

UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA  
Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Departamento de Engenharia Civil

## **REABILITAÇÃO SUSTENTÁVEL DE EDIFÍCIOS ESCOLARES**

João Pedro Leal das Neves

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e  
Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para  
obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil –  
- Perfil de Reabilitação de Edifícios

Orientador: Professor Doutor Miguel Pires Amado

Lisboa  
2010





## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar gostaria de agradecer á minha família, especialmente á minha esposa que, mesmo estando grávida, suportou todas as minhas ausências físicas e espirituais.

Agradeço também a todos os meus amigos que me encorajaram e me ajudaram, disponibilizando-se para o que fosse necessário.

Por último, e em especial, um muito obrigado ao meu orientador Professor Miguel Amado, pela sua disponibilidade e incentivo desde o início. O seu apoio e orientação foram fundamentais para a evolução deste trabalho.

## **Resumo**

A destruição do planeta devido ao aumento da poluição ambiental e o futuro das sociedades têm sido temas de destaque nos dias que correm.

A preocupação com um futuro sustentável e o rápido esgotamento de recursos e destruição de ecossistemas proveniente de diversas actividades, em especial na construção, demonstra a urgência em definir um processo de desenvolvimento sustentável bem como medidas a ser implementadas.

Existe então uma a necessidade de garantir a satisfação das gerações presentes, sem comprometer as necessidades das gerações futuras.

Tendo em conta que são as escolas de hoje que produzem essas gerações futuras que irão moldar o destino do País, é necessário integrar todos os jovens numa escola onde lhes é proporcionado um ambiente de aprendizagem motivador, exigente, gratificante e acima de tudo, saudável.

A presente investigação reflecte a importância dos equipamentos escolares enquanto suporte de aprendizagem nas questões relacionadas com a sustentabilidade.

Este estudo aborda, num contexto de reabilitação sustentável, o enquadramento histórico da arquitectura escolar existente, a relevância política e social da sustentabilidade e a importância da reabilitação destes edifícios.

Neste contexto, é feita uma análise dos sistemas de avaliação de sustentabilidade e quais os procedimentos que deverão ser postos em prática, para garantir a sustentabilidade dos edifícios escolares.

## **Abstract**

The destruction of the planet due to the increase of the ambient pollution and the future of the societies has been subjects of prominence in the actual days.

The concern with a sustainable future and the fast exhaustion of resources and ecosystem destruction proceeding from diverse activities, specially the construction, reveals the urgency in defining a process of sustainable development as well as measures to be implemented.

Therefore, exists a necessity to guarantee the satisfaction of the present generations, without compromising the necessities of the future ones.

Having in mind that are the schools of today that produce the future generations that will mold the destination of a country, it's necessary to integrate all students in a school where a motivating environment of learning is proportionate, demanding, rewarding and above all, healthful.

The present research reflects the importance of school equipments while a support for learning in the matters related with sustainability.

This study approaches, in a context of sustainable rehabilitation, the historical framing of existing school architecture, the political and social relevance of sustainability and the importance of the rehabilitation of these buildings.

In this context, it will be made an analysis of the sustainable evaluation systems and which procedures should be implemented, to guarantee the sustainability of school buildings.

## Siglas

ANSI	American National Standards Institute
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers
ASTM	American Society for Testing and Materials
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
BCSD	Business Council for Sustainable Development
BIFMA	Business and Institutional Furniture Manufacturer's Association
BRE	Building Research Establishment
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
BSF	Building Schools for the Future
CABE	Comission for Architecture and the Built Environment
CASBEE	Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency
CEE	Consórcio de Eficiência Energética
CELE	Centre for Effective Learning Environments
CFC	Clorofluorcarbono
CHPS	Collaborative for High Performance Schools
CIB	Conseil International du Bâtiment
CMMS	<i>Computerized Maintenance Management System</i>
CO2	Dióxido de Carbono
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
CSTB	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
CUWCC	California Urban Water Conservation Council
DCSF	Department for Children, Schools and Families
DFE	Design for Environmet
DGCE	Direcção Geral das Construções Escolares
DGEE	Direcção Geral do Equipamento Escolar
DOE	Department of Energy
ECCC	Energy Conservation and Construction Code
EPA	Environmental Protection Agency
EPE	Entidade Pública Empresarial
EPI	Environmental Performance Index
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
ETICS	External Thermal Insulation Composite Systems
ETV	Environmental Technology Verification
EU	European Union
FAR	Floor Area Ratio
FAU - USP	Faculdade de Arquitectura e Urbanismo - Universidade de São Paulo
GBC	Green Building Challenge
GEPE	Gabinete de Estatística e Planeamento da Educação <sup>7</sup>
GGHC	Green Guide for HealthCare
HEPA	High Efficiency Particulate Arrestor
HQE	Haute Qualité Environnementale des Bâtiments
ICOMOS	International Council on Monuments and Sites

IESNA	Illuminating Engineering Society of North America
iisBE	International Initiative for Sustainable Built Environment
INE	Instituto Nacional de Estatística
IPA	Inovação e Projectos em Ambiente
ISO	International Organization for Standardization
JAEES	Junta Administrativa do Empréstimo para o Ensino Secundário
JCETS	Junta das Construções para o Ensino Técnico e Secundário
LCC	Life-Cycle Cost
LEED	Leadership in Energy & Environmental Design
LIDERA	Liderar pelo Ambiente
ME	Ministério da Educação
MERV	Minimum Efficiency Reporting Value
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MOP	Ministério das Obras Públicas
MTC	Massachusetts Technology Collaborate
NEMA	National Electrical Manufacturers Association
NIBE	Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie
NIST	National Institute of Standards and Technology
NUTS	Nomenclatura de Unidades Territoriais para Fins Estatísticos
NYSERDA	New York State Energy Research and Development Authority
O&M	Operations & Management
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
ONG	Organização Não Governamental
ONU	Organização das Nações Unidas
PMV	Predicted Mean Vote
PPD	Predicted Percentage of Dissatisfied
QAI	Qualidade do Ar Interior
QEB	Qualité Environnementale du Bâtiment
SBS	Sick Building Syndrome
SMACNA	Sheet Metal and Air Conditioning Contractors' National Association
SMO	Système de Management de l'Opération
SRI	Índice de refletância solar
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
UNEP	United Nations Environment Programme
USGBC	United States Green Building Council

## Índice do trabalho

1 – Enquadramento ao tema.....	1
2 – Objectivo .....	3
3 – Metodologia.....	5
4 - Estado de Arte .....	7
4.1 – Enquadramento da temática .....	7
4.1.1 – Sustentabilidade .....	7
4.1.2 – Reabilitação.....	16
4.1.3 – Edifícios Escolares.....	22
4.2 – O parque escolar Edificado em Portugal.....	27
4.2.1 – Caracterização.....	27
4.2.2 – Principais problemas do parque escolar edificado.....	36
4.3 – Sistemas de avaliação voluntária da construção do edifício escolar.....	40
4.3.1 - BREEAM – Building Research Establishment Environmental Assessment Method .....	41
4.3.2 - GBC – Green Building Challenge .....	44
4.3.3 - CASBEE - Comprehensive Assessment System of Building Environmental Efficiency.....	48
4.3.4 - LEED - Leadership in Energy and Environmental Design .....	51
4.3.5 - CHPS – Collaborative for High Performance Schools .....	55
4.3.6 - HQE - Haute qualité environnementale .....	57
4.3.7 - LIDERA – Liderar pelo Ambiente.....	59
4.4 - Indicadores para uma reabilitação sustentável de edifícios.....	62
4.5 – Síntese do Capítulo.....	71
5 – Parâmetros de conforto ambiental .....	73
5.1 - Iluminação natural e visibilidade .....	73
5.2 – Iluminação artificial.....	75
5.3 - Qualidade do Ar Interior.....	77
5.4 – Acústica .....	87
5.5 - Conforto Térmico .....	88
5.6 – Síntese do Capítulo.....	91
6 – Proposta para a reabilitação sustentável de edifícios escolares .....	93
6.1 – Análise da situação de referência do edifício.....	93

6.2 – Princípios de sustentabilidade a garantir com a implementação da reabilitação .....	94
6.2.1 - Localização .....	94
6.2.2 - Gestão de águas pluviais.....	97
6.2.3 - Superfícies exteriores .....	97
6.2.4 - Iluminação Exterior .....	100
6.2.5 – Transportes .....	101
6.2.6 – Água.....	102
6.2.7 – Energia.....	104
6.2.8 - Energias Renováveis .....	110
6.2.9 – Materiais .....	111
6.2.10 - Materiais Sustentáveis.....	112
6.2.11 – Armazenamento e reciclagem de resíduos.....	113
6.2.12 - Reciclagem de resíduos de obra .....	114
6.2.13 – Conforto ambiental.....	114
6.3 – Princípios de sustentabilidade a garantir durante a fase de reabilitação	115
6.3.1 - Gestão de águas pluviais.....	115
6.3.2 - Qualidade do ar interior (IAQ).....	115
6.3.3 - Manutenção .....	118
6.4 – Princípios de sustentabilidade a garantir durante a fase de utilização ...	120
6.4.1 - Formação.....	120
6.4.2 - Operações de Manutenção.....	120
6.5 – Síntese do Capítulo.....	126
7 – Conclusões.....	127
8 – Desenvolvimentos futuros .....	131
9 – Referências Bibliográficas .....	133
10 – Anexos.....	139

## Índice de Quadros

Quadro 4.1 – Níveis de intervenção nos edifícios.....	18
Quadro 4.2 – Distribuição das Escolas a nível Nacional.....	38
Quadro 4.3 - Alunos matriculados, segundo as NUTS I e II, por sexo, orientação curricular e natureza do estabelecimento.....	38
Quadro 4.4 - Estrutura de avaliação de ponderações ambientais do BREEAM Education 2008.....	43
Quadro 4.5 – Classificação do BREEAM conforme os pontos obtidos na lista de verificação simplificada.....	44
Quadro 4.6 – Estrutura de avaliação do GBC.....	47
Quadro 4.7 – Sistemas de avaliação CASBEE.....	50
Quadro 4.8 – Estrutura de avaliação do sistema LEED.....	54
Quadro 4.9 – Sistema de pontuação do LEED.....	55
Quadro 4.10 – Estrutura de avaliação do sistema CHPS.....	56
Quadro 4.11 – Sistema de avaliação HQE.....	58
Quadro 4.12 – Sistema de avaliação LiderA.....	61
Quadro 4.13 – Síntese dos indicadores de sustentabilidade.....	72
Quadro 5.1 – Concentrações de mercúrio permitidas.....	81
Quadro 5.2 – Concentrações de emissões COV.....	86
Quadro 5.3 – Síntese dos parâmetros de conforto ambiental.....	92
Quadro 6.1 – Valor do SRI em função da inclinação da cobertura	99
Quadro 6.2 – Síntese dos parâmetros de sustentabilidade consoante a fase de vida útil do edifício.....	139

## Índice de Figuras

Figura 4.1 – Programa de reabilitação do parque escolar.....	26
Figura 4.2 - Escola Secundária Passos Manuel, freguesia de Sta. Catarina, Lisboa.....	30
Figura 4.3 - Escola Secundária Gil Vicente, Freguesia da Graça, Lisboa....	33
Figura 4.4 - Escola Secundária Pedro Alexandrino, Póvoa de Sto. Adrião...	36
Figura 4.5 – Estrutura conceptual do CASBEE.....	49
Figura 5.1 – iluminação zenital.....	74
Figura 5.2 – Valores de PPD em função de PMV (ASHRAE 55-2004).....	89
Figura 6.1 – Posição de estacionamento para reduzir a exposição às emissões de gases.....	95
Figura 6.2 – Funcionamento das coberturas “claras”.....	98
Figura 6.3 - Cisternas de armazenamento de água subterrâneas.....	103

## 1 – Enquadramento ao tema

Tendo em conta que são as escolas de hoje as ferramentas ideais para moldar as gerações de amanhã, responsáveis pelo destino do país no futuro, é necessário reflectir sobre o impacto que o ambiente de aprendizagem tem na qualidade de ensino.

Actualmente, as preocupações com o futuro do planeta, os seus recursos e a humanidade, têm tomado papel de destaque na nossa sociedade. Essa preocupação tem alertado a sociedade para que seja necessário introduzir conceitos de sustentabilidade em todos os sectores de actividade, particularmente o sector da construção, um dos que mais contribui para o consumo de energia e de recursos naturais.

Uma das principais prioridades para minimizar estes problemas e gerar um desenvolvimento sustentável é a criação de uma política de investimento na educação.

A escola deve ser um espaço onde o conhecimento construtivo é cultivado e onde o aluno poderá encontrar meios que o habilitam às suas futuras realizações. Acima de tudo, uma escola deve ser um lugar onde continuamente o aluno é chamado a reflectir sobre os princípios que orientam a sua vida.

Tal, pode traduzir-se em várias valências, pelo curriculum escolar, por actividades extra curriculares, pela vivência em edifícios sustentáveis ou ainda, pela consciencialização e participação dos alunos na transformação ambiental e energética da sua escola.

Contudo, o ambiente escolar não passa apenas por uma questão educacional. Os próprios edifícios podem ser um atentado à saúde dos seus utentes, principalmente as crianças, são vulneráveis a questões como a poluição do ar, o bolor, metais pesados, excesso de ruído, ao calor e ao frio.

Neste contexto assumirá importância fundamental a oferta aos alunos, docentes e demais agentes do sistema educativo de instalações escolares com condições de funcionalidade, conforto, segurança, salubridade e aptas à sua integração e adaptação ao processo de introdução de novas tecnologias.

