes na instalação comprova que, a protecção diferencial dos circuitos de alimentação é assegurada por um reduzido número de dispositivos diferenciais, como por exemplo, a totalidade dos circuitos de cada Bloco é somente protegida por dois dispositivos diferenciais.

Relativamente aos ensaios realizados salienta-se o facto de o poder de corte de todos os interruptores de corte da alimentação serem superiores à corrente de curto-circuito presumível para o ponto correspondente da instalação. As resistências de isolamento dos diversos circuitos situaram-se acima do limite mínimo exigido pelo R.T.I.E.B.T. (para tensão <500 V, a resistência de isolamento >0,5 MΩ). A continuidade dos condutores de protecção foi conferida, visto todos os circuitos terem uma resistência abaixo de 1Ω, o que confere a continuidade desejada. Quanto à resistência de terra, verificou-se o máximo de 4.02 Ω para esta instalação eléctrica, que está bastante abaixo dos 50 Ω máximos admitidos na secção XX.

Globalmente, a instalação está em óptimas condições de funcionamento, somente se propõe o reforço do número de dispositivos diferenciais nos vários Blocos, visando uma mais eficiente e completa protecção e segurança das pessoas contra contactos indirectos.

Escola EB 2,3 do Viso (E.3.2)

A instalação eléctrica é essencialmente composta por treze quadros parciais e pelo quadro geral de baixa tensão, nos quais se encontram instalados vinte e quatro disjuntores com protecção diferencial.

Os testes efectuados para a verificação do funcionamento dos dispositivos de corte diferencial comprovaram todos os dispositivos diferenciais estão a funcionar correctamente. O rácio de dispositivos diferenciais por quadro eléctrico é sensivelmente dois, o que demonstra a eficaz segurança e protecção das pessoas contra contactos indirectos.

Relativamente aos ensaios realizados, o poder de corte de todos os interruptores de corte da alimentação foi verificado. As resistências de isolamento dos diversos circuitos situaram-se acima do limite mínimo exigido pelo R.T.I.E.B.T., excepto no Quadro Parcial do Bufete, onde se verificou a existência de circuitos sem resistência de isolamento. A continuidade dos condutores de protecção foi também conferida.

Globalmente, a instalação encontra-se boas condições de funcionamento, somente se evidencia, a falta de isolamento dos cabos dos vários circuitos do Quadro Parcial do Bufete, que necessitam de substituição célere, pela eventualidade de danificar os equipamentos que estão a alimentar.

Capítulo 7

Metodologias para a Reabilitação Energética de Escolas: Casos de Estudo

7.1 - Estabelecimento de Ensino - Modelo M1

Para a aplicação de metodologias nas escolas deste modelo, procedeu-se à análise de uma delas, podendo os resultados serem extrapolados, para as outras escolas integrantes deste modelo. O estabelecimento de ensino escolhido foi a Escola EB 2,3 da Areosa (E.1.2).

7.1.1. Análise dos consumos energéticos

Através da análise das plantas arquitectónicas definiram-se 6 ambientes-padrão. Os ambientes foram classificados segundo a sua função/dimensão ou actividade desenvolvida.

Os ambientes-padrão são: duas salas de aula com diferentes dimensões; sala administrativa; sala de apoio ao ensino; casas de banho e um corredor. São os ambientes mais comuns na instalação, facilitando a análise representativa e minuciosa das mesmas.

7.1.1.1. Facturas de electricidade

A análise das facturas de electricidade foi realizada a partir do estudo de 12 facturas expedidas pela concessionária EDP, abrangendo o período de Outubro de 2007 a Setembro de

2008. As características do tarifário actual e consumos específicos mensais de cada escola deste modelo podem ser visualizados no Anexo II.

7.1.1.2. Iluminação

Uma vez definidas as salas a estudar, partiu-se para a verificação dos níveis de iluminância dos mesmos. Para o efeito, foram efectuadas diversas medidas de campo utilizando um luxímetro. Na tabela 7.1, estão definidas as iluminâncias recomendadas para os vários ambientes-padrão considerados.

A verificação da iluminância actual dos vários ambientes-padrão foi realizada por um processo de amostragem, isto é, foi medida a iluminância em cada quatro ambientes com a mesma classificação, tendo em atenção, efectuar as medições durante a noite ou, com o ambiente protegido da irradiação solar, evitando a influência da iluminação natural nos resultados. A tabela 6 mostra os valores médios de iluminância actual medidos assim como os valores recomendados adaptados dos valores da CIE. Note-se que o valor recomendado pela tabela 2.1 para salas de aula é de 300 lux, e o valor que usamos na análise do sistema de iluminação das salas de aula foi de 350lux isto porque, a CIE recomenda um mínimo de 200 lux e máximo de 500 lux, sendo a média desta recomendação a utilizada para efeitos de cálculo.

Na perspectiva de avaliar o potencial económico global da instalação, procedeu-se à obtenção do índice de eficiência energética (I.E.E) em cada um dos ambientes padrão. Pretendendo-se uma análise global, decidiu-se estimar o I.E.E para a área e potência instalada envolvida em todos os espaços de cada ambiente padrão.

O ambiente-padrão, “Sala Aula Tipo 1” diz respeito a dezassete salas idênticas de 45,5 m², com uma média de 900W de potência instalada em iluminação, em cada sala.

O ambiente-padrão, “Sala Aula Tipo 2” diz respeito a sete salas de 96 m², cada uma com potência instalada em iluminação cerca de 1700W.

O ambiente-padrão “Sala administrativa” é composto por seis salas de 12 m² com uma potência instalada de 500W.

Para o ambiente-padrão “Sala de apoio”, temos um conjunto de três salas idênticas de 18 m², com potência instalada de 650W cada.

O ambiente-padrão “Corredor”, que engloba os dois existentes, com cerca de 250 m² cada, tem uma potência instalada, em cada um deles, de 2300W.

Finalmente, o ambiente-padrão, “Casa de banho”, é constituído por vinte e três células semelhantes, com cerca de 9 m² cada, onde se verificou uma potência instalada individual de 130W. A tabela 7.1 exhibe os dados obtidos no conjunto de células de cada ambiente padrão.

Tipo de Ambiente	Dados			Iluminância (lux)	
	Área (m ²)	Potencia instalada (kW)	I.E.E (W/m ² .100lux)	Média ³	Recomendada ⁴
Sala Aula-Tipo 1	773,5	15,4	4,4	450	350
Sala Aula-Tipo 2	671,3	11,8	3,2	550	350
Sala Administrativa	73,5	1,56	4,717	450	300
Sala Apoio	54	2,0	11	325	250
Corredor	496	4,7	7,9	120	100
Casa de banho	201,25	3,0	14,9	100	200
Média Global			8,7		

Tabela 7.1- Dados de diagnóstico energético e iluminância média (modelo M1).

Através de uma análise rápida desta tabela, verifica-se que o sistema de iluminação é ineficiente e inadequado. Numa análise global em valores médios, o I.E.E é muito alto (8,7 W/m².100lux, com o máximo de 14.9 W/m².100lux para as casas de banho) quando comparado o I.E.E de 3 W/m².100lux recomendado para estabelecimentos de ensino. Deve-se sobretudo ao uso intensivo de tecnologias ineficientes e à falta de aproveitamento de iluminação natural (escassez de janelas e de áreas envidraçadas, níveis de iluminância excessivos).

Os níveis de iluminância, no geral, estão acima do necessário de 25% a 60% para as salas e 20% para casas de banho e corredor, o que demonstra mais uma vez um elevado desperdício de energia.

Relativamente às tecnologias de iluminação, a figura 7.1 apresenta as várias lâmpadas encontradas, em percentagem. A utilização de lâmpadas fluorescentes ineficientes é sobejamente utilizada, 72% (fluorescentes convencionais de 58W) e somente 3% de fluorescentes eficientes de 36W.

³ Iluminância média calculada, por amostragem, das células constituintes de cada ambiente-padrão.

⁴ Iluminância média recomendada, adaptada da tabela 1.

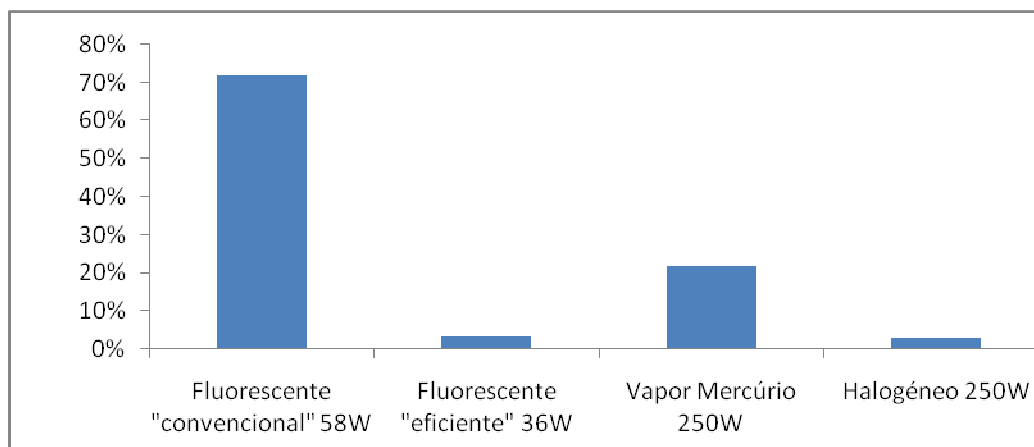


Figura 7.1 - Distribuição percentual das lâmpadas existentes na escola E.1.2

Ao nível dos consumos energéticos, estimou-se uma utilização média anual de 200 dias de funcionamento normal para todos os ambientes-padrão definidos, estando englobados todos os espaços de cada ambiente-padrão. Os horários de funcionamento, o factor de utilização (F.u), os consumos energéticos anuais e o encargo anual com o sistema de iluminação estão representados na tabela 7.2, onde temos V (Vazio), C (Cheias) e P (Ponta). As mesmas informações, relativas aos restantes ambientes, não definidos como padrão encontram-se no ANEXO III.

Ambiente Padrão	Tempo utilização (horas)					Consumo anual (kWh)				Encargo Anual (€)
	Horário	F.u	V	C	P	C	P	V	Total	
Sala Aula-Tipo 1	7h30 - 18h00	0,7	0,5	7,5	2,5	13923	4641	928	19492	1847
Sala Aula-Tipo 2	7h30 - 18h00	0,7	0,5	7,5	2,5	11466	3822	764	16052	1521
Sala Administrativa	7h30 - 20h00	0,6	0,5	8	4	3494	1747	218	5460	267
Sala de Apoio	7h30 - 18h00	0,6	0,5	7,5	2,5	1638	546	109	2293	217
Corredor	7h30 - 20h00	0,45	0,5	8	4	3370	1685	211	5265	515
Casas de Banho	7h30 - 20h00	0,9	0,5	8	4	4306	2153	269	6727	658
Total						38197	14594	2499	55289	5025

Tabela 7.2 - Consumo e encargo anual global da iluminação dos ambientes padrão.

7.1.1.3. Computadores

Quanto à utilização de computadores pessoais, a escola contém cerca de 45 aparelhos, 90% dos quais com certificado “Energy Star” para poupança de energia. Contudo, esta é uma tecnologia pouco utilizada, por esquecimento dos utilizadores e pela incerteza de horários de funcionamento; de facto a maioria dos aparelhos permanece ligada, em modo “stand-by”.

Assim estimou-se uma potência total instalada de 15 kW (350W de potência de cada computador).

Para a aferição dos encargos anuais relativos a este tipo de equipamento, tomou-se como norma o horário de funcionamento normal do estabelecimento de ensino (das 8h00 às 18h00), com uma taxa de utilização de 50%. Verificou-se um consumo anual de 15000 kWh por ano, que representa um encargo anual de 1450 €.

7.1.1.4. Sistema de aquecimento

Devido ao facto de não existir um sistema global de ar condicionado, estão dispostos, aleatoriamente, pelas salas, aquecedores eléctricos, com excepção de cinco salas onde já se encontram instalados dois acumuladores de calor fixos. Contudo, a deficiente execução da instalação implica o não funcionamento dos acumuladores em algumas das salas (disparos do disjuntor geral por sobrecarga).

Em termos de potência instalada podemos apurar uma potência de 9,6 kW para aquecedores “convencionais” e de 16 kW para acumuladores de calor.

A utilização deste tipo de equipamento centra-se nos meses de Inverno e, no caso de aquecedores “convencionais”, no horário de funcionamento diário normal das 8h00 às 18h00, com um factor de utilização de 0,7 (aquecedores “convencionais”), por um período de quatro meses. Caso contrário, para acumuladores de calor, faz-se uso da tarifa em vigor e o seu funcionamento centra-se nas horas de vazio (00h00 às 7h00), com um factor de utilização de 1,0, igualmente para um período de quatro meses.

Assim, pode considerar-se um consumo anual de 16150 kWh, o que representa um encargo anual de 1150€. O elevado encargo económico é um valor bastante conservativo, visto a utilização de aquecimento não ser permanente durante os quatro meses considerados, assim como a inoperância de alguns equipamentos.

7.1.1.5. Equipamento Cantina/Bufete

Com os valores recolhidos aquando do levantamento de dados durante as visitas às escolas, foi possível esclarecer a potência instalada referente a este tipo de utilização. Os equipamentos são muito variados pelo que a sua descrição e potência característica podem ser consultados no ANEXO IV.

Para a análise dos encargos energéticos deste tipo de equipamento há que definir o horário de funcionamento característico dos mesmos. Sendo a maioria do equipamento

pertencente à cantina, o horário de funcionamento normal é das 10h00 às 15h00 (temporário). Estimou-se, igualmente, um funcionamento anual de duzentos dias, pelas razões já descritas.

Além disso, existe equipamento a funcionar permanentemente, especialmente equipamento de refrigeração. Para este tipo de equipamentos, visto o horário de utilização real ser desconhecido, supôs-se que 70% do consumo é realizado nas horas de cheias, 20% nas horas de ponta e 10% nas horas de vazio. Os consumos anuais característicos podem ser consultados no ANEXO IV.

Os horários de funcionamento, o factor de utilização (F.u), os consumos energéticos anuais e o encargo anual global com o equipamento de cantina/bufete estão representados na tabela 7.3.

Equipamento	Tempo utilização (horas)					Consumo anual (kWh)				Encargo Anual (€)
	Horário	F.u	V	C	P	C	P	V	Total	
Cantina+Bufete										
Uso temporário	10h00 - 15h00	0,5	0	3,5	1,5	12548	5378	0	17925	1765
Uso permanente	0h00 - 24h00	1	10	10	4	3900	1950	650	6500	618
Total						16448	7328	650	24425	2383

Tabela 7.3 - Consumo e encargo anual global de equipamentos dos ambientes padrão.

7.1.1.6. Equipamento representação gráfica e audiovisual

Estes equipamentos são na sua generalidade projectores e impressoras, num total de quarenta equipamentos. A sua taxa de utilização é bastante reduzida pelo que a sua fatia nos encargos energéticos da instalação é pouco significativa.

Considerou-se uma taxa de utilização deste tipo de equipamento de 20%, durante o período de funcionamento normal do estabelecimento (8h00 às 18h00), verificando-se um consumo anual de 1600 kWh, reproduzindo um encargo anual de 155€. No entanto, há que frisar o facto de a maioria destes equipamentos estarem no modo “stand-by” 24h por dia.

7.1.2. Resumo dos encargos energéticos

Com base no que foi referido nas secções anteriores, é possível desagregar os consumos pelos seus diferentes usos finais, conforme mostrado na figura 7.2.

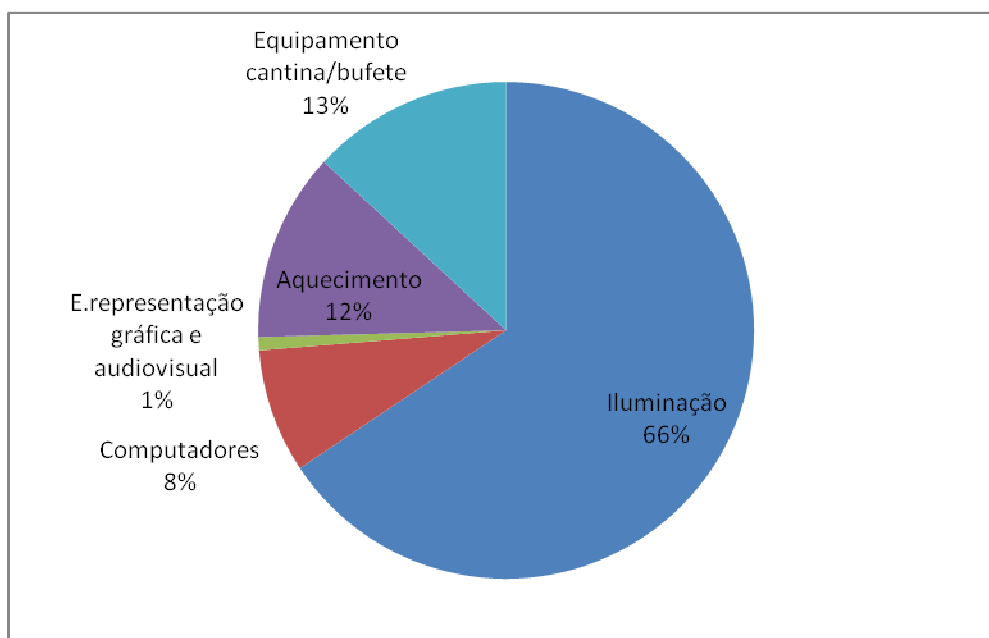


Figura 7.2 - Distribuição do consumo energético na escola E.1.2.

7.1.2.1. Disponibilidade de iluminação natural

Esta análise permitiu avaliar as condições de luz natural dos estabelecimentos deste modelo, como base para aplicação de metodologias de reabilitação visando o aproveitamento da luz natural.

Considerou-se o horário de utilização das 7h00 às 18h00 e uma obstrução à vista do céu pela superfície envidraçada, pelo que se considera um ângulo de 60°. Para o ambiente padrão “Sala de Aula - Tipo 1”, a tabela 7.4 mostra os valores usados para o cálculo do FLDM e o resultado obtido.

Perímetro da Sala (m)	27
Altura da Sala (m)	2.8
Área Envidraçada (m ²)	7
Área Tecto e Pavimento (m ²)	45.5
Área Paredes (m ²)	49
Área Total (m ²)	147
ρ_{tecto}	0.3
ρ_{paredes}	0.4
$\rho_{\text{pavimento}}$	0.1
τ	0.9
ρ	0.27
α (°)	60
FLDM	2.77

Tabela 7.4 - Cálculo do factor de luz do dia médio.

Obteve-se, assim, um FLDM de 1,57%, o que significa que, para se atingir uma iluminância média de 350 lux no interior da sala, é necessário que a luminosidade exterior seja de pelo menos $350/0.0277 = 12635$ lux.

Consultando o diagrama da figura 3.2 para a latitude de 41°N (Cidade do Porto), concluiu-se que a luz natural é suficiente, em 70% do tempo de utilização do ambiente considerado.

7.1.3. Aplicação de metodologias de reabilitação ao nível da instalação eléctrica

7.1.3.1. Tecnologia de Iluminação

A economia de energia em sistemas de iluminação pode ser calculada através de simulações onde se substitui o sistema de iluminação actual por outros de tecnologia mais adequada e eficiente, levando em conta, também, outros factores de redução do consumo de energia eléctrica.

O sistema de iluminação usado como referência foi projectado para ambientes-padrão, com dimensões médias muito semelhantes, nas diferentes escolas visitadas. Tentou-se obter um número razoável de ambientes-padrão de forma a generalizar os diferentes

espaços de cada escola. Foi realizado o estudo luminotécnico para uma célula (sala) de cada ambiente-padrão. A tabela 7.5 mostra as características físicas de cada célula desses ambientes-padrão.

Ambiente	Dimensões (m)	Altura luminária (m)	Plano de trabalho (m)	Iluminância recomendada (lux)
Sala Aula-Tipo 1	7x6,5	2.8	0.85	350
Sala Aula-Tipo 2	14x7	2.8	0.85	350
Sala Apoio	4x4	2.8	0.85	250
Sala Administrativa	3x3,5	2.8	0.85	300
Corredor	25x2	2.8	0.85	100
Casa de Banho	3,5x2,5	2.8	0.85	200

Tabela 7.5 - Características físicas dos ambientes padrão (E.1.2).

Com auxílio do software Dialux, versão 4.6, foram simulados diversas soluções ao nível de sistemas de iluminação, para cada ambiente-padrão. As figuras 7.3 a 7.5 apresentam as simulações para o caso do ambiente classificado como “Sala de Aula - Tipo 1”. Consideraram-se os graus de reflexão 30:40:10 (índice de reflexão de 30% para o tecto, 40% para as paredes e 10% para o pavimento), para todos os ambientes padrão, excepto no ambiente, “Casa de Banho”, onde se verificou os graus de reflexão 70:50:30.

O índice de manutenção foi fixado em 0,65 pois a frequência de manutenção e limpeza das luminárias é feita bienalmente, o que fomenta a acumulação de sujidade e consequente redução do rendimento luminoso das luminárias.

Todas as luminárias e lâmpadas consideradas na presente simulação foram retiradas dos catálogos da PHILIPS.

A figura 7.3 mostra o arranjo e níveis de iluminância de 6 luminárias de duas lâmpadas fluorescentes tubulares de 58W ($\Phi = 5200 \text{ lm}$) e balastro convencional, a composição actualmente existente no ambiente-padrão “Sala de Aula - Tipo 1”. As figuras 7.4 e 7.5 mostram os resultados luminotécnicos para o mesmo arranjo de luminárias, mas com duas lâmpadas de T8 de 36W ($\Phi = 3350 \text{ lm}$) ou de 32W ($\Phi = 3200 \text{ lm}$) de alta eficiência, respectivamente. A figura 7.6 mostra a curva fotométrica da luminária considerada.

Com vista a avaliar o potencial de economia com a alteração de tecnologia de lâmpadas, realizou-se uma simulação para uma sala com o tecto de cor branca (a alteração da cor do tecto é uma medida simples de eficiência energética, como já foi referido, que proporciona uma redução da potência instalada em iluminação), com luminárias de uma única lâmpada de T5 de 28W ou de 35W ($\Phi = 3300 \text{ lm}$) com balastro electrónico. Esta proposta implica a substituição das luminárias, pois o comprimento das luminárias existentes é incompatível com este tipo de lâmpadas (T5). Assim sendo, pretendeu-se realizar um novo projecto luminotécnico, provocando a alteração do número e da disposição das luminárias.

Simulação para “Sala de Aula - Tipo 1”

O sistema de iluminação actual é composto de luminárias com duas lâmpadas fluorescentes T8 de 58W, apresentando um índice de eficiência energética de 4,4 W/m².100lux, com iluminância média de 472 lux, com iluminância mínima de 46% da iluminância máxima e 57% da iluminância média. A distribuição da iluminância está apresentada na figura 7.3.

O sistema simulado é constituído por luminárias de duas lâmpadas fluorescentes T8 de 32W, apresentando um índice de eficiência energética de 2,59 W/m².100lux, com iluminância média de 366 lux, com iluminância mínima de 46% da iluminância máxima e 58% da iluminância média.

Para a simulação com luminárias de duas lâmpadas fluorescentes T8 de 36W, os resultados mostram uma iluminância 399 lux com índice de eficiência energética de 2,38 W/m².100lux, com iluminância mínima de 43% da iluminância máxima e 54% da iluminância média.

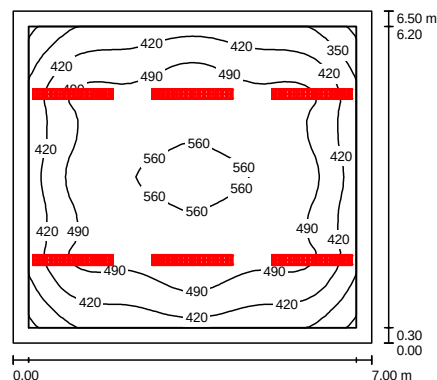


Figura 7.3 - Curvas Isolux da “Sala de Aula - Tipo 1”, sistema actual.

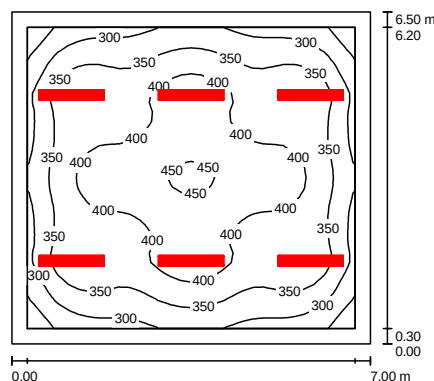


Figura 7.4 - Curvas Isolux da “Sala de Aula - Tipo 1”, sistema com lâmpadas de 36W.

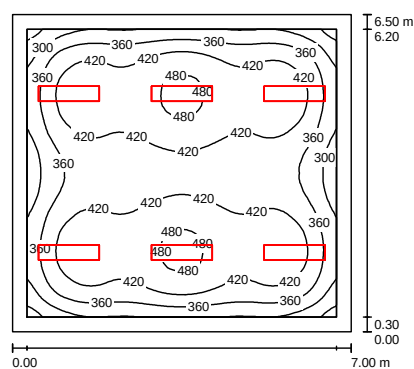


Figura 7.5 - Curvas Isolux da “Sala de Aula - Tipo 1”, sistema com lâmpadas de 32W.

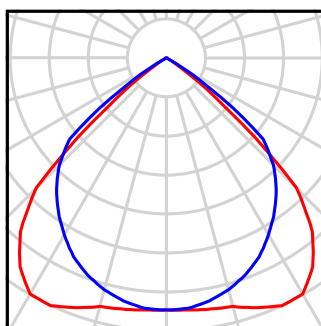


Figura 7.6 - Curva fotométrica das luminárias existentes na “Sala de Aula - Tipo 1”.

Para a nova instalação composta por lâmpadas T5 de 35W, o índice de eficiência energética é $2.22 \text{ W/m}^2 \cdot 100\text{lux}$, iluminância média de 347 lux e com iluminância mínima de 39% da iluminância máxima e 51% da iluminância média.

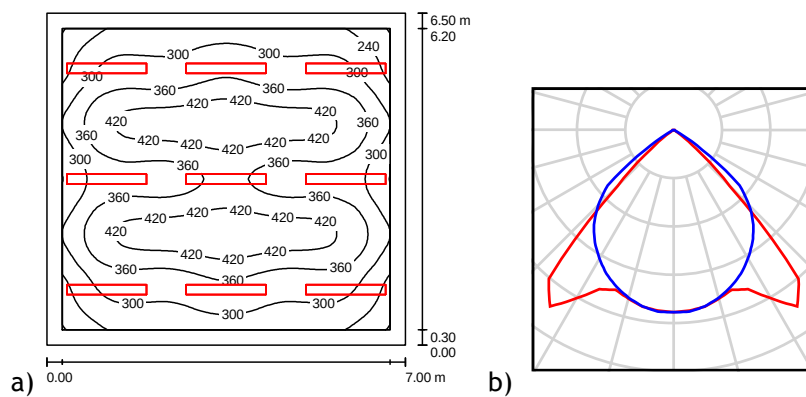


Figura 7.7 - a) Curvas Isolux b) Curva fotométrica da luminária utilizada para a simulação com tecnologia T5.

Comparando as simulações realizadas, do ponto de vista exclusivamente técnico, concluiu-se que o melhor sistema de iluminação é o formado por 9 luminárias de uma única lâmpada T5 de 35W. No entanto, do ponto de vista económico o melhor sistema será o composto por lâmpadas T8, pelo facto dos custos de reabilitação dizerem exclusivamente respeito à substituição de lâmpadas e balastro (ver tabela 7.7).

Entre os sistemas compostos por lâmpadas T8 de 32W e de 36W, o que apresenta uma melhor uniformidade é o sistema constituído por lâmpadas T8 de 32W, pelo que será o preferido.

Os restantes ambientes padrão também foram simulados recorrendo aos mesmos três modelos de luminárias/lâmpadas usados para o ambiente classificado de “Sala de Aula - Tipo 1” (Luminária+Lâmpada T8 - 36W; Luminária+Lâmpada T8 - 32W; Luminária+Lâmpada T5 - 28W/35W).

Os sistemas de iluminação distinguidos, a negrito, encontram-se na tabela 7.6, seleccionados sob o ponto de vista técnico, isto é, sem atender aos encargos económicos associados à alteração de tecnologia do sistema de iluminação. Os sistemas de iluminação propostos a sublinhado demonstram a melhor opção, para o caso de se optar pelo retrofit de tecnologia T8.

As luminárias foram seleccionadas segundo o critério de eficiência energética, isto é, foram consideradas as que permitem uma maior eficácia luminosa (reflectores de alumínio de alta pureza), sem atender aos custos de substituição das anteriormente instaladas.

Ambiente	I.E.E [W/m ² .100lux]	Eméd [lux]	Emin/Emáx	Emin/Eméd	Equipamento
Sala de Aula- Tipo 1	2.22	347	0.39	0.51	9 Luminárias de 1xT5 - 35W
	<u>2.59</u>	<u>366</u>	<u>0.46</u>	<u>0.58</u>	<u>6 Luminárias de 2xT8 - 32W</u>
	2.38	399	0.43	0.54	6 Luminárias de 2xT8 - 36W
Sala de Aula- Tipo 2	2.13	373	0.38	0.47	20 Luminárias de 1xT5 - 35W
	<u>2.44</u>	<u>362</u>	<u>0.32</u>	<u>0.45</u>	<u>12 Luminárias de 2xT8 - 32W</u>
	2.31	382	0.34	0.49	12 Luminárias de 2xT8 - 36W
Sala Apoio	2.37	253	0.25	0.42	3 Luminárias de 1xT5 - 28W
	<u>2.27</u>	<u>299</u>	<u>0.61</u>	<u>0.76</u>	<u>4 Luminárias de 1xT8 - 32W</u>
	2.55	287	0.27	0.43	3 Luminárias de 1xT5 - 35W
Sala Administrativa	<u>3.40</u>	<u>359</u>	<u>0.44</u>	<u>0.61</u>	<u>2 Luminárias de 2xT8 - 32W</u>
	<u>2.94</u>	<u>234</u>	<u>0.48</u>	<u>0.67</u>	<u>2 Luminárias de 1xT8 - 36W</u>
	2.35	316	0.43	0.59	2 Luminárias de 1xT5 - 35W
Corredor	3.14	102	0.11	0.20	5 Luminárias de 1xT8 - 36W
	<u>3.79</u>	<u>95</u>	<u>0.23</u>	<u>0.38</u>	<u>5 Luminárias de 1xT8 - 32W</u>
	3.53	110	0.08	0.14	5 Luminárias de 1xT5 - 35W
Casa de Banho	3.52	208	0.60	0.75	2 Luminária de 1xT5 - 28W
	<u>4.22</u>	<u>195</u>	<u>0.67</u>	<u>0.78</u>	<u>2 Luminária de 1xT8 - 36W</u>
	3.35	266	0.62	0.72	2 Luminária de 1xT5 - 35W

Tabela 7.6- Resumo dos resultados das simulações para as diferentes tecnologias e ambientes padrão.