A Reabilitação sustentável de edifícios escolares é o tema da presente dissertação, onde serão abordados os principais sistemas, processos e critérios existentes actualmente, de modo a alcançar as boas práticas de reabilitação sustentável neste tipo de edificado.



## **2 – Objectivo**

O objectivo do trabalho proposto nesta dissertação suporta-se no contributo para o estudo e reflexão sobre o quadro actual e futuro da reabilitação sustentável de instalações escolares, por forma a definir um conjunto de estratégias aplicáveis nas fases de projecto, construção e utilização, que permitam garantir e melhorar o desempenho dos edifícios e que possam ser aplicáveis de modo simplificado



### **3 – Metodologia**

A metodologia para a realização desta dissertação baseia-se na recolha de informação bibliográfica relevante sobre o tema: Publicação de artigos internacionais e pesquisa através de sites oficiais das diferentes instituições envolvidas nos sistemas de avaliação e de instituições envolvidas no programa de reabilitação escolar nacional.

No capítulo quarto, estado de arte, serão definidos os conceitos de desenvolvimento, construção e reabilitação sustentável, assim como será descrita a caracterização dos edifícios escolares existentes, bem como o plano governamental vigente para reabilitação do parque escolar.

Neste capítulo será ainda feita uma exposição dos sistemas de avaliação existentes aplicáveis à reabilitação de edifícios escolares e os respectivos indicadores de sustentabilidade.

No capítulo quinto será feita uma descrição dos parâmetros de conforto ambiental e consequentes estratégias que garantam a conformidade com as normas aplicáveis.

No capítulo sexto serão apresentadas estratégias a aplicar durante a fase de projecto, reabilitação e utilização do edifício, que garantam a sustentabilidade das instalações escolares.

O capítulo sétimo reúne as conclusões do trabalho.

O capítulo oitavo aponta para a continuidade da pesquisa.

No capítulo nono serão listadas as referências bibliográficas.



## **4 - Estado de Arte**

### **4.1 – Enquadramento da temática**

#### **4.1.1 – Sustentabilidade**

A temática da Sustentabilidade tem vindo a ganhar destaque nos dias de hoje, uma vez que existe uma maior preocupação com a qualidade de vida do ser humano, assim como a melhoria e preservação do meio ambiente, tanto no presente como para o futuro.

Tendo a sustentabilidade repercussões em todas as actividades desenvolvidas pelo Homem, nas quais a construção assume um papel de grande relevância, importa conhecer a evolução deste conceito, desde as primeiras preocupações sobre o tema até à actualidade.

É na década de 70 do séc. XX que surgem, como acima referido, as principais preocupações nas temáticas tanto dos direitos humanos, como da necessidade de preservação do meio ambiente e do planeta. Com vista a discutir estas questões e principalmente quais as medidas a tomar para assegurar a sua preservação, surge em 1968 uma importante entidade que precedeu toda a corrente sociológica, o Clube de Roma.

O Clube de Roma tinha como objectivo debater um vasto conjunto de temas relacionados com a política, economia internacional e sobretudo com o meio ambiente e desenvolvimento sustentável.

Foi então publicado em 1972 um relatório elaborado pelo MIT (Massachusetts Institute of Technology), intitulado “Os limites do crescimento” que abordava essencialmente problemas cruciais para o futuro desenvolvimento da Humanidade, tais como - energia, poluição, saneamento, saúde, ambiente e crescimento populacional.

De acordo com este relatório, concluiu-se que o planeta Terra não suportaria maior crescimento populacional resultante da pressão sobre os recursos naturais e energéticos e o aumento da poluição, mesmo considerando o avanço das tecnologias.

Nesse mesmo ano de 1972 é realizada em Estocolmo a 1ª Conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente e desenvolvimento, que deu origem ao programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP- United Nations Environment Programme). Este programa tem como objectivo promover o uso adequado e o desen-

volvimento sustentável do ambiente global, bem como coordenar as acções internacionais de protecção ao meio ambiente e desenvolvimento sustentável.

Deste modo estava iniciado um largo ciclo de conferências e debates que se estendeu até aos nossos dias, de onde são fruto os principais documentos e programas que se constituem para definir e regulamentar o desenvolvimento sustentável.

O início deste ciclo deu-se em 1987, com a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento da ONU, presidida por, Gro Harlem Brundtland, onde foi elaborado um documento intitulado de “Our Common Future” ou Relatório Brundtland. Este relatório define o desenvolvimento sustentável como, “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir as suas próprias necessidades”.

O relatório aponta para a incompatibilidade entre desenvolvimento sustentável e os padrões de produção e consumo vigentes, apelando a uma conciliação entre crescimento económico e questões ambientais e sociais. A visão crítica do modelo de desenvolvimento adoptado pelos países industrializados, e reproduzido pelas nações em desenvolvimento leva à criação de medidas preventivas baseadas na preservação ambiental e dos recursos naturais disponíveis na sociedade, de forma a reverter as projecções actuais de situações críticas no uso dos potenciais hídricos e energéticos e do destino dos resíduos sólidos por meio de um conjunto de estratégias e procedimentos.

Numa lista de medidas a serem tomadas, definindo metas a realizar a nível internacional, constam a diminuição do consumo de energia, o desenvolvimento de tecnologias para uso de fontes energéticas renováveis e a evolução da produção industrial nos países não industrializados com base em tecnologias ecologicamente adaptadas.

Na mesma linha de raciocínio e com o objectivo de continuar a estabelecer princípios internacionais e nacionais de desenvolvimento sustentável, em 1992, durante a Conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente e desenvolvimento “eCO-92”, realizada no Rio de Janeiro, Brasil, foi elaborado um documento designado Agenda 21.

Este documento sistematiza um plano de acções com o objectivo de alcançar o desenvolvimento sustentável, estabelecendo as valências que cada país deve considerar para reflectir, global e localmente, a forma como governos, empresas e ONG’s (Organizações não governamentais) e todos os sectores da sociedade de maneira a cooperarem num estudo de soluções para os problemas sócio ambientais.

Deste modo, é da competência de cada país definir as suas próprias directrizes para o desenvolvimento sustentável, com base nos princípios da Agenda 21. De forma a possibilitar a implementação desses mesmos princípios à natureza de cada região ou local, permitindo uma maior parametrização e adaptação à realidade local, foram criadas então as designadas Agenda 21 locais, junto dos municípios, a uma escala regional. Desta forma, a Agenda 21 local é um processo participativo e multi-sectorial com vista a atingir os objectivos a nível local, através da preparação e implementação de um plano de acção estratégico de longo prazo, respeitando o desenvolvimento sustentável.

Para concretizar a Agenda 21 local é necessário planear o desenvolvimento sustentável utilizando métodos para identificar as principais prioridades locais e garantir que os objectivos de sustentabilidade sejam considerados, bem como poder medir os avanços e recuos da implementação de cada medida.

Com o objectivo de desenvolver a cooperação entre as cidades para elaboração dos planos de acção das Agenda 21 local, a comissão europeia iniciou, em 1993, a primeira fase de um projecto intitulado “Cidades sustentáveis”. Este projecto tinha como principais objectivos, contribuir para o desenvolvimento da reflexão sobre a sustentabilidade dos ambientes urbanos; suscitar uma ampla troca de experiências entre culturas e divulgar as melhores práticas, ao nível local e a longo prazo, em matéria de sustentabilidade [1].

Com a criação da Agenda 21, desenvolveram-se outros documentos interpretativos desta. A Agenda Habitat, criada em 1996 na Conferência das Nações Unidas em Istambul, é uma interpretação a nível local/regional que tem como principal foco o abrigo para todos e a sustentabilidade dos aglomerados urbanos. Contém ainda diversas secções dedicadas ao sector da construção civil e à forma como os governos de cada país devem encorajar a indústria no sentido da sustentabilidade. A habitação é, segundo a Agenda Habitat, um dos requisitos essenciais para a qualidade de vida.

Em 1999, é redigida pelo CIB (International Council for research and innovation in building and construction, antigo Conseil International du Bâtiment), uma Agenda 21 para a construção sustentável e mais tarde, em 2002, um documento para os designados “países em desenvolvimento”.

Nesse mesmo ano, é definido desenvolvimento sustentável com base em “três pilares interdependentes e mutuamente sustentadores – desenvolvimento económico,

desenvolvimento social e protecção ambiental”. (Declaração de Política - Cúpula Mundial sobre o desenvolvimento sustentável – Joanesburgo 2002)

Reconhece-se então a complexidade de questões críticas como a pobreza, degradação ambiental, decadência urbana, crescimento populacional e conflito e violência aos direitos humanos, estabelecendo-se acordos entre vários países, os quais tratavam os seguintes aspectos:

- Garantir que o crescimento económico não provoque poluição ambiental nos âmbitos regional e global;
- Aumentar a eficiência do uso de recursos;
- Analisar o ciclo de vida completo de um produto;
- Proporcionar aos consumidores maior informação sobre produtos e serviços;
- Utilizar os impostos e as leis para fomentar a inovação no campo das tecnologias limpas.

Apesar desta conferência ter uma incidência forte no que respeita à economia, os acordos aqui estabelecidos, tinham como objectivo estimular investimentos em novas tecnologias energéticas e novas formas de reciclagem ou reutilização de materiais. Por outro lado, estes acordos tornaram-se num marco internacional para o desenvolvimento de leis e iniciativas com o objectivo de alcançar metas ambientais e introduzir limites de níveis de poluição.

A Cúpula Mundial de Joanesburgo revelou as seguintes consequências:

- A arquitectura actual necessita de desenvolver sistemas de gestão ambiental;
- Difusão de programas de boas práticas;
- Inovação no projecto ecológico e desenvolvimento de tecnologias arquitectónicas mais limpas e eficientes;
- Aumento da informação sobre o impacte ambiental dos produtos;
- Aumento da informação sobre o desempenho energético dos edifícios.

Portugal, como membro da União Europeia, é chamado a actuar nestas matérias e a agir segundo as directrizes de protocolos internacionais tais como o Protocolo de Quioto.

O Protocolo de Quioto consiste num tratado internacional com vínculos rígidos para a redução da emissão de gases como o CO<sub>2</sub> que provocam o efeito de estufa e que são responsáveis pelo aquecimento global do planeta.

Este Protocolo foi discutido e negociado em Quioto, Japão, em 1997 e rectificado em 1999, entrando em vigor em 2005 após aprovação da Rússia. Este Protocolo define que os países signatários devem cooperar através de algumas acções tais como:

- Reformular os sectores de energia e transportes;
- Promover o uso de fontes energéticas renováveis;
- Limitar as emissões de metano na gestão de resíduos e dos sistemas energéticos;
- Proteger florestas e outros sistemas que eliminam o carbono.

De acordo com as projecções da EEA (European Environment Agency), mesmo recorrendo a políticas e medidas adicionais tais como a reflorestação, Portugal apresentará em 2010 um aumento das emissões de gases com efeito de estufa de 17,3%, acima dos 27% estipulados pelo Protocolo de Quioto [2].

Devido a estas questões e princípios relacionados com o desenvolvimento sustentável, interessa equacionar dentro dos vários sectores, aqueles que mais contribuem para a degradação do meio ambiente e portanto que mais poluem.

*“A Construção Civil é uma actividade tendencialmente consumidora de recursos e em muitos casos com um impacte significativo no ambiente embora procure crescentemente minimizar ou compensar os impactes negativos e valorizar os impactes positivos”* (Canter, L., 1995, Carpenter, T., 2001; citado por Pinheiro 2003).

A indústria da construção consome: materiais (50% dos recursos mundiais destinam-se à construção), água (40% da água utilizada no mundo destina-se a abastecer instalações sanitárias e outros usos dos edifícios), terra (60% da terra cultivável é utilizada para a construção) e madeira (70% dos produtos que utilizam madeira ou os seus derivados são para construção) [3].

Para além do consumo elevado de recursos, em 2005, o edificado (edifícios de serviços, edifícios residenciais e operações de construção) foi responsável por mais de 34% do consumo energético final em Portugal. Entre 1990 e 2005, estes sectores sofreram os maiores aumentos do consumo final de energia (comparativamente aos outros sectores de actividade), registando aumentos da ordem dos 23,6% (sector residencial), 222,1% (sector de serviços) e 118,3% (sector da construção) [4].

Quando este consumo é traduzido em emissões de carbono (directas e indirectas), a tendência mantém-se. Em 2004, estes três sectores de actividade (residencial, serviços e construção) registaram emissões na ordem das 19,85 milhões de toneladas, mais de 31% do total de emissões nacionais desse ano. Nos sectores residenciais e de serviços a maior parcela destas emissões deve-se ao consumo indirecto de energia, em actividades de iluminação, aquecimento e arrefecimento de espaços interiores e na utilização de equipamentos, pelo que se pode concluir que a melhoria da eficiência energética dos edifícios (com recurso a medidas de melhoria do desempenho térmico e de iluminação natural em detrimento de iluminação artificial) será indutor de uma redução significativa nestes consumos de energia e, conseqüentemente, nas emissões de carbono [4].

O sector da construção tem por isso, uma importância significativa para alcançar as metas de desenvolvimento sustentável estabelecidas para um país, já que as actividades de construção, utilização, manutenção e demolição, entre outras, consomem recursos e geram resíduos, em quantidade perigosamente muito superior à maioria das actividades económicas.

Sendo a U.E. extremamente dependente da energia externa, nomeadamente do petróleo e gás natural da Rússia e do Médio Oriente (representando cerca de 60% da sua factura energética), estabeleceu vários objectivos em matéria de redução de dependência energética e de combate às alterações climáticas, de que se destacam os definidos para 2020 no âmbito da designada "Proposta 20-20-20": i) A redução do consumo de energia em 20%; ii) O aumento da percentagem de energias renováveis no consumo energético em 20%; e iii) A redução pelo menos em 20% das emissões de gás com efeito de estufa. Outra meta prosseguida no mesmo horizonte temporal é aumentar em 10% a percentagem dos biocombustíveis no consumo total de gasolina e de gasóleo [5].

As edificações actuais são então identificadas como elementos poluidores e fonte de danos ao meio ambiente, contribuindo para a destruição de florestas, o risco do

aquecimento global e escassez de recursos [6]. Com vista a diminuir estes efeitos, torna-se necessário harmonizar as construções com o ambiente, pensando no relacionamento do homem, meio construído e meio ambiente, é designado por Construção Sustentável.

Com base no relatório de Bruntland, a Construção Sustentável consiste em promover alterações conscientes na envolvente, de forma a atender a necessidades da edificação, habitação e uso do Homem moderno, preservando o meio ambiente e os recursos naturais, garantindo qualidade de vida para as gerações actuais e futuras.

A definição mais aceite internacionalmente foi a apresentada por Charles Kibert em 1994, que define Construção Sustentável como a "criação e gestão responsável de um ambiente construído saudável, tendo em consideração os princípios ecológicos e a utilização eficiente dos recursos". [7]

Segundo Charles Kibert (citado por Pinheiro, 2006), os recursos necessários à construção são os materiais, o solo, a energia e a água e a partir destes, o autor estabeleceu os seis princípios base da construção sustentável:

- Reduzir o consumo de recursos
- Reutilizar os recursos sempre que possível
- Reciclar materiais em fim de vida do edifício e usar recursos recicláveis
- Proteger os sistemas naturais e a sua função em todas as actividades
- Eliminar os materiais tóxicos e os subprodutos em todas as fases do ciclo de vida do edifício
- Fomentar a qualidade ao criar o ambiente construído.

Estes seis princípios começaram por ser a essência da operacionalização da perspectiva da construção sustentável e da identificação das áreas de desenvolvimento tecnológico.

Como consolidação das estratégias de Kibert, destaca-se a Agenda 21 especificamente dirigida para a construção sustentável, em 1999. Este documento envolve vários países, definindo as bases para a compreensão de desenvolvimento sustentável. Não são tratadas apenas questões de preservação e conservação da natureza, mas também questões ligadas à pobreza, ao crescimento económico, à industrializa-

ção, às alterações nos padrões de produção e consumo, bem como à adopção de novos modelos e instrumentos de gestão.

A Agenda 21 para a construção sustentável define como principais objectivos:

- Criar um elo de ligação entre outras agendas já existentes, como por exemplo o relatório de Bruntland;
- Criar um enquadramento global com todas as agendas nacionais, regionais e subsectoriais;
- Criar uma agenda para as actividades do CIB neste campo e para coordenar o CIB com organizações especializadas suas associadas;
- Disponibilizar um documento referência para a definição das actividades de investigação e desenvolvimento no sector da construção.

A base para a intervenção aposta em definir que a construção sustentável envolve todos os agentes desde os projectistas, empreiteiros até aos utilizadores finais.

Segundo Manuel Pinheiro, “construção sustentável é (...) encontrar eficiência nos sistemas e nos materiais, que resultem em menores utilizações de energia e que também aumentem a vida dos edifícios para além dos tradicionais 50 anos de vida.”

O autor refere ainda que “Independentemente do seu papel, do desenho, do processo assim como do seu produto, as construções devem ser um reflexo dos processos naturais perspectivados numa lógica complementar, ao invés de destruir os sistemas naturais. Esta lógica de construção sustentável não é binária no sentido de ser ou não ser, mas progressiva e por níveis, havendo assim níveis crescentes de sustentabilidade”.

Deste modo pode concluir-se que embora a construção sustentável não seja ainda o tipo de construção predominante em Portugal, nalguns países europeus como França, Alemanha e Reino Unido, estes princípios já são comuns.

Ainda sobre a definição de sustentabilidade, Denise Duarte, investigadora do Labaut (Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética do Departamento de Tecnologia da FAU-USP), ressalta que a expressão ‘edifício sustentável’ em muitos casos pode passar uma ideia de auto-suficiência, mas que isso não é estritamente necessário. *“Do ponto de vista da sustentabilidade ambiental, a meta é a eficiência no uso dos recursos naturais como água, energia e matéria-prima, e não, necessariamente*

*te, a autonomia, principalmente quando se trata de áreas urbanizadas, com redes de água, energia, esgoto e colecta de resíduos sólidos...*”, resume.

Segundo a autora, o conceito de sustentabilidade envolve também os aspectos sociais e económicos - *“Nesse sentido, o edifício mais sustentável também é economicamente viável ao longo do seu ciclo de vida, levando em conta as relações de custo/benefício ao longo do tempo, já que muitas inovações exigem investimentos iniciais maiores que se pagam na operação do edifício. Da mesma forma, um empreendimento mais sustentável também considera os aspectos sociais envolvidos e contribui para a melhoria da qualidade de vida dos seus usuários”* [8].

No que respeita ao factor económico, os custos relacionados com o edifício e com todo o seu ciclo de vida têm um impacto significativo nos mercados, nas sociedades, bem como na qualidade de vida dos cidadãos e no seu acesso a determinados serviços.

Deste modo interessa estudar como podemos sistematizar estes custos e de que forma podemos contribuir para a sua eficiência nas fases de projecto, construção, operação e demolição do edifício.

O custo total do ciclo de vida de um edifício activo é definido por Addis e Talbot no seu estudo “Sustainable Construction Procurement - A Guide to Delivering Environmentally Responsible Projects, Construction Industry Research and Information Association” como *“o valor presente do custo total desse activo durante a sua vida operacional”*. Isso inclui o custo do capital inicial, custos de financiamento, custos operacionais, custos de manutenção e os eventuais custos de alienação do activo no final da sua vida [9].

A aplicação do conceito de custo total do ciclo de vida na indústria da construção civil está a aumentar rapidamente e têm-se verificado a importância de melhorar o processo de recolha de dados durante a fase de projecto, de modo a desenvolver novos modelos para auxílio na tomada de decisão relativa ao investimento de capital.

A análise do ciclo de vida dos edifícios é essencial para avaliar o desempenho ambiental das edificações ao longo de toda a sua vida útil. Esta análise avalia os recursos ecológicos na fabricação de produtos, que posteriormente são avaliados e contrastados com base em critérios ambientais. Uma das vantagens é poder ser usada como guia para profissionais do sector e administradores durante toda a vida útil da edificação. Do mesmo modo ajuda a identificar possíveis reduções de custos e a estabelecer padrões para futuras leis ambientais mais restritivas evitando problemas de manuten-

ção do edifício. A partir da análise do ciclo de vida desenvolve-se o custo total do edifício. [3]

Embora as práticas ou tecnologias empregues na construção sustentável estão em constante evolução e podem ser diferentes de região para região, há princípios fundamentais que persistem como a base da sustentabilidade: Implantação e estrutura do projecto eficiente; eficiência nos consumos de energia, água e recursos; melhoria de qualidade de ar interior; operações de optimização e manutenção e redução de resíduos e substâncias tóxicas. Do lado da estética da arquitectura “verde” ou design sustentável, é a filosofia de projectar um edifício que está em harmonia com as características e recursos naturais do ambiente que os rodeia [10].

A análise de características de uma construção sustentável como o uso de matérias e estruturas existentes, a reciclagem dos materiais, os processos de desconstrução, entre outros, leva a uma associação de sustentabilidade com o processo de Reabilitação.

#### **4.1.2 – Reabilitação**

A reabilitação pode ser entendida em vários âmbitos, sendo os mais correntes os da cidade e o do edifício.

No âmbito da cidade tem-se em vista a reabilitação urbana que se pode definir como conjunto de *“estratégias e acções destinadas a potenciar os valores socioeconómicos, ambientais e funcionais de determinadas áreas urbanas para elevar a qualidade de vida das populações residentes, melhorando as condições físicas do parque edificado, os níveis de habitabilidade e equipamentos comunitários, infra-estruturas, instalações e espaços livres”* [11].

Quanto à reabilitação no âmbito do edifício, é adequado distinguir duas linhas de acção, consoante se trate de edifícios correntes ou de edifícios com valor enquanto património cultural ou arquitectónico. No primeiro caso, o conceito corresponde ao do britânico *refurbishment*, que pode ser definido, segundo a *Royal Institution of Chartered Surveyors*, como a *“reparação, renovação e modificação extensas de um edifício para o pôr de acordo com critérios económicos ou funcionais equivalentes aos exigidos a um edifício novo para o mesmo fim. Pode envolver a execução de instalações e sistemas de serviços, acessos, iluminação natural, equipamento e acabamentos, aproveitando apenas os toscos do edifício antigo”*. No segundo caso, o conceito corresponde ao americano *rehabilitation*, definido, segundo o *Secretary of Interior’s Standards for Reha-*

*bilitation, como o “acto ou processo de possibilitar um uso eficiente e compatível de uma propriedade através de reparações, alterações e acrescentos, preservando, ao mesmo tempo, as partes ou características que transmitem os seus valores, histórico, cultural e arquitectónico”.*

Este último conceito conduz, quando num edifício predomina a sua natureza de bem cultural, ao conceito de conservação, definida pelo ICOMOS (International Council on Monuments and Sites) como *“todo o processo de cuidar de um lugar com o fim de manter a sua importância cultural. Tal pode incluir, conforme as circunstâncias, os processos de manutenção ou de reintrodução de um uso, os processos de manutenção das memórias e significados, os processos de manutenção, de preservação, de restauro, de reconstrução, de adaptação e de interpretação, e implica frequentemente uma associação de vários destes processos”.*

Em Portugal, a actividade na área da reabilitação é diminuta – inferior a 10%, enquanto noutros países Europeus chega a atingir os 50%. Este desinteresse pela reabilitação traduz-se num comportamento pouco favorável à sustentabilidade do sector da construção [12].

Esta discrepância de valores verifica-se porque em Portugal, o empreiteiro generalista está pouco consciente das problemáticas relacionadas com a sustentabilidade, das vantagens da reabilitação e essencialmente, porque *“as intervenções de reabilitação envolvem uma especificidade e complexidade bastante maior do que a execução corrente, exigindo uma maior minúcia e rigor de execução”* (Thomas, J., citado por Couto, Couto e Teixeira, 2006)

A nível de intervenções de reabilitação e de beneficiação dos edifícios, estas tendem a incidir, com maior frequência, a três níveis:

- Envoltente (fachadas e cobertura); diz respeito, principalmente, à estética do edifício;
- Condições de habitabilidade e conforto; focaliza-se no bem-estar dos utentes do edifício. As intervenções a este nível são mais complexas, e envolvem alterações nas instalações e sistemas do edifício;
- Comportamento estrutural; diz respeito à segurança das pessoas e bens e assume particular relevância quando está em causa a acção sísmica. Esta questão agudiza-se quando, tal como acontece na cidade de Lisboa, se está

simultaneamente perante grandes massas de edificado urbano decrépito e o risco dum abalo sísmico intenso.

O quadro 4.1 apresenta mais pormenorizadamente os objectivos da reabilitação consoante o seu nível de intervenção.

Quadro 4.1 – Níveis de intervenção nos edifícios [11]

Zona de intervenção	Objectivos
Exterior	Beneficiação de acessos, estacionamento, zonas verdes, etc.
Envolvente	Renovação de revestimentos, melhoria das condições de isolamento das coberturas, das paredes e do guarnecimento dos vãos. Conservação de componentes de betão armado expostos.
Interior	Renovação dos revestimentos dos pavimentos, paredes e tectos
Instalações e sistemas	Substituição ou beneficiação das instalações de esgotos. O mesmo em relação às instalações de abastecimento de água e electricidade. Instalação ou beneficiação dos sistemas de climatização e de comunicações
Estrutura e fundações	Reforço da estrutura ou das fundações (só em caso de anomalias relevantes).

Numa entrevista, o Eng.º João Appleton refere que *“as vantagens da reabilitação sobre a construção nova são muito grandes, ou podem sê-lo, em termos de ocupação racional do território (...), em termos ambientais (...), em termos culturais (...) e mesmo em termos económicos”* e acrescenta *“reabilitar não pode ser sinónimo de cristalizar, mas de garantir condições de utilização dos edifícios antigos iguais ou próximas das que são garantidas pelas novas edificações”* [13].

A reabilitação tem então, forte relevância em três aspectos [14]:

- Na protecção de valores culturais, significando a preservação da história de uma cidade. Grande parte do edificado em Portugal é antiga, não excluindo as edificações escolares que desde o séc. XIX têm sofrido alterações arquitectónicas consoante os ideais estéticos, económicos e políticos;

- Na protecção ambiental, significando diminuição da quantidade de demolições e correspondentes construções, consumos de energia na produção e aplicação de produtos de construção, emissões de CO<sub>2</sub> e produção de entulho. Significa também o uso de materiais tradicionais, naturais (madeira, pedra, areia e cal).
- Nas vantagens económicas, quando comparada com a demolição/reconstrução, a reabilitação apresenta vantagens na redução nos custos da demolição; nos custos das licenças e taxas; nos custos de estaleiro; na aprovação mais fácil de projectos; na redução das perturbações do tráfego urbano e na redução das quantidades de novos materiais – Actualmente os materiais representam 25 a 30% dos custos ambientais ocultos no empreendimento mas estima-se em 2040, os materiais possam representar 60 a 80% desses custos. Quanto à energia, ela representa actualmente 60 a 70% dos custos ambientais ocultos.