Analizou-se economicamente a substituição de tecnologia de iluminação, fez-se uma comparação entre o sistema de iluminação actual e o melhor sistema alternativo,

apresentado na tabela 7.7. A variação do consumo e dos encargos anuais associados a estes dois sistemas de iluminação podem ser comparados na tabela 7.7.

Os restantes ambientes não considerados como padrão, a sua iluminância está no geral 20% a 30% acima do necessário, pelo que a substituição directa das lâmpadas fluorescentes T8 de 58W por lâmpadas T8 de 36W constitui uma medida optimizada para a redução dos consumos energéticos do sistema global de iluminação. A tabela 7.7 mostra também a economia alcançada com a aplicação desta medida.

Ambiente	[W/m ²]		Potência Instalada (kW)			Consumo Anual (kWh)		Custo Anual de Energia Eléctrica (€)		
	Actual	M.Opção ⁵	Actual	M.Opção	$\Delta(\%)^6$	Actual	M.Opção	Actual	M.Opção	$\Delta(\%)$
S.Aula-Tipo 1	19,85	7,12	15,35	5,51	-64	19492	9434	1847	910	51
S.Aula-Tipo 2	17,55	7,51	11,78	5,04	-57	15288	6048	1521	585	62
S.Administrativa	21,22	5,71	1,56	0,42	-73	2621	420	267	41	86
Sala Apoio	35,72	4,83	1,93	0,26	-86	2184	313	217	30	85
Corredor	9,44	4,65	4,68	2,30	-51	5054	2488	515	248	52
Casa de Banho	14,86	6,63	2,99	1,33	-55	6458	2881	658	287	56
Restantes ambientes	22,87	18,18	10,08	8,01	-20	12557	10045	1061	593	44

Tabela 7.7 - Comparação do consumo e encargo anual do sistema de iluminação actual com a melhor opção simulada.

Passemos agora ao cálculo do período de retorno de investimento para a substituição do sistema de iluminação. Apesar de as opções mais eficientes (tecnologia de lâmpadas T5) serem as preferidas, o custo associado à sua implementação é substancialmente maior que a substituição por tecnologia de lâmpadas T8. A alteração do sistema de iluminação por tecnologia T8 implica um custo unitário do conjunto Lâmpada T8 -2x32/36W+Balastro electrónico (L+B (T8)) de 28,5€, enquanto para a substituição por tecnologia de lâmpadas T5 implica um custo unitário do conjunto Lâmpada T5 - 1x28/35W+Balastro electrónico+Luminária (L+B+L (T5)) de 130.5€.

Verificou-se que o período de retorno do investimento total ocorre num prazo até 4 anos para a tecnologia de lâmpadas T8 e, de até 21 anos para a tecnologia de lâmpadas T5. Os períodos de retorno de investimento para cada ambiente-padrão encontram-se na tabela 7.8.

⁵ A melhor opção dos sistemas de iluminação simulados, sob o ponto de vista técnico.

⁶ $\Delta(\%)$ é a variação em percentagem entre o valor actual e o valor da melhor opção simulada.

É importante salientar que o período de retorno de investimento é calculado, somente, no caso da substituição directa de tecnologia, isto é, um tempo de utilização igual dos novos sistemas de iluminação.

Ambiente	Substituição Total (€)		R. Investimento (anos)	
	L+B (T8)	L+B+L (T5)	L+B (T8)	L+B+L (T5)
Sala de Aula - Tipo 1	3264	19966,5	3,5	21,3
Sala de Aula - Tipo 2	2688	18270	2,9	19,5
Sala Apoio	384	1174,5	1,7	6,9
Sala Administrativa	768	1566	2,1	6,3
Corredor	1026	4698	3,8	17,6
Casa de Banho	1311	3001,5	3,5	8,1
Restantes ambientes	x	x	x	x

Tabela 7.8 - Investimento necessário e período de retorno.

Concluindo, a substituição total dos sistemas de iluminação, implica investimentos muito grandes e portanto pouco interessantes. Contudo a substituição directa dos sistemas de iluminação actual pelo sistema simulado para luminárias de lâmpadas T8, possibilita períodos de retorno de investimento muito menores.

7.1.3.2. Iluminação exterior

Relativamente a iluminação exterior, as lâmpadas usadas são as comuns lâmpadas de vapor de mercúrio. O retrofit⁷ deste tipo de tecnologia por lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão conduz a uma redução significativa no consumo de electricidade. A eficiência luminosa das lâmpadas de vapor de sódio é bastante mais elevada e como a iluminação pretendida no exterior está bem dimensionada, o retrofit é o modelo a seguir na reabilitação da instalação.

No caso da escola E.1.2, a substituição de 25 lâmpadas de vapor de mercúrio de 125W ($\Phi = 6300$ lm) por 25 lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão de 70W ($\Phi = 6500$ lm) constitui

⁷ Retrofit - modernização do sistema de iluminação através da substituição directa da tecnologia de iluminação, entenda-se, tecnologia de lâmpadas.

uma redução de 1250 kWh/ano no consumo de electricidade, que proporciona reduções nos encargos energéticos na ordem dos 200€/ano.

7.1.3.3. Controlo e comando de iluminação

Foi possível verificar que nas salas, “Sala de Aula - Tipo 1” e “Sala de Aula - Tipo 2”, o comando da iluminação é realizado por comutador de lustre, dividindo o sistema de iluminação em duas zonas, perpendicularmente à janela, não permitindo um adequado aproveitamento da iluminação natural.

A reorganização dos circuitos de comando (definição de zonas, paralelas às janelas; aumento do número de zonas) permite adaptar o número de luminárias em funcionamento às necessidades actuais dos locais. Por inspecção visual dos ambientes-padrão considerados, verificou-se que o controlo de todo o sistema de iluminação através de dois interruptores leva a que todo o sistema esteja ligado durante o horário de funcionamento normal da instalação por duas razões: comando aleatório das luminárias; pouca selectividade.

Estimou-se que duas lâmpadas em cada sala do ambiente-padrão “Sala de Aula - Tipo 1” podia ser desligada selectivamente e, pelo mesmo raciocínio, quatro lâmpadas em cada sala do ambiente “Sala de Aula - Tipo 2”. Daí resultando a redução em 15% nos consumos em iluminação.

É assim plausível estimar a economia no consumo energético relativo ao posicionamento e segmentação dos interruptores. Estimou-se, então, que 15% da energia total consumida pela iluminação em salas de aula (“Sala de Aula - Tipo 1”, “Sala de Aula - Tipo 2”) é desperdiçada devido à má disposição e selectividade dos interruptores de comando. Transpondo para o caso em estudo, somos conduzidos a uma redução total de 2975 kWh ($\approx 260\text{€}$) no consumo anual de energia eléctrica destes ambientes padrão.

Deve salientar-se o facto de que a redistribuição adequada dos comandos do sistema de iluminação poder ser considerada uma medida de baixo custo de implementação, dado que não implica o investimento em novos acessórios, somente cablagem e mão-de-obra, o que é economicamente atractivo.

O uso de dispositivos de controlo da iluminação contribui eficazmente para a redução dos consumos de electricidade; a regulação do fluxo luminoso em combinação com células fotoeléctricas permite o aproveitamento da luz natural. Estimou-se uma redução de 35% dos consumos em iluminação nas salas de aula, pois o FLDM é de 70% para estes ambientes. Considerou-se um valor conservativo visto o FLDM ser um índice genérico, com elevada incerteza na avaliação do potencial de aproveitamento de luz natural. Extrapolando para o total de salas de aula, calculou-se uma redução anual de 12173 kWh no consumo do sistema de iluminação actual, o que proporciona a poupança de 1178€ na factura energética anual.

Por análise dos perfis de utilização do sistema de iluminação do exterior verifica-se que o tempo de utilização é programado por interruptor horário ou, em alguns casos, por célula fotoelétrica. O accionamento da iluminação exterior deve sempre ser efectuado por célula fotoelétrica, de modo a aproveitar ao máximo a intensidade de iluminação natural que sistematicamente é diferente ao longo do mês, que de outro modo seria desperdiçado pelo facto de interruptores horários necessitarem de constante programação para as constantes alterações nos níveis de iluminância da iluminação natural ao longo do mês.

Nas casas de banho não existe controlo do sistema de iluminação; é habitual o sistema de iluminação estar ligado durante o tempo de utilização correspondente ao período de funcionamento do estabelecimento. Logo o potencial de redução do consumo é grande, dado o tempo de utilização do ambiente ser composto por intervalos pequenos. O uso de detectores de presença constituiria uma medida eficaz de economia de electricidade. Supondo um tempo de utilização do ambiente de 20 minutos, em cada hora de funcionamento do estabelecimento, o uso de detectores de presença garantiria uma redução do consumo na ordem dos 66%, que se traduziria numa economia de 2361 kWh/ano ($\approx 235\text{€}/\text{ano}$) no consumo de energia eléctrica, valores calculados após substituição da tecnologia de iluminação pela simulada anteriormente.

Outra medida de controlo da iluminação é o “scheduling control” (ver secção 2.2.5) que aplicado aos corredores conclui uma racionalização eficaz da electricidade consumida neste ambiente. Com base em depoimentos realizados por funcionários e docentes dos estabelecimentos foi estimado que, durante o período de aulas, a necessidade de iluminação nos corredores é reduzida, assim como após o período de aula. Concluiu-se que em cada hora do horário de funcionamento normal da escola, em metade desse tempo os níveis de iluminância podem ser reduzidos pois a utilização desses espaços é pequena. Assim, nesses períodos apenas uma iluminância mínima de circulação será necessária pelo que, de um terço a metade das luminárias nesses períodos poderiam estar desligadas.

Admitiu-se um cálculo conservativo, em que um terço das luminárias poder ser desligada nestes períodos (30 minutos de cada hora de funcionamento normal da instalação), o que resulta numa economia de 1848 kWh/ano ($\approx 184\text{€}/\text{ano}$). A utilização conjunta desta tecnologia, com células fotoeléctricas, nas zonas com iluminação natural, pode aumentar a economia do consumo energético nestes ambientes, até 20%.

7.1.3.4. Computadores

Como visto para os equipamentos deste tipo nos estabelecimento, um computador portátil tem uma eficiência energética de 50% a 80% superior à de um computador de secretária. Os monitores LCD consomem, em média, 50 a 70% menos energia do que os monitores convencionais CRT.

Atendendo ao facto de as escolas estarem equipadas na sua generalidade com computadores de secretária com ecrã CRT, a substituição gradual por computadores portáteis e/ou ecrãs LCD transforma-se numa medida de conservação e racionalização do consumo de electricidade bastante atractiva. Conjugado com a sensibilização dos utilizadores e aplicação dos modelos de eficiência energética (“Energy Star”) que acompanham os recentes computadores a economia de energia pode aumentar significativamente.

Para o estabelecimento em estudo, existem 45 computadores de secretária, dos quais 80% com monitor CRT. Arbitrou-se que o consumo do monitor corresponde a um terço do consumo global de um computador de secretária (definido em 350W). A substituição por monitores LCD, que consomem em média 60% menos que os monitores CRT, proporciona a redução de 2406 kWh no consumo total anual deste tipo de equipamento, que equivale à economia anual de 233€.

Estimou-se também o potencial de conservação de energia eléctrica no caso de se optar pela substituição dos computadores de secretária por computadores portáteis. Apesar dos custos de investimento serem substancialmente maiores, a redução da factura energética é também bastante significativa. Supôs-se a substituição total de todos os computadores de secretária por computadores portáteis, o consumo anual dos equipamento actuais é de 15050 kWh, calculou-se a diminuição no consumo de electricidade considerando a redução média de 65% no consumo de cada computador. Esta medida oferece a diminuição do consumo anual em 9782 kWh (≈946€).

7.1.3.5. Sistema de Aquecimento

O sistema de aquecimento utilizado nos estabelecimentos de ensino do parque escolar da cidade do Porto é na sua generalidade assegurado por aquecimento local (radiadores a óleo, radiadores de resistências, termo ventiladores e acumuladores de calor)

O aquecedor eléctrico convencional, a óleo ou resistência, é um aparelho pouco eficiente devido a não ter capacidade de armazenamento de calor e ser utilizado durante horas de tarifário elevado. O desperdício energético é grande dada a elevada potência consumida (800

a 2400W) e o elevado tempo que demora a satisfazer as necessidades de temperatura de um determinado ambiente.

Uma alternativa a esta tecnologia é a utilização de acumuladores de calor. O princípio de funcionamento é igual ao do aquecedor convencional mas tem a capacidade de armazenar calor para ser utilizado num horário programado. Esta é uma tecnologia muito empregue em ambientes fechados e de tamanho reduzido; a capacidade de acumulação pode ser explorada no contexto do custo da energia, acumular calor em horários de vazio (baixo custo) para a utilização em horários de ponta (custo elevado).

Dado não existir um sistema de aquecimento fixo nos estabelecimentos deste modelo, pondera-se a instalação de dois acumuladores de calor em cada sala de aula. O custo unitário de um acumulador de calor + acessórios + reforço da potência dos quadros + mão-de-obra foi definido em 300€. Assim, para as cerca de 35 salas de aula existentes no estabelecimento, prevê-se um investimento de 21000€. Estimou-se uma potência de 1600W para cada acumulador de calor, ligado durante as horas de vazio (das 22h00 às 7h00) durante os quatros meses do horário de Inverno. O consumo anual da proposta será de 88704 kWh com um custo de 4878€. Os encargos anuais actuais em sistemas de aquecimento rondam os 1900€.

O sistema de aquecimento actual não satisfaz as necessidades térmicas do estabelecimento; funciona geralmente em tarifa diurna (elevados encargos energéticos); danifica/inutiliza os quadros eléctricos que não estão correctamente dimensionados para suportar o aumento de carga nos meses de utilização.

Face às características expostas do sistema de aquecimento actual, seria urgente a avaliação das necessidades específicas de todos os estabelecimentos com vista à instalação de um sistema de aquecimento personalizados a cada ambiente.

7.1.3.6. Análise tarifária

Com auxílio de folha de cálculo Microsoft Excel, foi possível simular os custos associados aos encargos energéticos do estabelecimento em estudo para diferentes modalidades tarifárias existentes, para clientes BTE ou MT, para médias utilizações (MU) e longas utilizações (LU). A simulação foi efectuada para o “valor” de potência contratada e instalada igual à vigente na escola E.1.2. Os resultados obtidos estão dispostos na tabela 7.9.

Mês	BTE -MU (€)	BTE-LU (€)	MT-MU (€)	MT-LU (€)
Jan	2.410	2.242	1.869	1.827
Fev	2.992	2.796	2.311	2.244
Mar	2.389	2.231	1.836	1.793
Abr	1.916	1.814	1.577	1.512
Mai	1.911	1.809	1.560	1.496
Jun	1.775	1.695	1.457	1.401
Jul	1.081	1.060	922	908
Ago	1.086	1.061	934	920
Set	935	932	816	810
Out	1.656	1.581	1.287	1.271
Nov	1.959	1.861	1.509	1.481
Dez	2.575	2.398	1.973	1.922
Totais	22.685	21.480	18.051	17.585

Tabela 7.9 - Encargos energéticos globais por modalidade tarifária.

Concluiu-se que a modalidade tarifária actual (BTE - LU) é a mais favorável em BTE. No entanto, é interessante verificar a redução dos encargos energéticos com a alteração da modalidade tarifária para MT, que proporcionaria reduções de até 4000€ por ano. No entanto, a alteração para a modalidade tarifária MT-LU implicaria um investimento na instalação de um Posto de Transformação. Seria necessário um estudo criterioso das condições de distribuição de energia em MT junto de cada estabelecimento de ensino, para se avaliar economicamente a alteração para a modalidade tarifária MT.

7.1.3.7. Compensação do factor de potência

A melhor opção, que traz maiores benefícios à instalação é a correcção centralizada, que consiste na montagem de um equipamento único no quadro geral de baixa tensão a jusante do interruptor geral.

Para o estabelecimento em estudo (E.1.2), o factor de potência médio é de 0.8 Para aumentar o factor de potência para o valor unitário deveria ser instalado uma bateria de condensadores de potência.

$$Q_{bc} = P_r (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) = 94 (\tan 36.87^\circ - \tan 0^\circ) = 70.5 \text{ kVar} \quad (7.1)$$

em que 94 é o valor da potência máxima requisitada.

A despesa anual com o consumo de energia reactiva é de 174€. Ora, uma bateria de condensadores de 75kVar tem um custo de aquisição, médio, de 1200€. Assim é fácil verificar que a implementação desta medida terá um retorno do investimento em 6,9 anos.

Salienta-se o facto de que esta proposta para a instalação de uma bateria de condensadores de 75kVar toma como dados os valores de factor de potência da instalação antes de qualquer reabilitação. Como já foi referido, o uso de balastros electrónicos induz a factores de potência maiores o que poderá reduzir o investimento necessário na aquisição da bateria de condensadores.

7.1.3.8. Instalação de colectores solares para aquecimento de águas sanitárias

Para o aquecimento de águas sanitárias, o dimensionamento da área de colectores solares é definido para aproveitar, a área disponível num pavilhão. O consumo médio de um duche é 40litros por pessoa. Como temos uma taxa de utilização a rondar as 100 pessoas por dia, o consumo médio diário é de 4000 litros. A área passível de se instalar colectores é a área do campo de jogos; definiu-se uma área disponível de cerca de 33m².

Considera-se um colector solar plano selectivo com as seguintes características:

Rendimento Óptico	0.792
Factor de perdas ópticas	4.63 W/m ² /°C
Comprimento	2,5 m
Largura	1.2 m
Peso Bruto	50 kg
Orientação	Sul
Inclinação	45°

Tabela 7.10 - Características do painel solar plano selectivo.

Com base nestes valores e sabendo que a energia média anual fornecida por um sistema de colectores solares é de 660kWh/m² e tem um custo de 500€/m², somente resta definir a área de colectores a instalar. Tipicamente, a área de jogo de um pavilhão desportivo é de cerca de 500m², é uma boa aproximação considerar a instalação média de 33m² de colectores solares o pavilhão, o que leva a uma produção anual de energia de 21780kWh.

Dada a área disponível na cobertura, é possível a instalação de uma área maior de colectores solares no entanto, para efeitos de cálculo, considera-se esta área de base,

podendo-se extrapolar para uma maior área, desde que esteja disponível a mesma quantidade de luz natural para todos os colectores.

Para o pavilhão gimno-desportivo da escola E.1.2, em que a caldeira é alimentada a propano, sabe-se que um m^3 de propano produz cerca de 25.1163 kWh, com rendimento de 70%, para a produção de uma mesma quantidade de energia obtida pelos colectores solares, são necessários 1239 m^3 . Economicamente, a instalação de 33 m^2 de colectores solares tem um custo de 16500€, o custo do combustível é de cerca de 1.1 €/m³, logo o necessário para a geração de uma mesma quantidade de energia anual será de 1362€, o período de retorno do investimento é de 12,1 anos.

7.1.4. Potencial de Economia de energia eléctrica total

No caso específico do estabelecimento de ensino E.1.2, o potencial de economia de energia eléctrica total, foi calculado somando as economias propostas ao nível da instalação eléctrica, calculadas individualmente nos parágrafos anteriores. Os vários potenciais individuais foram calculados independentemente entre si, isto é, sem relacionar a economia associada de todas as propostas mas da sua potencialidade relativamente ao estado actual da instalação eléctrica (tabela 7.11).

Por exemplo, o potencial económico e energético das propostas de reabilitação do comando e controlo da iluminação foram obtidos para o sistema de iluminação actual, não sobre a melhor tecnologia de iluminação proposta.

Proposta de reabilitação	Balanço de Economia Anual		
	Energia [kWh/ano]	Valor [€/ano]	[%] ⁸
Sistema de Iluminação			
Tecnologia de Iluminação			
Ambientes padrão	36086	3739	19%
Iluminação exterior	1250	200	1%
Controlo e comando			
Segmentação do comando	2975	313	2%
Regulação Automática do Fluxo Luminoso	12173	1178	7%
Sensores de presença	2361	235	1%
“Scheduling Control”	1848	184	1%
Computadores			
Substituição por monitores LCD	2406	233	1%
Substituição por computadores portáteis	9782	946	5%
Outras propostas			
Compensação do factor de potência		174	
Instalação de Colectores Solares		1362	
Total da Instalação	69873	8669	

Tabela 7.11 - Potencial económico e energético global.

Concluindo, a implementação das medidas de reabilitação propostas permitiriam reduzir os consumos energéticos da instalação superiores a 20% do consumo total do estabelecimento de ensino E.1.2. verificado no ano de 2008.

⁸ Redução face ao cenário actual.

7.2 - Estabelecimento de ensino - modelo M2

Para a aplicação de metodologias nas escolas deste modelo, procedeu-se à análise de uma delas, podendo os resultados serem extrapolados, para as outras escolas integrantes deste modelo. O estabelecimento de ensino escolhido foi a Escola EB 2,3 Leonardo Coimbra (E.2.1).

7.2.1. Análise dos consumos energéticos

De acordo com as características arquitectónicas e eléctricas dos ambientes caracterizados para os estabelecimentos deste modelo, definiram-se 6 ambientes-padrão, tomando como base a escola E.2.1. Os ambientes foram classificados segundo a sua função/dimensão ou actividade desenvolvida.

Os ambientes-padrão são: duas salas de aula com diferentes dimensões; sala de apoio ao ensino; arrumos; casas de banho e corredor. São os ambientes mais comuns na instalação, facilitando a análise representativa e minuciosa das mesmas.

7.2.1.1. Factura de electricidade

A análise das facturas de electricidade foi realizada a partir do estudo de 12 facturas expedidas pela concessionária EDP, abrangendo o período de Outubro de 2007 a Setembro de 2008. As características do tarifário actual e consumos específicos mensais de cada escola deste modelo podem ser visualizados no ANEXO II.

7.2.1.2. Iluminação

Uma vez definidas as salas a estudar, partiu-se para a verificação dos níveis de iluminância dos mesmos, com auxílio do luxímetro. Na tabela 7.12, estão definidas as iluminâncias recomendadas para os vários ambientes-padrão considerados. Note-se que o valor recomendado pela tabela 2.1 para salas de aula é de 300 lux, e o valor que usamos na

análise do sistema de iluminação das salas de aula foi de 350lux isto porque, a CIE recomenda um mínimo de 200 lux e máximo de 500 lux, sendo a média desta recomendação a utilizada para efeitos de cálculo.

A verificação da iluminância actual dos vários ambientes padrão foi realizada por um processo de amostragem, isto é, foi medida a iluminância em cada quatro ambientes com a mesma classificação, através do equipamento de medida luxímetro, tendo em atenção efectuar as medições durante a noite ou com o ambiente protegido da irradiação solar, evitando a influência da iluminação natural nos resultados. A tabela 7.12 mostra os valores médios de iluminância actual medidos assim como os valores recomendados adaptados da CIE.

Na perspectiva de avaliar o potencial económico global da instalação, procedeu-se à obtenção do índice de eficiência energética (I.E.E) em cada um dos ambientes padrão. Pretendendo-se uma análise global, decidiu-se estimar o I.E.E para a área e potência instalada envolvida em todos os espaços de cada ambiente padrão.

O ambiente-padrão, “Sala Aula Tipo 1” diz respeito a nove salas idênticas de 42,5 m², com uma média de 780W de potência instalada em iluminação em cada sala.

O ambiente-padrão, “Sala Aula Tipo 2” diz respeito a vinte salas de 60 m², cada uma com potência instalada em iluminação de 1430W.

Para o ambiente-padrão, “Sala de apoio”, temos um conjunto de oito salas idênticas de 8 m² com potência instalada de 195W em cada uma delas.

O ambiente-padrão “Arrumos” é composto por vinte e uma células de 3.75 m² com uma potência instalada de 200W.

O ambiente-padrão, “Corredor”, que engloba os quatro existentes no estabelecimento, com cerca de 38m² cada, tem uma potência instalada em cada um deles de 1200W.

Finalmente, o ambiente-padrão, “Casa de banho”, é constituído por oito células semelhantes, com cerca de 14.5 m² cada, onde se verificou uma potência instalada individual de 130W. A tabela 7.12 exhibe os dados obtidos no conjunto de células de cada ambiente padrão.

Tipo de Ambiente	Medições			Dados	
	Área (m ²)	Potencia instalada (kW)	I.E.E (W/m ² .100lux)	Média	Recomendada
Sala Aula-Tipo 1	380,3	7,02	4,34	425	350
Sala Aula-Tipo 2	1183	28,6	5,69	425	350
Sala de Apoio	64	1,56	6,50	375	250
Arrumos	78,75	4,2	26,67	200	100
Corredor	152	4,68	15,40	200	100
Casa de banho	117	1,04	4,44	200	200
Média Global			10,51		

Tabela 7.12 - Dados de diagnóstico energético e iluminância média actual.

Através da análise rápida desta tabela verificou-se que o sistema de iluminação é pouco eficiente e os níveis de iluminância estão um pouco acima do recomendado.

Em termos de valores médios, o I.E.E é elevado ($10.51 \text{ W/m}^2.100\text{lux}$, com o máximo de $26.67 \text{ W/m}^2.100\text{lux}$ para os arrumos) quando comparado o I.E.E máximo de $3 \text{ W/m}^2.100\text{lux}$ remendado para estabelecimentos de ensino (valor referido para as salas de aulas). Deve-se sobretudo ao uso intensivo de tecnologias ineficientes e à falta de aproveitamento de iluminação natural.

Os níveis de iluminância, no geral, estão acima do recomendado, pouco significativo para as salas de aula e de apoio mas, de 100% para os arrumos, casas de banho e corredor, o que demonstra mais uma vez um elevado desperdício de energia.

Relativamente às tecnologias de iluminação encontradas na instalação, a tabela seguinte apresenta as várias lâmpadas encontradas nas instalações da escola E.2.1. A utilização de lâmpadas fluorescentes ineficientes é sobejamente utilizada, 84% (fluorescentes convencionais de 58W) e somente 6% de fluorescentes eficientes de 36W.

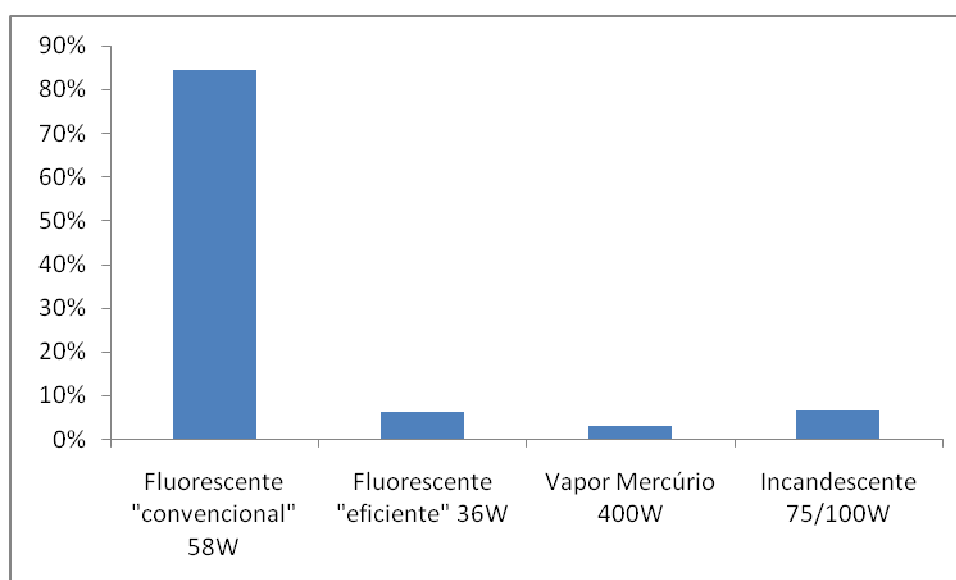


Figura 7.8 - Distribuição percentual das lâmpadas existentes na escola E.2.1.

Ao nível dos consumos energéticos, estimou-se uma utilização média anual de 200 dias de funcionamento normal para todos os ambientes-padrão definidos, estando englobados todos os espaços de cada ambiente-padrão. Os horários de funcionamento, o factor de utilização (F.U), os consumos energéticos anuais e o encargo anual com o sistema de iluminação estão representados na tabela 7.13, com V (Vazio), C (Cheias) e P (Ponta). As mesmas informações, relativas aos restantes ambientes, não definidos como padrão encontram-se no ANEXO III.

Ambiente Padrão	Tempo utilização (horas)					Consumo anual (kWh)				Encargo
	Horário	F.u	V	C	P	C	P	V	Total	Anual (€)
Sala Aula-Tipo 1	7h30 - 18h30	0,7	0,5	8	2,5	7862	2457	491	10811	1021
Sala Aula-Tipo 2	7h30 - 18h30	0,7	0,5	8	2,5	32032	10010	2002	44044	4161
Sala de Apoio	7h30 - 18h30	0,7	0,5	8	2,5	1747	546	109	2402	227
Arrumos	7h30 - 20h00	0,25	0	8	4	1680	840	0	2520	251
Corredor	7h30 - 20h00	0,7	0	8	4	5242	2621	0	7862	783
Casas de Banho	7h30 - 20h00	1	0	8	4	1664	832	0	2496	249
Total						50227	17306	2603	70136	6691

Tabela 7.13 - Consumo e encargo anual global da iluminação dos ambientes padrão.