A *Agência Holandesa para Edifícios do Estado* apresentou um novo índice de sustentabilidade de projectos de construção de edifícios. Intitulado de “One number says it all”, esta iniciativa pretende dar a conhecer um método de quantificação do impacto ambiental da construção/reabilitação de edifícios. Com o objectivo de permitir avaliar e tomar decisões quanto a diversas medidas e opções passíveis de pôr em prática num projecto de construção/reabilitação, este método visa calcular um “índice ambiental” único que traduza o impacto ambiental de cada projecto.

Para calcular esse índice, o Dutch Institute for Building Biology and Ecology (NIBE) e a DGMR Consulting Engineer desenvolveram um software denominado “GreenCalc”. O método parte da noção de “custos ambientais ocultos”, definidos como custos adicionais que é necessário suportar para produzir um edifício realmente sustentável, e consiste em quatro módulos, permitindo cada um quantificar o impacto ambiental do projecto em áreas essenciais: Materiais; Energia; Água e Mobilidade.

O módulo “Materiais” calcula o impacto ambiental do uso de materiais (incluindo a manutenção) durante a vida útil do edifício. Para o conseguir o “GreenCalc” usa informação quantitativa obtida a partir de análises do ciclo de vida ou informação quali-

tativa retirada da literatura especializada internacional. Deste modo, os produtos e componentes para a construção são avaliados tão exaustivamente quanto possível.

O módulo “Energia” calcula o consumo de energia do edifício ao longo da sua vida.

O módulo “Água” calcula o consumo durante a vida do edifício.

O módulo “Mobilidade” calcula os custos ambientais ocultos relacionados com as deslocações de e para o edifício durante a sua vida útil, a partir de cenários que dependem da localização, acesso por transportes públicos e disponibilidade de estacionamento.

O estudo permitiu concluir que os materiais e a energia são os factores-chave para a obtenção de índices ambientais elevados. Com base nos métodos actuais de construção, 70 a 80% dos custos ambientais ocultos estão relacionados com estrutura (que representa 40 a 45%) e a envolvente (que representa 30 a 35%). Isto resulta do uso intensivo de materiais como o betão e o tijolo [11].

A metodologia foi aplicada a 120 projectos, e concluiu-se que os melhores índices são conseguidos com os projectos de reabilitação. De facto, neste tipo de projecto, é possível reduzir a necessidade de novas construções e, conseqüentemente, o respectivo impacto ambiental, partindo de concepções envolvendo uma utilização mais intensiva e mais prolongada dos edifícios existentes. Dar novos usos aos edifícios existentes – o que requer criatividade – é um passo decisivo nessa direcção [11].

Quando analisadas todas as fases da construção, rapidamente se destacam os benefícios substanciais da reabilitação quando comparada com a construção de raiz:

- a) Extracção das matérias-primas e produção de materiais para a construção: devido à diminuição do consumo de novos materiais utilizando os existentes na estrutura, a extracção de matérias-primas irá reduzir.
- b) Selecção do local e instalação: os impactos correspondentes a esta fase são , totalmente eliminados.
- c) Demolição de edifícios (componentes): o reaproveitamento do edificado existente vai diminuir a necessidade de demolições . Poderão ser feitas modificações em partes da estrutura ou removidos revestimentos ou outros componentes.
- d) Construção: os estaleiros são mais reduzidos devido à diminuição de inputs de novos materiais na obra e conseqüentemente a necessidade de transpor-

tes de materiais de, e para a obra, é substancialmente menor. A perturbação causada na envolvente (vizinhança imediata) bem como os riscos envolvidos para pessoas e bens são, também, substancialmente reduzidos.

- e) Utilização dos edifícios: a reabilitação da envolvente e das instalações e sistemas dos edifícios tem, em regra, por objectivo, a redução dos consumos de energia e a melhoria da qualidade do ar interior.
- f) Manutenção e gestão dos edifícios: as melhorias que as intervenções de reabilitação introduzem no edifício permitem reduzir os encargos e o impacto ambiental da manutenção e gestão dos edifícios, em particular se forem elaborados planos de manutenção.

Como já referido, um aspecto relevante no caminho para a sustentabilidade baseia-se em aumentar o ciclo de vida da construção, nomeadamente ao construir com durabilidade (Branco e Brito, citado por Pinheiro 2006), assegurando-se assim um maior tempo de utilização do edificado e reduzindo substancialmente a procura de materiais e os consequentes impactes ambientais.

O conceito de vida útil compreende não apenas aumentar a durabilidade da construção em termos físicos dos materiais, mas também a sua durabilidade funcional, que requer flexibilidade e capacidade de acompanhar a evolução das necessidades dos utilizadores.

O impacto dos custos relativos à vida útil de um edifício é muito superior em edifícios com expectativas de actividade reduzida (por exemplo, os custos envolventes são cerca de metade num edifício cujo ciclo de vida é de 60 anos em relação a um de 30 anos) [15].

A sustentabilidade surge assim, como um ponto-chave em todo o processo de reabilitação. Tal traduz-se na preocupação de criar e adaptar edifícios com baixo impacto ambiental, quer a curto, médio e longo prazo, através de uma gestão eficiente da energia e da redução dos resíduos. A reciclagem eficiente de resíduos irá reduzir o volume necessário de aterros, reduzindo o impacto ambiental das actividades de construção. Também a incorporação de materiais reciclados na produção de materiais de construção ajuda a reduzir o consumo de recursos naturais e pode resultar em materiais mais duráveis.

### 4.1.3 – Edifícios Escolares

A escolha de uma escola já não passa apenas por características de localização, acessos, transportes ou curriculum, mas também com o próprio edificado escolar, as suas dimensões, aspecto estético, o bom ambiente e ainda, a sua capacidade de adaptabilidade.

A configuração física do ambiente escolar e a adaptação do estudante a este meio exercem grande influência na evolução da aprendizagem. Neste contexto, pode-se dizer que a qualidade ambiental do edifício escolar tem um papel significativo no desenvolvimento social e económico de um país.

Estudos realizados ao relacionamento do desempenho, da realização e do comportamento do aluno com o ambiente construído, concluem que os resultados do teste em edifícios bem projectados eram 11% mais elevadas do que em edifícios mal projectados [16].

Por isso, ao planear a reabilitação de uma escola, a sustentabilidade e a educação para o desenvolvimento sustentável necessitam ser planeados conjuntamente, tornando o processo de reabilitação do edifício escolar como um recurso de ensino. Isto significa que as escolas sustentáveis realmente bem sucedidas são aquelas onde os edifícios e serviços podem transformar-se num recurso valioso do curriculum, por exemplo, permitindo aos estudantes monitorizar o consumo de recursos. [17].

Procura-se assim, promover uma edificação adequada às necessidades pedagógicas e tecnológicas, com boa organização espacial, e índices favoráveis de habitabilidade para os seus usuários, desempenhando também um papel de referência arquitectónica em sustentabilidade e educação ambiental. Dessa maneira a integração da escola, enquanto edificação pode colaborar com a questão da preservação dos recursos, sendo um instrumento no processo de ensino e aprendizagem na escola.

Como já mencionado anteriormente, os edifícios são grandes emissores de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, sejam eles de habitação ou de serviços. Um estudo feito pelo *Department for children, schools and families (DCSF) - Climate change and schools* mostra que as escolas contribuem em cerca de 2% de emissões de gases no Reino Unido, aproximadamente a mesma quantidade de todas as emissões de gases libertados pelo sector de energia e transportes de Manchester, de Newcastle e de Bristol combinados, equivalendo a 15% das emissões do sector público do país [18].

A DCSF, no seu relatório “Climate change and Schools”, explica que por trás destes valores de emissão de gases existem factores preponderantes tais como:

- As emissões provocadas pelo consumo de energia em edifícios escolares aumentaram em 24% entre 1990 e 2006, com emissões devidas ao uso de gás para aquecimento nos edifícios escolares a aumentar na mesma linha. As emissões provocadas por óleo e carvão subiram mais lentamente, por volta de 10%, enquanto as emissões por aumento no consumo de electricidade subiram em 31%;
- O aumento no consumo da electricidade que tem sido, em parte, devido à computadorização das escolas, causada pela difusão e importância das tecnologias de informação e comunicação (TIC). O aumento no consumo da electricidade e aquecimento estão relacionados também em parte à extensão do horário escolar, criando uma maior exigência sobre sistemas de iluminação e de aquecimento das escolas que perduram noites e em fins-de-semana;
- As emissões provocadas por visitas de estudo e transportes aumentaram em 59% entre 1990 e 2006. Este foi o maior aumento, embora as visitas de estudo representem apenas uma pequena porção do total;
- A distância do percurso dos alunos entre a casa e a escola aumentou em cerca de 25% desde 1990.

Sumarizando, a emissão de gases de efeito de estufa no sector das escolas é originária de quatro fontes principais:

- O uso da energia em edifícios escolares;
- O aluno e a equipa de funcionários que viajam de, e até à escola, e de outras viagens empreendidas no âmbito escolar;
- As emissões produzidas pelas companhias que fornecem bens e serviços às escolas;
- As emissões do desperdício produzido pelas escolas.

Neste sentido, torna-se necessário criar uma política de reestruturação e modernização dos edifícios escolares projectando-os com base na sustentabilidade.

A *U.S. Green Building Council* (USGBC) defende que as escolas “verdes” criam ambientes saudáveis conduzindo à aprendizagem e ao conservar da energia, dos recursos e dos custos. Para isso desenvolveram a *Green Existing Schools Project Management Guide*, para ajudar as escolas a tornar as suas infra-estruturas sustentáveis e atingirem a certificação de LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*). O guia esboça o processo para atingir a certificação de LEED para as escolas existentes e fornece detalhes em como conduzir avaliações na organização, educar e treinar a equipe de funcionários e iniciar o processo da certificação. O guia é projectado para ser usado em reciprocidade com os recursos adicionais contidos no *Green Existing Schools Toolkit* que é constituído pelas seguintes ferramentas [19]:

- *Green Existing Schools Implementation Workbook for Schools*; Este guia serve de ajuda na avaliação e melhoria nas práticas das operações de manutenção (O&M);
- *LEED 2009 for Existing Buildings: Operations & Maintenance Project Checklist*; O LEED Project Checklist pode ser utilizado como uma “score-card” para controlar os créditos para atingir a certificação;
- *LEED 2009 for Existing Buildings: Operations & Maintenance Rating System*; O sistema da avaliação sumaria a intenção, as exigências, e as estratégias das tecnologias para cada crédito;
- *LEED 2009 Green Building Operations & Maintenance Reference Guide*; A guia de referência contém informação detalhada na execução dos pré-requisitos e das exigências de cada crédito.

Em suma, uma escola de alto desempenho possui três atributos distintos: é projectada para criar um ambiente de trabalho saudável e confortável; é menos dispendioso para operar do que uma escola convencional/tradicional ao longo da vida do edifício e é construída de modo a preservar recursos importantes, tais como energia e água.

De modo a garantir o bom ambiente de trabalho, uma escola de alto desempenho é também térmica, visual e acusticamente confortável.

O conforto térmico significa que professores, alunos, administradores e funcionários se sentem confortáveis com a temperatura ambiente enquanto efectuam suas actividades diárias.

Conforto visual significa que a qualidade da iluminação torna as tarefas visuais, tais como a leitura e as apresentações em sala de aula, mais facilitados.

O conforto acústico é alcançado quando professores e alunos podem facilmente ouvir e compreender uns aos outros, não sendo impedidos de comunicar devido a sistemas de ventilação ou ruídos provenientes dos espaços adjacentes ou exteriores.

A qualidade do ar interior é outra característica importante de uma escola de alto desempenho. A quantidade significativa de alunos e professores que passam o tempo dentro da escola durante a sua carreira educacional, combinada com o aumento da susceptibilidade das crianças aos poluentes interiores, ressaltando a importância da boa qualidade do ar interior. Estes poluentes interiores, como as toxinas químicas e agentes biológicos, podem criar riscos significativos para a saúde e condições adversas de aprendizagem.

A escola de alto desempenho deve também apresentar: um design que incite os seus utilizadores a aprender; bom uso do local, balançando as necessidades dos transeuntes e realçando a presença da escola na comunidade; edifícios e parques que dão boas-vindas à escola e à comunidade ao fornecer a segurança adequada; boa organização dos espaços em planta; espaços internos bem proporcionados, servindo a sua finalidade e encontrando-se com as necessidades do curriculum; um projecto flexível que permita mudanças ou mesmo expansão ou contracção da disposição a curto, médio e longo prazo;; espaços exteriores bem equipados que oferecem uma variedade de ajustes diferentes para o lazer, a aprendizagem e desporto; uma selecção e aplicação de materiais recicláveis, de alta durabilidade e de fácil manutenção [16].

Observando os centros das cidades Portuguesas, pode-se afirmar que há falta de espaço para construir escolas novas, mostrando-se evidente, a necessidade de reabilitação do parque escolar. A verdade é que ao longo das últimas décadas se tem vindo a observar uma progressiva degradação do estado de conservação das instalações escolares destinadas ao ensino secundário decorrente essencialmente da idade dessas instalações e da ausência de uma correcta e contínua política de conservação e manutenção, a que acrescem ainda problemas de obsolescência funcional resultantes da alteração das condições iniciais de uso e da própria evolução dos *curricula* e didácticas aplicadas [20].

Para combater essa degradação e obsolescência, foi criado um programa governamental de reabilitação de edifícios escolares de ensino secundário, envolvendo

reconstruir, expandir, adaptar e reequipar, até 2015, 332 das 477 escolas que fornecem instrução secundária em Portugal [21].