7.2.1.3. Computadores

Quanto à utilização de computadores pessoais, a escola contém cerca de 40 aparelhos, 92% dos quais com certificado “Energy Star” para poupança de energia. No entanto, a tecnologia “Energy Star” só é eficaz se os utilizadores tirarem proveito desta tecnologia, o que provou ser verdade no estabelecimento em estudo. Assim estimou-se uma potência total instalada de 10 kW (média de 250W cada). Verificou-se também que a maioria dos aparelhos permanece ligada, em modo “stand-by”.

Para a aferição dos encargos anuais relativos a este tipo de equipamento, tomou-se como norma o horário de funcionamento normal do estabelecimento de ensino (das 8h00 às 18h00), com uma taxa de utilização de 50% (F.u = 0,5). Verificou-se um consumo anual de 10000 kWh por ano, o que representa um encargo anual de 968 €.

7.2.1.4. Sistema de aquecimento

Devido ao facto de não existir um sistema global de ar condicionado nem aquecimento fixo generalizado, estão dispostos aleatoriamente, pelas salas, aquecedores eléctricos, com excepção de duas salas e a Biblioteca onde já se encontram instalados dois acumuladores de calor fixos. Em termos de potência instalada podemos apurar uma potência de 17 kW para aquecedores “convencionais” e de 7,2 kW para acumuladores de calor.

A utilização deste tipo de equipamento centra-se nos meses de Inverno e, no caso de aquecedores “convencionais”, no horário de funcionamento diário normal das 8h00 às 18h00, com um factor de utilização de 0,7 (aquecedores “convencionais”), por um período de quatro meses. Caso contrário, para acumuladores de calor, faz-se uso da tarifa em vigor e o seu

funcionamento centra-se nas horas de vazio (00h00 às 7h00), com um factor de utilização de 1,0, igualmente para um período de quatro meses.

Assim, pode considerar-se um consumo anual total das duas tecnologias de aquecimento de 15120 kWh, que representa um encargo anual de 1273€. O elevado encargo económico é um valor bastante conservativo, visto a utilização de aquecimento não ser permanente durante os quatro meses considerados.

7.2.1.5. Equipamento Cantina/Bufete

Com os valores recolhidos aquando levantamento de dados efectuado durante as visitas às escolas, foi possível esclarecer a potência instalada referente a este tipo de utilização. Os equipamentos são muito variados pelo que a sua descrição e potência característica podem ser consultados no ANEXO IV.

Para a análise dos encargos energéticos deste tipo de equipamento há que definir o horário de funcionamento característico dos mesmos. Sendo a maioria do equipamento pertencente à cantina, o horário de funcionamento normal é das 10h00 às 15h00 (temporário). Estimou-se, igualmente, um funcionamento anual de duzentos dias, pelas razões já descritas.

Além disso, existe equipamento a funcionar permanentemente, especialmente equipamento de refrigeração. Para este tipo de equipamentos, visto o horário de utilização real ser desconhecida, supôs-se que 70% do consumo é realizado nas horas de cheias, 20% nas horas de ponta e 10% nas horas de vazio. Os consumos anuais médios característicos podem ser consultados no ANEXO IV.

Os horários de funcionamento, o factor de utilização (F.u), os consumos energéticos anuais e o encargo anual global com o equipamento de cantina/bufete estão representados na tabela 7.14.

Equipamento	Tempo utilização (horas)					Consumo anual (kWh)				Encargo Anual (€)
	Horário	F.u	V	C	P	C	P	V	Total	
Cantina+Bufete										
Uso temporário	10h00 - 15h00	0,5	0	3,5	1,5	9310	3990	0	13300	1309
Uso permanente	0h00 - 24h00	1	10	10	4	5220	2610	870	8700	827
Total						14530	6600	870	22000	2137

Tabela 7.14 - Consumo e encargo anual global dos equipamentos da instalação

7.2.1.6. Equipamento representação gráfica e audiovisual

Estes equipamentos são na sua generalidade projectores e impressoras, num total de vinte e quatro equipamentos. A sua taxa de utilização é bastante reduzida pelo que a sua fatia nos encargos energéticos da instalação é pouco significativa.

Considerou-se uma taxa de utilização deste tipo de equipamento de 20%, durante o período de funcionamento normal do estabelecimento (8h00 às 18h00), verificando-se um consumo anual de 960 kWh, reproduzindo um encargo anual de 93€. No entanto, há que frisar o facto de maioria destes equipamentos estarem no modo “stand-by” 24h por dia.

7.2.2. Resumo dos encargos energéticos

Com base no referido nas secções anteriores, é possível desagregar os consumos pelos seus diferentes usos finais conforme mostrado na figura 7.9.

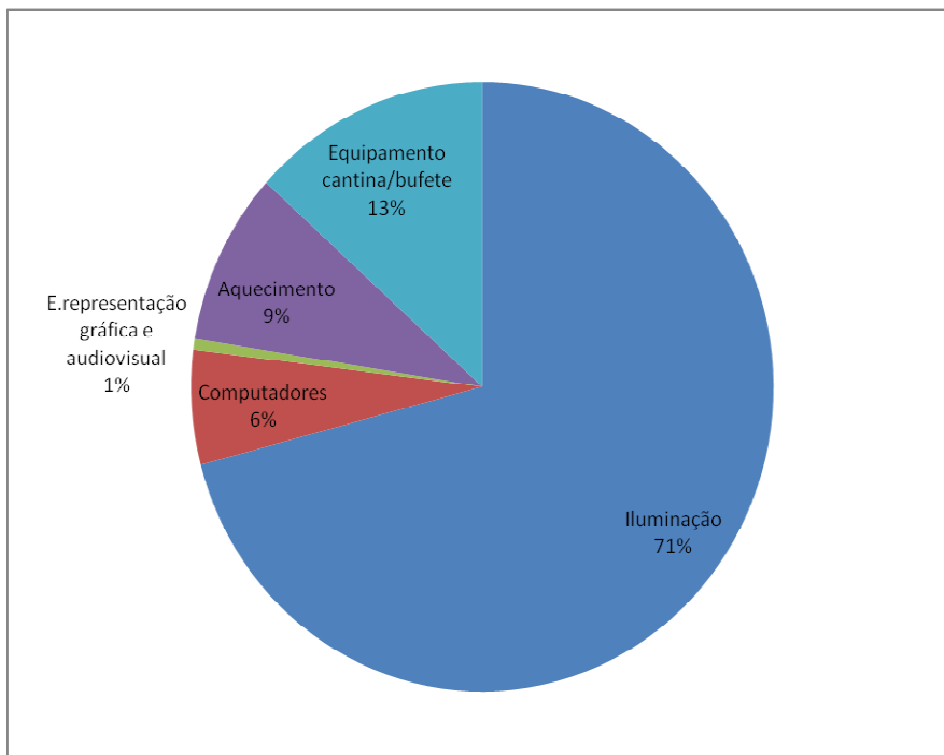


Figura 7.9 - Distribuição do consume energético na escola E.2.1.

7.2.2.1. Disponibilidade de iluminação natural

Esta análise permitiu avaliar as condições de luz natural dos estabelecimentos deste modelo, como base para aplicação de metodologias de reabilitação visando o aproveitamento da luz natural.

Considerou-se o horário de utilização das 7h00 às 18h00 e uma obstrução à vista do céu pela superfície envidraçada, pelo que se considera um ângulo de 60°. Para o ambiente-padrão “Sala de Aula - Tipo 2”, a tabela 7.15 mostra os valores usados para o cálculo do FLDM e o resultado obtido.

Perímetro da Sala (m)	31.2
Altura da Sala (m)	2.8
Área Envidraçada (m ²)	18
Área Tecto e Pavimento (m ²)	59.2
Área Paredes (m ²)	69.4
Área Total (m ²)	205.7
ρ_{tecto}	0.4
ρ_{paredes}	0.3
$\rho_{\text{pavimento}}$	0.1
τ	0.9
ρ	0.27
α (°)	60
FLDM	5.0

Tabela 7.15 - Cálculo do factor de luz do dia médio na escola E.2.1.

Obteve-se, assim, um FLDM de 5.0%, o que significa que, para se atingir uma iluminância média de 350 lux no interior da sala, é necessário que a luminosidade exterior seja de pelo menos $350/0.05 = 7000$ lux.

Consultando o diagrama da tabela 3.2 para a latitude de 41°N (Cidade do Porto), concluiu-se que a luz natural é suficiente, em 85% do tempo de utilização do ambiente padrão “Sala de Aula - Tipo 2”.

7.2.3. Aplicação de metodologias de reabilitação ao nível da instalação eléctrica

7.2.3.1. Tecnologia de Iluminação

A economia de energia em sistemas de iluminação pode ser calculada através de simulações onde se substitui o sistema de iluminação actual por outros de tecnologia mais adequada e eficiente, levando em conta, também, outros factores de redução dos consumos de energia eléctrica.

O sistema de iluminação usado como referência foi projectado para ambientes-padrão, com dimensões médias muito semelhantes, nas diferentes escolas visitadas. Tentou-se obter um número razoável de ambientes padrão de forma a generalizar os diferentes espaços de cada escola. A tabela 7.16 mostra as características físicas desses ambientes.

Ambiente	Dimensões (m)	Altura luminária (m)	Plano de trabalho (m)	Iluminância recomendada (lux)
Sala Aula-Tipo 1	6,5x6,5	2.8	0.85	350
Sala Aula-Tipo 2	9.1x7	2.8	0.85	350
Sala Apoio	4x2	2.8	0.85	250
Arrumos	2x1,5	2.8	0.85	100
Corredor	25x2	2.8	0.85	100
Casa de Banho	4,5x3.25	2.8	0.85	200

Tabela 7.16 - Características físicas dos ambientes-padrão.

Com auxílio do software Dialux, versão 4.6, foram simulados diversas soluções ao nível de sistemas de iluminação, para cada ambiente padrão. As figuras 7.11 a 7.14 apresentam as simulações para o caso do ambiente classificado como “Sala de Aula - Tipo 2”. Consideraram-se os graus de reflexão 40:30:10 (índice de reflexão de 40% para o tecto, 30% para as paredes e 10% para o pavimento), para todos os ambientes padrão, excepto na “Casa de Banho”, onde se considerou os graus de reflexão 70:50:30.

O índice de manutenção foi fixado em 0,65 pois a frequência de manutenção e limpeza das luminárias é feita bienalmente, que fomenta a acumulação de sujidade e consequente redução do rendimento luminoso das luminárias.

Todas as luminárias e lâmpadas consideradas na presente simulação foram retiradas dos catálogos da PHILIPS.

A figura 7.11 mostra o arranjo e níveis de iluminância de 11 luminárias de duas lâmpadas fluorescentes tubulares de 58W ($\Phi = 5200$ lm) e balastro convencional, a composição actualmente existente numa “Sala de Aula - Tipo 2”. As figuras 7.12 e 7.13 mostram os resultados luminotécnicos para o mesmo arranjo de luminárias, mas com duas lâmpadas de T8

de 36W ($\Phi = 3350\text{lm}$) e de 32W ($\Phi = 3200\text{lm}$) de alta eficiência, respectivamente. A figura 7.10 mostra a curva fotométrica da luminária considerada.

Com vista a avaliar o potencial de economia com a alteração de tecnologia de lâmpadas, realizou-se uma simulação para uma sala com o tecto de cor branca (alteração da cor do tecto é uma medida simples de eficiência energética, como já foi referido, que proporciona uma redução da potência instalada em iluminação), com luminárias de uma única lâmpada de T5 de 28W ou de 35W ($\Phi = 3300\text{lm}$) com balastro electrónico. Esta proposta implica a substituição das luminárias, pois o comprimento das luminárias existentes é incompatível com este tipo de lâmpadas (T5). Assim sendo, procurou-se realizar um novo projecto luminotécnico provocando a alteração do número e da disposição das luminárias.

Simulação para “Sala de Aula - Tipo 2”

O sistema de iluminação actual é composto de luminárias com duas lâmpadas fluorescentes T8 de 58W, apresentando um índice de eficiência energética de $5.57\text{ W/m}^2.100\text{lux}$, com iluminância média de 443 lux, com iluminância mínima de 26% da iluminância máxima e 34% da iluminância média. A distribuição da iluminância e resultados luminotécnicos estão apresentados na figura 7.11.

Para a simulação com luminárias de duas lâmpadas fluorescentes T8 de 36W, os resultados apresentados na figura 7.12 mostram uma iluminância 36 lux com índice de eficiência energética de $3.46\text{ W/m}^2.100\text{lux}$, com iluminância mínima de 25% da iluminância máxima e 38% da iluminância média.

O sistema simulado constituído por luminárias de duas lâmpadas fluorescentes T8 de 32W apresenta um índice de eficiência energética de $2.59\text{ W/m}^2.100\text{lux}$, com iluminância média de 366 lux, com iluminância mínima de 46% da iluminância máxima e 58% da iluminância média.

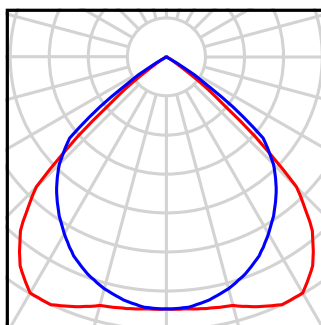
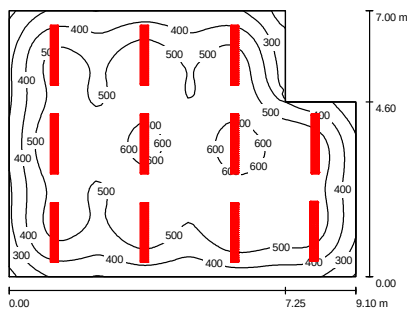


Figura 7.10 - Curva fotométrica para a luminária do sistema de iluminação actual no ambiente-padrão avaliado.



Uniformidades no plano de uso

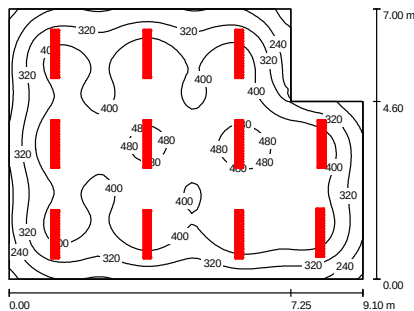
$E_{\min}/E_{\text{méd}}: 0.331(1:3)$

$E_{\min} / E_{\text{máx}}: 0.249 (1:4)$

Iluminância média [lux] = 481

Potência específica: $24.69 \text{ W/m}^2 = 5.13 \text{ W/m}^2/100 \text{ lux}$
(Superfície básica: 59.26 m^2)

Figura 7.11 - Dados luminotécnicos da “Sala de Aula - Tipo 2”, sistema actual.



Uniformidades no plano de uso

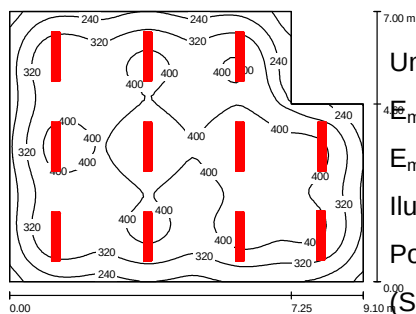
$E_{\min}/E_{\text{méd}}: 0.328(1:3)$

$E_{\min} / E_{\text{máx}}: 0.242 (1:4)$

Iluminância média [lux] = 386

Potência específica: $13.36 \text{ W/m}^2 = 3.5 \text{ W/m}^2/100 \text{ lux}$
(Superfície básica: 59.26 m^2)

Figura 7.12 - Dados luminotécnicos da “Sala de Aula - Tipo 2”, sistema com lâmpadas de 36W.



Uniformidades no plano de uso

$E_{\min}/E_{\text{méd}}: 0.342(1:3)$

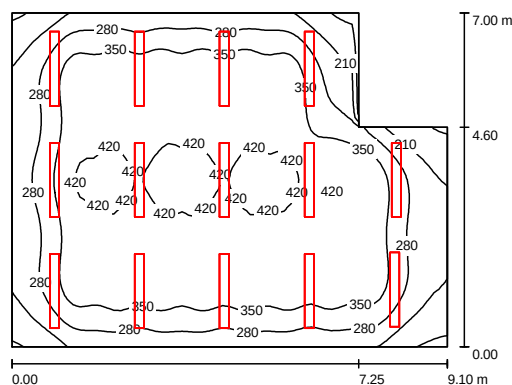
$E_{\min} / E_{\text{máx}}: 0.255 (1:4)$

Iluminância média [lux] = 355

Potência específica: $11.88 \text{ W/m}^2 = 3.35 \text{ W/m}^2/100 \text{ lux}$
(Superfície básica: 59.26 m^2)

Figura 7.13 - Dados luminotécnicos da “Sala de Aula - Tipo 2”, sistema com lâmpadas de 32W.

Para a nova instalação composta por luminárias de uma lâmpada T5 de 35W, o índice de eficiência energética é $2.71 \text{ W/m}^2.100\text{lux}$, iluminância média de 340 lux e com iluminância mínima de 28% da iluminância máxima e 37% da iluminância média.



Uniformidades no plano de uso

$E_{\min} / E_{\text{méd}}: 0.366 (1:3)$

$E_{\min} / E_{\text{máx}}: 0.282 (1:4)$

Iluminância média [lux] = 340

Potência específica: $9.21 \text{ W/m}^2 = 2.71 \text{ W/m}^2/100 \text{ lux}$

(Superfície básica: 59.26 m^2)

Figura 7.14 - Dados luminotécnicos da “Sala de Aula - Tipo 2”, sistema com tecnologia T5.

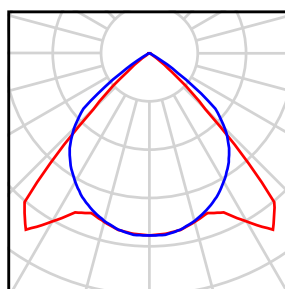


Figura 7.15 - Curva fotométrica utilizada na simulação para tecnologia T5.

Comparando as simulações realizadas, do ponto de vista exclusivamente técnico, concluiu-se que o melhor sistema de iluminação é o formado por 14 luminárias de uma única lâmpada T5 de 35W. No entanto, do ponto de vista económico o melhor sistema será o composto por lâmpadas T8, pelo facto dos custos de reabilitação dizerem exclusivamente respeito à substituição de lâmpadas e balastros (ver tabela 7.19).

Entre os sistemas compostos por lâmpadas T8 de 32W e de 36W, visto o critério da uniformidade ser muito semelhante, o sistema constituído por lâmpadas T8 de 32W verifica um I.E.E menor, pelo que foi o preferido, já que contribui para uma melhor eficiência energética do sistema de iluminação.

Os restantes ambientes padrão, excepto para os “Arrumos” e “Casa de Banho”, também foram simulados recorrendo aos mesmos três modelos de luminárias/lâmpadas usados para o ambiente classificado de “Sala de Aula - Tipo 2” (Luminária+Lâmpada T8 - 36W; Luminária+Lâmpada T8 - 32W; Luminária+Lâmpada T5 - 28W/35W).

Para o ambiente padrão “Arrumos”, que é composto por luminária com duas lâmpadas incandescentes, foi simulado com a substituição por lâmpadas fluorescentes compactas para várias gamas de potência da lâmpada. As lâmpadas consideradas foram: MASTER PL-C 26W/830/2P 1CT; MASTER PL-C 18W/830/2P 1CT.

Como foi verificado, a iluminância do ambiente padrão “Casa de Banho” já se encontra no valor recomendado, pelo que a proposta de reabilitação centra-se na alteração das luminárias por tecnologia mais eficiente. Simulou-se a modificação do sistema de iluminação por luminárias com uma lâmpada T5 de 35W, que proporciona o nível de iluminância recomendado e, que torna o ambiente mais energeticamente eficiente.

Os sistemas de iluminação distinguidos encontram-se na tabela 7.17, a negrito, seleccionados sob o ponto de vista técnico, isto é, sem atender aos encargos económicos associados à alteração de tecnologia do sistema de iluminação. Os sistemas de iluminação propostos a sublinhado demonstram a melhor opção, para o caso de se optar pelo retrofit de tecnologia T8.

As luminárias foram seleccionadas segundo o critério de eficiência energética, isto é, foram consideradas as que permitem uma maior eficácia luminosa (reflectores de alumínio de alta pureza), sem atender aos custos de substituição das anteriormente instaladas.

Ambiente	I.E.E [W/m ² .100lux]	Eméd [lux]	Emin/Emáx	Emin/Eméd	Equipamento
Sala de Aula- Tipo 1	2.25	370	0.39	0.52	9 Luminárias de 1xT5 - 35W
	2.63	389	0.46	0.58	<u>6 Luminárias de 2xT8 - 32W</u>
	2.40	425	0.44	0.55	<u>6 Luminárias de 2xT8 - 36W</u>
Sala de Aula- Tipo 2	2.71	340	0.28	0.37	14 Luminárias de 1xT5 - 35W
	3.35	355	0.26	0.34	<u>11 Luminárias de 2xT8 - 32W</u>
	3.50	389	0.24	0.33	<u>11 Luminárias de 2xT8 - 36W</u>
Sala de Apoio	2.37	253	0.25	0.42	3 Luminárias de 1xT5 - 28W
	2.27	264	0.33	0.51	<u>3 Luminárias de 1xT8 - 32W</u>
	2.55	287	0.27	0.43	<u>3 Luminárias de 1xT5 - 35W</u>
Arrumos	15.22	111	0.65	0.78	2 Luminárias de 1xPL-C-18W
	12.92	131	0.60	0.71	1 Luminárias de 2xPL-C-18W
	12.01	91	0.73	0.81	1 Luminárias de 1xPL-C-26W
Corredor	3.75	173	0.43	0.54	9 Luminárias de 1xT8 - 36W
	3.56	162	0.46	0.55	<u>9 Luminárias de 1xT8 - 32W</u>
	3.58	125	0.32	0.46	7 Luminárias de 1xT5 - 28W
Casa de Banho	4.14	197	0.44	0.59	3 Luminária de 1xT5 - 35W

Tabela 7.17 - Resumo dos resultados das simulações para as diferentes tecnologias e ambientes padrão.

Analisou-se economicamente a substituição de tecnologia de iluminação, fez-se uma comparação entre o sistema de iluminação actual e o melhor sistema alternativo, apresentado na tabela 7.18. A variação do consumo e dos encargos anuais associados a estes dois sistemas de iluminação estão igualmente comparadas na tabela 7.18.

Ambiente	[W/m ²]		Potência Instalada (kW)			Consumo Anual (kWh)		Custo Anual de Energia Eléctrica (€)		
	Actual	M.Opção ⁹	Actual	M.Opção	Δ(%) ¹	Actual	M.Opção	Actual	M.Opção	Δ(%) ¹⁰
Sala de Aula-Tipo 1	18,46	7,46	7,02	2,84	-60	10811	4366	1021	412	60
Sala de Aula-Tipo 2	24,18	8,28	28,60	9,80	-66	44044	15092	4161	1426	66
Sala de Apoio	24,38	10,50	1,56	0,67	-57	2402	1035	227	98	57
Arrumos	53,33	9,60	4,20	0,76	-82	2520	454	251	45	82
Corredor	30,79	5,16	4,68	0,78	-83	7862	1317	783	131	83
Casa de Banho	8,89	7,18	1,04	0,84	-19	2496	2016	249	201	19

Tabela 7.18 - Comparação do consume e encargo energético anual do sistema de iluminação actual com a melhor opção simulada.

Passemos agora ao cálculo do período de retorno de investimento para a substituição do sistema de iluminação. Apesar de as opções mais eficientes (tecnologia de lâmpadas T5) serem as preferidas, o custo associado à sua implementação é substancialmente maior que a substituição por tecnologia de lâmpadas T8. A alteração do sistema de iluminação por tecnologia T8 implica um custo unitário do conjunto Lâmpada T8 -2x32/36W+Balastro electrónico (L+B (T8)) de 28,5€, enquanto para a substituição por tecnologia de lâmpadas T5 implica um custo unitário do conjunto Lâmpada T5 - 1x28/35W+Balastro electrónico+Luminária (L+B+L (T5)) de 130.5€.

Para a substituição do sistema de iluminação do ambiente padrão “Arrumos”, o custo unitário do conjunto Lâmpada PL-C 18W+Luminária é de 90€. O período de investimento encontra-se na tabela 7.19, dado se tratar da substituição de Luminária+Lâmpadas, os valores foram inseridos na coluna da direita, para a melhor visualização dos resultados

Verifica-se que o período de retorno do investimento total ocorre num prazo até 6 anos para a tecnologia de lâmpadas T8 e, de até 24 anos para a tecnologia de lâmpadas T5. O período de retorno de investimento para o ambiente padrão “Casa de Banho” é muito elevado pois o sistema de iluminação actual já se encontra bem dimensionado, pelo que se torna inviável o retorno do investimento quando se emprega somente a economia relativa aos encargos energéticos desse mesmo ambiente. Os períodos de retorno de investimento para os vários tipos de salas encontram-se na tabela 7.19.

⁹ A Melhor Opção dos sistemas de iluminação simulados, sob o ponto de vista técnico.

¹⁰ Δ (%) é a variação em percentagem entre o valor actual e o valor para a melhor opção simulada.

É importante salientar que o período de retorno de investimento é calculado, somente, no caso da substituição directa de tecnologia, isto é, um tempo de utilização igual dos novos sistemas de iluminação.

Ambiente	Substituição Total (€)		R. Investimento (anos)	
	L+B (T8)	L+B+L (T5)	L+B (T8)	L+B+L (T5)
Sala de Aula-Tipo 1	1728	10570,5	3,3	17,4
Sala de Aula-Tipo 2	352	36540	0,2	13,4
Sala de Apoio	684	3132	5,9	24,2
Arrumos	0	1890	0,0	9,2
Corredor	1152	3654	2,9	5,6
Casa de Banho	0	3132	0,0	65,5

Tabela 7.19 - Investimento necessário e período de retorno.

Concluindo, a substituição total dos sistemas de iluminação implica investimentos muito grandes e portanto pouco interessantes. Contudo a substituição directa dos sistemas de iluminação actual pelo sistema simulado para luminárias de lâmpadas T8, possibilita períodos de retorno de investimento muito atractivos.

7.2.3.2. Iluminação exterior

Relativamente a iluminação exterior, as lâmpadas usadas são as comuns lâmpadas incandescentes. O retrofit¹¹ deste tipo de tecnologia por lâmpadas fluorescentes compactas conduz a uma redução significativa no consumo de electricidade. A eficiência luminosa das lâmpadas fluorescentes compactas é bastante mais elevada e como a iluminância pretendida no exterior está bem dimensionada, o retrofit é o modelo a seguir na reabilitação da instalação.

No caso da escola E.2.1, a substituição de 20 lâmpadas incandescentes de 75W ($\Phi = 1200\text{lm}$) por 20 lâmpadas fluorescentes compactas de 18W ($\Phi = 1200\text{ lm}$) constitui uma

¹¹ Retrofit - modernização do sistema de iluminação através da substituição directa da tecnologia de iluminação, entenda-se, tecnologia de lâmpadas.

redução de 2508 kWh/ano no consumo de electricidade, que proporciona reduções nos encargos energéticos na ordem dos 176€/ano.

7.2.3.3. Controlo e comando de iluminação

Foi possível verificar que nas salas, “Sala de Aula - Tipo 1” e “Sala de Aula - Tipo 2”, o comando da iluminação é realizado por comutador de lustre, dividindo o sistema de iluminação em duas zonas, perpendicularmente à janela, não permitindo um adequado aproveitamento da iluminação natural.

A reorganização dos circuitos de comando (definição de zonas, paralelas às janelas; aumento do número de zonas) permite adaptar o número de luminárias em funcionamento às necessidades actuais dos locais. Por inspecção visual dos ambientes-padrão considerados, verificou-se que o controlo de todo o sistema de iluminação através de dois interruptores leva a que todo o sistema esteja ligado durante o horário de funcionamento normal da instalação por duas razões: comando aleatório das luminárias; pouca selectividade.

Estimou-se que duas lâmpadas em cada sala do ambiente-padrão “Sala de Aula - Tipo 1” podia ser desligada selectivamente e, pelo mesmo raciocínio, quatro lâmpadas em cada sala do ambiente “Sala de Aula - Tipo 2”. Daí resultando a redução em 10% nos consumos em iluminação.

É plausível assim estimar a economia no consumo energético relativo ao posicionamento e segmentação dos interruptores. Estimou-se, então, que 10% da energia total consumida pela iluminação em salas de aula (“Sala de Aula - Tipo 1”, “Sala de Aula - Tipo 2”) é desperdiçada devido à má disposição e selectividade dos interruptores de comando. Transpondo para o caso em estudo, somas conduzidas a uma redução total de 5485 kWh ($\approx$ 518€) no consumo anual de energia eléctrica destes ambientes padrão.

Deve salientar-se o facto de que a redistribuição adequada dos comandos do sistema de iluminação, poder ser considerada uma medida de baixo custo de implementação, dado que não implica o investimento em novos acessórios, somente cablagem e mão-de-obra, o que é economicamente atractivo.

O uso de dispositivos de controlo da iluminação contribui eficazmente para a redução dos consumos de electricidade; a regulação do fluxo luminoso, em combinação com células fotoeléctricas, permite o aproveitamento da luz natural. Estimou-se uma redução de 42.5% dos consumos em iluminação nas salas de aula, pois o FLDM é de 85% para estes ambientes. Considerou-se um valor conservativo visto o FLDM ser um índice genérico, com elevada incerteza na avaliação do potencial de aproveitamento de luz natural. Extrapolando para o

total de salas de aula, calculou-se uma redução anual de 23313 kWh no consumo do sistema de iluminação actual, o que proporciona a poupança de 2202€ na factura energética anual.

Por análise dos perfis de utilização do sistema de iluminação do exterior verifica-se que o tempo de utilização é programado por interruptor horário ou, em alguns casos, por célula fotoelétrica. O accionamento da iluminação exterior deve sempre ser efectuado por célula fotoelétrica, de modo a aproveitar ao máximo a intensidade de iluminação natural que sistematicamente é diferente ao longo do mês, que de outro modo seria desperdiçado pelo facto de interruptores horários necessitarem de constante programação para as constantes alterações nos níveis de iluminância da iluminação natural ao longo do mês.

Nas casas de banho não existe controlo do sistema de iluminação, é habitual o sistema de iluminação estar ligado durante o tempo de utilização correspondente ao período de funcionamento do estabelecimento. Logo o potencial de redução do consumo é grande, dado tempo de utilização do ambiente ser composto por intervalos pequenos. O uso de detectores de presença constituiria uma medida eficaz de economia de electricidade. Supondo um tempo de utilização do ambiente de 20 minutos, em cada hora de funcionamento do estabelecimento, o uso de detectores de presença garantiria uma redução do consumo na ordem dos 66%, que se traduziria numa economia de 1647 kWh/ano ($\approx 164\text{€}/\text{ano}$) no consumo de energia eléctrica, valores calculados após substituição da tecnologia de iluminação pela simulada anteriormente.

Outra medida no controlo da iluminação é o “scheduling control” (ver secção XX), que aplicado aos corredores induz uma racionalização eficaz da electricidade consumida neste ambiente. Com base em depoimentos realizados por funcionários e docentes dos estabelecimentos foi estimado que, durante o período de aulas a necessidade de iluminação nos corredores é reduzida, assim como após o período de aula. Concluiu-se que em cada hora do horário de funcionamento normal da escola, metade desse tempo os níveis de iluminância podem ser reduzidos pois a utilização desses espaços é pequena. Assim, nesses períodos apenas uma iluminância mínima de circulação será necessária pelo que, de um terço a metade das luminárias nesses períodos poderiam estar desligadas.

Admitiu-se um cálculo conservativo, em que um terço das luminárias poder ser desligada nestes períodos (30 minutos de cada hora de funcionamento normal da instalação), o que resulta numa economia de 1297 kWh/ano ($\approx 130\text{€}/\text{ano}$). A utilização conjunta desta tecnologia com células fotoelétricas nas zonas com iluminação natural pode aumentar a economia do consumo energético nestes ambientes, até 20%.

7.2.3.4. Computadores

Como visto para os equipamentos deste tipo nos estabelecimento, um computador portátil tem uma eficiência energética de 50% a 80% superior à de um computador de secretária. Os monitores LCD consomem, em média, 50 a 70% menos energia do que os monitores convencionais CRT.

Atendendo ao facto de as escolas estarem equipadas na sua generalidade com computadores de secretária com ecrã CRT, a substituição gradual por computadores portáteis e/ou ecrãs LCD transforma-se numa medida de conservação e racionalização do consumo de electricidade bastante atractiva. Conjugado com a sensibilização dos utilizadores e aplicação dos modelos de eficiência energética (“Energy Star”) que acompanham os recentes computadores a economia de energia pode aumentar significativamente.

Para o estabelecimento em estudo, existem 40 computadores de secretária, dos quais 40% com monitor CRT. Arbitrou-se que o consumo do monitor corresponde a um terço do consumo global de um computador de secretária (definido em 350W). A substituição por monitores LCD, que consomem em média 60% menos que os monitores CRT, proporciona a redução de 792 kWh no consumo total anual deste tipo de equipamento, que equivale à economia anual de 73€.

Estimou-se também o potencial de conservação de energia eléctrica no caso de se optar pela substituição dos computadores de secretária por computadores portáteis. Apesar dos custos de investimento serem substancialmente maiores, a redução da factura energética é também bastante significativa. Supôs-se a substituição total de todos os computadores de secretária por computadores portáteis, o consumo anual dos equipamento actuais é de 10000 kWh, calculou-se a diminuição no consumo de electricidade considerando a redução média de 50% no consumo de cada computador. Esta medida oferece a diminuição do consumo anual em 5000 kWh ($\approx 484\text{€}$).

7.2.3.5. Sistema de Aquecimento

O sistema de aquecimento utilizado nos estabelecimentos de ensino do parque escolar da cidade do Porto é na sua generalidade assegurado por aquecimento local (radiadores a óleo, radiadores de resistências, termo ventiladores e acumuladores de calor).

O aquecedor eléctrico convencional, a óleo ou resistência, é um aparelho pouco eficiente devido a não ter capacidade de armazenamento de calor e ser utilizado durante horas de tarifário elevado. O desperdício energético é grande dada a elevada potência

consumida (800 a 2400W) e o elevado tempo que demora a satisfazer as necessidades de temperatura de um determinado ambiente.

Uma alternativa a esta tecnologia é a utilização de acumuladores de calor. O princípio de funcionamento é igual ao do aquecedor convencional mas tem a capacidade de armazenar calor para ser utilizado num horário programado. Esta é uma tecnologia muito empregue em ambientes fechados e de tamanho reduzido; a capacidade de acumulação pode ser explorada no contexto do custo da energia; acumular calor em horários de vazio (baixo custo) para a utilização em horários de ponta (custo elevado).

Dado não existir um sistema de aquecimento fixo no estabelecimento, pondera-se a instalação de dois acumuladores de calor em cada sala de aula. O custo unitário de um acumulador de calor + acessórios + reforço da potência dos quadros + mão-de-obra foi definido em 300€. Assim, para as cerca de 30 salas de aula existentes no estabelecimento, prevê-se um investimento de 18000€. Estimou-se uma potência de 1600W para cada acumulador de calor, ligado durante as horas de vazio (das 22h00 às 7h00), com factor de utilização de 0,7, durante os quatros meses do horário de Inverno. O consumo anual da proposta será de 54432kWh com um custo de 2994€. Os encargos anuais actuais em sistemas de aquecimento rondam os 1300€.

O sistema de aquecimento actual: não satisfaz as necessidades térmicas do estabelecimento; funciona geralmente em tarifa diurna (elevados encargos energéticos); danifica/inutiliza os quadros eléctricos que não estão correctamente dimensionados para suportar o aumento de carga nos meses de utilização.

Face às características expostas do sistema de aquecimento actual, é urgente a avaliação das necessidades específicas de todo o estabelecimento com vista à instalação de um sistema de aquecimento personalizado a cada ambiente.

7.2.3.6. Análise tarifária

Recorrendo à folha de cálculo do Microsoft Excel, foi possível simular os custos associados aos encargos energéticos do estabelecimento em estudo para diferentes modalidades tarifárias existentes, para clientes BTE ou MT, para médias utilizações (MU) e longas utilizações (LU). A simulação foi efectuada para o “valor” de potência contratada e instalada igual à existente no local. Como não tivemos acesso aos encargos energéticos anuais do estabelecimento de ensino E.2.1. Realizou-se a análise tarifária para o estabelecimento E.2.3, pertencente ao mesmo modelo M2. Os resultados obtidos estão dispostos na tabela 7.20.

Mês	BTE -MU (€)	BTE-LU (€)	MT-MU (€)	MT-LU (€)
Jan	1.573	1.468	1.227	1.201
Fev	1.507	1.427	1.182	1.157
Mar	1.190	1.127	943	932
Abr	1.212	1.152	1.013	976
Mai	1.439	1.354	1.191	1.143
Jun	1.210	1.151	1.014	979
Jul	798	775	693	682
Ago	767	744	674	665
Set	920	887	789	769
Out	1.410	1.328	1.106	1.084
Nov	1.541	1.452	1.202	1.175
Dez	1.295	1.220	1.017	1.000
Totais	14.862	14.085	12.051	11.763

Tabela 7.20 - Encargos energéticos globais em cada modalidade tarifária.

Concluiu-se que a modalidade tarifária actual (BTE - LU) é a mais favorável em BTE. No entanto, é interessante verificar a redução dos encargos energéticos com a alteração da modalidade tarifária para MT, que proporcionaria reduções até 2300€ por ano. No entanto, a alteração para a modalidade tarifária MT-LU implicaria o investimento na instalação de um Posto de Transformação. Seria necessário um estudo criterioso das condições de distribuição de energia em MT junto a cada estabelecimento de ensino, para se avaliar economicamente a alteração para a modalidade tarifária de Média Tensão.

7.2.3.7. Compensação do factor de potência

A melhor opção, que traz maiores benefícios à instalação é a correcção centralizada, que consiste na montagem de um equipamento único no quadro geral de baixa tensão a jusante do interruptor geral.

Para o estabelecimento em estudo (E.2.3), o factor de potência médio é de 0.78. Para aumentar o factor de potência para o valor unitário, deveria ser instalado uma bateria de condensadores de potência. A potência máxima requisitada é 63 kW, logo a potência das baterias de condensadores a instalar será de:

$$Q_{bc} = P_r (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) = 63 (\tan 38.73^\circ - \tan 0^\circ) = 50.5 \text{ kVar}$$

em que P_r é a potência máxima requisitada.

A despesa anual com o consumo de energia reactiva é de 195€. Onde uma bateria de condensadores de 50kVar tem um custo de aquisição médio de 600€. Assim é fácil verificar que a implementação desta medida terá um retorno do investimento em 3,1 anos.

Salienta-se o facto de que esta proposta para a instalação de uma bateria de condensadores de 50kVar toma como dados os valores de factor de potência da instalação antes de qualquer reabilitação. Como já foi referido, o uso de balastros electrónicos induz a factores de potência maiores o que poderá reduzir o investimento necessário na aquisição da bateria de condensadores.

7.2.3.8. Instalação de colectores solares para aquecimento de águas sanitárias

Para o aquecimento de águas sanitárias, o dimensionamento da área de colectores solares é definido para aproveitar a área disponível num pavilhão. O consumo médio de um duche é 40litros por pessoa, como temos uma taxa de utilização a rondar as 150 pessoas por dia, o consumo médio diário é de 6000 litros. A área passível de se instalar colectores é a área do campo de jogos, definiu-se uma área disponível de cerca de 33m².

Considera-se um colector solar plano selectivo com as características da tabela 7.10.

Com base nestes valores e sabendo que a energia média anual fornecida por um sistema de colectores solares deste tipo é de 660kWh/m², com um custo de 500€/m², somente resta definir a área de colectores a instalar. Tipicamente, a área de jogo de um pavilhão desportivo é de cerca de 500m², é uma boa aproximação considerar a instalação média de 33m² de colectores solares o pavilhão, o que leva a uma produção anual de energia de 21780kWh. Dada a área disponível na cobertura, é possível a instalação de uma área maior de colectores solares no entanto, para efeitos de cálculo, considera-se esta área de base, podendo-se extrapolar para uma maior área, desde que esteja disponível a mesma quantidade de luz natural para todos os colectores.

Existe pavilhão gimno-desportivo das três escolas deste modelo. Para a escola E.2.3, o aquecimento de águas sanitárias é realizado por uma caldeira alimentada a propano. Sabe-se que um m³ de propano produz cerca de 25.1163 kWh, com rendimento de 70%, para a produção de uma mesma quantidade de energia obtida pelos colectores solares, são necessários 1239 m³. Economicamente, a instalação de 33m² de colectores solares tem um custo de 16500€, o custo do combustível é de cerca de 1,1 €/m³, logo o necessário para a geração de uma mesma quantidade de energia anual será de 1362€, o período de retorno do investimento é de 12,1 anos.

Nos outros dois pavilhões gimnodesportivos, o aquecimento de águas sanitárias é obtido por dois cilindros industriais de 12kW de potência, que consomem em média 17000kWh por

ano ($\approx 1670\text{€}$). A instalação de colectores solares proposta cobre os consumos energéticos destes pavilhões, pelo que o período de retorno de investimento é sensivelmente 9,9 anos.

7.2.4. Potencial de economia de energia eléctrica total

No caso específico do estabelecimento de ensino E.2.1, o potencial de economia de energia eléctrica total, foi ponderado somando as economias propostas ao nível da instalação eléctrica, calculadas individualmente nos parágrafos anteriores.

Os vários potenciais económicos e energéticos individuais de cada proposta foram calculados independentemente entre si, isto é, sem relacionar a economia associada entre as várias propostas mas, da sua potencialidade relativamente ao estado actual da instalação eléctrica (tabela 7.21).

Por exemplo, o potencial económico e energético das propostas de reabilitação do comando e controlo de iluminação foram obtidos para o sistema de iluminação actual, não sobre a melhor tecnologia de iluminação proposta.

Proposta de reabilitação	Balanço de Economia Anual	
	Energia [kWh/ano]	Valor [€/ano]
Sistema de Iluminação		
Tecnologia de Iluminação		
Ambientes padrão	45856	4378
Iluminação exterior	2508	176
Controlo e comando de iluminação		
Segmentação do comando	5485	518
Regulação Automática do Fluxo Luminoso	23313	2202
Sensores de presença	1647	164
“Scheduling Control”	1297	130
Computadores		
Substituição por monitores LCD	792	73
Substituição por computadores portáteis	5000	484
Outras propostas		
Compensação do factor de potência		195
Colector Solar		1670
Total das propostas	85898	9990

Tabela 7.21 - Potencial económico e energético global (escola E.2.1).

Concluindo, a aplicação das medidas de reabilitação propostas proporcionariam a redução até 85898 kWh por ano nos consumos de energia eléctrica e até 9990€ dos encargos energéticos da instalação. A carência de informação relativa ao consumo específico mensal da instalação (inexistência de factura de electricidade) não permite a avaliação percentual.

7.3 - Estabelecimento de ensino - modelo M3

7.3.1. Análise dos consumos energéticos

De acordo com as características arquitectónicas e eléctricas dos ambientes caracterizados para os estabelecimentos deste modelo, definiram-se 6 ambientes-padrão, tomando como base a escola E.3.1, na qual se vai central o estudo. Os ambientes foram classificados segundo a sua função/dimensão ou actividade desenvolvida.

Os ambientes padrão são: três salas de aula com diferentes dimensões; sala de apoio ao ensino; casas de banho e corredor. São os ambientes mais comuns na instalação facultando a análise representativa e minuciosa das mesmas.

7.3.1.1. Factura de electricidade

A análise das facturas de electricidade foi realizada a partir do estudo de 12 facturas expedidas pela concessionária EDP, abrangendo o período de Outubro de 2007 a Setembro de 2008. As características do tarifário actual e consumos específicos mensais de cada escola deste modelo podem ser visualizados no ANEXO II.

7.3.1.2. Iluminação

Uma vez definidas as salas a estudar, partiu-se para a verificação dos níveis de iluminância dos mesmos. Para o efeito, foram efectuadas diversas medidas de campo utilizando um luxímetro. Na figura 7.22, estão definidos as iluminâncias recomendadas para os vários ambientes padrão considerados. Note-se que o valor recomendado pela tabela 2.1 para salas de aula é de 300 lux, e o valor que usamos na análise do sistema de iluminação das salas de aula foi de 350lux isto porque, a CIE recomenda um mínimo de 200 lux e máximo de 500 lux, sendo a média desta recomendação a utilizada para efeitos de cálculo.

A verificação da iluminância actual dos vários ambientes padrão foi realizada por um processo de amostragem, isto é, foi medida a iluminância em cada quatro ambientes com a mesma classificação, tendo em atenção efectuar as medições durante a noite ou com o ambiente protegido da irradiação solar, evitando a influência da iluminação natural nos resultados. A tabela 7.22 mostra os valores médios de iluminância actual medidos assim como os valores recomendados adaptados da CIE.

Na perspectiva de avaliar o potencial económico global da instalação, procedeu-se à obtenção do índice de eficiência energética (I.E.E) em cada um dos ambientes padrão. Pretendendo-se uma análise global, decidiu-se estimar o I.E.E para a área e potência instalada envolvida em todos os espaços de cada ambiente padrão.

O ambiente-padrão, “Sala Aula - Tipo 1” diz respeito a dezassete salas idênticas de 49 m^2 , com uma média de 780W de potência instalada em iluminação em cada sala.

O ambiente-padrão, “Sala Aula - Tipo 2” diz respeito a seis salas de $73,5 \text{ m}^2$, cada uma com potência instalada em iluminação de 1040W.

O ambiente-padrão, “Sala Aula - Tipo3 ” diz respeito a seis salas de $83,75 \text{ m}^2$, cada uma com potência instalada em iluminação de 1560W.

Para o ambiente “Sala de apoio”, temos um conjunto de treze salas idênticas de $19,25 \text{ m}^2$ com potência instalada de 260 W em cada uma delas.

O ambiente “Corredor”, que engloba os dois existentes no estabelecimento, com cerca de $227,5 \text{ m}^2$ cada, tem uma potência instalada em cada um deles de 1722W.

Finalmente, o ambiente padrão, “Casa de banho”, é constituído por doze células semelhantes com cerca de $10,4 \text{ m}^2$ cada, onde se verificou uma potência instalada individual de 82W. A tabela 7.22 exhibe os dados obtidos no conjunto de células de cada ambiente padrão.

Tipo de Ambiente	Dados			Medições	
	Área (m ²)	Potencia instalada (kW)	I.E.E (W/m ² .100lux)	Iluminância (lux)	
				Média ¹²	Recomendada ¹³
Sala Aula-Tipo 1	833	13,26	3,74	425	350
Sala Aula-Tipo 2	441	6,24	2,57	550	350
Sala Aula-Tipo 3	502,5	9,36	4,66	400	350
Sala de Apoio	250,25	3,38	3,00	400	250
Corredor	455	3,444	3,15	185	100
Casa de banho	201,25	0,984	3,92	200	200
		Média Global	3,51		

Tabela 7.22 - Dados de diagnóstico energético e iluminância média (E.3.2).

Pela análise dos índices de eficiência energética verificou-se que o sistema de iluminação embora com índices de eficiência energética baixos, os níveis de iluminância está acima do recomendado.

Em termos de valores médios, o I.E.E é bom (3.51 W/m².100lux , com o máximo de 4,66 W/m².100lux para a “Sala de Aula - Tipo 3”) quando comparado o I.E.E de 3 W/m².100lux remendado para estabelecimentos de ensino (valor referido para as salas de aulas). Apesar de o índice indicar a relativa eficiência energética do ambiente, analisando os níveis de iluminância pode-se afirmar que o potencial de conservação de energia eléctrica é bastante elevado.

Os níveis de iluminância no geral estão acima do recomendado, pouco significativo para o corredor e o recomendado para as casas de banho, mas na ordem dos 20% para a “Sala de Aula - Tipo 1” e, cerca de 60% para as “Salas de Aula - Tipo 2”, o que demonstra mais uma vez um elevado desperdício de energia vigente na instalação eléctrica.

Relativamente às tecnologias de iluminação encontradas na instalação, a figura seguinte apresenta a percentagem das várias lâmpadas encontradas. Mais uma vez, a utilização de lâmpadas fluorescentes ineficientes é a maioritariamente utilizada, 64% (fluorescentes convencionais de 58W), 31% de fluorescentes eficientes de 36W e 5% de lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão.

¹² Iluminância média calculada, por amostragem, para cada ambiente-padrão.

¹³ Iluminância média recomendada, adaptada da tabela 1.

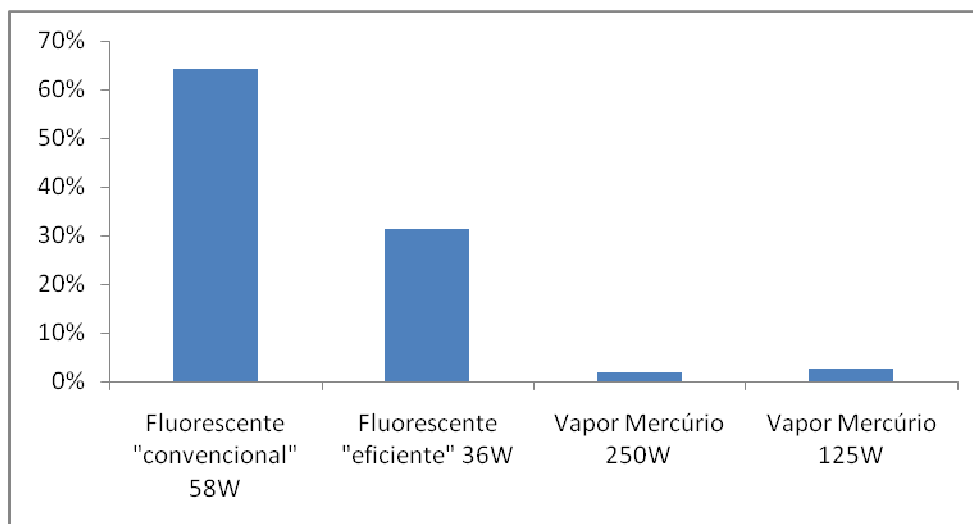


Figura 7.16 - Distribuição percentual das lâmpadas existentes na escola E.3.2.

Ao nível dos consumos energéticos, estimou-se uma utilização média anual de 200 dias de funcionamento normal para todos os ambientes-padrão definidos, estando englobados todos os espaços de cada ambiente padrão. Os horários de funcionamento, o factor de utilização (F.u), os consumos energéticos anuais e o encargo anual com o sistema de iluminação estão representados na tabela 7.23. As mesmas informações, relativas aos restantes ambientes, não definidos como padrão encontram-se no ANEXO III, para as várias escolas deste modelo.

Ambiente Padrão	Tempo utilização (horas)					Consumo anual (kWh)				Encargo Anual (€)
	Horário	F.u	V	C	P	C	P	V	Total	
Sala Aula -Tipo 1	7h30 - 18h30	0,7	0,5	7,5	2,5	13923	4641	928	19492	1847
Sala Aula -Tipo 2	7h30 - 18h30	0,7	0,5	7,5	2,5	11466	3822	764	16052	1521
Sala Aula -Tipo 3	7h30 - 20h00	0,6	0,5	8	4	3494	1747	218	5460	534
Sala de Apoio	7h30 - 18h30	0,6	0,5	7,5	2,5	1638	546	109	2293	217
Corredor	7h30 - 20h00	0,45	0,5	8	4	3370	1685	211	5265	515
Casas de Banho	7h30 - 20h00	0,9	0,5	8	4	4306	2153	269	6727	658
Total						38197	14594	2499	55289	5292

Tabela 7.23 - Consumo e encargo anual global da iluminação dos ambientes padrão.

7.3.1.3. Computadores

Quanto à utilização de computadores pessoais, a escola contém cerca de 74 aparelhos, 95% dos quais com certificado “Energy Star” para poupança de energia. Contudo, esta é uma tecnologia pouco utilizada, por esquecimento dos utilizadores e pela incerteza de horários de funcionamento; de facto a maioria dos aparelhos permanece ligada, em modo “stand-by”.

Assim estimou-se uma potência total instalada de 14,8 kW (200W de potência de cada computador).

Para a aferição dos encargos anuais relativos a este tipo de equipamento, tomou-se como norma o horário de funcionamento normal do estabelecimento de ensino (das 8h00 às 18h00), com uma taxa de utilização de 50% ($F.u = 0,5$). Verificou-se um consumo anual de 14800 kWh por ano, que representa um encargo anual de 1432 €.

7.3.1.4. Sistema de aquecimento

Devido ao facto de não existir um sistema global de ar condicionado nem aquecimento fixo generalizado, os ambientes “Sala de Aula - Tipo 1” já se encontram equipados com um aquecedor fixo (acumulador de calor) em cada sala. Nas restantes salas, o aquecimento é conseguido por aquecedores eléctricos “convencionais”, dispostos aleatoriamente, consoante as necessidades de cada sala. Em termos de potência instalada podemos apurar uma potência de 10,8 kW para aquecedores “convencionais” e de 27,2 kW para acumuladores de calor.

A utilização deste tipo de equipamento centra-se nos meses de Inverno e, no caso de aquecedores “convencionais”, no horário de funcionamento diário normal das 8h00 às 18h00, com um factor de utilização de 0,7 (aquecedores “convencionais”), por um período de quatro meses. Caso contrário, para acumuladores de calor, faz-se uso da tarifa em vigor e o seu funcionamento centra-se nas horas de vazio (usualmente, da 00h00 às 7h00), com um factor de utilização de 1,0, igualmente para um período de quatro meses.

Assim, verificou-se um consumo anual total das duas tecnologias de aquecimento de 24912 kWh, que representa um encargo anual de 1695€. O elevado encargo económico é um valor conservativo, visto o tempo de utilização do aquecimento não ser permanente durante os quatro meses considerados. Apesar disso, para afeitos de cálculo foram considerados estes valores conservativos.

7.3.1.5. Equipamento Cantina/Bufete

Com os valores aquando do levantamento de dados efectuado nas visitas às escolas, foi possível esclarecer a potência instalada referente a este tipo de utilização. Os equipamentos são muito variados pelo que a sua descrição e potência característica podem ser consultados no ANEXO IV.

Para a análise dos encargos energéticos deste tipo de equipamento à que definir o horário de funcionamento característico dos mesmos. Sendo a maioria do equipamento pertencente à

cantina, o horário de funcionamento normal é das 10h00 às 15h00 (temporário). Estimou-se, igualmente, um funcionamento anual de duzentos dias, pelas razões já descritas.

Além disso, existe equipamento a funcionar permanentemente, especialmente equipamento de refrigeração (frigoríficos, arcas frigoríficas). Para este tipo de equipamentos, visto as horas de utilização real ser desconhecida, supôs-se que 70% do consumo é realizado nas horas de cheias, 20% nas horas de ponta e 10% nas horas de vazio. Os consumos anuais médios característicos podem ser consultados no ANEXO IV.

Os horários de funcionamento, o factor de utilização (F.u), os consumos energéticos anuais e o encargo anual global com o equipamento de cantina/bufete estão representados na tabela 7.24.

Equipamento	Tempo utilização (horas)					Consumo anual (kWh)				Encargo Anual (€)
	Horário	F.u	V	C	P	C	P	V	Total	
Cantina+Bufete										
Uso temporário	10h00 - 15h00	0,5	0	3,5	1,5	5047	2163	0	7210	710
Uso permanente	0h00 - 24h00	1	10	10	4	432	216	72	720	68
Total						5479	2379	72	7930	778

Tabela 7.24 - Consumo e encargo anual global dos equipamentos da escola E.3.2.

7.3.1.6. Equipamento representação gráfica e audiovisual

Nestes equipamentos estão englobados os projectores, impressoras, televisões e fotocopiadoras, num total de trinta e quatro equipamentos. A sua taxa de utilização é bastante reduzida pelo que a sua fatia nos encargos energéticos da instalação é pouco significativa.

Considerou-se uma taxa de utilização deste tipo de equipamento de 20% durante o período de funcionamento normal do estabelecimento (8h00 às 18h00), verificando-se um consumo anual de 1360 kWh, reproduzindo um encargo anual de 132€. No entanto, à que frisar o facto de maioria destes equipamentos permanecerem em modo “stand-by” 24h por dia.

7.3.2. Resumo dos encargos energéticos

Com base no que foi referido nas secções anteriores, é possível desagregar os consumos pelos seus diferentes usos finais, conforme apresentado na figura 7.17.

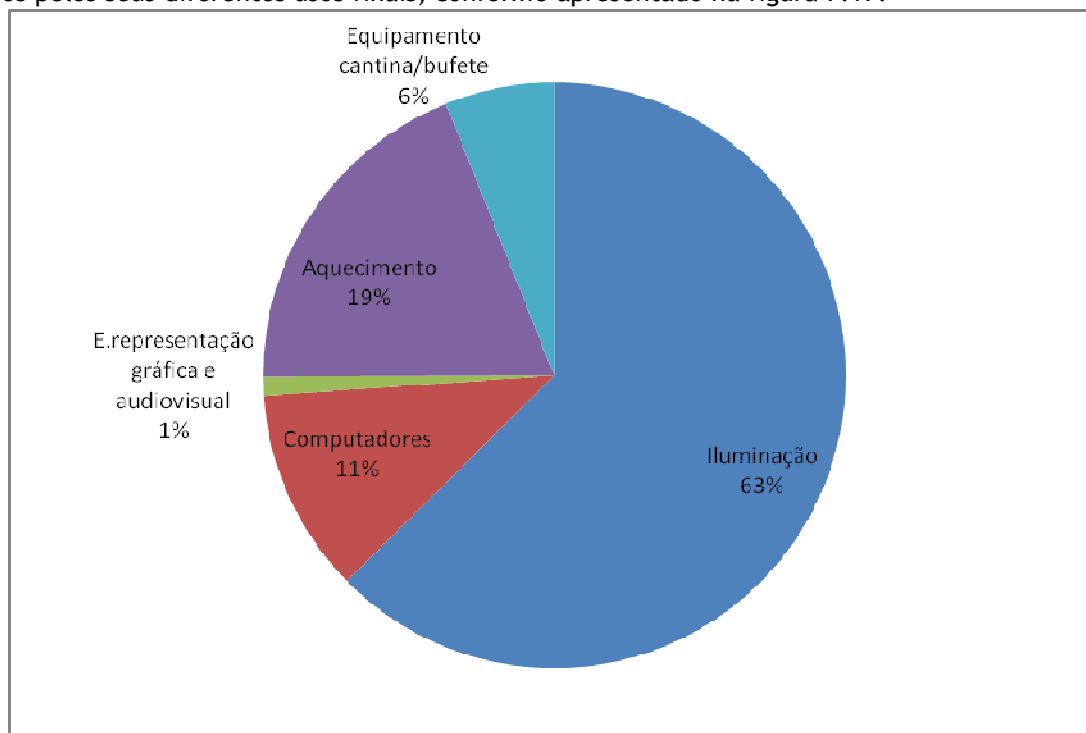


Figura 7.17 - Distribuição do consumo energético na escola E.3.1.

7.3.2.1. Disponibilidade de iluminação natural

Esta análise permitiu avaliar as condições de luz natural dos estabelecimentos deste modelo, como base para aplicação de metodologias de reabilitação visando o aproveitamento da luz natural.

Considerou-se o horário de utilização das 7h00 às 18h00 e uma obstrução à vista do céu pela superfície envidraçada, pelo que se considera um ângulo de 60°. Para o ambiente padrão “Sala de Aula - Tipo 3”, a tabela 30 mostra os valores usados para o cálculo do FLDM e o resultado obtido.