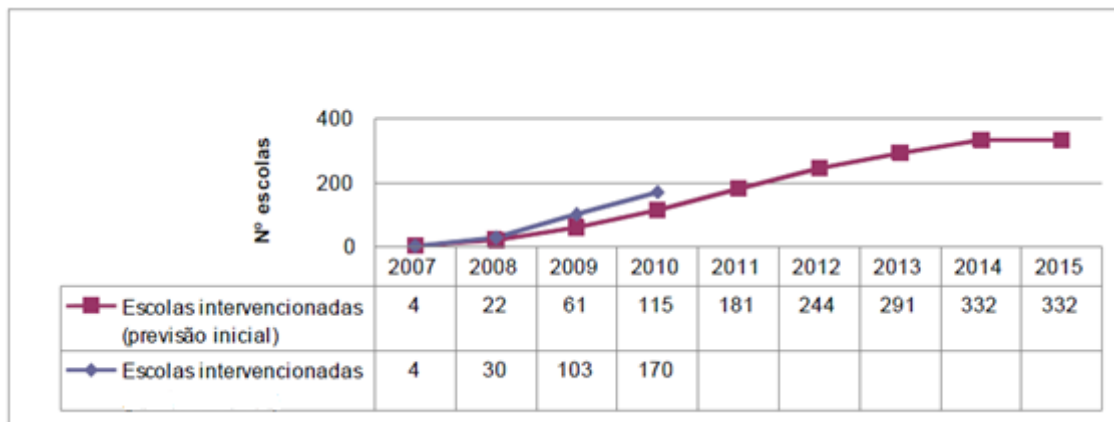


Figura 4.1 – Programa de reabilitação do parque escolar [22]

De modo a colocar em prática este programa, o governo Português legislou de forma a estabelecer uma entidade, a Parque Escolar – EPE (Entidade Pública Empresarial), em Janeiro de 2007, com um grau elevado de independência para fiscalizar e controlar todos os aspectos do programa.

Através da Resolução de Conselho de Ministros n.º1/2007, de 3 de Janeiro, foi então aprovado o “Programa de Modernização do Parque Escolar Destinado ao Ensino Secundário”, visando, no essencial, cumprir três objectivos:

- Requalificar e modernizar os edifícios onde estão instaladas as escolas com ensino secundário;
- Corrigir os problemas construtivos existentes;
- Melhorar as condições de habitabilidade, com particular ênfase na higro-térmica, acústica, qualidade do ar, segurança e acessibilidade;
- Adequar espaços lectivos e não lectivos e modernizar os respectivos equipamentos;
- Garantir a flexibilidade e adaptabilidade dos espaços lectivos e não lectivos, de modo a maximizar a sua utilização e a minimizar investimentos futuros;
- Garantir a eficácia energética dos edifícios de modo a reduzir os custos de operação;

- Abrir a escola à comunidade, recentrando as instalações nos meios urbanos em que se insere, criando condições funcionais e de segurança, para que, nos horários extra escolares, os edifícios possam ser utilizados pela comunidade no âmbito das actividades associadas à formação, aos eventos culturais e sociais, ao desporto e ao lazer;
- Criar um sistema eficiente de gestão de edifícios;
- Dar resposta eficaz às solicitações pontuais de reparação e cumprimento da programação de intervenções programadas de conservação e manutenção;
- Fomentar a correcta utilização das instalações e dos equipamentos, formando, acompanhando e responsabilizando os utilizadores;
- Garantir a plena utilização das instalações.

## **4.2 – O parque escolar Edificado em Portugal**

### **4.2.1 – Caracterização**

Como já referido anteriormente, a actual rede pública de escolas com ensino secundário integra um total de 477 escolas, cuja construção se iniciou no final do séc. XIX [23].

Este parque escolar é constituído por um conjunto com grande heterogeneidade marcado por várias tipologias edificatórias que reflectem as transformações ocorridas em Portugal na concepção e na execução de instalações escolares ao longo do século XX [20].

Tendo por base o período de construção dos edifícios, a Resolução do Conselho de Ministros nº1/2007 fez a seguinte divisão cronológica:

- Um primeiro período iniciado no final do séc. XIX que se estendeu até ao final dos anos 20;
- Um segundo período que abrange as décadas de 40 e 60;
- Um terceiro período que se inicia no final da década de 60.

A *Parque Escolar – EPE* é mais expositiva nesta divisão e, também com base no período e na tipologia de construção, agrupa as escolas em três fases: 1) até 1935; 2) de 1935 até 1968; 3) a partir de 1968.

Com esta separação é possível associar ao período de construção das escolas os respectivos programas funcionais, modelos arquitectónicos e processos de construção.

Do total de edifícios escolares com ensino secundário, 23% foram construídas até ao final da década de 60 e os restantes (77%) correspondem ao período de expansão da rede escolar e de alargamento da escolaridade obrigatória, para seis e nove anos, sendo que 46% desse restante foram construídas na década de 80. [23]

Embora tenham sido maioritariamente projectadas com intenção de construção em série, aplicando “projectos tipo”, estas escolas seguem ideologias bastante diferentes tanto a nível arquitectónico como de construção. Existem então edifícios de reconhecido valor patrimonial assim como edifícios onde foram ensaiadas soluções inovadoras em termos construtivos e espaciais.

- **1.º Período de Construção: até 1935**

Esta época engloba um conjunto constituído por 12 escolas (2% da totalidade do parque escolar), desde os primeiros liceus planeados de raiz em Portugal a partir da reforma de Passos Manuel de 1836 e construídos até ao final da segunda década do séc. XX, bem como os que foram construídos ou terminados no âmbito da intervenção da Junta Administrativa do Empréstimo para o Ensino Secundário (JAEES) criada em 1928 e extinta em 1934.

A JAEES foi o primeiro órgão público com competências técnicas e administrativa no domínio da construção, adaptação e recuperação de edifícios do ensino liceal. Pela JAEES foram construídos em Lisboa o Liceu Maria Amália Vaz de Carvalho (1913-33), no Porto o Liceu Alexandre Herculano (1914-27), entre outros. A Junta foi responsável não só por inúmeras obras de conservação, adaptação e ampliação de edifícios escolares mas também por fornecimento de material didáctico, mobiliário e postos meteorológicos, até à sua extinção em 1934, onde é substituída a 10 de Agosto desse ano por Decreto-Lei nº24 337, pela Junta das Construções para o Ensino Técnico e Secundário (JCETS) por decisão do Eng.º Duarte Pacheco, então Ministro da Instrução Pública e mais tarde Ministro das Obras Públicas e Comunicações. Enquanto a JAEES era responsável pela aplicação de empréstimos exclusivamente para manuten-

ção e melhoria das instalações liceais, a JCETS tinha responsabilidade no estudo de construção de novos edifícios destinados ao ensino liceal e técnico.

Além do carácter histórico e simbólico, estes edifícios incorporam valores patrimoniais resultantes da concepção arquitectónica, constituindo referências da arquitectura portuguesa do princípio do séc. XX.

Estas escolas estão localizados nas cidades de Lisboa, Porto, Coimbra, Beja e Lamego, encontrando-se implantados em lotes de grande extensão, em zonas de forte centralidade e as suas construções foram evoluindo do modelo de edifício único de configuração densa com pátios fechados, baseado no modelo dos antigos colégios como é o caso do Liceu Passos Manuel, para uma configuração extensa, ocupando parcialmente ou na totalidade o perímetro do quarteirão urbano, podendo definir um ou mais pátios, de acordo com o modelo francês de *Lycée*.

O projecto funcional destas escolas é o reflexo da reforma de 1905, e suporta-se no projecto de regulamento das construções escolares datado de 1909. O edifício engloba um conjunto de espaços, em que a par das salas de aula, integra espaços específicos tais como, bibliotecas, anfiteatro/sala de projecções, laboratórios de química, física, geografia e ciências naturais, e espaços adstritos como salas de desenho e trabalhos manuais, ginásio, sala de canto coral e instalações especiais destinadas ao museu ou ao médico escolar.

Na organização funcional, destaca-se a centralidade conferida ao sector administrativo bem como à biblioteca à qual é também atribuída a função de “*sala actos*” o que lhe confere um estatuto de respeitabilidade. As restantes áreas lectivas estão posicionadas ao longo de eixos (alas) em que os laboratórios, por razões de segurança, ocupam as zonas mais periféricas, sendo frequentes as situações em que se encontram destacados do edifício.

A construção apresenta uma forte robustez, progredindo de tecnologias construtivas tradicionais, às quais foram associados pontualmente elementos como estruturas metálicas com recurso ao aço em vigas e ao ferro fundido em colunas e pavimentos em betão, para sistemas construtivos mistos de paredes autoportantes combinadas com estruturas porticadas, lajes de betão armado e coberturas em terraço.

Estando diversas destas escolas a atingir um século de funcionamento, estão em causa edifícios com enorme valor patrimonial e grande diversidade formal associada a uma forte rigidez funcional decorrente dos processos construtivos adoptados. Do ponto de vista da sua reabilitação, implicam investimentos elevados, em função do

quadro de degradação geral, da necessidade de garantir e salvaguardar a sua unidade e qualidade arquitectónica e dos materiais e métodos construtivos de base [20].



Figura 4.2 - Escola Secundária Passos Manuel, freguesia de Sta. Catarina, Lisboa.

- **2.º Período de Construção: de 1936 até 1968**

Esta época engloba um conjunto constituído por 94 escolas (21% da totalidade do parque escolar) e abrange edifícios construídos sob a responsabilidade do Ministério das Obras Públicas - Junta das Construções para o Ensino Técnico e Secundário (JCETS-MOP).

Foi nesta época que se iniciou o *Plano de Novas Construções, Ampliações e Melhoramentos de Edifícios Liceais*, lançando um programa de construção de 11 novos edifícios liceais e a ampliação ou reabilitação em mais 13 edifícios situados no território de Portugal Continental.

Estas escolas foram construídas principalmente nas capitais de distrito, em zonas de elevada acessibilidade e implantadas em lotes de grande dimensão em regra coincidentes com a totalidade do quarteirão urbano.

Os edifícios evidenciam uma homogeneidade devido a adopção de parâmetros de normalização referentes aos programas de arquitectura (programa-tipo de liceu - 1938 - e programa-tipo de escola técnica - 1947; 1950), aos projectos e aos processos construtivos adoptados.

Para além desta estrutura geral comum, torna-se possível assinalar alguma variabilidade na interpretação arquitectónica. Assim, no que respeita à planta, destacam-se duas soluções principais: uma em forma de U e outra em forma de U invertido, formando um pátio de honra à maneira dos palácios do séc. XVII e XVIII. Estas plantas,

de configuração simétrica, foram algumas vezes desequilibradas pela localização do corpo de educação física fora do eixo central. Em relação à dimensão, estes edifícios apresentam predominantemente 2 ou 3 pisos podendo chegar aos 4.

Em excepção à simetria aplicada na época, existe o Liceu de Gil Vicente, o de Oeiras e o da Povoia do Varzim. Esta simetria foi abandonada por motivos de confrontações do terreno e desejo de valorização cenográfica do edifício, dando origem a uma disposição da planta assimétrica aberta com ajustamentos ponderados e aceites pela junta durante a execução do projecto.

No caso das escolas técnicas industriais, é frequente o recurso a corpos isolados para localização das oficinas. Estas soluções são adaptadas às circunstâncias locais e à morfologia do lote onde estão implantadas.

Em termos estilísticos verifica-se o abandono da linguagem moderna e a adopção dos ideais do Estado Novo apostado na recuperação/reinvenção de alguns elementos da tradição arquitectónica nacional. Os edifícios retomam as coberturas inclinadas e o tratamento da fachada principal revela-se como um dos processos mais importantes de valorização arquitectónica dos liceus, concentrando-se os elementos decorativos e simbólicos, bem como os materiais construtivos mais “nobres”. O apelo a motivos tradicionais e de inspiração clássica foi uma das formas utilizadas para acentuar deliberadamente a entrada principal. A procura de efeitos cenográficos na inserção urbanística dos novos liceus, leva a que muitos deles sejam instalados em nível elevado relativamente à via pública com acesso por escadarias e pátios intermédios. Por outro lado a separação do exterior é assinalada pela existência de muros e portões de acesso com gradeamento em ferro forjado. A entrada do edifício fica assim separada da cerca por um espaço de transição normalmente ajardinado.

Esta rigidez formal é atenuada a partir do final da década de 50 em que os edifícios adquirem maior leveza e transparência resultante da aplicação de grandes superfícies envidraçadas e da ausência de cantarias decorativas.

A distribuição interna dos espaços reflecte uma racionalidade funcional baseada na separação dos espaços de ensino e de circulação de acordo com a estrutura curricular, na frequência masculina ou feminina e na centralidade dos espaços de direcção, administração e representação, localizados junto da entrada principal, com acesso directo pelo exterior e com autonomia face às restantes zonas.

Os espaços lectivos estavam organizados por ciclos em alas, com acessos independentes a partir da entrada principal. Os recreios, cobertos e ao ar livre, bem

como as salas de desenho e instalações sanitárias estavam associados ao 1.º ciclo. Os laboratórios estavam localizados nas extremidades das alas destinadas ao 2.º e 3.º ciclos. A biblioteca e as instalações destinadas aos professores ocupavam lugares centrais. A este corpo associava-se um outro com dois pisos, ocupado pelo refeitório, sala da mocidade portuguesa e pelo ginásio/salão de festas e respectivas áreas de apoio, com acesso independente pelo exterior.

Os espaços variavam em função do tipo de liceu da seguinte forma:

- a) O mesmo número de dependências do grupo de serviços administrativos e do grupo de serviços especiais para todos os liceus;
- b) Uma sala de Desenho e outra de Trabalhos Manuais para liceus de 24, 20 e 16 turmas. Apenas uma sala com função dupla para liceus de 9 turmas;
- c) Uma sala de labores femininos para liceus de 24,20, 16 e 9 turmas, podendo servir também uma sala de estar das alunas;
- d) Dois anfiteatros para os liceus de 24,20 e 16 turmas e apenas um para os de 9 turmas;
- e) Um laboratório de Química e um de Física (e Ciências Naturais) para todos os tipos de liceu;
- f) Nas instalações de ed. Física, um balneário-vestiário para 35 alunos e um outro privativo das alunas com 10 chuveiros, para liceus de 24, 20 e 16 turmas. Nos liceus de 9 turmas, apenas um balneário usado pelos alunos e alunas em dias distintos. Nos liceus femininos, só um balneário-vestiário com capacidade para 20 alunas;
- g) A relação entre área utilizada em comunicações e a área construída do edifício não deveria exceder 0,25.

As "escolas técnicas" seguiam uma organização semelhante, sendo que os espaços de oficinas, vestiários e instalações sanitárias dos alunos ocupavam um segundo corpo. O corpo principal desenvolvia-se em três ou quatro pisos.

O género de construção utilizado foi o tradicional. Foram usadas paredes estruturais de alvenaria de pedra e argamassa de cimento e reservou-se o betão para as lajes e vãos de escada. Nalguns casos as lajes de piso são constituídas por vigotas de betão pré-esforçado e abobadilhas cerâmicas, apresentando vigas perpendiculares às paredes exteriores.

A telha utilizada era de canudo, assente sobre armação de madeira sendo normal a linha ser constituída por uma viga invertida em betão onde também se ligava a laje de esteira.

Para revestimentos das partes nobres da fachada usou-se cantaria de cariz regional. Já nos revestimentos interiores domina a madeira (solho ou tacos) nos pisos das salas de aula e o mosaico hidráulico nos corredores. Nas paredes é aplicada massa de areia ou estuque. Nos corredores e escadas são aplicados lambrins de mosaico hidráulico. As caixilharias são em madeira ou em elementos pré-fabricados de betão armado com vidro simples.

O corpo das oficinas apresenta estrutura em betão armado sendo frequente o sistema de cobertura inclinada em forma de “*shed*”, revestida com telha cerâmica ou com chapas onduladas de fibrocimento.

Sendo os edifícios marcados por forte uniformidade e sobriedade formal, robustez construtiva e boa qualidade dos materiais empregues, o investimento está fundamentalmente associado a um quadro de obsolescência funcional e de degradação física originado por ausência de manutenção e conservação e pressupõe uma necessária especialização em técnicas de reabilitação [20].



Figura 4.3 - Escola Secundária Gil Vicente, Freguesia da Graça, Lisboa

- **3.º Período de construção: a partir de 1968**

Este conjunto constituído por 356 escolas (77% da totalidade do parque escolar) construídas a partir do final da década de 60, após a extinção do JCETS, sob responsabilidade partilhada da Direcção Geral das Construções Escolares (DGCE) do Ministério das Obras Públicas, e do Ministério da Educação, através da Direcção Geral do Equipamento Escolar (DGEE) que desenvolveram o projecto-tipo normalizado sob coordenação da arquitecta Maria do Carmo Matos. Projecto-tipo esse que foi implementado no III Plano de Fomento, que contemplava a construção de 11 novos liceus em Portugal.

A partir de 1986, na sequência da publicação da Lei de Bases do Sistema Educativo (Lei 46/86 de 14 de Outubro), o Ministério da Educação assume a exclusividade desta responsabilidade passando as competências executivas para as Direcções Regionais de Educação. O conhecimento acumulado relativo aos projectos tipificados resultantes dos programas anteriores é transferido para as direcções regionais que os continuaram a aplicar para resolver situações de escolas novas.

No final da década de 60 desenvolve-se um conjunto limitado de projectos-tipo destinados a liceu, escola técnica e escola preparatória, baseados em soluções de modo a permitir rapidez e economia de execução. A imagem dos edifícios é ditada pelas estratégias construtivas na qual a ornamentação está ausente.

Estes projectos tipo baseavam-se num conjunto de blocos independentes de forma quadrangular, permitindo a adaptação do edifício a terrenos de características diferentes de topografia, de exposição, de acessos e de geologia desconhecidas *a priori*. Os blocos ligam-se entre si por galerias exteriores cobertas, cujo traçado depende da topografia do terreno. Esta flexibilidade de adaptação ao terreno permite ser trabalhada ao nível do espaço interior dos blocos, através do desnivelamento das várias zonas que os constituem, obtendo uma adaptação mais completa ao terreno.

Os modelos base da época de 75 correspondem a dois tipos de bloco:

- Módulo com pátio central de 7,20x7,20m, com forma quadrada de 21,6m de lado com dois pisos e escada no módulo central e o mesmo quadrado só com um piso para serviços de apoio;

- Módulo com pátio central de 7,20x7,20m descoberto, com uma forma quadrada de 28,80m de lado. Blocos de um piso ou dois com escada interior lateral e escada de recurso exterior para o pátio.

Pode-se encontrar estas soluções em várias zonas do país com adaptações pontuais em função da dimensão da escola. Nestes projectos as variações climáticas do país não foram tidas em conta.

A tipologia "liceu" integra um bloco com um piso - onde se localizam a direcção, secretaria, refeitório, biblioteca e sala de convívio e blocos de aulas de dois tipos - um de planta rectangular com dois pisos e pátio central descoberto e outro de planta irregular com dois pisos e escada central. No primeiro localizam-se os laboratórios e no segundo as salas normais e de desenho.

A tipologia "escola técnica" compreende um bloco com dois pisos onde se localizam a direcção, secretaria, refeitório, biblioteca e sala polivalente, e blocos de aulas e oficinas com três pisos de planta quadrangular com pátio central coberto por clarabóia. O acesso aos pisos superiores faz-se por duas escadas laterais que ligam a galerias de circulação.

A tipologia "escola preparatória" apresenta um bloco com piso onde se localizam a direcção, secretaria, refeitório, biblioteca e sala polivalente e blocos de aulas com piso único de planta quadrangular e pátio central descoberto.

Estes edifícios, para além das aulas normais, eram equipados com salas de desenho, trabalhos oficinais, bloco de oficinas, salas de ciências naturais, anfiteatros, salas de seminários (para trabalhos de grupo, reuniões, etc.), sala de dactilografia, salas de convívio e salas de trabalhos para professores, biblioteca, secretaria e gabinete de secretário, gabinete de reprodução de documentos, salas de arquivo, gabinete médico, papelaria, sala de pessoal auxiliar, bufete que era anexo à sala de convívio dos alunos e zona de refeitório.

Baseado nestes edifícios, na década de 80 são desenvolvidos novos projectos-tipo que mantêm a disposição por blocos e a ligação exterior através de galerias. Os blocos, de dimensão variável, apresentam dois pisos e planta quadrada. A escada localiza-se no átrio central, dotado de lanternim para permitir a ventilação e iluminação interior do átrio. Não é feita distinção entre o bloco de serviços e os de aulas.

Em termos construtivos são edifícios modelares de estrutura porticada de betão armado com lajes do mesmo material e paredes preenchidas por panos de alvenaria de

tijolo rebocados e pintados com os elementos de betão aparentes. As galerias de ligação entre blocos são estruturas metálicas. Coberturas em fibrocimento, inclinadas ou planas não visitáveis, com lanternim no centro da cobertura de modo a ajudar a ventilação em tempos quentes e de modo a iluminar o núcleo central do edifício. Os vãos apresentam caixilharias de madeira ou de alumínio com vidro simples e alumínio. Pisos maioritariamente de painéis de cortiça nas zonas de ensino e cerâmicos nas restantes zonas.

Neste caso, e devido ao recurso a sistemas de pré-fabricação, o investimento necessário decorre essencialmente do grau e profundidade da degradação atingido e às patologias a ela associadas [20].



Figura 4.4 - Escola Secundária Pedro Alexandrino, Póvoa de Sto. Adrião.

#### **4.2.2 – Principais problemas do parque escolar edificado**

Em 1906, com a criação dos liceus nacionais centrais, o Alexandre Herculano e o Rodrigues de Freitas (no Porto), o Pedro Nunes, o Camões e o Passos Manuel (em Lisboa), inicia-se, em Portugal, a concretização da escola secundária moderna.

Desde então, o maior esforço na expansão da rede de escolas, de escolarização e de actualização de currículos e programas de ensino secundário concentrou-se no pós 25 de Abril, com a construção de 77% das escolas hoje existentes, cerca de metade das quais na década de 80 [24].

Como já descrito anteriormente, existe uma enorme diferença, no que respeita a robustez, entre as escolas construídas antes e depois do 25 de Abril, uma vez que nos últimos 30 anos o crescimento rápido só foi possível com o recurso à pré-fabricação e à

construção económica. Temos hoje escolas, algumas com cerca de 100 anos, envelhecidas, outras com cerca de 50 anos, degradadas, e muitas outras, bem mais recentes, que não estão preparadas para o futuro.

Apesar da elevada heterogeneidade deste vasto parque escolar, a maioria dos edifícios que o constituem apresenta sinais vários de degradação física e ambiental e de obsolescência funcional resultantes do desgaste material a que os edifícios têm sido sujeitos, da alteração das condições de uso iniciais decorrentes, por exemplo, da evolução dos currículos, bem como, em alguns casos, da sua sobre ocupação

Estes problemas são ainda o resultado da ausência de um modelo eficaz de financiamento e de programas continuados de conservação e de manutenção dos espaços escolares, onde são notórias as insuficiências, dado que as intervenções nas escolas são casuísticas, definidas em função da disponibilidade financeira e geridas integralmente a nível regional [20].

O governo Português reconheceu que os edifícios escolares têm um papel importante na melhoria dos padrões da instrução [20]. A sua percepção foi que a qualidade dos edifícios escolares em Portugal se deteriorou até ao ponto em que já não fornecem os ambientes propícios à instrução contemporânea. Isto foi suportado por diversos exames às instalações realizados na última década. Esses exames revelaram a extensão da deterioração das construções causada por obsolescência natural e pela falta de manutenção contínua. Os relatórios também mostraram que as construções, em grande parte, para além de serem funcionalmente obsoletas, não se adequam às necessidades educacionais modernas em termos de conforto ambiental, segurança, acessibilidade, salas de aula, bibliotecas, laboratórios, imagem e ensino de tecnologias da informação. As más condições das escolas surgiram porque nos últimos 40 anos, a atenção estava focada na expansão da rede escolar com menos atenção à manutenção ou actualização sistemática das escolas às novas necessidades [21].

Demograficamente, a requalificação do parque escolar deverá ter por base uma visão da rede de escolas verdadeiramente nacional, não apenas local ou regional. Apesar da estabilidade da estrutura demográfica do país, o processo de desruralização tem-se traduzido numa maior pressão populacional sobre a periferia das cidades como se pode analisar pelo quadro 4.2 em conjunto com o quadro 4.3. Ao mesmo tempo, os centros urbanos, em particular os de Lisboa e do Porto, confrontam-se com uma perda progressiva de alunos, com o conseqüente subaproveitamento de algumas escolas com assinalável valor simbólico e patrimonial. A requalificação dessas escolas deverá

permitir lançar iniciativas visando atrair alunos para o centro das cidades, reduzindo a pressão sobre as escolas das periferias [24].

Quadro 4.2 – Distribuição das Escolas a nível Nacional [22]

Tipologia						
Região	ES	ES/EB3	EB2,3/ES	EP	ESA	Totais
<b>Norte</b>	<b>10</b>	<b>107</b>	<b>35</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>161</b>
Porto	0	10	1	1	1	13
Restante do Norte	10	97	34	7	0	148
<b>Centro</b>	<b>17</b>	<b>79</b>	<b>33</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>134</b>
<b>Lisboa</b>	<b>18</b>	<b>83</b>	<b>11</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>116</b>
Concelho de Lisboa	3	18	5	1	2	30
Restante	15	64	6	1	0	86
<b>Alentejo</b>	<b>5</b>	<b>29</b>	<b>13</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>50</b>
<b>Algarve</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>16</b>
<b>Total</b>	<b>61</b>	<b>303</b>	<b>92</b>	<b>18</b>	<b>3</b>	<b>477</b>
% do Total	12,80%	63,5%	19,30%	3,80%	0,60%	100%
% Acumulada	12,80%	76,30%	95,40%	99,40%	100%	

Quadro 4.3 - Alunos matriculados, segundo as NUTS I e II, por sexo, orientação curricular e natureza do estabelecimento [25]