Perímetro da Sala (m)	28
Altura da Sala (m)	2,8
Área Envidraçada (m ²)	9,9
Área Tecto e Pavimento (m ²)	49
Área Paredes (m ²)	48,9
Área Total (m ²)	156,8
ρ_{tecto}	0,4
ρ_{paredes}	0,3
$\rho_{\text{pavimento}}$	0,1
τ	0,9
ρ	0,27
α (°)	60
FLDM	3,67

Tabela 7.25 - Cálculo do factor de luz do dia na escola E.3.2.

Obteve-se, assim, um FLDM de 3,67%, o que significa para se atingir uma iluminância média de 350 lux no interior da sala é necessário que a luminosidade exterior seja de pelo menos $350/0.0367 = 9537$ lux.

Consultando o diagrama da tabela 3.2, para a latitude de 41°N (Cidade do Porto), concluiu-se que a luz natural é suficiente em 73% do tempo de utilização do ambiente padrão “Sala de Aula - Tipo 3”.

7.3.3. Aplicação de metodologias de reabilitação ao nível da instalação eléctrica

7.3.3.1. Tecnologia de Iluminação

A economia de energia em sistemas de iluminação pode ser calculada através de simulações onde se substitui o sistema de iluminação actual por outros de tecnologia mais adequada e eficiente, levando em conta, também, outros factores de redução dos consumos de energia eléctrica.

O sistema de iluminação usado como referência foi projectado para ambientes padrão, com dimensões médias muito semelhantes, nas diferentes escolas visitadas. Tentou-se obter um número razoável de ambientes padrão de forma a generalizar os diferentes espaços de cada escola. A tabela 7.26 mostra as características físicas desses ambientes.

Ambiente	Dimensões (m)	Altura luminária (m)	Plano de trabalho (m)	Iluminância recomendada (lux)
Sala Aula-Tipo 1	7x7	2.8	0.85	350
Sala Aula-Tipo 2	10,5x7	2.8	0.85	350
Sala Aula-Tipo 3	12,5x6,7	2.8	0.85	350
Sala de Apoio	5,5x3,5	2.8	0.85	250
Corredor	65x3,5	2.8	0.85	100
Casa de Banho	5,2x2	2.8	0.85	200

Tabela 7.26 - Características físicas dos ambientes padrão.

Com auxílio do software Dialux, versão 4.6, foram simulados diversas soluções ao nível de sistemas de iluminação, para cada ambiente padrão. As figuras 7.19 a 7.22 apresentam as simulações para o caso do ambiente classificado como “Sala de Aula - Tipo 3”. Consideraram-se os graus de reflexão 40:30:10 (índice de reflexão de 40% para o tecto, 30% para as paredes e 10% para o pavimento), em todos os ambientes padrão, excepto para a “Casa de Banho”, onde se verificaram os graus de reflexão 70:50:30. O índice de manutenção do ambiente foi fixado em 0,65 pois a frequência de manutenção e limpeza das luminárias é feita bianualmente, que fomenta a acumulação de sujidade e consequente redução do rendimento luminoso das luminárias.

Todas as luminárias e lâmpadas consideradas na presente simulação foram retiradas do catálogo da PHILIPS.

A figura 7.19 mostra o arranjo e níveis de iluminância de 6 luminárias de duas lâmpadas fluorescentes tubulares de 58W/840 (fluxo luminoso de 5200 lm) e balastro convencional, a composição actualmente existente no local. As figuras 7.20 e 7.21 mostram os resultados luminotécnicos para o mesmo arranjo de luminárias, mas com duas lâmpadas de T8 de 36W/840 (fluxo luminoso de 3350lm) e de 32W/840 (fluxo luminoso de 3200lm) de alta eficiência, respectivamente. A figura 7.18 mostra a curva fotométrica da luminária considerada.

Com vista a avaliar o potencial de economia com a alteração de tecnologia de lâmpadas, realizou-se uma simulação para uma sala com o tecto de cor branca (alteração da cor do tecto é uma medida simples de eficiência energética, como já foi referido, que proporciona uma redução da potência instalada em iluminação), com luminárias de uma única lâmpada de T5 de 28W ou 35W (3300 lm) com balastro electrónico. Esta proposta implica a substituição das luminárias, pois o comprimento das luminárias existentes é incompatível com este tipo de lâmpadas (T5). Assim sendo, procedeu-se à reavaliação de um novo projecto luminotécnico, provocando a alteração do número e da disposição das luminárias.

Simulação para “Sala de Aula - Tipo 3”

O sistema de iluminação actual é composto por luminárias com duas lâmpadas fluorescentes T8 de 58W, apresentando um índice de eficiência energética de 4,12 W/m².100lux, com iluminância média de 463 lux, com iluminância mínima de 26% da

iluminância máxima e 36% da iluminância média. A distribuição da iluminância e resultados luminotécnicos estão apresentados na figura 7.19.

Para a simulação com luminárias de duas lâmpadas fluorescentes T8 de 36W, os resultados apresentados na figura 7.20 mostram uma iluminância 375 lux com índice de eficiência energética de $2,75 \text{ W/m}^2 \cdot 100\text{lux}$, com iluminância mínima de 29% da iluminância máxima e 41% da iluminância média.

O sistema simulado é constituído por luminárias de duas lâmpadas fluorescentes T8 de 32W apresentando um índice de eficiência energética de $2,81 \text{ W/m}^2 \cdot 100\text{lux}$, com iluminância média de 326 lux, com iluminância mínima de 25% da iluminância máxima e 36% da iluminância média. Os resumos dos resultados luminotécnicos estão apresentados na figura 7.21.

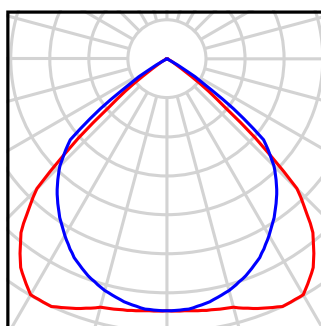
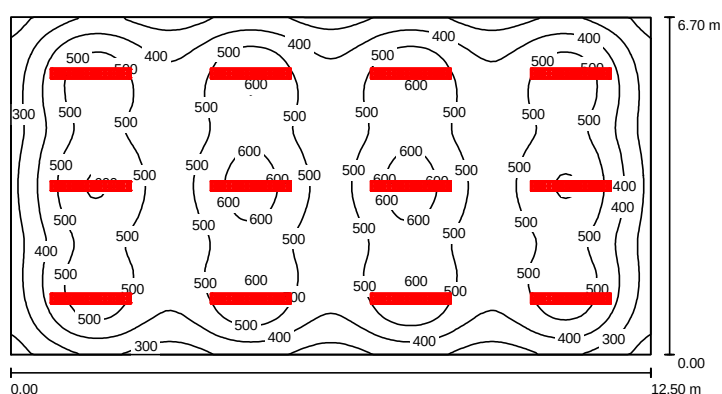


Figura 7.18 - Curva fotométrica da luminária actual da "Sala de Aula - Tipo 3".



Uniformidades no plano de uso

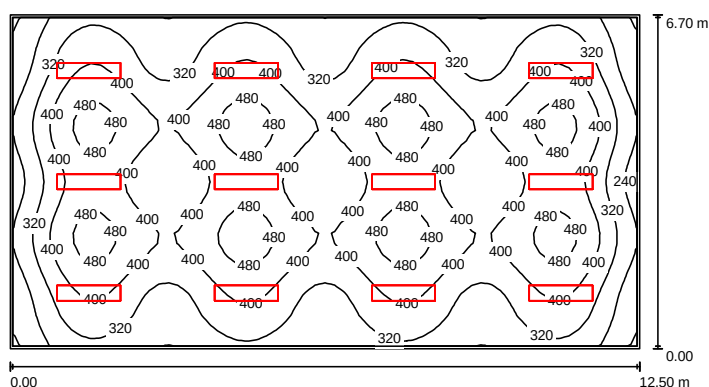
$E_{\min} / E_{\text{méd}}: 0.358 (1:3)$

$E_{\min} / E_{\text{máx}}: 0.257 (1:4)$

Iluminância média [lux]: 463

Potência específica: $19.06 \text{ W/m}^2 = 4.12 \text{ W/m}^2/100 \text{ lux}$ (Superfície básica: 83.75 m^2)

Figura 7.19 - Dados luminotécnicos da "Sala de Aula - Tipo 3", sistema actual.



Uniformidades no plano de uso

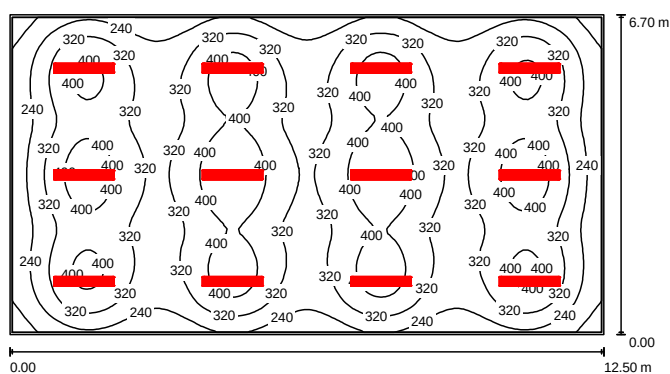
$E_{\min} / E_{\text{méd}}: 0.408 (1:2)$

$E_{\min} / E_{\text{máx}}: 0.293 (1:3)$

Iluminância média [lux]: 375

Potência específica: $10.32 \text{ W/m}^2 = 2.75 \text{ W/m}^2/100 \text{ lux}$ (Superfície básica: 83.75 m^2)

Figura 7.20 - Dados luminotécnicos da “Sala de Aula - Tipo 3”, sistema com lâmpadas de 36W.



Uniformidades no plano de uso

$E_{\min} / E_{\text{méd}}: 0.362 (1:3)$

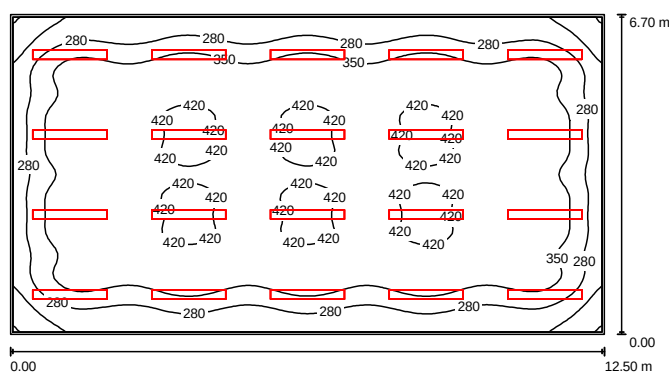
$E_{\min} / E_{\text{máx}}: 0.252 (1:4)$

Iluminância média [lux]: 326

Potência específica: $9.17 \text{ W/m}^2 = 2.81 \text{ W/m}^2/100 \text{ lux}$ (Superfície básica: 83.75 m^2)

Figura 7.21 - Dados luminotécnicos da “Sala de Aula - Tipo 3”, sistema com lâmpadas de 32W.

Para a nova instalação composta por luminárias de uma lâmpada T5 de 35W, o índice de eficiência energética é $2.71 \text{ W/m}^2.100\text{lux}$, iluminância média de 340 lux e com iluminância mínima de 28% da iluminância máxima e 37% da iluminância média. Os resumos dos resultados luminotécnicos estão representados na figura 7.22. A figura 7.23 mostra a curva fotométrica da luminária considerada para este tipo de lâmpadas.



Uniformidades no plano de uso

$E_{\min} / E_{\text{méd}}: 0.386 (1:3)$

$E_{\min} / E_{\text{máx}}: 0.307 (1:3)$

Iluminância média [lux]: 355

Potência específica: $9.31 \text{ W/m}^2 = 2.63 \text{ W/m}^2/100 \text{ lux}$ (Superfície básica: 83.75 m^2)

Figura 7.22 - Dados luminotécnicos da “Sala de Aula - Tipo 3”, sistema com tecnologia T5.

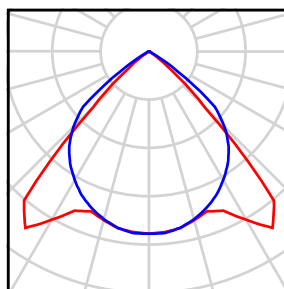


Figura 7.23 - Curva fotométrica da luminária simulada com tecnologia T5.

Comparando as simulações realizadas, do ponto de vista exclusivamente técnico, conclui-se que o melhor sistema de iluminação é o formado por 20 luminárias de uma única lâmpada T5 de 35W. No entanto, do ponto de vista económico o melhor sistema será o composto por lâmpadas T8, pelo facto dos custos de reabilitação dizerem exclusivamente respeito à substituição de lâmpadas e balastros (ver tabela 7.28).

Entre os sistemas compostos por lâmpadas T8 de 36W/840 e 32W/840, a melhor opção será o constituído por lâmpadas T8 de 36W/840, pois é o que fornece os níveis de iluminância recomendados para este tipo de ambiente.

Os restantes ambientes padrão também foram simulados recorrendo aos mesmos três modelos de luminárias/lâmpadas usados para o ambiente classificado de “Sala de Aula - Tipo 3” (Luminária+Lâmpada T8 - 36W/840; Luminária+Lâmpada T8 - 32W/840; Luminária+Lâmpada T5 - 28W/35W).

Como foi verificado, a iluminância do ambiente padrão “Casa de Banho” já se encontra no valor recomendado, pelo que a proposta de reabilitação centra-se na alteração das luminárias

por tecnologia mais eficiente. Simulou-se a modificação do sistema de iluminação por luminárias com uma lâmpada T5 de 35W, que proporciona o nível de iluminância recomendado e, que torna o ambiente mais energeticamente eficiente.

A área do ambiente padrão “Corredor” não é linear e, o nível de iluminância média encontra-se muito próximo do recomendado. O sistema de iluminação é constituído por luminárias de uma ou duas lâmpadas T8 de 36W/840 de alta eficiência. Desta forma, considerou-se uma parcela de área linear de “Corredor”, que serve de modelo para a área total do ambiente. Foi considerado uma área de um terço do total (22x3,5 m²), onde logicamente se encontram instaladas um terço das luminárias (sete luminárias com duas lâmpadas fluorescentes tubulares).

Os sistemas de iluminação distinguidos encontram-se na tabela 7.27, a negrito, seleccionados sob o ponto de vista técnico, isto é, sem atender aos encargos económicos associados à alteração de tecnologia do sistema de iluminação. Os sistemas de iluminação propostos a sublinhado demonstram a melhor opção para o caso de se optar pelo retrofit de tecnologia T8.

As luminárias foram seleccionadas segundo o critério de eficiência energética, isto é, foram consideradas as que permitem uma maior eficácia luminosa (reflectores de alumínio de alta pureza), sem atender aos custos de substituição das anteriormente instaladas.

Ambiente	I.E.E [W/m ² .100lux]	Eméd [lux]	Emin/Emáx	Emin/Eméd	Equipamento
Sala de Aula- Tipo 1	2.26	347	0.33	0.45	6 Luminárias de 2xT8 - 32W
	2.37	371	0.34	0.48	6 Luminárias de 2xT8 - 36W
	2.78	344	0.40	0.49	12 Luminárias de 1xT5 - 35W
Sala de Aula- Tipo 2	2.18	365	0.35	0.48	15 Luminárias de 1xT5 - 35W
	2.39	291	0.21	0.34	8 Luminárias de 2xT8 - 32W
	2.30	341	0.25	0.36	8 Luminárias de 2xT8 - 36W
Sala de Aula- Tipo 3	2.63	355	0.31	0.39	20 Luminárias de 1xT5 - 35W
	2.75	375	0.29	0.41	12 Luminárias de 2xT8 - 36W
	2.81	326	0.25	0.36	12 Luminárias de 2xT8 - 32W
Sala de Apoio	2.62	232	0.26	0.40	3 Luminárias de 1xT5 - 35W
	3.02	248	0.26	0.41	2 Luminárias de 2xT8 - 36W
	3.26	204	0.22	0.37	12 Luminárias de 2xT8 - 32W
Corredor	3.17	193	0.16	0.29	7 Luminárias de 2xT8 - 32W
	2.46	124	0.24	0.36	7 Luminárias de 1xT8 - 32W
	2.60	104	0.09	0.17	5 Luminárias de 1xT5 - 35W
Casa de Banho	3.92	191	0.63	0.73	2 Luminária de 1xT5 - 35W

Tabela 7.27 - Resumo dos resultados das simulações para os ambientes padrão da escola E.3.2.

Analizou-se economicamente a substituição de tecnologia de iluminação, fez-se uma comparação entre o sistema de iluminação actual e o melhor sistema alternativo, apresentado na tabela 7.28. A variação do consumo e dos encargos anuais associados a estes dois sistemas de iluminação podem ser comparados na tabela 7.28.

Ambiente	[W/m ²]		Potência Instalada (kW)			Consumo Anual (kWh)		Custo Anual de Energia Eléctrica (€)		
	Actual	M.Opção ¹⁴	Actual	M.Opção	Δ(%)	Actual	M.Opção	Actual	M.Opção	Δ(%) ¹⁵
Sala Aula-Tipo 1	15,92	7,84	13,26	6,53	-51	19492	9596	1847	909	-51
Sala Aula-Tipo 2	14,15	7,14	6,24	3,15	-50	9173	4631	869	439	-50
Sala Aula-Tipo 3	18,63	4,20	9,36	4,20	-55	13759	6174	1304	585	-55
Sala de Apoio	13,51	1,37	3,38	1,37	-60	4969	2007	471	190	-60
Corredor	3,78	2,31	3,44	1,05	-70	6888	2100	674	205	-70
Casa de banho	7,88	6,73	0,98	0,84	-15	2125	1814	212	181	-15

Tabela 7.28 - Comparação do consume e encargo energético anual do sistema de iluminação dos ambientes padrão.

Passemos agora ao cálculo do período de retorno de investimento para a substituição do sistema de iluminação. Apesar de as opções mais eficientes (tecnologia de lâmpadas T5) serem as preferidas, o custo associado à sua implementação é substancialmente maior que a substituição por tecnologia de lâmpadas T8. A alteração do sistema de iluminação por tecnologia T8 implica um custo unitário do conjunto Lâmpada T8 -2x32/36W+Balastro electrónico (L+B (T8)) de 28,5€, para o conjunto Lâmpada T8 -1x32/36W+Balastro electrónico (L+B (T8)) de 25€, enquanto para a substituição por tecnologia de lâmpadas T5 implica um custo unitário do conjunto Lâmpada T5 - 1x28/35W+Balastro electrónico+Luminária (L+B+L (T5)) de 130.5€.

Avaliou-se que o período de retorno de investimento para o caso se optar pelo retrofit de tecnologia de lâmpadas T8, escolhendo a melhor opção de entre as simuladas assim como, o período de retorno de investimento para a solução de tecnologia de lâmpadas T5.

Verificou-se o período de retorno do investimento total num prazo até 4 anos para a tecnologia de lâmpadas T8 e, de até 27 anos para a tecnologia de lâmpadas T5. O período de retorno de investimento para o ambiente-padrão “Casa de Banho” é muito elevado pois o sistema de iluminação actual já se encontra bem dimensionado, pelo que se torna inviável o retorno do investimento quando se emprega somente a economia relativa aos encargos energéticos desse mesmo ambiente. Os resumos dos períodos de retorno de investimento encontram-se na tabela 7.29.

É importante salientar que o período de retorno de investimento é calculado no caso somente da substituição directa de tecnologia, isto é, um tempo de utilização igual dos novos sistemas de iluminação.

¹⁴ A Melhor Opção dos sistemas de iluminação simulados, sob o ponto de vista técnico.

¹⁵ Δ (%) é a variação em percentagem entre o valor actual e o valor para a melhor opção simulada.

Ambiente	Substituição Total (€)		R. Investimento (anos)	
	L+B (T8)	L+B+L (T5)	L+B (T8)	L+B+L (T5)
Sala de Aula-Tipo 1	3264	x	3,5	x
Sala de Aula-Tipo 2	1536	11745	4,0	27,3
Sala de Aula-Tipo3	2304	15660	4,0	21,8
Sala Apoio	832	5089,5	4,0	18,1
Corredor	1197	3915	2,9	8,4
Casa de Banho	x	3132	x	101,1

Tabela 7.29 - Investimento necessário e retorno de investimento.

Concluindo, a substituição total dos sistemas de iluminação implica investimentos muito grandes e portanto pouco interessantes. Contudo a substituição directa dos sistemas de iluminação actual pelo simulado para luminárias de lâmpadas T8 possibilita períodos de retorno de investimento muito atractivos.

7.3.3.2. Iluminação exterior

Relativamente a iluminação exterior, as lâmpadas usadas são as comuns lâmpadas de vapor de mercúrio, de 125W e 250W, o retrofit deste tipo de tecnologia por lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão conduzem a uma redução significativa no consumo de electricidade. A eficiência luminosa das lâmpadas de vapor de sódio é bastante mais elevada e como a iluminância pretendida no exterior está bem dimensionada, o retrofit é o modelo a seguir na reabilitação da instalação.

No caso da escola E.3.2, a substituição das 15 lâmpadas de vapor de mercúrio de 250W ($\Phi = 13000\text{lm}$) por 15 lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão de 150W ($\Phi = 15000\text{lm}$) constitui uma redução de 3300 kWh/ano no consumo de electricidade, que proporciona reduções nos encargos energéticos na ordem dos 232€/ano.

A substituição das 23 lâmpadas de vapor de mercúrio de 125W ($\Phi = 6300\text{lm}$) por 23 lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão de 70W ($\Phi = 6500\text{lm}$) proporciona uma redução de 2783 kWh/ano ($\approx 195\text{€}$).

7.3.3.3. Controlo e comando da iluminação

Foi possível verificar que nos ambientes-padrão “Sala de Aula - Tipo 1”, “Sala de Aula - Tipo 2” e “Sala de Aula - Tipo 3”, o comando da iluminação é realizado por interruptor de lustre, dividindo o sistema de iluminação em duas zonas, perpendicularmente à janela, não permitindo um adequado aproveitamento da iluminação natural.

A reorganização dos circuitos de comando (definição de zonas, paralelas às janelas; aumento do número de zonas) permite adaptar o número de luminárias em funcionamento às necessidades actuais do ambiente-padrão em estudo. Por inspecção visual dos ambientes padrão considerados, verificou-se que o controlo de todo o sistema de iluminação através de dois interruptores leva a que todo o sistema esteja ligado durante o horário de funcionamento normal da instalação por duas razões: comando aleatório das luminárias; pouca selectividade.

Estimou-se que duas lâmpadas em cada sala dos ambientes padrão “Sala de Aula - Tipo 1” e “Sala de Aula - Tipo 2” podiam ser desligadas selectivamente e, pelo mesmo raciocínio, quatro lâmpadas em cada sala do ambiente “Sala de Aula - Tipo 3”. Daí resultando a redução em 15% nos consumos em iluminação.

É então plausível estimar a economia no consumo energético relativo ao posicionamento e segmentação dos interruptores. Estimou-se, então, que 15% da energia total consumida pela iluminação em salas de aula (“Sala de Aula - Tipo 1”, “Sala de Aula - Tipo 2” e “Sala de Aula - Tipo 3”) é desperdiçada devido à má disposição e selectividade dos interruptores de comando. Transpondo para o caso em estudo, somos conduzidos a uma redução total de 6364 kWh ($\approx 600\text{€}$) no consumo anual de energia eléctrica destes ambientes-padrão.

Salienta-se o facto de que a redistribuição adequada dos comandos do sistema de iluminação poder ser considerada uma medida de baixo custo de implementação, dado que não implica o investimento em novos acessórios, somente cablagem e mão-de-obra, o que é economicamente atractivo.

O uso de dispositivos de controlo da iluminação contribui eficazmente para a redução dos consumos de electricidade, a regulação do fluxo luminoso em combinação com células fotoeléctricas permite o aproveitamento da luz natural. Estimou-se uma redução de 35% dos consumos em iluminação nas salas de aula, pois o FLDM é de 73% para estes ambientes. Considerou-se um valor conservativo visto o FLDM ser um índice genérico, com elevada incerteza na avaliação do potencial de aproveitamento de luz natural. Extrapolando para o total ambiente padrão de salas de aula, calculou-se uma redução anual de 14848 kWh no consumo do sistema de iluminação actual, o que proporciona a poupança de 1407€ na factura energética anual.

Por análise dos perfis de utilização do sistema de iluminação do exterior verifica-se que o tempo de utilização é programado por interruptor horário ou, em alguns casos, por célula fotoeléctrica. O accionamento da iluminação exterior deve sempre ser efectuado por célula

fotoelétrica, de modo a aproveitar ao máximo a intensidade de iluminação natural que sistematicamente é diferente ao longo do mês, que de outro modo seria desperdiçado pelo facto de interruptores horários necessitarem de constante programação para as constantes alterações nos níveis de iluminância da iluminação natural ao longo do mês.

Nas casas de banho não existe controlo do sistema de iluminação, é habitual o sistema de iluminação estar ligado durante o tempo de utilização correspondente ao período de funcionamento do estabelecimento. Logo o potencial de redução do consumo é grande, dado tempo de utilização do ambiente ser composto por intervalos pequenos, o uso de detectores de presença constituiria uma medida eficaz de economia de electricidade. Supondo um tempo de utilização do ambiente de 20 minutos, em cada hora de funcionamento do estabelecimento, o uso de detectores de presença garantiria uma redução do consumo na ordem dos 66%, que se traduziria numa economia de 1403 kWh/ano ($\approx 140\text{€}/\text{ano}$) no consumo de energia eléctrica.

Outra medida no controlo da iluminação é o “scheduling control”, que aplicado aos corredores induz uma racionalização eficaz da electricidade consumida neste ambiente. Com base em depoimentos realizados por funcionários e docentes dos estabelecimentos foi estimado que durante o período de aulas a necessidade de iluminação nos corredores é reduzida, assim como após o período de aula. Concluiu-se que em cada hora do horário de funcionamento normal da escola, em metade desse tempo os níveis de iluminância podem ser reduzidos pois a utilização desses espaços é pequena. Assim, nesses períodos apenas uma iluminância mínima de circulação será necessária pelo que, de um terço a metade das luminárias nesses períodos poderiam estar desligadas.

Admitiu-se um cálculo conservativo, em que um terço das luminárias poder ser desligada nestes períodos (30 minutos de cada hora de funcionamento normal da instalação), o que resulta numa economia de 1150 kWh/ano ($\approx 112\text{€}/\text{ano}$). A utilização conjunta desta tecnologia com células fotoelétricas nas zonas com iluminação natural pode aumentar a economia do consumo energético nestes ambientes até 20%.

7.3.3.4. Computadores

Como visto para os equipamentos deste tipo nos estabelecimento do modelo M3, um computador portátil tem uma eficiência energética de 50% a 80% superior à de um computador de secretária. Os monitores LCD consomem, em média, 50 a 70% menos energia do que os monitores convencionais CRT.

Atendendo ao facto de as escolas estarem equipadas na sua generalidade com computadores de secretária com ecrã CRT, a substituição gradual por computadores portáteis e/ou ecrãs LCD transforma-se numa medida de conservação e racionalização do consumo de

electricidade bastante atractiva. Conjugado com a sensibilização dos utilizadores e aplicação dos modelos de eficiência energética (“Energy Star”) que acompanham os recentes computadores a economia de energia pode aumentar significativamente.

Para o estabelecimento em estudo, existem 74 computadores de secretária, dos quais 30% com monitor CRT. Arbitrou-se que o consumo do monitor corresponde a um terço do consumo global de um computador de secretária (definido em 200W). A substituição por monitores LCD, que consomem em média 60% menos que os monitores CRT, proporciona a redução de 888 kWh no consumo total anual deste tipo de equipamento, que equivale à economia anual de 86€.

Estimou-se também o potencial de conservação de energia eléctrica no caso de se optar pela substituição dos computadores de secretária por computadores portáteis. Apesar dos custos de investimento serem substancialmente maiores, a redução da factura energética é também bastante significativa. Supôs-se a substituição total de todos os computadores de secretária por computadores portáteis, o consumo anual dos equipamento actuais é de 14800 kWh, calculou-se a diminuição no consumo de electricidade considerando a redução média de 50% no consumo de cada computador. Esta medida oferece a diminuição do consumo anual em 7400 kWh ($\approx 716\text{€}$).

7.3.3.5. Sistema de Aquecimento

O sistema de aquecimento utilizado nos estabelecimentos de ensino do parque escolar da cidade do Porto é na sua generalidade assegurado por aquecimento local (radiadores a óleo, radiadores de resistências, termo ventiladores e acumuladores de calor)

O aquecedor eléctrico convencional a óleo ou resistência é um aparelho pouco eficiente devido a não ter capacidade de armazenamento de calor e ser utilizado durante horas de tarifário elevado, o desperdício energético é grande dada a elevada potência consumida (800 a 2400W) e o elevado tempo que demora a satisfazer as necessidades de temperatura de um determinado ambiente.

Uma alternativa a esta tecnologia é a utilização de acumuladores de calor. O princípio de funcionamento é igual ao do aquecedor convencional mas tem a capacidade de armazenar calor para ser utilizado num horário programado. Esta é uma tecnologia muito empregue em ambientes fechados e de tamanho reduzido, a capacidade de acumulação pode ser explorada no contexto do custo da energia, acumular calor em horários de vazio (baixo custo) para a utilização em horários de ponta (custo elevado).

Visto o estabelecimento de ensino em estudo já conter um sistema de aquecimento por acumuladores de calor nos ambientes “Sala de Aula - Tipo 1”, propôs-se a instalação de dois acumuladores de calor em cada sala de aula dos ambientes padrão em falta (“Sala de Aula -

Tipo 2” e “Sala de Aula - Tipo 3”). O custo unitário de um acumulador de calor + acessórios + reforço da potência dos quadros + mão-de-obra foi definido em 300€. Assim, para as restantes doze salas de aula, prevê-se um investimento de 7800€. Estimou-se uma potência de 1600W para cada acumulador de calor, ligado durante as horas de vazio (das 22h00 às 7h00), com factor de utilização de 0,7, durante os quatros meses do horário de Inverno. O consumo anual da proposta será de 21772kWh com um custo de 1200€. Os encargos anuais actuais em sistemas de aquecimento rondam os 1700€.