Sexo, Orientação curricular e Natureza	Portugal	Continente						R.A. Açores	R.A. Madeira
		Total	Norte	Centro	Lisboa	Alentejo	Algarve		
<b>Homens e Mulheres</b>	<b>329137</b>	<b>310738</b>	<b>117482</b>	<b>72577</b>	<b>85900</b>	<b>21266</b>	<b>13513</b>	<b>9102</b>	<b>9297</b>
Público	263180	248297	91277	55658	70899	17634	12829	7074	7809
Privado dependente do Estado	18305	18305	9556	7441	1126	181	-	-	-
Privado independente do Estado	47652	44136	16649	9477	13875	3451	684	2028	1488
<b>Geral</b>	<b>195330</b>	<b>184532</b>	<b>69027</b>	<b>42754</b>	<b>53556</b>	<b>11743</b>	<b>7452</b>	<b>4961</b>	<b>5837</b>
Público	173591	163131	59691	37009	47480	11648	7303	4961	5499
Privado dependente do Estado	11487	11487	4605	5707	1080	95	-	-	-
Privado independente do Estado	10252	9914	4761	38	4996	-	149	-	338
<b>Profissional</b>	<b>131622</b>	<b>124021</b>	<b>47622</b>	<b>29823</b>	<b>31031</b>	<b>9523</b>	<b>6022</b>	<b>4141</b>	<b>3460</b>
Público	87502	83079	30846	18649	22111	5986	5487	2113	2310
Privado dependente do Estado	6818	6818	4951	1735	46	86	-	-	-
Privado independente do Estado	37302	34124	11825	9439	8874	3451	535	2028	1150
<b>Artístico</b>	<b>2185</b>	<b>2185</b>	<b>833</b>	<b>-</b>	<b>1313</b>	<b>-</b>	<b>39</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
Público	2087	2087	740	-	1308	-	39	-	-
Privado dependente do Estado	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Privado independente do Estado	98	98	93	-	5	-	-	-	-

Do programa lançado pelo Governo para combater as tendências e necessidades demográficas, a Parque Escolar - EPE já reabilitou 107 escolas como por exemplo a Escola Secundária de Aurélia de Sousa no Porto e a Escola Secundária de D. Dinis em Lisboa, contando com as obras que estão a decorrer [26]. A nível de qualidade das escolas já reabilitadas, a Parque Escolar teve sucesso nos seguintes aspectos: características de conforto melhoradas (térmicas, acústicas e visuais); laboratórios de ciência flexíveis (que permitem ensinar diferentes tipos de ciência); equipamentos e mobília funcionais e de boa qualidade; espaços confortáveis para professores; sanitários de qualidade; espaços sociais atractivos, zonas de cafetaria e refeitório; espaços de desporto flexíveis construídos com materiais que podem ser facilmente arranjados ou substituídos; criação de espaços para o uso da comunidade local (auditórios, ginásios, etc.); acesso a pessoas fisicamente incapacitadas e utilização de tecnologias ambientais de sustentabilidade tais como painéis foto voltaicos e aquecimento geotérmico [27].

Contudo, o relatório da OCDE apresenta como pontos a melhorar as bibliotecas/centros multimédia, que apesar de bem equipadas e com acesso para a comunidade local são considerados pequenos comparando com o standard internacional; a criação de espaços de ensino no exterior, sendo que os existentes são espaços decorativos, e a necessidade de maior variedade no tamanho e na conectividade entre espaços educacionais. Enquanto os projectos de arquitectura incluídos na documentação fornecida à equipa da revisão suportam o curriculum nacional, alguns são tradicionais no seu conceito, isto é, são edifícios lineares como “caixas fechadas” conectadas por um único ou duplo corredor. Em diversos projectos havia uma falta da conexão entre espaços multimédia e espaços sociais e frequentemente as extensões novas do edifício não estão relacionadas com o complexo escolar [27].

Apesar destas recomendações por parte da OCDE, o trabalho que está a ser realizado pela Parque Escolar - EPE, vem mostrar que Portugal está no rumo para um desenvolvimento sustentável, contudo, é necessário que outras entidades, privadas ou públicas, sigam o mesmo exemplo.

Numa perspectiva de garantir a conformidade da construção com os princípios de desenvolvimento sustentável, são necessárias medidas, ou sistemas, que façam cumprir com os objectivos e procedimentos relacionados com este tópico.

### **4.3 – Sistemas de avaliação voluntária da construção do edifício escolar**

A necessidade de implantação destes sistemas de avaliação, emergiu quando se constatou que os países que estavam a implementar projectos mais ecológicos e sustentáveis, não possuíam meios efectivos para verificar a dimensão ambiental dos mesmos, surgindo mesmo situações em que construções ditas ecológicas acabavam, na perspectiva de ciclo de vida, por ter maiores consumos energéticos do que as usuais (Silva, citado por Pinheiro, 2006).

Actualmente existem já sistemas, ainda que não obrigatórios do ponto de vista legal, que sensibilizam as entidades envolvidas no processo de construção, para o percurso da sustentabilidade. Alguns países Europeus como a França e Inglaterra, bem como nos Estado unidos, Canadá, Austrália e Hong Kong, já implementaram esses sistemas para a avaliação e classificação do desempenho ambiental de edifícios.

Estes sistemas pretendem ser ferramentas de apoio ao projecto e também ferramentas de avaliação pós-ocupação. Poucos distinguem claramente desempenho ambiental com base em propriedades inerentes ao edifício, existindo uma distância entre o desempenho potencial em fase de projecto e o desempenho real do edifício em operação (Zimmermann et al., 2002; citado por Silva 2003).

Os sistemas de avaliação ambiental disponíveis podem ser claramente definidos em duas categorias.

Referentes à primeira categoria estão os que promovem a construção sustentável através de estratégias de mercado. O Building Research Establishment Environmental Assessment Method – BREEAM foi pioneiro e lançou as bases de todos os sistemas de avaliação orientados para o mercado que seriam posteriormente desenvolvidos por outros países, como o LEED nos Estados Unidos ou o CASBEE no Japão, entre outros.

Estes sistemas foram desenvolvidos para serem facilmente apreendidos por projectistas e pelo mercado em geral, e têm portanto, uma estrutura mais simples, normalmente formatada como uma lista de verificação. Esta lista de verificação pretende demonstrar os esforços dispensados para melhorar a qualidade ambiental dos projectos de execução e gestão operacional, sendo vinculados a um tipo de certificação em função do seu desempenho.

Relativamente à segunda categoria estão os sistemas orientados para a pesquisa, como o Green Building Challenge – GBC, centrado no desenvolvimento metodológico e fundamentação científica.

De modo a dar conhecimento do panorama dos sistemas existentes de avaliação ambiental para edifícios escolares são apresentados com maior detalhe os sistemas:

- BREEAM – Sistema de Certificação desenvolvido pelo Reino Unido;
- GBC – Sistema de Avaliação desenvolvido inicialmente pelo Canadá e posteriormente por um consórcio internacional;
- CASBEE – Sistema de Certificação desenvolvido no Japão;
- HQE – Sistema de Certificação desenvolvido em França;
- LEED – Sistema de Certificação desenvolvido pelos Estados Unidos;
- CHPS – Sistema de certificação de escolas de alta performance nos Estados Unidos;
- LIDERA – Sistema de Certificação desenvolvido em Portugal.

#### **4.3.1 - BREEAM – Building Research Establishment Environmental Assessment Method**

Sistema de avaliação elaborado no Reino Unido em 1990 pelo BRE (Building Research Establishment) bem como do sector privado em parceria com a industria, visando a medição e especificação do desempenho ambiental de edifícios. O BREEAM fornece um processo formal de avaliação baseado numa auditoria externa.

O processo decorre da avaliação do edifício de forma independente por avaliadores formados e indicados pelo BRE, que por sua vez, são responsáveis por especificar os critérios e métodos de avaliação e pela garantia da qualidade de todo o processo.

Este sistema surge com o objectivo de fornecer orientação sobre formas de minimizar os efeitos adversos dos edifícios ao ambiente local e global e, ao mesmo tempo, promover um ambiente interior saudável e confortável, podendo ser identificados alguns objectivos específicos deste método (BALDWIN e tal., 1998; citado por Silva 2003):

- Identificar edifícios de menor impacto ambiental no mercado

- Encorajar práticas ambientais de excelência no projecto, operação, gestão e manutenção
- Definir critérios e padrões indo além daqueles exigidos por lei, emitindo documentos normativos e regulamentações
- Consciencializar os proprietários, ocupantes, projectistas e operadores quanto aos benefícios de edifícios com menor impacto ambiental

A avaliação depende de um determinado número de créditos que são ponderados para obtenção de um índice de desempenho ambiental EPI (Environmental Performance Index), que habilita a certificação numa classe de desempenho, permitindo a comparação relativa entre os edifícios certificados.

Relativamente ao tipo de edifícios abrangidos, estes são diferenciados consoante a sua função. Existem várias versões do BREEAM, cada uma desenvolvida especificamente de modo a adaptar-se ao edifício em avaliação, sendo estas:

- BREEAM Offices: criado para edifícios novos e existentes de escritórios, em utilização ou devolutos;
- BREEAM EcoHomes: para edifícios novos ou existentes de habitação;
- BREEAM Retail: para edifícios novos ou existentes de comércio;
- BREEAM Industrial: para edifícios industriais novos ou existentes;
- Bespoke BREEAM: adequado para os restantes edifícios que não se incluem em nenhum dos sistemas citados anteriormente;
- BREEAM Healthcare: para edifícios novos ligados à saúde (hospitais, centros de saúde, etc.) tendo uma versão, "Healthcare XB", para edifícios existentes e em funcionamento;
- BREEAM Education: para edifícios de educação novos ou existentes.

Este sistema é actualizado a cada 3 a 5 anos para beneficiar de avanços na tecnologia, de modo a introduzir alterações de regulamentações e do mercado e para garantir que continue a representar práticas de excelência no momento da avaliação.

- **Metodologia de Avaliação**

O mediatismo do BREEAM deve-se em grande parte à abordagem de desempenho de referência (benchmark), aos aspectos relacionados com a energia, impacto ambiental, saúde, produtividade, identificação de avanços tecnológicos aplicáveis para melhoria do desempenho ambiental, bem como das potenciais vantagens financeiras.

No sentido de orientar as equipas de projecto e gestão do edifício, o BREEAM fornece uma lista de verificação simplificada, que detalha os requisitos específicos para obtenção de créditos ambientais. A metodologia completa é acessível apenas a avaliadores credenciados, que verificam o atendimento de itens mínimos de desempenho, projecto e operação de edifícios e atribuem os créditos correspondentes.

Para os edifícios escolares novos, ou existentes sujeitos a programas de reabilitação e extensão, são analisados os parâmetros de desempenho ambiental e também são consideradas questões referentes às fases de projecto e execução.

Quadro 4.4 - Estrutura de avaliação de ponderações ambientais do BREEAM Education 2008

<b>Categoria</b>	<b>Área</b>
Gestão	Manutenção
	Impactos da construção
	Segurança
Saúde e Conforto	Luz natural
	Conforto térmico
	Acústica
	Qualidade da água e do ar interior
	Iluminação
Energia	Emissões de CO <sub>2</sub>
	Tecnologias baixas em carbono
	Consumo de energia
	Sistemas eficientes
Transporte	Conectividade com a rede de transportes
	Instalações para pedestres e ciclistas
	Acesso as instalações
	Planos de transporte
Água	Consumo
	Deteção de fugas
	Reutilização e reciclagem
Resíduos	Resíduos de construção
	Reciclagem
	Instalações para reciclagem
Materiais	Impacto da vida útil dos materiais
	Reutilização dos materiais
	Fontes responsáveis
	Robustez
Ocupação de solo e ecologia local	Seleção do local
	Protecção do ambiente
	Valor ecológico local
Poluição	Utilização e fugas de refrigeração
	Risco de inundação
	Emissões NO <sub>x</sub>
	Poluição de cursos de água
Inovação	Iluminação exterior e poluição sonora
	Níveis de performance exemplares
	Utilização de profissionais acreditados pelo BREEAM
	Novas tecnologias e processos de construção

- **Análise e apresentação de resultados**

O sistema BREEAM tem evoluído, sendo uma das principais alterações a introdução de factores de ponderação para as categorias de créditos ambientais de modo a alcançar a um EPI com valor entre zero e dez. De acordo com o EPI obtido, são atribuídos níveis de certificação.

A tabela 4.5 demonstra os níveis de classificação de um edifício em função do número de pontos obtidos através da avaliação segundo a checklist (tabela 4.4) acima indicada, definida para as fases de projecto e execução, bem como gestão e operação do edifício.

Quadro 4.5 – Classificação do BREEAM conforme os pontos obtidos na lista de verificação simplificada

<b>Nível de classificação</b>	<b>Níveis de referência</b>
Não classificado	<30
Passado	≥30
Bom	≥45
Muito Bom	≥55
Excelente	≥70
Nível adicional	≥85

#### **4.3.2 - GBC – Green Building Challenge**

Criado com o objectivo de desenvolver um novo método de avaliação do desempenho ambiental de edifícios. A base deste protocolo tem a capacidade de respeitar diversidades técnicas e regionais.

O GBC é caracterizado por ciclos sucessivos de pesquisa e difusão de resultados. A sua primeira fase de desenvolvimento foi financiada pelo governo do Canadá envolvendo 15 países e culminou numa conferência internacional em Vancouver, Canadá – GBC'98. A segunda fase deste projecto teve a participação de 19 países e foi um dos principais temas da conferência *Sustainable Buildings 2000*.

Após concluída esta fase, o governo do Canadá deixou de ser responsável pelo projecto, tendo este sido absorvido pela iiSBE (*International Initiative for Sustainable Built Environmental*), que alterou a designação para SB Tool, deixando de existir a denominação de GBC.

A evolução do método deu origem a uma terceira fase que envolveu pesquisas conduzidas em 24 países, cujos resultados foram divulgados numa conferência internacional (SB'02/GBC'02), realizada em Oslo, Noruega. A quarta fase iniciou-se em 2003 e foi apresentada em Tóquio (SB'05).

Este sistema permite avaliar o desempenho ambiental e energético de edifícios de diferentes tipos. Uma das suas características que o diferencia de outros sistemas já existentes, nomeadamente dos sistemas de primeira geração, é que foi concebido desde o início de forma a permitir aos utilizadores alterarem muitos dos parâmetros introduzidos, de acordo com o tipo (residencial, comercial, de escritórios, ou outro) e estado (em projecto, construção ou renovação, por exemplo) do edifício que pretendem avaliar, bem como a região onde este se insere.