7.3.3.6. Análise tarifária

Recorrendo à folha de cálculo do Microsoft Excel, foi possível simular os custos associados aos encargos energéticos do estabelecimento em estudo para diferentes modalidades tarifárias existentes, para clientes BTE ou MT, para médias utilizações (MU) e longas utilizações (LU). A simulação foi efectuada para o “valor” de potência contratada e instalada igual à existente no local. Como não tivemos acesso aos encargos energéticos anuais do estabelecimento de ensino E.3.2. Realizou-se a análise tarifária para o estabelecimento E.3.2, pertencente ao mesmo modelo M2. Os resultados obtidos são dispostos na tabela 7.30.

Mês	BTE -MU (€)	BTE-LU (€)	MT-MU (€)	MT-LU (€)
Jan	1.767	1.658	1.347	1.315
Fev	1.654	1.581	1.277	1.247
Mar	1.187	1.136	930	921
Abr	1.699	1.607	1.376	1.315
Mai	1.482	1.406	1.208	1.159
Jun	952	928	802	784
Jul	580	586	517	521
Ago	370	395	356	371
Set	1.351	1.292	1.111	1.069
Out	1.918	1.798	1.460	1.422
Nov	1.647	1.558	1.262	1.233
Dez	1.206	1.150	944	933
Totais	15.813	15.095	12.590	12.290

Tabela 7.30 - Encargos energéticos globais por modalidade tarifária.

Concluiu-se que a modalidade tarifária actual (BTE - LU) é a mais favorável em BTE. No entanto, é interessante verificar a redução dos encargos energéticos com a alteração da modalidade tarifária para Média Tensão, que proporcionaria reduções de até 2800€ por ano. No entanto, a alteração para a modalidade tarifária MT-LU implicaria o investimento na instalação de um Posto de Transformação. Será necessário um estudo criterioso das condições

de distribuição de energia em MT junto ao estabelecimento de ensino para se avaliar economicamente a alteração para a modalidade tarifária Média Tensão.

7.3.3.7. Compensação do factor de potência

A melhor opção, que traz maiores benefícios à instalação é a correcção centralizada, que consiste na montagem de 1 equipamento único no quadro geral de baixa tensão a jusante do interruptor geral.

Para o estabelecimento em estudo (E.3.2), o factor de potência médio é de 0,77, Para aumentar o factor de potência para um valor unitário, deveria ser instalado uma bateria de condensadores de potência.

$$Q_{bc} = P_r (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) = 70 (\tan 39.65^\circ - \tan 0^\circ) = 58 \text{ kVar}$$

em que P_r é o valor da potência máxima requisitada.

A despesa anual com o consumo de energia reactiva é de 227€, uma bateria de condensadores de 50kVar tem um custo de aquisição, médio, de 600€. Assim é fácil verificar que a implementação desta medida terá um retorno do investimento em 2,64 anos.

Salienta-se o facto de que esta proposta para a instalação de uma bateria de condensadores de 50kVar toma como dados os valores de factor de potência da instalação antes de qualquer reabilitação. Como já foi referido, o uso de balastros electrónicos induz a factores de potência maiores o que poderá reduzir o investimento necessário na aquisição da bateria de condensadores.

7.3.3.8. Instalação de colectores solares para aquecimento de águas sanitárias

Para o aquecimento de águas sanitárias, o dimensionamento da área de colectores solares é definido para aproveitar a área disponível num pavilhão. O consumo médio de um duche é 40litros por pessoa, como temos uma taxa de utilização a rondar as 100 pessoas por dia, o consumo médio diário é de 4000 litros. A área passível de se instalar colectores é a área do campo de jogos, está disponível uma área de cerca de 33m².

Considerou-se um colector solar plano selectivo com as características da tabela 7.10, concluindo-se que a energia média anual fornecida por um sistema de colectores solares é de 660kWh/m², com um custo de 500€/m², somente resta definir a área de colectores a instalar. Tipicamente, a área de jogo de um pavilhão desportivo é de cerca de 500m², é uma boa aproximação considerar a instalação média de 33m² de colectores solares o pavilhão, o que leva a uma produção anual de energia de 21780kWh.

Dada a área disponível na cobertura, é possível a instalação de uma área maior de colectores solares no entanto, para efeitos de cálculo, considera-se esta área de base, podendo-se extrapolar para uma maior área, desde que esteja disponível a mesma quantidade de luz natural para todos os colectores.

Existe pavilhão gimno-desportivo na escola E.3.1 deste modelo M3. Para esta escola, o aquecimento de águas sanitárias é realizado por uma caldeira alimentada a gásóleo. Sabe-se que um litro de gásóleo produz cerca de 9,95 kWh, com rendimento de 70%. Assim, para a produção de uma mesma quantidade de energia obtida pelos colectores solares, são necessários 2189 litros.

Economicamente, a instalação de 33m² de colectores solares tem um custo de 16500€, como custo do combustível é de cerca de 0,6 €/litro, a quantidade de gásóleo necessário para a geração de uma mesma energia num ano será de 1313€. Conclui-se assim que o período de retorno do investimento é de 12,6 anos.

Apesar de não cobrir os encargos energéticos relativos ao aquecimento de águas sanitárias, trata-se de uma proposta viável, com período de retorno de investimento relativamente curto. O estudo do perfil de consumo diário em aquecimento de águas sanitárias e, do perfil diário de energia fornecida pelos colectores solares no pavilhão em estudo, permitiria uma avaliação mais criteriosa e possivelmente o aumento da área de colectores solares a instalar.

7.3.4. Potencial de economia de energia eléctrica total

No caso específico do estabelecimento de ensino E.3.2, o potencial de economia de energia eléctrica total, foi calculado somando as economias propostas ao nível da instalação eléctrica, calculadas individualmente nos parágrafos anteriores. Os vários potenciais individuais foram calculados independentemente entre si, isto é, sem relacionar a economia associada de todas as propostas mas da sua potencialidade relativamente ao estado actual da instalação eléctrica (tabela 7.31).

Por exemplo, o potencial económico e energético das propostas de reabilitação do comando e controlo foram obtidos para o sistema de iluminação actual, não sobre a melhor tecnologia de iluminação proposta.

Proposta de reabilitação	Balanço Economia Anual		
	Energia [kWh/ano]	Valor [€/ano]	[%] ¹⁶
Sistema de Iluminação			
Tecnologia de Iluminação			
Ambientes padrão	30085	2867	25%
Iluminação exterior	6083	427	5%
Controlo e comando			
Segmentação do comando	6364	600	5%
Regulação Automática do Fluxo Luminoso	14848	1407	12%
Sensores de presença	1403	140	1%
“Scheduling Control”	1150	112	1%
Computadores			
Substituição por monitores LCD	888	86	1%
Substituição por computadores portáteis	7400	716	6%
Outras propostas			
Compensação do factor de potência		227	
Colector Solar		1313	
Total da Instalação	68221	7895	

Tabela 7.31 - Potencial económico e energético global na escola E.3.2.

Concluindo, a aplicação das medidas de reabilitação proporcionariam a redução até 68221 kWh por ano nos consumos de energia eléctrica e até 7895€ dos encargos energéticos da instalação. A carência de informação relativa ao consumo específico mensal da instalação (inexistência de factura de electricidade) não permite a avaliação percentual.

¹⁶ Redução face ao cenário actual

Capítulo 8

Conclusões Globais e Perspectivas de Desenvolvimento

A presente dissertação aponta caminhos realistas - uma vez que são baseados numa recolha de informação e num trabalho de campo aturado - a seguir no sentido de uma maior eficiência de utilização dos equipamentos eléctricos das escolas EB2-3 (...e de outras). As recomendações apontadas neste texto poderão ser úteis para os responsáveis das escolas, nomeadamente, quando for equacionada uma reabilitação geral de edifícios e de instalações das mesmas. Precisamente porque este texto tem, entre outros, aqueles destinatários, os quais, no geral, são leigos nos assuntos tratados, houve a preocupação de abordar, especialmente nos capítulos iniciais, um conjunto de conceitos gerais de enquadramento dos temas desenvolvidos. Essa abordagem - e, no fundo, todo o texto da presente dissertação - foi feita de um modo, propositadamente, simples, para que os tópicos tratados possam vir a ser facilmente apreendidos, e compreendidos, por todos aqueles que não são “técnicos”.

Naturalmente que o trabalho que agora se conclui, não se esgota aqui. Seria muito interessante que, no futuro, se pudesse proceder a análises mais minuciosas, escola a escola - envolvendo, porventura, mais medidas - no sentido de detalhar e quantificar todas as acções a empreender no sentido de uma “optimização” da eficiência da exploração destes equipamentos sociais.

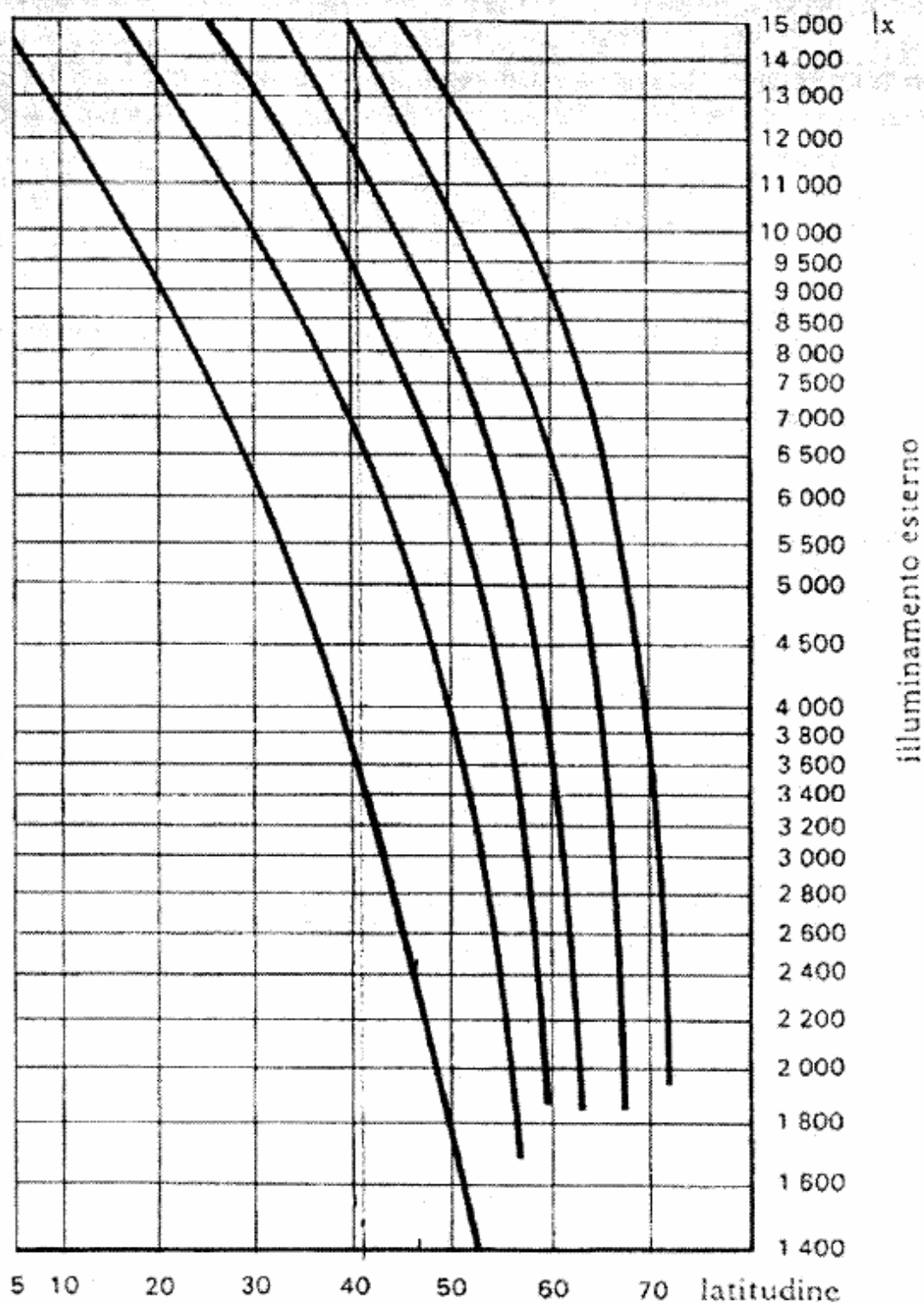
Bibliografia e Referências

- [1] Isolani, PIERALDO., A Utilização Racional de Energia em Edifícios Públicos. Lisboa: 2008
- [2] Direcção - Geral de Energia e Geologia., Caracterização Energética Nacional. [Online] 2006, <http://dgge.pt>.
- [3] Ministério da Economia e da Inovação., Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética. Fevereiro, 2008.
- [4] Viana, Gentil., Integração dos Sistemas de Iluminação Natural e Artificial: Em estudo de Caso do Mercado Central de Belo Horizonte. São Paulo: 1999.
- [5] Teixeira, Armínio., Eficiência Energética em Iluminação Interior. Porto : FEUP, 2007.
- [6] Teixeira, Armínio., Grandezas Usadas Em Luminotecnica. Porto : FEUP, 2003.
- [7] [Online] <http://pt.wikipedia.org>.
- [8] Teixeira, Armínio., Tabela de Níveis de Iluminação Interior. Porto : FEUP, 2001.
- [9] Teixeira, Armínio., Tipos de Lâmpadas e Aplicações. Porto : FEUP, 2005.
- [10] Lazlo, Carlos., Manual de Luminotecnica para Interiores. 2007.
- [11] Alvarez, André., Uso Racional e Eficiente de Energia. São Paulo, 1998.
- [12] Vázquez, José Ramírez., Luminotecnica. Barcelona : CEAC, 1999.
- [13] Almeida, Aníbal., Manual de Gestão da Energia. Coimbra : IRC, 2007.
- [14] [Online], <http://www.climar.pt>.
- [15] Teixeira, Armínio., Balastros Electrónicos. Porto : FEUP, 2003.
- [16] Teixeira, Armínio., Comando de Circuitos de Iluminação. Porto : FEUP, 2003.
- [17] Teixeira, Armínio., Iluminação Natural. Porto : FEUP, 2003.
- [18] Teixeira, Armínio., Armaduras de Iluminação Interior. Porto : FEUP, 2006.
- [19] Pimenta, Bruno., Sistemas Inteligentes em Telecontagem. Lisboa : IST, 2007.
- [20] Apontamentos da Disciplina de Instalações Eléctricas. FEUP, 2004.
- [21] Ferreira, José., SADI. Porto: FEUP, 2007.
- [22] Teixeira, Armínio., Sistema de Detecção Intrusão. Porto : FEUP, 2007.
- [23] Teixeira, Armínio., ITED e Redes Estruturadas. Porto : FEUP, 2005.
- [24] Teixeira, Armínio., Iluminação Fluorescente - Balastros. Porto : FEUP, 2002.
- [25] Fernandes, Rúben., Eficiência Energética de Edifícios versus Qualidade de Iluminação. Porto : FEUP, 2008.
- [26] Alves, Filipe Latourrete., Medidas de Eficiência Energética na Iluminação Integrando Luz Natural. Porto : FEUP, 2007.
- [27] Lopes, Aline., Avaliação de Duas Propostas de Sistema de Iluminação Artificial Suplementar ao Sistema de Iluminação Natural. Florianópolis - SC, 2006.
- [28] Direcção Geral da Geologia e Energia., Regras Técnicas das Instalações Eléctricas de Baixa Tensão. 2008.
- [29] Paiva, José., Redes de Energia Eléctrica uma Análise Sistémica. Lisboa: IST, 2005.
- [30] Weingand, David., Advanced Lighting Guidelines Project Team. California, 2003.
- [31] Águas, Miguel., Sebenta de Gestão da Energia. Lisboa. IST, 2009.
- [32] Mills, Evan., Advanced Energy-Efficient Lighting Systems: Progress and Potential. CA, 1993.

- [33]Morales, Clayton., Indicadores de Consumo de Energia Eléctrica como Ferramentas de Apoio à Gestão. São Paulo, 2007.
- [34]Santos, António José; Iluminação Nos Edifícios: Uma abordagem no contexto da sustentabilidade e eficiência energética, Lisboa, Maio 2007
- [35]União Europeia., Jornal Oficial da União Europeia. Dezembro, 2006.
- [36]Souza, Anália., Uso da Energia em Edifícios: estudo de caso de escolas municipais e estaduais de Itabira. Belo Horizonte, 2005,
- [37]Bierman, Andrew., Development and Demonstration of an Improved, Energy- Efficient, Photosensor Lighting Control. Março, 2003.
- [38] Teixeira, Armínio.,A Lâmpada Fluorescente T5. Porto : FEUP, 2007.
- [39]Teixeira, Armínio.,Iluminação Segurança. Porto : FEUP, 2005.
- [40]Morais, Josué Lima e Pereira, José Marinho Gomes., Guia Técnico das Instalações Eléctricas. Lisboa : CERTIEL, 2006.
- [41] <http://www.lighting.philips.com>.
- [42]<http://www.google.pt>
- [43]<http://www.adene.pt>.

ANEXO I - Disponibilidade de Luz natural em função da latitude [17]

PERCENTUALI ORARIE ANNUE						ORARIO
75%	70%	65%	60%	50%	40%	06.00-18.00
95%	85%	75%	65%	55%	45%	07.00-17.00
100%	100%	95%	85%	70%	60%	08.00-16.00
95%	90%	85%	80%	70%	60%	07.00-15.00 e 09.00-17.00



ANEXO II - Resumen de Facturas de Energía Eléctrica

Escola EB 2,3 da Areosa

Tensão Opção tarifária		BTE	Ciclo Potência Contratada (kW)			Diário
		LU				94
Período		Energia activa consumida (kW)			Energia reactiva (kVar)	
Mês	Trim.	Ponta	Cheias	Vazio	Consumo (Fora Vazio)	
Jan	I	4.034,00	10.830,00	6.298,00	0	
Fev		4.926,00	13.910,00	7.152,00	0	
Mar		4.196,00	11.128,00	4.712,00	0	
Abr	II	3.428,00	8.506,00	3.782,00	0	
Mai		3.410,00	9.078,00	2.664,00	1.105	
Jun		3.162,00	8.244,00	2.390,00	1.646	
Jul	III	1.794,00	4.864,00	1.936,00	1.101	
Ago		1.720,00	4.682,00	2.594,00	1.235	
Set		1.512,00	3.936,00	2.108,00	1.011	
Out	IV	2.980,00	7.714,00	2.114,00	1.472	
Nov		3.560,00	9.094,00	2.470,00	1.560	
Dez		4.480,00	12.278,00	4.936,00	0	

Escola EB 2,3 Irene Lisboa

Tensão Opção tarifária		BTE	Ciclo Potência Contratada (kW)		Diário
		LU			81
Período		Energia activa consumida (kW)			Energia reactiva (kVar)
Mês	Trim.	Ponta	Cheias	Vazio	Cons. (Fora Vazio)
Jan	I	3.077,00	8.168,00	4.484,00	2.552
Fev		2.460,00	6.062,00	4.896,00	2.597
Mar		1.953,00	3.949,00	4.872,00	2.180
Abr	II	2.637,00	5.669,00	6.302,00	2.894
Mai		2.216,00	5.775,00	4.538,00	2.889
Jun		1.257,00	3.065,00	2.486,00	1.955
Jul	III	1.128,00	2.525,00	2.799,00	1.962
Ago		1.683,00	3.932,00	3.717,00	3.214
Set		2.037,00	4.500,00	5.970,00	2.691
Out	IV	2.070,00	5.832,00	6.651,00	2.847
Nov		2.732,00	8.453,00	3.239,00	2.018
Dez		2.247,00	6.405,00	3.156,00	5.665

Escola EB 2,3 Nicolau Nasoni

Tensão		BTE	Ciclo		Diário
Opção tarifária		LU	Potência Contratada (kW)		94
Período		Energia activa consumida (kW)			Energia reactiva (kVar)
Mês	Trim.	Ponta	Cheias	Vazio	Cons. (Fora Vazio)
Jan	I	4.034,00	10.830,00	6.298,00	0
Fev		4.926,00	13.910,00	7.152,00	0
Mar		4.196,00	11.128,00	4.712,00	0
Abr	II	3.428,00	8.506,00	3.782,00	0
Mai		3.410,00	9.078,00	2.664,00	1.105
Jun		3.162,00	8.244,00	2.390,00	1.646
Jul	III	1.794,00	4.864,00	1.936,00	1.101
Ago		1.720,00	4.682,00	2.594,00	1.235
Set		1.512,00	3.936,00	2.108,00	1.011
Out	IV	2.980,00	7.714,00	2.114,00	1.472
Nov		3.560,00	9.094,00	2.470,00	1.560
Dez		4.480,00	12.278,00	4.936,00	0

Escola EB 2,3 Leonardo Coimbra (Filho)

Tensão Opção tarifária		BTE	Ciclo Potência Contratada (kW)		Diário
		LU			63
Período		Energia activa consumida (kW)			Energia reactiva (kVar)
Mês	Trim.	Ponta	Cheias	Vazio	Cons. (Fora Vazio)
Jan	I	2.634,00	7.093,00	3.884,00	4.004
Fev		2.528,00	6.681,00	3.257,00	4.555
Mar		1.988,00	5.193,00	2.765,00	3.717
Abr	II	2.027,00	5.165,00	2.784,00	4.171
Mai		2.439,00	6.032,00	3.417,00	5.331
Jun		2.031,00	4.950,00	3.009,00	4.277
Jul	III	1.307,00	2.919,00	2.478,00	2.558
Ago		1.178,00	2.633,00	2.910,00	2.522
Set		1.496,00	3.549,00	2.639,00	3.099
Out	IV	2.387,00	6.057,00	3.156,00	5.165
Nov		2.624,00	6.762,00	3.221,00	5.456
Dez		2.175,00	6.023,00	2.774,00	3.107

Escola EB 2,3 do Viso

Tensão		BTE	Ciclo		Diário
Opção tarifária		LU	Potência Contratada (kW)		63
Período		Energia activa consumida (kW)			Energia reactiva (kVar)
Mês	Trim.	Ponta	Cheias	Vazio	Cons. (Fora Vazio)
Jan	I	3.226,00	8.735,00	1.848,00	5.243
Fev		3.041,00	7.670,00	1.607,00	5.933
Mar		2.164,00	5.313,00	1.515,00	4.188
Abr	II	3.144,00	7.495,00	1.984,00	7.113
Mai		2.743,00	6.483,00	1.739,00	6.429
Jun		1.780,00	3.841,00	1.398,00	3.306
Jul	III	982,00	2.369,00	1.204,00	1.256
Ago		549,00	1.463,00	884,00	422
Set		2.450,00	5.896,00	1.839,00	5.370
Out	IV	3.555,00	8.897,00	2.087,00	7.355
Nov		2.937,00	8.351,00	1.460,00	5.226
Dez		2.096,00	6.043,00	1.464,00	2.493

Escola EB 2,3 Manoel de Oliveira

Tensão		BTE	Ciclo			Diário
Opção tarifária		LU	Potência Contratada (kW)			78
Período		Energia activa consumida (kW)			Energia reactiva (kVar)	
Mês	Trim.	Ponta	Cheias	Vazio	Cons. (Fora Vazio)	
Jan	I	3.906,00	10.874,00	5.418,00	7.748	
Fev		3.180,00	8.906,00	4.234,00	7.612	
Mar		2.764,00	6.794,00	4.472,00	6.051	
Abr	II	3.274,00	8.372,00	5.250,00	8.414	
Mai		3.105,00	5.775,00	4.538,00	4.666	
Jun		1.684,00	4.500,00	3.188,00	4.556	
Jul	III	1.056,00	2.502,00	2.996,00	1.989	
Ago		732,00	1.702,00	2.436,00	1.092	
Set		2.580,00	6.532,00	3.980,00	6.743	
Out	IV	3.454,00	9.360,00	5.554,00	9.710	
Nov		3.406,00	9.442,00	5.330,00	8.193	
Dez		2.710,00	7.504,00	4.978,00	4.622	

ANEXO III - Caracterização dos Sistemas de Iluminação das Escolas

Escola EB 2,3 da Areosa

	Iluminância (lux)				Área (m ²)	Lâmpada Tipo	Luminária				Potência (W)			Tempo Utilização (horas)					Consumo (kWh/ano)			Encargo Anual (€)
	Nº	min	méd	máx			Nº	L. p/Lu ⁱⁱⁱ	T.Lamp ⁱⁱⁱ	L+B ^{iv}	p/célula	Total (kW)	(W/m ²)	Horário	F.u	V	C	P	C	P	V	
Sala Aula-Tipo 1	17	300	450	600	45,5	FT -T8	6	2	12	65	780	13,3	17,1	7h30 - 18h30	0,7	0,5	7,5	2,5	13923	4641	928	1847
						FT -T8	3	1	3	41	123	2,1		7h30 - 18h30	0,6	0,5	7,5	2,5	1882	627	125	250
Sala Aula-Tipo 2	7	400	550	700	95,9	FT -T8	12	2	24	65	1560	10,9	16,3	7h30 - 18h30	0,7	0,5	7,5	2,5	11466	3822	764	1521
						FT -T8	3	1	3	41	123	0,9		7h30 - 18h30	0,6	0,5	7,5	2,5	775	258	52	103
Sala de Apoio	3	200	325	450	18	FT -T8	4	2	8	65	520	1,6	28,9	7h30 - 18h30	0,7	0,5	7,5	2,5	1638	546	109	217
						FT -T8	3	1	3	41	123	0,4		7h30 - 18h30	0,6	0,5	7,5	2,5	332	111	22	44
Sala Administrativa	6	400	450	500	12,25	FT -T8	4	2	8	65	520	3,1	42,4	7h30 - 18h30	0,7	0,5	8	4	3494	1747	218	534
Secretaria	1	500	675	850	58,8	FT -T8	8	2	16	65	1040	1,0	17,7	7h30 - 20h00	0,8	0,5	8	4	1331	666	83	203
Corredor	2	90	120	150	248	FT -T8	18	2	36	65	2340	4,7	9,4	7h30 - 20h00	0,45	0,5	8	4	3370	1685	211	515
Arrumos	4	150	250	350	5,25	FT -T8	2	2	4	65	260	1,0	49,5	8h00 - 20h00	0,2	0	8	4	333	166	0	50
Cozinha	1	300	450	600	98	FT -T8	17	2	34	65	2210	2,2	22,6	8h00-15h30	0,75	0	5	2,5	1658	829	0	248
					128	FT -T8	15	1	15	65	975	1,0	7,6	11h30-14h00	1	0	3,5	0	683	0	0	60
Bufete	1	200	300	400	24,5	FT -T8	3	2	6	65	390	0,4	15,9	8h00 - 18h00	1	0	7,5	2,5	585	195	0	75
Biblioteca	1	400	450	500	168	FT -T8	18	2	36	65	2340	2,3	13,9	8h00 - 18h00	0,85	0	7,5	2,5	2984	995	0	385
Casa de Banho	23	150	200	250	8,75	FT -T8	2	1	2	65	130	3,0	14,9	8h00 - 20h00	0,9	0,5	8	4	4306	2153	269	658
Exterior	1					HQL	25	1	25	70	1750	1,8		20h00 - 7h00	0,9	7	3	1	945	315	2205	243
Pavilhão																						
Campo	1	400	500	600	540	HQL	36	1	36	400	14400	14,4	26,7	8h00 - 24h00	0,85	2	9	5	22032	12240	4896	3709
Corredor	1	100	175	250		FT -T8	18	1	18	65	1170	1,2		8h00 - 24h00	0,85	2	9	5	1790	995	398	301
Balneários	2	300	400	500		FT -T8	14	1	14	65	910	1,8		8h00 - 24h00	0,85	2	9	5	2785	1547	619	469
Sala Prof.	1	300	375	450		FT -T8	6	2	12	65	780	0,8		8h00 - 18h00	0,5	0	7,5	2,5	585	195	0	75
Recepção	1	250	350	450		FT -T8	2	2	4	65	260	0,3		8h00 - 24h00	0,7	2	9	5	328	182	73	55
Campo de jogos - Exterior	1					HPI	8	1	8	250	2000	2,0		8h00 - 18h00	0,1	0	7,5	2,5	300	100	0	39

Escola EB 2,3 Leonardo Coimbra (Filho)

	Iluminância (lux)				Área (m²)	Lâmpada Tipo	N°	Luminária			Potência (W)		(W/m²)	Tempo Utilização (horas)					Consumo (kWh/ano)			Encarg o (€)
	N°							L. p/Lu	T.Lam p	L+ B	p/célul a	Total (kW)		Horário	f.u	V	C	P	C	P	V	
		min	méd	máx																		
Sala Aula - Tipo 1	9	300	425	550	42,25	FT -T8	6	2	12	65	780	7,02	18,46	7h30 - 18h30	0,7	0,5	8	2,5	7862	2457	491,4	1021
Sala Aula - Tipo 2	20	250	425	600	59,15	FT -T8	11	2	22	65	1430	28,6	24,18	7h30 - 18h30	0,7	0,5	8	2,5	32032	10010	2002147,6	4161
						FT -T8	3	1	3	41	123	2,46		7h30 - 18h30	0,6	0,5	8	2,5	2362	738		307
Sala Apoio	8	350	375	400	8	FT -T8	3	1	3	65	195	1,56	24,38	7h30 - 18h30	0,7	0,5	8	2,5	1747	546	109,2	227
Secretaria	1	400	550	700	54	FT -T8	12	2	24	65	1560	1,56	28,89	8h00 - 20h00	0,8	0	8	4	1997	998	0	298
Corredor	4	150	225	300	38	FT -T8	9	2	18	65	1170	4,68	30,79	8h00 - 20h00	0,7	0	8	4	5242	2621	0	783
Arrumos	21	150	200	250	3,75	Incandescente	1	2	2	100	200	4,2	53,33	8h00 - 20h00	0,25	0	8	4	1680	840	0	251
Cozinha	1	200	275	350	117	FT -T8	19	2	38	65	2470	2,47	21,11	8h00-15h30	0,45	0	5	2,5	1112	556	0	166
			0		128	FT -T8	2	1	2	65	130	0,13	1,02	8h00-15h30	0,5	0	5	2,5	65	33	0	10
Bufete	1	100	150	200	13,05	FT -T8	2	2	4	65	260	0,26	19,92	8h00 - 18h00	0,6	0	7,5	2,5	234	78	0	30
Biblioteca	1	250	350	450	130	FT -T8	16	2	32	65	2080	2,08	16,00	8h00 - 18h00	0,6	0	7,5	2,5	1872	624	0	241
						Incandescente	2	1	2	100	200	0,2		8h00 - 18h00	0,6	0	7,5	2,5	180	60	0	23
Casas de Banho	8	150	200	250	14,625	FT -T8	2	1	2	65	130	1,04	8,89	8h00 - 20h00	1	0	8	4	1664	832	0	249
Hall	1	150	250	350	169	FT -T8	18	2	36	65	2340	2,34	13,85	8h00 - 20h00	0,6	0	8	4	2246	1123	0	335
Exterior	1					Incandescente	20	1	20	75	1500	1,5		20h00 - 7h00	1	7	3	1	900	300	2100	231,6
Pavilhão						HQL	28	1	28	400	11200	11,2		8h00 - 24h00	0,75	0	11	5	18480	8400	0	2657
						FT -T8	28	1	28	65	1820	1,82		8h00 - 24h00	0,4	0	11	5	1601,6	728	0	230

Escola EB 2,3 do Viso

	Iluminância (lux)				Área (m²)	Lâmpada Tipo	Luminária			Potência (W)				Tempo Utilização (horas)					Consumo (kWh/ano)			Encargo (€)
	Nº	min	méd	máx			Nº	L. p/Lu	T.Lamp	L+B	p/célula	Total (kW)	(W/m²)	Horário	f.u	V	C	P	C	P	V	
Sala Aula - Tipo 1	17	250	425	600	49	FT -T8	6	2	12	65	780	13,3	15,9	7h30 - 18h30	0,7	0,5	7,5	2,5	13923	4641	928	1847
						FT -T8	3	1	3	41	123	2,1		7h30 - 18h30	0,5	0,5	7,5	2,5	1568	523	105	208
Sala Aula - Tipo 2	6	400	550	700	73,5	FT -T8	8	2	16	65	1040	6,2	14,1	7h30 - 18h30	0,7	0,5	7,5	2,5	6552	2184	437	869
						FT -T8	2	1	2	41	82	0,5		7h30 - 18h30	0,5	0,5	7,5	2,5	369	123	25	49
Sala Aula - Tipo 3	6	300	400	500	83,75	FT -T8	12	2	24	65	1560	9,4	18,6	7h30 - 18h30	0,7	0,5	7,5	2,5	9828	3276	655	1304
						FT -T8	2	1	2	41	82	0,5		7h30 - 18h30	0,5	0,5	7,5	2,5	369	123	25	49
Sala de apoio	13	300	400	500	19,25	FT -T8	2	2	4	65	260	3,4	13,5	7h30 - 18h30	0,7	0,5	7,5	2,5	3549	1183	237	471
Secretaria	1	500	675	850	49	FT -T8	7	2	14	41	574	0,6	11,7	8h00 - 20h00	0,8	0	8	4	735	367	0	110
Corredor	2	120	185	250	227,5	FT -T8	21	2	42	41	1722	3,4	7,6	7h30 - 20h00	0,8	0,5	8	4	4408	2204	276	674
Arrumos	6	150	250	350	9,9	FT -T8	2	2	4	65	260	1,6	26,3	8h00 - 20h00	0,2	0	8	4	499	250	0	75
Cozinha	1	300	450	600	73,5	FT -T8	14	2	28	41	1148	1,1	15,6	8h00-15h30	0,7	0	5	2,5	804	402	0	120
						FT -T8	12	1	12	65	780	0,8		8h00-15h30	0,6	0	5	2,5	468	234	0	70
Bufete	1	200	300	400	25,2	FT -T8	3	2	6	65	390	0,4	15,5	8h00 - 18h00	0,7	0	7,5	2,5	410	137	0	53
Biblioteca	1	400	450	500	147	FT -T8	28	2	56	41	2296	2,3	15,6	8h00 - 18h30	0,7	0	8	2,5	2572	804	0	325
Casas de Banho	12	150	200	250	10,4	FT -T8	2	1	2	41	82	1,0	7,9	8h00 - 20h00	0,9	0	8	4	1417	708	0	212
Exterior	1					HQL	15	1	15	250	3750	3,8		20h00 - 7h00	1	7	3	1	2250	750	5250	579
						HQL	23	1	23	125	2875	2,9		20h00 - 7h01	1	7	3	1	1725	575	4025	444
Balneários Apoio	1					FT -T8	8	1	8	65	520	0,5		8h00 - 18h00	0,1	0	7,5	2,5	78	26	0	10

Escola EB 2,3 Nicolau Nasoni

	Nº	Iluminância (lux)			Área (m²)	Lâmpada Tipo	Luminária				Potência (W)		D.P (W/m²)	Tempo Utilização (horas)					Consumo (kWh/ano)			Encargo (€)
		min	méd	máx			Nº	L. p/Lu	T.Lamp	L+B	p/célula	Total (kW)		Horário	f.u	V	C	P	C	P	V	
Sala Aula - Tipo 1	17	250	350	450	49	FT -T8 FT -T8	6 3	2 1	12 3	65 41	780 123	13,3 2,1	15,9 2,5	8h00 - 18h00 8h00 - 18h00	0,6 0,3	0 0	7,5 7,5	2,5 2,5	11934 941	3978 314	0 0	1539 121
Sala Aula - Tipo 2	6	300	425	550	94,5	FT -T8 FT -T8	9 3	2 1	18 3	65 41	1170 123	7,0 0,7	12,4 1,3	8h00 - 18h00 8h00 - 18h00	0,6 0,3	0 0	7,5 7,5	2,5 2,5	6318 332	2106 111	0 0	815 43
Sala Aula - Tipo 3	2	200	300	400	112	FT -T8	14	2	28	65	1820	3,6	16,3	8h00 - 18h00	0,6	0	7,5	2,5	3276	1092	0	423
Sala apoio	5	400	450	500	18	FT -T8	2	2	4	65	260	1,3	14,4	8h00 - 18h00	0,6	0	7,5	2,5	1170	390	0	151
Secretaria	1	250	400	550	93,6	FT -T8 FTC	8 6	2 2	16 12	65 18	1040 216	1,0 0,2	11,1 2,3	8h00 - 20h00 8h00 - 20h00	0,8 0,5	0 0	8 8	4 4	1331 173	666 86	0 0	199 26
Corredor	2	100	125	150	250	FT -T8	24	2	48	65	3120	6,2	12,5	8h00 - 20h00	0,5	0	8	4	4992	2496	0	746
Arrumos	8	150	250	350	5,25	FT -T8	2	2	4	65	260	2,1	49,5	8h00 - 20h00	0,2	0	8	4	666	333	0	99
Cozinha	1	100	300	500	98 128	FT -T8 FT -T8	23 15	2 1	46 15	65 65	2990 975	3,0 1,0	30,5 7,6	8h00-15h30 8h00-15h30	0,6 0,6	0 0	5 5	2,5 2,5	1794 585	897 293	0 0	268 87
Bufete	1	100	150	200	24,5	FT -T8	3	2	6	65	390	0,4	15,9	8h00 - 18h00	0,7	0	7,5	2,5	410	137	0	53
Biblioteca	1	200	300	400	156	FT -T8	16	2	32	65	2080	2,1	13,3	8h00 - 18h00	0,9	0	7,5	2,5	2808	936	0	362
Casas de Banho	23	150	200	250	8,75	FT -T8	2	1	2	65	130	3,0	14,9	8h00 - 20h00	0,9	0	8	4	4306	2153	0	643
Exterior	1					HQL FT -T8	21 11	1 1	21 11	250 65	5250 715	5,3 0,7		20h00 - 7h00 20h00 - 7h01	1 1	7 7	3 3	1 1	3150 429	1050 143	1103 150	467 64
Pavilhão																						
Campo	1	200	350	500	540	Vapores Metálicos	38	1	38	400	15200	15,2	28,1	8h00 - 24h00	0,75	2	10	4	22800	9120	684	3164
Corredor	1	100	175	250		FT -T8	20	1	20	41	820	0,8		8h00 - 24h00	0,9	2	10	4	1476	590	44	205
Balneários	2	300	400	500		FT -T8	7	2	14	41	574	1,1		8h00 - 24h00	0,9	2	10	4	2066	827	62	287
Salas comuns	3	300	375	450		FT -T8	2	2	4	41	164	0,5		8h00 - 18h00	0,2	0	7,5	2,5	148	49	0	19
						FTC	1	1	1	18	18	0,1		8h00 - 18h00	0,2	0	7,5	2,5	16	5	0	2
Recepção	1	250	350	450		FT -T8	4	2	8	41	328	0,3		8h00 - 24h00	0,4	2	10	4	262	105	8	36
						FTC	18	1	18	18	324	0,3		8h00 - 24h00	0,4	2	10	4	259	104	8	36
Ginásio	1	250	375	500		Vapores Metálicos	6	1	6	400	2400	2,4		8h00 - 24h00	0,35	2	10	4	1680	672	50	233
						FT -T8	2	2	4	41	164	0,2		8h00 - 24h00	0,35	2	10	4	115	46	3	16
Armazém	1	150	225	300		FT -T8	8	2	16	41	656	0,7		8h00 - 24h00	0,2	2	10	4	262	105	8	36

Escola EB 2,3 Irene Lisboa

	Iluminância (lux)				Área (m ²)	Lâmpada Tipo	Luminária				Potência (W)				Tempo Utilização (horas)				Consumo (kWh/ano)			Encargo (€)
	Nº	min	méd	máx			Nº	L. p/Lu	T.Lamp	L+B	p/célula	Total (kW)	(W/m ²)	Horário	F.u	V	C	P	C	P	V	
Sala Aula - Tipo 1	11	200	450	600	49	FT -T8	6	2	12	65	780	8,6	15,9	8h00 - 18h00	0,7	0	7,5	2,5	9009	3003	0	1162
						FT -T8	2	1	2	41	82	0,9		8h00 - 18h00	0,3	0	7,5	2,5	406	135	0	52
Sala Aula - Tipo 2	8	300	450	600	91	FT -T8	9	2	18	65	1170	9,4	12,9	8h00 - 18h00	0,7	0	7,5	2,5	9828	3276	0	1268
						FT -T8	3	1	3	41	123	1,0		8h00 - 18h00	0,3	0	7,5	2,5	443	148	0	57
Sala Aula - Tipo 3	3	250	400	550	112	FT -T8	14	2	28	65	1820	5,5	16,3	8h00 - 18h00	0,7	0	7,5	2,5	5733	1911	0	740
Sala administrativa	8	300	400	500	16	FT -T8	3	2	6	65	390	3,1	24,4	8h00 - 18h00	0,7	0	7,5	2,5	3276	1092	0	423
Secretaria	1	600	675	750	93,6	FT -T8	8	2	16	41	656	0,7	7,0	8h00 - 20h00	0,8	0	9	3	945	315	0	122
Corredor	2	90	120	150	250	FT -T8	22	2	44	65	2860	5,7	11,4	8h00 - 20h00	0,5	0	9	3	5148	1716	0	664
Arrumos	6	150	250	350	5,25	FT -T8	2	2	4	65	260	1,6	49,5	8h00 - 20h00	0,1	0	9	3	281	94	0	36
Cozinha	1	100	350	600	98	FT -T8	23	2	46	41	1886	1,9	19,2	8h00-15h30	0,5	0	5	2,5	849	424	0	127
					128	FT -T8	15	1	15	65	975	1,0	7,6	8h00-15h30	0,5	0	5	2,5	488	244	0	73
Bufete	1	100	150	200	24,5	FT -T8	3	2	6	65	390	0,4	15,9	8h00 - 18h00	0,7	0	7,5	2,5	410	137	0	53
Biblioteca	1	200	350	500	162	FT -T8	16	2	32	65	2080	2,1	12,8	8h00 - 18h00	0,8	0	7,5	2,5	2496	832	0	322
Casas de Banho	23	150	200	250	8,75	FT -T8	2	1	2	65	130	3,0	14,9	8h00 - 20h00	0,9	0	8	4	4306	2153	0	643
Exterior	1					HQL	10	1	10	250	2500	2,5		20h00 - 7h00	1	9	2	0	1000	0	4500	336
						FT -T8	5	1	5	65	325	0,3		20h00 - 7h00	1	9	2	0	130	0	585	44
						FT -T8	1	2	2	65	130	0,1		20h00 - 7h00	1	9	2	0	52	0	234	17

Escola EB 2,3 de Paranhos

	Nº	Iluminância (lux)			Área (m²)	Lâmpada Tipo	Luminária				Potência (W)			Tempo Utilização (horas)					Consumo (kWh/ano)			Encargo Anual(€)
		min	méd	máx			Nº	L. p/Lu	T.Lamp	L+B	p/célula	Total (kW)	(W/m²)	Horário	F.u	V	C	P	C	P	V	
Sala Aula- Tipo 1	29	200	275	350	65	FT -T8	5	2	10	65	650	18,85	10,0	8h00 - 18h00	0,7	0	7,5	2,5	19793	6598	0	2553
						FT -T8	2	1	2	41	82	2,378		8h00 - 18h00	0,3	0	7,5	2,5	1070	357	0	138
Sala Aula - Tipo 3	4	230	365	500	107,25	FT -T8	14	2	28	65	1820	7,28	17,0	8h00 - 18h00	0,7	0	7,5	2,5	7644	2548	0	986
						FT -T8	3	1	3	41	123	0,492		8h00 - 18h00	0,3	0	7,5	2,5	221	74	0	29
Sala Aula - Tipo 2	1	200	300	400	84,5	FT -T8	11	2	22	65	1430	1,43	16,9	8h00 - 18h00	0,6	0	7,5	2,5	1287	429	0	166
						FTC	1	1	1	18	18	0,018		8h00 - 18h00	0,2	0	7,5	2,5	5	2	0	1
						Incandescente	1	1	1	70	70	0,07		8h00 - 18h00	0,2	0	7,5	2,5	21	7	0	3
Sala Apoio	2	300	400	500	32,55	FT -T8	4	2	8	65	520	1,04	16,0	8h00 - 18h00	0,7	0	7,5	2,5	1092	364	0	141
Secretaria	1	400	500	600	43,5	FT -T8	6	2	12	65	780	0,78	17,9	8h00 - 20h00	0,8	0	9	3	1123	374	0	145
Corredor	6	150	225	300	38	FT -T8	6	2	12	41	492	2,952	12,9	8h00 - 20h00	0,7	0	9	3	3720	1240	0	480
Arrumos	14	150	200	250	3	Incandescente	2	1	2	100	200	2,8	66,7	8h00 - 20h00	0,2	0	9	3	1008	336	0	130
Cozinha	1	200	275	350	91,35	FT -T8	21	2	42	65	2730	2,73	29,9	8h00-15h30	0,9	0	5	2,5	2457	1229	0	367
						FT -T8	2	1	2	41	82	0,082		8h00-15h30	0,9	0	5	2,5	74	37	0	11
Bufete	1	80	100	120	17,4	FT -T8	1	2	2	41	82	0,082	4,7	8h00 - 18h00	1	0	7,5	2,5	123	41	0	16
						Incandescente	3	1	3	100	300	0,3		8h00 - 18h00	0,2	0	7,5	2,5	90	30	0	12
Biblioteca	1	250	350	450	126,75	FT -T8	12	2	24	65	1560	1,56	12,3	8h00 - 18h00	0,9	0	7,5	2,5	2106	702	0	272
Casa de Banho	10	150	200	250	15	FT -T8	2	1	2	65	130	1,3		8h00 - 20h00	1	0	9	3	2340	780	0	302
Hall	1	150	250	350	169	FT -T8	18	2	36	41	1476	1,476	8,7	8h00 - 20h00	0,7	0	9	3	1860	620	0	240
Exterior	1					HQL	15	1	15	250	3750	3,75		20h00 - 7h00	1	7	3	1	2250	750	5250	579
						Halogéneo	5	1	5	150	750	0,75		20h00 - 7h00	1	7	3	1	450	150	1050	116
						Incandescente	35	1	35	75	2625	2,625		20h00 - 7h00	0,5	7	3	1	788	263	1838	203
Pavilhão	1	300	375	450	800	FT -T8	12	2	24	65	1560	1,56	2,0	8h00 - 24h00	0,7	2	9	5	1966	1092	437	331
						HQL	32	1	32	250	8000	8	10,00	8h00 - 24h00	0,9	2	9	5	12960	7200	2880	2182

Escola EB 2,3 Pêro Vaz de Caminha

	Iluminância (lux)				Área (m²)	Lâmpada Tipo	Luminária			Potência (W)			Tempo Utilização (horas)				Consumo (kWh/ano)			Encargo Anual(€)		
	Nº	min	méd	máx			Nº	L. p/Lu	T.Lamp	L+B	p/célula	Total (kW)	(W/m²)	Horário	F.u	V	C	P	C		P	V
Sala Aula - Tipo 1	19	200	300	400	49	FT -T8	6	2	12	65	780	14,82	15,9	8h00 - 18h00	0,7	0	7,5	2,5	15561	5187	0	2007
						FT -T8	3	1	3	41	123	2,337		8h00 - 18h00	0,3	0	7,5	2,5	1052	351	0	136
Sala Aula - Tipo 2	7	400	500	600	61,6	FT -T8	9	2	18	65	1170	8,19	19,0	8h00 - 18h00	0,5	0	7,5	2,5	6143	2048	0	792
						FT -T8	3	1	3	41	123	0,861		8h00 - 18h00	0,3	0	7,5	2,5	387	129	0	50
Sala Aula - Tipo 3	3	200	300	400	87,5	FT -T8	14	2	28	41	1148	3,444	13,1	8h00 - 18h00	0,7	0	7,5	2,5	3616	1205	0	466
Sala Apoio	10	150	325	500	12,25	FT -T8	4	2	8	41	328	3,28	26,8	8h00 - 18h00	0,7	0	7,5	2,5	3444	1148	0	444
Sala especial	1	150	250	350	24,5	FT -T8	2	2	4	35	140	0,14	5,7	8h00 - 18h00	0,6	0	7,5	2,5	126	42	0	16
						FT -T8	2	4	8	21	168	0,168		8h00 - 18h00	0,6	0	7,5	2,5	151	50	0	20
Secretaria	1	500	675	850	49	FT -T8	8	2	16	41	656	0,656	13,4	8h00 - 20h00	0,8	0	9	3	945	315	0	122
Corredor	6	90	120	150	24	FT -T8	5	2	10	41	410	2,46	17,1	8h00 - 20h00	0,8	0	9	3	3542	1181	0	457
Arrumos	12	150	250	350	4,5	FT -T8	2	2	4	65	260	3,12	57,8	8h00 - 20h00	0,2	0	9	3	1123	374	0	145
Cozinha	1	200	275	350	73,5	FT -T8	27	2	54	41	2214	2,214	30,1	8h00-15h30	0,7	0	5	2,5	1550	775	0	231
					171,5	FT -T8	15	1	15	41	615	0,615	3,6	8h00-15h30	0,7	0	5	2,5	431	215	0	64
Bufete	1	100	175	250	24,5	FT -T8	2	2	4	65	260	0,26	10,6	8h00 - 18h00	1	0	7,5	2,5	390	130	0	50
Biblioteca	1	250	375	500	147	FT -T8	18	2	36	65	2340	2,34	15,9	8h00 - 18h00	0,9	0	7,5	2,5	3159	1053	0	408
						FTC	4	1	4	18	72	0,072		8h00 - 18h00	0,9	0	7,5	2,5	97	32	0	13
Casas de Banho	10	150	200	250	15,3	FT -T8	2	1	2	41	82	0,82	5,4	8h00 - 20h00	1	0	9	3	1476	492	0	190
Hall	1	150	250	350	42,25	FT -T8	9	2	18	65	1170	1,17	27,7	8h00 - 20h00	0,7	0	9	3	1474	491	0	190
Exterior	1					HQL	21	1	21	250	5250	5,25		20h00 - 7h00	0,9	7	3	1	2835	945	6615	730
						FT -T8	7	2	14	65	910	0,91		20h00 - 7h00	0,9	7	3	1	491	164	1147	126
						FT -T8	4	1	4	65	260	0,26		20h00 - 7h00	0,9	7	3	1	140	47	328	36
						Halogéneo	2	1	2	100	200	0,2		20h00 - 7h00	0,9	7	3	1	108	36	252	28

Escola EB 2,3 Manoel de Oliveira

	Iluminância (lux)				Área (m ²)	Lâmpada Tipo	Luminária				Potência (W)			Tempo Utilização (horas)					Consumo (kWh/ano)			Encargo Anual (€)
	Nº	min	méd	máx			Nº	L. p/Lu ¹⁷	T.Lamp ¹⁸	L+B ¹⁹	p/célula	Total (kW)	(W/m ²)	Horário	F.u	V	C	P	C	P	V	
Sala Aula-Tipo 1	15	300	385	470	45,5	FT -T8	6	2	12	65	780	11,7	17,1	7h30 - 18h30	0,7	0,5	7,5	2,5	12285	4095	819	1630
						FT -T8	3	1	3	41	123	1,8		7h30 - 18h30	0,5	0,5	7,5	2,5	1384	461	92	184
Sala Aula-Tipo 2	10	330	383	435	95,9	FT -T8	8	2	16	65	1040	10,4	10,8	7h30 - 18h30	0,7	0,5	7,5	2,5	10920	3640	728	1449
						FT -T8	3	1	3	41	123	1,2		7h30 - 18h30	0,5	0,5	7,5	2,5	923	308	62	122
Sala Administrativa	10	200	325	450	18	FT -T8	2	2	4	65	260	2,6	14,4	7h30 - 20h00	0,7	0,5	8	4	2912	1456	182	445
Sala Apoio	2	200	275	350	12,25	FT -T8	4	2	8	65	520	1,0	42,4	7h30 - 18h30	0,7	0,5	8	4	1165	582	73	178
Secretaria	1	320	420	520	58,8	FT -T8	6	2	12	65	780	0,8	13,3	7h30 - 20h00	0,8	0,5	8	4	998	499	62	153
Corredor	2	90	120	150	248	FT -T8	37	1	37	65	2405	4,8	9,7	7h30 - 20h00	0,65	0,5	8	4	5002	2501	313	764
Arrumos	9	150	250	350	5,25	FT -T8	2	2	4	65	260	2,3	49,5	8h00 - 20h00	0,2	0	8	4	749	374	0	112
Cozinha	1	300	450	600	98	FT -T8	11	2	22	65	1430	1,4	14,6	8h00-15h30	0,75	0	5	2,5	1073	536	0	160
						FT -T8	16	2	32	65	2080	2,1	16,3	11h30-14h00	1	0	3,5	0	1456	0	0	129
Bufete	1	100	225	350	24,5	FT -T8	3	2	6	65	390	0,4	15,9	8h00 - 18h00	1	0	7,5	2,5	585	195	0	75
Biblioteca	1	350	425	500	168	FT -T8	13	2	26	65	1690	1,7	10,1	8h00 - 18h00	0,85	0	7,5	2,5	2155	718	0	278
Casa de Banho	13	150	200	250	8,75	FT -T8	2	1	2	65	130	1,7	14,9	8h00 - 20h00	0,9	0,5	8	4	2434	1217	152	372
Exterior	1					HQL	53	1	53	125	6625	6,6		19h00 - 7h00	0,9	7	4	1	4770	1193	8348	1026
Pavilhão Campo	1	400	500	600	540	HQL	36	1	36	400	14400	14,4	26,7	8h00 - 24h00	0,85	2	9	5	22032	12240	4896	3709

¹⁷ Número de lâmpadas por luminária

¹⁸ Número total de lâmpadas

¹⁹ Potência da lâmpada+balastro

ANEXO IV - Descrição dos Equipamentos da Cantina das Escolas

Escola EB 2,3 da Areosa

Equipamento	nº	Potência Instalada (W) p/equipamento	Consumo anual (kWh) p/equipamento de uso permanente
<i>Cantina/Bufete</i>			
Frigorífico	2	1200	500
Arca Frigorífica	4	1200	1000
Arca Bebidas	2	1200	700
Cilindro Industrial	1	2000	500
Cilindro	1	2000	
Máquina café	2	5000	
Centrifugadora	2	2000	
Máquina sumos	1	300	
Máq. Líquidos Quentes	1	300	
Tostadeira	2	1000	
Máquina cortar	1	300	
Computador	1	350	
Elemento refrigerar	1	400	
Elemento aquecer	1	400	
Exaustor	1	1000	
Máq.Lavar Loiça	1	12500	
Máq.Cortar Legumes	1	350	
Máq.Descascar	1	700	
Forno	1	4000	
Ventilação	1	300	
Electrocutor insectos	2	50	
Máq.Picar Carne	1	300	
Secador mãos	4	700	
<i>Outros</i>			
Estufa	3	350	
Serra Eléctrica	2	700	
Esmeris	1	175	

Escola EB 2,3 Nicolau Nasoni

Equipamento	nº	Potência Instalada (W) p/equipamento	Consumo anual (kWh) p/equipamento de uso permanente
<i>Cantina/Bufete</i>			
Frigorífico	3	1200	500
Arca Frigorífica	5	1200	1000
Arca Bebidas	3	1200	700
Cilindro Industrial	1	2000	500
Cilindro	1	1200	
Máquina café	1	3500	
Centrifugadora	1	3000	
Máquina sumos	1	300	
Tostadeira	1	1500	
Máquina cortar	1	300	
Elemento refrigerar	1	400	
Elemento aquecer	1	400	
Exaustor	1	1000	
Máq.Lavar Loiça	1	12500	
Máq.Cortar Legumes	1	350	
Moinho	1	1000	
Fritadeira	2	12500	
Forno	2	2500	
Ventilação	2	300	
Electrocutor insectos	2	50	
Máq.Picar Carne	1	300	
Extractor fumos	2	300	
<i>Outros</i>			
Bombas pressão	4	700	
Mufla	1	10000	
Estufa	1	350	

Escola EB 2,3 Irene Lisboa

Equipamento	nº	Potência Instalada (W) p/equipamento	Consumo anual (kWh) p/equipamento de uso permanente
<i>Cantina/Bufete</i>			
Frigorífico	1	1200	500
Arca Frigorífica	5	1200	1000
Arca Bebidas	2	1200	700
Cilindro Industrial	2	3000	750
Máquina café	1	3500	
Centrifugadora	1	2000	
Máquina sumos	1	300	
Máq. Líquidos Quentes	1	300	
Tostadeira	1	1000	
Máquina cortar	1	300	
Moinho	1	700	
Elemento refrigerar	1	400	
Elemento aquecer	1	400	
Exaustor	3	1000	
Máq.Lavar Loiça	1	12500	
Máq.Cortar Legumes	1	350	
Máq.Descascar	1	700	
Fritadeira	2	2500	
Forno	1	4000	
Ventilação	3	300	
Electrocutor insectos	2	50	
Máq.Picar Carne	1	300	
Ventoinha	2	150	

Escola EB 2,3 Leonardo Coimbra

Equipamento	nº	Potência Instalada (W) p/equipamento	Consumo anual (kWh) p/equipamento de uso permanente
<i>Cantina/Bufete</i>			
Frigorífico	2	1500	600
Arca Frigorífica	1	1200	1000
Arca Bebidas	2	1200	700
Cilindro Industrial	1	2000	500
Cilindro (Pavilhão)	2	12000	3000
Cilindro	2	2000	
Elemento refrigerar	2	400	
Elemento aquecer	1	400	
Exaustor	1	1000	
Máq. Lavar Loiça	1	12500	
M. Lavar roupa	1	350	
Banho Maria	1	1500	
Fritadeira	2	2500	
Forno	1	350	
Maq. Café	1	2000	
Centrifugadora	1	700	
Computador	1	350	
<i>Outros</i>			
Mufla	1	5000	
Serra Eléctrica	7	350	
Esmeris	3	175	

Escola EB 2,3 de Paranhos

Equipamento	nº	Potência Instalada (W) p/equipamento	Consumo anual (kWh) p/equipamento de uso permanente
<i>Cantina/Bufete</i>			
Frigorífico	3	2000	700
Arca Frigorífica	2	1500	1000
Cilindro Industrial	1	2000	500
Cilindro	1	2000	
Máquina cortar	1	300	
Elemento refrigerar	1	400	
Elemento aquecer	1	400	
Exaustor	1	1000	
Máq.Lavar Loiça	1	12500	
Máq.Cortar Legumes	1	350	
Máq.Descascar	1	700	
Fritadeira	2	2500	
Forno	1	4000	
Ventilação	1	300	
Electrocutor insectos	1	50	
Máq.Picar Carne	1	300	
Secador mãos	2	700	
Máquina de café	1	3500	
Centrifugadora	1	1500	
<i>Outros</i>			
Esmeris	2	350	
Mufla	1	5000	
Serra Eléctrica	3	700	
Forno	3	3000	

Escola EB 2,3 Pêro Vaz de Caminha

Equipamento	nº	Potência Instalada (W) p/equipamento	Consumo anual (kWh) p/equipamento de uso permanente
<i>Cantina/Bufete</i>			
Frigorífico	2	1200	500
Arca Frigorífica	2	1600	1000
Cilindro	2	2000	
Máquina cortar	2	2000	
Elemento refrigerar	1	300	
Elemento aquecer	1	300	
Exaustor	2	1000	
Máq.Lavar Loiça	1	300	
Máq.Cortar Legumes	1	350	
Máq.Descascar	1	400	
Fritadeira	1	400	
Forno	1	1000	
Centrifugadora	1	2000	
Ventilação	1	350	
Electrocutor insectos	1	700	
Máq.Picar Carne	1	4000	
Secador mãos	2	350	
Máquina de Café	1	3500	
Tostadeira	1	2000	
<i>Outros</i>			
Mufla	1	8000	
Exaustor	1	750	
Esmeris	1	175	

Escola EB 2,3 do Viso

Equipamento	nº	Potência Instalada (W) p/equipamento	Consumo anual (kWh) p/equipamento de uso permanente
<i>Cantina/Bufete</i>			
Frigorífico	2	1200	500
Arca Frigorífica	2	2000	1200
Exaustor	1	1500	
Elemento refrigerar	2	400	
Elemento aquecer	1	400	
Máq.Lavar Loiça	1	12000	
Máq.Descascar Batatas	1	700	
Forno	1	2000	
Central detecção intrusão	1	150	
Ventilação	2	50	
Electrocutor insectos	1	100	
Tostadeira	2	1000	
Ventilador	2	100	
<i>Outros</i>			
Serra Eléctrica	4	700	
Esmeris	1	175	

Escola EB 2,3 Manoel de Oliveira

Equipamento	nº	Potência Instalada (W) p/equipamento	Consumo anual (kWh) p/equipamento de uso permanente
<i>Cantina/Bufete</i>			
Frigorífico	3	2000	700
Arca Frigorífica	4	1500	1000
Cilindro Industrial	2	2000	500
Cilindro	1	2000	
Máquina cortar	1	300	
Elemento refrigerar	1	400	
Elemento aquecer	1	400	
Exaustor	1	1000	
Fritadeira	2	2500	
Forno	1	4000	
Ventilação	1	300	
Electrocutor insectos	1	50	
Máq. Picar Carne	1	300	
Secador mãos	2	700	
Máquina de café	1	3500	
Centrifugadora	1	1500	
<i>Outros</i>			
Ventilação	2	350	
Forno	3	3000	

ANEXO V - Verificação das Instalações Eléctricas das Escolas

Escola EB 2,3 da Areosa

[illegible]

Escola EB 2,3 Irene Lisboa

	S.Aula Tipo 1	S.Aula Tipo 2	S.Aula Tipo 3	Sala Apoio	Secretaria	Corredor	Arrumos	Cozinha	Bufete	Biblioteca	C. Banho	Exterior
T.U.G Estado conservação Número Condutor PE Estanque <i>Instalação</i> à vista embutida calha PVC	Razoável Reduzido sim não	Razoável Bom sim sim	Razoável Bom sim não	Razoável Reduzido sim não	Bom Bom sim não	Razoável Reduzido sim não	I	Razoável Razoável sim sim	Razoável Razoável sim sim	Bom Bom sim não	I	I
		x	x					x	x			
	x		x	x	x	x						
		x		x	x					x		
Tomadas trifásicas Estado Número Protecção <i>Instalação</i> à vista embutida	I	Bom Aceitável Estanque	Bom Aceitável Estanque	I	I	I	I	Bom Aceitável Estanque	I	I	I	I
		x	x					x				
S.A.D.I M.D.F Extintor Mangueira	I			I	I		I			I	I	
		x	x			x		x	x			
						x		x				
S.D.I M.D.M Câmara vigilância Instalação/circuito	I	I	I	I	x à vista	x x à vista	x à vista	I	I	x à vista	I	x à vista
I.T.E.D Comunicação Dados Instalação	I		x x à vista	x x calha PVC	x x calha PVC	I	I	x x à vista	x x à vista	x x à vista	I	
II.Emergência Bloco Autónomos Placa Fluorescente Lamp. Apoio Instalação	I			I	I		I		I	I	I	I
		x	x			x		x				
		x	x			x		x				
		C	C			C		C				
Legenda	C - Correcta; I - Inexistente; C.Banho - Casa de Banho; M.D.F -módulo detecção fumos; M.D.M - módulo detecção movimento.											

Escola EB 2,3 Nicolau Nasoni

	S.Aula - Tipo 1	S.Aula - Tipo 2	S.Aula - Tipo 3	Sala Apoio	Secretaria	Corredor	Arrumos	Cantina	Bufete	Biblioteca	C. Banho	Exterior	Pavilhão
T.U.G Estado conservação Número Condutor PE Estanque <i>Instalação</i> à vista embutida calha PVC	Razoável Reduzido sim não	Razoável Bom sim sim	Razoável Reduzido sim não	Razoável Razoável sim não	Bom Bom sim não	Razoável Reduzido sim não	I	Mau Razoável sim sim	Razoável Razoável sim sim	Bom Bom sim não	I	I	Bom Bom sim sim
		x						x	x				
	x		x	x	x	x				x			x
		x		x	x					x			
Tomadas trifásicas Estado Número Protecção <i>Instalação</i> à vista embutida	não	Bom Aceitável Estanque	não	não	não	não	não	Bom Mau Estanque	não	não	não	não	Bom Mau Estanque
		x						x					x
S.A.D.I M.D.F Extintor Mangueira	I						I				I		
		x	x	x	x	x		x	x	x			x
						x							x
S.D.I M.D.M Câmara vigilância Instalação/circuito	I	I	x	x	x à vista	x à vista	I	x à vista	x à vista	x à vista	I	x à vista	x
I.T.E.D Comunicação Dados Instalação	x x à vista	x x à vista	x x à vista	x x à vista	x x à vista		I	x x à vista	I	x x à vista	I		x x embutida
II.Emergência Bloco Autónomos Placa Fluorescente Lamp. Apoio Instalação	I	I			I		I				I	I	
			x			x		x		x			x
			x	x		x		x	x				
						x							x
			C	C		C		C	C	C			C
Legenda	C - Correcta; I - Inexistente; C.Banho - Casa de Banho;M.D.F -módulo detecção fumos; M.D.M - módulo detecção movimento.												

Escola EB 2,3 Leonardo Coimbra (Filho)

	S. Aula - Tipo 1	S. Aula - Tipo 2	Sala Apoio	Secretaria	Corredor	Arrumos	Cozinha	Bufete	Biblioteca	Casas de Banho	Exterior	Hall	Pavilhão
T.U.G Estado conservação Número Condutor PE Estanque <i>Instalação</i> à vista embutida calha PVC	Razoável Bom sim não	Razoável Bom sim sim	Razoável Reduzido sim não	Bom Bom sim não	Razoável Reduzido sim não	I	Razoável Mau sim sim	Razoável Razoável sim sim	Bom Bom sim não	I	I	I	Bom Mau sim sim
							x	x					x
	x	x	x	x	x				x				
	x	x		x					x				
Tomadas trifásicas Estado Número Protecção <i>Instalação</i> à vista embutida	não	não	não	não	não	não	Bom Bom Estanque	não	não	não	não	não	
							x						
S.A.D.I M.D.F Extintor Mangueira						I		I		I			
							x						
	x	x	x	x	x		x		x			x	x
					x		x					x	x
S.D.I M.D.M Câmara vigilância Instalação/circuito	x à vista	x à vista	x à vista	x à vista	x à vista	I	x à vista	x à vista	x à vista	I	I	x à vista	x à vista
I.T.E.D Comunicação Dados Instalação	x x à vista	x x à vista	x x à vista	x x calha técnica PVC	x x embutida	I	x x à vista	x x à vista	x x à vista	I		x x embutida	x x à vista
II. Emergência Bloco Autónomos Placa Fluorescente Lamp. Apoio Instalação						I				I	I		
	x				x		x		x			x	x
	x	x	x	x	x		x	x				x	x
					C		C	C	C			C	
Legenda	C - Correcta; I - Inexistente; C.Banho - Casa de Banho; M.D.F - módulo detecção fumos; M.D.M - módulo detecção movimento.												

Escola EB 2,3 de Paranhos

	S. Aula - Tipo 1	S. Aula - Tipo 2	S. Aula - Tipo 3	Sala Pequena	Secretaria	Corredor	Arrumos	Cozinha	Bufete	Biblioteca	Casas de Banho	Exterior	Hall	Pavilhão
T.U.G Estado conservação Número Condutor PE Estanque <i>Instalação</i> à vista	Razoável Bom sim/não não	Razoável Reduzido sim não	Razoável Bom sim sim	Razoável Razoável sim não	Bom Bom sim não	Razoável Reduzido sim não	I	Razoável Mau não sim	Razoável Razoável sim sim	Bom Bom sim não	I	I	I	Bom Mau sim sim
embutida			x					x	x					x
calha PVC	x	x	x	x	x	x				x				
	x				x					x				
Tomadas trifásicas Estado Número Protecção <i>Instalação</i> à vista	I	I	Bom Aceitável Estanque	I	I	I	I	Bom Bom Estanque	I	I	I	I	I	
embutida			x					x						
S.A.D.I M.D.F Extintor Mangueira	I						I		I		I			
		x	x	x	x	x		x		x			x	x
						x		x					x	x
S.D.I M.D.M Câmara vigilância Instalação/circuito	x à vista	x à vista	x à vista	x à vista	x à vista	x à vista	I	x à vista	x à vista	x à vista	I	I	x à vista	x à vista
I.T.E.D Comunicação Dados Instalação	x x à vista	x x à vista	x x à vista	x x embutido	x x calha técnica	x x embutida	I	x x à vista	x x à vista	x x à vista	I		x x embutida	x x à vista
II.Emergência Bloco Autónomos Placa Fluorescente Lamp. Apoio Instalação		x				x	I	x		x	I	I	x	x
	x	x	x	x	x	x			x				x	x
						C		C	C	C			C	
Legenda	C - Correcta; I - Inexistente; C.Banho - Casa de Banho;M.D.F -módulo detecção fumos; M.D.M - módulo detecção movimento.													

Escola EB 2,3 Pêro Vaz de Caminha

	S. Aula - Tipo 1	S. Aula - Tipo 2	S. Aula - Tipo 3	Sala Apoio	Secretaria	Corredor	Arrumos	Cozinha	Bufete	Biblioteca	C. Banho	Exterior
T.U.G Estado conservação Número Condutor PE Estanque <i>Instalação</i> à vista embutida calha PVC	Razoável Reduzido sim não	Razoável Bom sim sim	Razoável Reduzido sim não	Razoável Mau sim não	Bom Bom sim não	Razoável Reduzido sim não	I	Razoável Bom sim sim	Razoável Razoável sim sim	Bom Bom sim não	I	I
		x						x	x			
	x	x	x	x	x	x				x		
	x				x					x		
Tomadas trifásicas Estado Número Protecção <i>Instalação</i> à vista embutida	I	Bom Aceitável Estanque	I	I	I	I	I	Bom Bom Estanque	I	I	I	I
		x						x				
S.A.D.I M.D.F Extintor Mangueira	I		I	I			I				I	
		x			x	x		x	x	x		
						x		x				
S.D.I M.D.M Câmara vigilância Instalação/circuito	I	I	I	I	x à vista	x à vista	I	x à vista	x à vista	x à vista	I	I
I.T.E.D Comunicação Dados Instalação	x x à vista	x x à vista	x x à vista	x x embutida	x x calha técnica	x x embutida	I	x x à vista	x x à vista	x x à vista	I	
II.Emergência Bloco Autónomos Placa Fluorescente Lamp. Apoio Instalação	I	I	I	I	I	x	I	x		x	I	I
								x		x		
									x			
						C		C	C	C		
Legenda	C - Correcta; I - Inexistente; C.Banho - Casa de Banho; M.D.F -módulo detecção fumos; M.D.M - módulo detecção movimento.											

Escola EB 2,3 do Viso

	S.Aula - Tipo 1	S.Aula - Tipo 2	S.Aula - Tipo 3	Sala Apoio	Secretaria	Corredor	Arrumos	Cozinha	Bufete	Biblioteca	C. Banho	Exterior	Balneários
T.U.G Estado conservação Número Condutor PE Estanque <i>Instalação</i> à vista embutida calha PVC	Razoável Reduzido sim não	Razoável Bom sim sim	Razoável Reduzido sim sim	Razoável Reduzido sim não	Bom Bom sim não	Razoável Reduzido sim não	I	Razoável Razoável sim sim	Razoável Mau sim sim	Bom Bom sim não	I	I	Bom Reduzido sim sim
		x						x	x				x
	x		x	x	x	x							
		x			x					x			
Tomadas trifásicas Estado Número Protecção <i>Instalação</i> à vista embutida	I	Bom Bom Estanque	Bom Aceitável Estanque	I	I	I	I	Bom Mau Estanque	I	I	I	I	I
		x	x					x					
S.A.D.I M.D.F Extintor Mangueira	I			I	I		I			I	I		I
		x	x			x		x	x				
						x		x					
S.D.I M.D.M Câmara vigilância Instalação/circuito	I	I	I	I	x à vista	x à vista	I	x à vista	x à vista	x à vista	I	x à vista	I
I.T.E.D Comunicação Dados Instalação	x x à vista	x x à vista	x x à vista	x x à vista	x x à vista	x x à vista	I	x x à vista	x x à vista	x x à vista	I		
II.Emergência Bloco Autónomos Placa Fluorescente Lamp. Apoio Instalação	I	I			I		I				I	I	I
			x			x		x					
			x	x		x			x	x			
			Correcta	Correcta		Correcta		Correcta	Correcta	Correcta			
Legenda	C - Correcta; I - Inexistente; C.Banho - Casa de Banho;M.D.F -módulo detecção fumos; M.D.M - módulo detecção movimento.												

Escola EB 2,3 da Areosa

Verificação	Quadro Geral	Quadros Parciais											
		Bufete	Parcial Cantina	Pavilhão	Corredor nº1	Corredor nº2	Secretaria	S.Aula - Tipo 1 nº 1	S.Aula - Tipo 1 nº 2	S.Aula - Tipo 2 nº1	S.Aula - Tipo 2 nº2	S.Aula - Tipo 2 nº3	S.Aula - Tipo 2 nº4
Tipo Invólucro	Metálico, em cabine	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, em cabine	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Plástico, saliente	Plástico, saliente	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado
Estado de conservação	Razoável	Razoável	Mau	Razoável	Razoável	Razoável	Bom	Bom	Bom	Razoável	Razoável	Razoável	Razoável
Divisão circuitos	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Porta	Bom	Bom
Identificação circuitos	Bom	Bom	Bom	Razoável	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	fechada	Bom	Bom
Dispositivos diferenciais													
Número	3	1	4	5	2	2	1	1	1	1	1	1	1
Sensibilidade	AS/MS	MS	MS	AS	MS	MS	MS	MS	AS	MS	Porta	MS	MS
Teste	Defeito	Defeito	Defeito	Ok	Defeito	Defeito	Defeito	Defeito	Ok	OK	fechada	Defeito	Defeito
R.Isolamento (MΩ)	-	97	92	256	62	98,6	199	199	186	189	-	189	189
Continuidade (Ω)	-	0,08 - 0,16	0,32	0,32	1,12	0,08	0,32	0,08	0,32	0,78	-	0,78	0,78
Impedância (Ω)													
fase-neutro	-	1	-	-	0,88	0,83	0,73	0,79	0,65	1,04	-	1,04	0,98
fase-fase	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
fase-terra	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Corrente de cc (A)													
fase-neutro	-	277	-	-	256	323	315	312	353	410	-	410	363
fase-fase	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
fase-terra	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RT (Ω)	2,3	2,2	2,3	-	2,3	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2	-	2,2	2,2
Legenda	AS - Alta Sensibilidade (30mA) ; MS - Média Sensibilidade (300mA); R.Isolamento - Resistência Isolamento; RT - Resistência de terra												

Escola EB 2,3 Nicolau Nasoni

Verificação	Quadro Geral	Quadros Parciais											
		Bufete	Cantina	Pavilhão nº1	Pavilhão nº2	Pavilhão nº3	Corredor nº1	Corredor nº2	S.Aula - Tipo 2 nº1	S.Aula - Tipo 2 nº2	S.Aula - Tipo 2 nº3	S.Aula - Tipo 3 nº1	S.Aula - Tipo 3 nº2
Tipo Invólucro	Metálico, em cabine	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, Semi-encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado
Estado de conservação	Razoável	Razoável	Mau	Bom	Bom	Bom	Razoável	Razoável	Razoável	Razoável	Razoável	Bom	Razoável
Divisão circuitos	Razoável	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom
Identificação circuitos	Razoável	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Razoável	Razoável	Razoável	Razoável	Mau	Bom	Razoável
Dispositivos diferenciais													
Número	6	1 MS	3 MS	2 AS/MS	1 MS	2 MS	2 AS/MS	2 AS/MS	1 AS	1 AS	3 MS	1 AS	1 AS
Sensibilidade													
Teste	Ok	Defeito (Ok para 2xIn)	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	U ₀ > 50 V	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
R.Isolamento (MΩ)		58,6	4,94	14,7	23,5	13	2,05		9,23	189	50	800	0,25
Continuidade (Ω)		0,12 - 0,36	0,25	0,08 - 0,32	0,08	0,16	0,78		0,12	0,78	0,15	0,2 - 0,45	0,45
Impedância (Ω)													
fase-neutro	-	0,37	-	1,17	-	0,83	0,59	-	0,81	0,98	0,54	0,65	0,74
fase-fase	-	0,26	-	0,96	-	0,79	-	-	0,35	-	0,37	0,3	0,35
fase-terra	-	4,77	-	7,73	-	4,4	Tensão baixa (180V)	-	4,87	-	4,74	4,8	4,8
Corrente de cc (A)													
fase-neutro	-	621	-	196	-	301	333	-	283	363	522	363	310
fase-fase	-	1540	-	494	-	856	-	-	1140	-	1080	1330	1140
fase-terra	-	48	-	29	-	50	-	-	47	-	48	47	47
RT (Ω)	-	-	-	7,7	-	6	6,8	-	7	-	6	5,1	5
Legenda	AS - Alta Sensibilidade (30mA) ; MS - Média Sensibilidade (300mA); R.Isolamento - Resistência Isolamento; RT - Resistência de terra; U ₀ - Tensão de contacto												

Verificação	Quadro Geral	Quadros Parciais								
		Bufete	Cantina	Corredor nº1	Corredor nº2	S.Aula - Tipo 2 nº1	S.Aula - Tipo 2 nº2	S.Aula - Tipo 3 nº1	S.Aula - Tipo 3 nº2	S.Aula - Tipo 3 nº3
Tipo Invólucro	Metálico, em cabine	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Plástico, saliente	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado
Estado de conservação	Razoável	Razoável	Mau	Razoável	Razoável	Bom	Razoável	Bom	Bom	Razoável
Divisão circuitos	Bom	Bom	Razoável	Bom	Bom	Bom	Mau	Mau	Bom	Bom
Identificação circuitos	Bom	Mau	Razoável	Razoável	Razoável	Bom	Mau	Mau	Bom	Bom
Dispositivos diferenciais										
Número	4	1	3	2	2	1	1	1	1	1
Sensibilidade	AS/MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	AS	MS	MS
Teste	Ok	Ok	1 com defeito	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
R.Isolamento (MΩ)	-	100	4,94	5,8	2,8	199	500	256	300	160
Continuidade (Ω)	-	0,01 - 0,08	0,32	0,32	0,66	0,22	0,28	0,06	0,02 - 0,86	0,08
Impedância (Ω)										
fase-neutro	-	0,41	0,48	0,44	0,48	0,68	0,45	0,87	0,53	0,62
fase-fase	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
fase-terra	-	1,57	1,61	1,57	1,57	1,82	1,51	1,92	1,54	1,6
Corrente de cc (A)										
fase-neutro	-	560	479	388	444	234	511	264	433	370
fase-fase	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
fase-terra	-	146	142	146	143	128	152	119	149	143
RT (Ω)	3,3	3,3	3,3	3,3	3,2	3,2	3,3	3,3	3,2	3,3
Legenda	AS - Alta Sensibilidade (30mA) ; MS - Média Sensibilidade (300mA); R.Isolamento - Resistência Isolamento; RT - Resistência de terra									

Escola EB 2,3 Leonardo Coimbra (Filho)

Verificação	Quadro Geral	Quadros Parciais							
		Cantina	Bufete	Refeitório	Bloco A	Bloco A -1	Bloco B	Bloco C	Pavilhão
Tipo Invólucro	Metálico, em cabine	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Plástico, saliente	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado
Estado de conservação	Bom	Mau	Razoável	Razoável	Razoável	Bom	Razoável	Razoável	Bom
Divisão circuitos	Bom	Razoável	Razoável	Razoável	Razoável	Bom	Razoável	Razoável	Bom
Identificação circuitos	Razoável	Mau	Mau	Razoável	Mau	Bom	Mau	Mau	Bom
Dispositivos diferenciais									
Número	8	1	1	3	4	1	4	4	6
Sensibilidade	AS/MS	MS	MS	MS	MS	AS	MS	MS	MS
Teste	Ok	Ok	1 com defeito	1 com defeito	3 com defeito	U ₀ >50V	Ok	4 defeito	Ok
R.Isolamento (MΩ)	-	3,5	3	16,5	2,8	180	4,5	7,02	2,8
Continuidade (Ω)	-	0,30/0,77	0,08	0,37	0,08	0,02/1,04	0,01/1,34	0,08/0,27	0,08
Impedância (Ω)					U ₀ > 50V				
fase-neutro	-	0,19	0,18	0,31	-	-	0,2	0,2	-
fase-fase	-	0,2	0,16	0,28	-	-	0,19	0,2	-
fase-terra	-	3,37	3,31	3,39	-	-	-	47,5	-
Corrente de cc (A)									
fase-neutro	-	1210	1280	741	-	-	1150	388	-
fase-fase	-	2000	2500	1430	-	-	2000	1150	-
fase-terra	-	68	69	67	-	-	-	4	-
RT (Ω)	-	6,1	5,5	3,5	4,8	-	5,85	3,85	-
Legenda	AS - Alta Sensibilidade (30mA) ; MS - Média Sensibilidade (300mA); R.Isolamento - Resistência Isolamento; RT - Resistência de terra; U ₀ - Tensão de contacto								

Escola EB 2,3 de Paranhos

Verificação	Quadro Geral	Quadros Parciais						
		Cantina	Refeitório	Bloco A	Bloco B	Bloco C	Bloco D	Pavilhão
Tipo Invólucro	Metálico, em cabine	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado
Estado de conservação	Bom	Mau	Razoável	Razoável	Razoável	Razoável	Razoável	Bom
Divisão circuitos	Razoável	Razoável	Razoável	Razoável	Razoável	Razoável	Razoável	Bom
Identificação circuitos	Bom	Mau	Mau	Mau	Mau	Mau	Mau	Bom
Dispositivos diferenciais								
Número	6	3	3	1	2	2	4	2
Sensibilidade	AS/MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS
Teste	Ok	1 com defeito	2 com defeito	Defeito	Ok	1 defeito	1 defeito	Ok
R.Isolamento (MΩ)	-	0,96	2,08	4,5	4,5	4	5,8	0,85
Continuidade (Ω)	-	0,27	0,08	0,12 - 0,37	0,08 - 2,74	0,08 - 0,27	0,54	0,5
Impedância (Ω)								
fase-neutro	-	0,16	0,34	0,26	0,28	0,28	0,36	0,25
fase-fase	-	0,2	0,37	0,26	0,28	0,28	0,27	0,26
fase-terra	-	0,64	0,82	44,6	1,11	118,4	3,09	0,76
Corrente de cc (A)								
fase-neutro	-	1440	676	884	821	821	638	919
fase-fase	-	2000	1080	1540	1430	1430	1480	1540
fase-terra	-	359	280	5	207	1	638	302
RT (Ω)	Muito Alta, impossível verificar			15,13	-	43,4	Muito Alta, impossível verificar	
Legenda	AS - Alta Sensibilidade (30mA) ; MS - Média Sensibilidade (300mA); R.Isolamento - Resistência Isolamento; RT - Resistência de terra; U0 - Tensão de contacto							

Escola EB 2,3 Pêro Vaz de Caminha

Verificação	Quadro Geral	Quadros Parciais								
		Bufete	Cantina	Biblioteca	Bloco A	Bloco B - 1	Bloco C - 1	Bloco C - 0	Bloco D - 1	Bloco D - 0
Tipo Invólucro	Metálico, em cabine	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Plástico, saliente	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado
Estado de conservação	Razoável	Bom	Mau	Bom	Razoável	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom
Divisão circuitos	Bom	Bom	Bom	Bom	Razoável	Bom	Razoável	Razoável	Mau	Razoável
Identificação circuitos	Bom	Mau	Mau	Bom	Razoável	Bom	Razoável	Razoável	Razoável	Razoável
Dispositivos diferenciais										
Número	3	1	3	2	1	1	1	1	1	1
Sensibilidade	AS/MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS
Teste	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
R.Isolamento (MΩ)	-	999	3,6M	98	999	62	62	98	98	98
Continuidade (Ω)	-	0,06 - 0,24	0,08	0,08	0,24	0,32	0,54	0,12	0,12	0,12
Impedância (Ω)										
fase-neutro	-	0,47	0,44	0,3	0,39	0,24	0,25	0,47	0,47	0,36
fase-fase	-	0,51	0,38	0,24	0,33	0,24	0,21	0,38	0,43	0,32
fase-terra	-	10,3	10,2	16,21	10,18	16,26	16,01	16,28	16,25	16,13
Corrente de cc (A)										
fase-neutro	-	489	522	766	589	958	566	489	489	638
fase-fase	-	784	1050	1670	1210	1070	1140	1050	930	1290
fase-terra	-	22	22	14	22	14	14	14	14	14
RT (Ω)	-	1,25	1,26	-	1,19	-	3,63	3,63	1,2	4,02
Legenda	AS - Alta Sensibilidade (30mA) ; MS - Média Sensibilidade (300mA); R.Isolamento - Resistência Isolamento; RT - Resistência de terra; U0 - Tensão de contacto									

Escola EB 2,3 do Viso

Verificação	Quadro Geral	Quadros Parciais												
		Bufete	Cantina	Corredor nº1	Corredor nº2	Corredor nº3	Corredor nº4	S.Aula - Tipo 1 nº1	S.Aula - Tipo 2 nº1	S.Aula - Tipo 2 nº2	S.Aula - Tipo 2 nº3	S.Aula - Tipo 2 nº4	S.Aula - Tipo 3 nº1	S.Aula - Tipo 3 nº2
Tipo Invólucro	Metálico, em cabine	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Plástico, saliente	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado
Estado de conservação	Razoável	Razoável	Razoável	Mau	Razoável	Razoável	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Razoável	Razoável
Divisão circuitos	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom
Identificação circuitos	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Mau	Mau
Dispositivos diferenciais														
Número	5	1	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
Sensibilidade	AS/MS	MS	MS	MS	Porta	MS	Porta	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS
Teste	Ok	Ok	Ok	Ok	fechada	Ok	fechada	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
R.Isolamento (MΩ)	-	< 0,5	699	2,08	-	299	-	999	999	100	999	98	999	999
Continuidade (Ω)	-	0,08	0,04	1,2	-	0,46	-	0,06	0,08	0,25	0,21	0,08	0,18	0,18
Impedância (Ω)														
fase-neutro	-	0,47	0,43	0,43	-	0,34	-	-	0,34	0,32	0,37	0,38	0,39	0,37
fase-fase	-	0,5	0,46	0,46	-	0,29	-	-	0,38	0,34	0,4	0,38	0,41	0,38
fase-terra	-	2,66	2,61	2,21	-	2,49	-	-	2,53	2,5	2,54	2,58	2,62	2,61
Corrente de cc (A)														
fase-neutro	-	489	534	534	-	676	-	-	676	718	621	605	589	621
fase-fase	-	799	888	869	-	1380	-	-	1050	1180	999	1050	975	1050
fase-terra	-	86	88	88	-	92	-	-	90	91	90	89	87	88
RT (Ω)	Não foi possível verificar													
Legenda	AS - Alta Sensibilidade (30mA) ; MS - Média Sensibilidade (300mA); R.Isolamento - Resistência Isolamento; RT - Resistência de terra; U0 - Tensão de contacto													

Escola EB 2,3 Manoel de Oliveira

Verificação	Quadro Geral	Quadros Parciais												
		Bufete	Cantina	Corredor nº1	Corredor nº2	Corredor nº3	Corredor nº4	S.Aula - Tipo 1 nº1	S.Aula - Tipo 2 nº1	S.Aula - Tipo 2 nº2	S.Aula - Tipo 2 nº3	S.Aula - Tipo 2 nº4	S.Aula - Tipo 3 nº1	S.Aula - Tipo 3 nº2
Tipo Invólucro	Metálico, em cabine	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Plástico, saliente	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado	Metálico, encastrado
Estado de conservação	Bom	Razoável	Razoável	Mau	Razoável	Razoável	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Razoável	Razoável
Divisão circuitos	Bom	Razoável	Bom	Razoável	Razoável	Bom	Bom	Bom	Razoável	Razoável	Razoável	Bom	Bom	Bom
Identificação circuitos	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Razoável	Razoável	Mau	Mau	Mau	Mau	Mau	Mau	Mau
Dispositivos diferenciais														
Número	6	1	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
Sensibilidade	AS/MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS
Teste	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
R.Isolamento (MΩ)	-	98	999	88	101	299	60	456	160	100	250	98	999	999
Continuidade (Ω)	-	0,08	0,04	0.2	0.06	0,46	0.12	0,21	0,08	0,25	0,12	0,08	0,12	0,12
Impedância (Ω)														
fase-neutro	-	0,38	0,33	0,25	0.18	0,34	0.22	-	0,31	0,31	0,18	0,38	0,39	0,35
fase-fase	-	0,37	0,31	0,27	0.19	0,29	0.21	-	0,29	0,34	0,22	0,38	0,41	0,32
fase-terra	-	2,21	2,14	2,14	2.08	2,49	2.12	-	2,16	2,12	2,16	2,58	2,22	2,51
Corrente de cc (A)														
fase-neutro	-	605	696	919	1280	676	1050	-	741	755	1280	605	589	688
fase-fase	-	1080	1290	1480	2110	1380	2010	-	1380	1680	1840	1050	1000	1280
fase-terra	-	108	107	107	110	92	110	-	106	109	108	89	109	92
RT (Ω)	2.24 - 2.75													
Legenda	AS - Alta Sensibilidade (30mA) ; MS - Média Sensibilidade (300mA); R.Isolamento - Resistência Isolamento; RT - Resistência de terra; U0 - Tensão de contacto													

i