No âmbito do trabalho, interessa referir que esta ferramenta pode ser aplicada em processos de reabilitação para três tipos de edifícios: Edifícios de habitação, escritórios e escolas.

Na versão GB Tool 2k (2000) eram utilizados quatro indicadores de sustentabilidade ambiental: Consumo anual de energia; Consumo anual de água; Ocupação do solo; Emissão anual de gases de efeito de estufa.

Na sua versão de 2002 foram apresentados 12 indicadores:

1. Consumo total de energia primária incorporada
2. Consumo anual de energia primária incorporada
3. Consumo anual de energia primária para operação do edifício
4. Consumo anual de energia primária não renovável para operação do edifício
5. Consumo anual de energia primária incorporada e para operação do edifício
6. Área de solo consumida pela construção do edifício e serviços relacionados
7. Consumo anual de água potável para operação do edifício
8. Uso anual de águas cinzentas e águas pluviais para operação do edifício
9. Emissão anual de gases de efeito de estufa devido à operação do edifício
10. Emissão prevista de CFC (clorofluorcarbono)
11. Massa total de materiais reutilizados no projecto, vindos do próprio terreno ou de fontes externas
12. Massa total de novos materiais (não reutilizados) empregue no projecto, vindos de fontes externas.

Como o GBC foi concebido para ser aplicado através de um larga série de tipos de edifícios e de regiões, cada uma tendo diferentes práticas de construção, custos de energia, escolhas de materiais e expectativas de desempenho, é possível fornecer um sistema de medida preciso, comum e aplicável universalmente.

- ***Metodologia de Avaliação***

Neste sistema de avaliação de desempenho ambiental, seis categorias são avaliadas, sendo estas:

- Consumo de Recursos;
- Cargas Ambientais;
- Qualidade do Ambiente Interior;
- Qualidade do Serviço;
- Aspectos Socioeconómicos;
- Gestão Pré-ocupação;
- Aspectos Culturais.

Cada categoria referida compreende algumas áreas de desempenho, que são as características principais que, colectivamente, definem o desempenho global do edifício em estudo (Quadro 4.6).

Quadro 4.6 – Estrutura de avaliação do GBC

<b>Categoria</b>	<b>Área</b>
Recursos	Energia
	Água
	Solo
	Materiais
Cargas ambientais	Emissões
	Efluentes
	Poluição ilumino-térmica
	Resíduos sólidos
Qualidade do Ambiente Interior	Qualidade do ar
	Ventilação
	Conforto higrotérmico
Qualidade dos serviços	Flexibilidade
	Adaptabilidade
	Controlo do utilizador
	Espaços externos
	Impacto na envolvente
Aspectos Socioeconómicos	Custo de vida útil
	Custo de construção
	Custo de manutenção
Gestão Pré-ocupação	Planeamento da construção
	Verificação
	Pré-entrega
	Planeamento de operações
Aspectos Culturais	Cultura
	Património

A pontuação é obtida segundo uma escala de desempenho e abrange um intervalo de valores de -2 a +5, onde o zero da escala corresponde ao desempenho de referência.

Este sistema tanto avalia critérios qualitativos como quantitativos, introduzindo também valores negativos de desempenho, presentes noutros sistemas de certificação tais como no CASBEE, como descrito nas páginas seguintes.

Os intervenientes neste processo, sendo projectistas executantes ou operacionais, apenas fornecem a descrição do edifício, mas não participam na definição de *benchmarks* (valores de referência) ou factores de ponderação. Esta tarefa é da exclu-

siva responsabilidade da equipa de avaliação de modo a garantir a conformidade imparcial deste sistema.

- ***Análise e apresentação dos resultados***

Como meio para apresentar os resultados inerentes da avaliação do desempenho ambiental dos edifícios, são produzidos (para além do gráfico de desempenho global e do desempenho de cada categoria), seis gráficos parciais correspondentes a cada categoria analisada.

#### **4.3.3 - CASBEE - Comprehensive Assessment System of Building Environmental Efficiency**

Este sistema de certificação foi apresentado pelo Japan Sustainability Building Consortium – durante a SB02 realizada em Oslo.

Não se trata apenas de uma ferramenta de avaliação mas sim de quatro, cada uma delas vocacionada para utilizadores que possam avaliar o projecto ou o edifício existente nas diferentes etapas do seu ciclo de vida.

Deste modo, as quatro referidas ferramentas que compõe este sistema são divididas em duas categorias:

A primeira categoria diz respeito a edifícios novos e é composta pela:

- Ferramenta para a fase de pré-projecto, destinando-se a proprietários e projectistas e tem como objectivo a identificação do contexto base do projecto, com incidência na selecção da área e do impacto por este causado;
- Ferramenta de Projecto para o ambiente – DFE (Design for Environment), destina-se a projectistas e construtores e pretende fazer uma auto-avaliação para auxiliar e melhorar a eficiência ambiental do edifício durante a fase de projecto.

A segunda categoria diz respeito ao parque edificado existente e tem como ferramentas:

- Ferramenta de certificação ambiental que se destina a proprietários, projectistas, construtores e agentes imobiliários, tendo como intuito classificar

edifícios existentes, segundo a sua eficiência ambiental e determinar o valor base de mercado do edifício certificado

- Ferramenta de Avaliação pós-projecto, destina-se a proprietários, projectistas, operadores/gestores e tem como objectivo recolher informações sobre como melhorar a eficiência ambiental do edifício durante a fase de operação.
- Após esta análise, observa-se a existência de dois pontos fundamentais neste sistema de avaliação: A definição de limites do edifício analisado e o levantamento/balanço entre impactos positivos e negativos, avaliados ao longo do seu ciclo de vida.

Ainda no âmbito de avaliação, estas ferramentas podem ser aplicadas a edifícios de escritórios, escolares e residenciais.

Uma das propostas do CASBEE é aplicar o conceito de ecossistemas fechados (espaço encerrado pelos limites do terreno) para determinar a capacidade ambiental relacionada com o edifício avaliado. Este sistema relaciona o ambiente no lote do edifício privado e o ambiente externo público.

Em relação a estes dois tipos de espaços, o CASBEE define dois factores, “L” e “Q”, sendo que, “L” refere-se a cargas ambientais onde estão incluídos impactos negativos que se estendem para fora do espaço privado e “Q” refere-se à qualidade ambiental do edifício dentro do espaço privado.

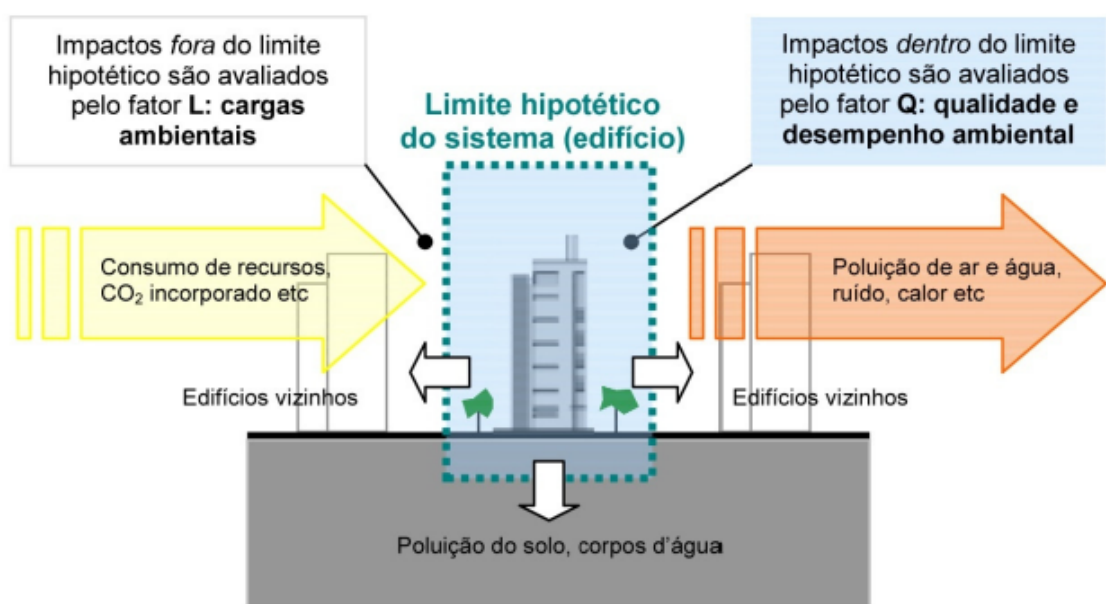


Figura 4.5 – Estrutura conceptual do CASBEE [15]

O conceito de eco-eficiência expressa o valor do produto ou serviço às cargas ambientais a ele associadas. Como forma de relacionar estes dois factores definidos anteriormente – Espaço dentro e fora do limite do edifício (L e Q) – o CASBEE modifica o conceito de eco-eficiência e cria um indicador de eficiência ambiental do edifício – BEE (Building Environmental Efficiency). (SCHMIDHEINY, 1992; VERFAILLIE; BIDWELL, 2000; citado por Silva, 2003)

A sustentabilidade ambiental do edifício é tanto maior quanto maior for o quociente que relaciona a qualidade/cargas, onde qualidade diz respeito a qualidade do ambiente interior e cargas ao uso de energia.

- **Metodologia de Avaliação**

A estrutura de avaliação e apresentação dos resultados deste sistema derivam claramente da GBTOOL, que são exemplos do cumprimento do GBC - Green Building Challenge, na medida em que fornecem uma base sólida para orientar o desenvolvimento de métodos de avaliação ambiental locais.

Quadro 4.7 – Sistemas de avaliação CASBEE

Categoria	Área
Q1: Ambiente interior	Ruído e Acústica
	Conforto térmico
	Iluminação
	Qualidade do ar
Q2: Qualidade dos serviços	Funcionalidade
	Durabilidade
	Flexibilidade
Q3: Ambiente externo dentro do lote do edifício	Manutenção e criação de Ecossistemas
	Características locais e culturais
L1: Energia	Carga térmica do edifício
	Uso de energia natural
	Eficiência dos sistemas prediais
	Operação eficiente
L2: Recursos e Materiais	Água
	Materiais ecológicos
L3: Ambiente externo fora do lote do edifício	Poluição do ar
	Ruído e odores
	Ventilação
	Iluminação
	Efeito de ilhas de calor
	Carga na infra-estrutura local

A avaliação é feita segundo a atribuição de, no máximo 5 pontos, de acordo com critérios de pontuação determinados através de padrões técnicos e sociais.

- **Análise e apresentação dos Resultados**

Os resultados para cada item avaliado são fornecidos no formulário de pontuação em termos de Q – Qualidade e desempenho e LR – redução das cargas ambientais, sendo o LR o nível das cargas ambientais em relação a um edifício de referência com características semelhantes. Este edifício de referência tem pontuação igual a 3.

O CASBEE classifica o desempenho do edifício em cinco níveis: S (superior), A, B+, B- e C, onde S é a melhor classificação possível.

#### **4.3.4 - LEED - Leadership in Energy and Environmental Design**

Em 1994 o *US Green Building Council* (USGBC), instituição financiada pelo NIST (*National Institute of Standards and Technology*), iniciou um programa para desenvolver, nos Estados Unidos, um sistema de classificação de desempenho consensual e orientado para o mercado, visando acelerar o desenvolvimento e a implementação de práticas de projecto e construção ambientalmente responsáveis.

Um dos principais incentivos à criação deste sistema foi o facto de se acreditar que enquanto os métodos tradicionais de regulamentação ajudaram a melhorar as condições de eficiência energética bem como o desempenho ambiental de edifícios, os programas voluntários permitiriam estimular o mercado para acelerar o alcance de metas estabelecidas ou até mesmo ultrapassá-las.

Iniciativas anteriores como o BREEAM no Reino Unido provaram que o seu desenvolvimento reflectiu no mercado um aumento da consciencialização e principalmente estimulou, quer nos proprietários, quer nos construtores, a construção de edifícios ambientalmente mais avançados. Estes factores obrigaram também o sector da indústria a desenvolver produtos e serviços de maior qualidade ambiental.

Foi neste sentido que foi criado o sistema de avaliação LEED, um sistema de certificação e classificação ambiental elaborado para facilitar a compreensão de construção ambientalmente responsável para os profissionais do sector bem como para o sector da indústria de construção americana.

À medida que o LEED evoluiu, o programa assumiu novas iniciativas. Além de um sistema de classificação especificamente dedicado às operações e manutenção do

edifício (LEED for Existing Buildings: Operations and Maintenance), o LEED aborda o desenvolvimento dos diferentes projectos que existem no mercado da construção nos Estados Unidos, através de sistemas de classificação para a construção de tipologias específicas, sectores e finalidades de projecto:

- LEED *for Core & Shell*; para estrutura e envolvente do edifício
- LEED *for New Construction*; para edifícios novos
- LEED *for Schools*; para edifícios escolares
- LEED *for Neighborhood Development*; para desenvolvimento da envolvente
- LEED *for Retail*; para comércio retalhista
- LEED *for Healthcare*; para edifícios hospitalares
- LEED *for Homes*; para habitação
- LEED *for Commercial Interiors*; para edifícios de comércio

Lançado em 27 de Abril de 2009, o LEED *for Schools New Construction and Major Renovations*, é a versão que avalia a construção e/ou reabilitação de edifícios escolares.

À semelhança do sistema BREEAM este sistema funciona com a atribuição de créditos relacionando-os com créditos pré-definidos. A certificação LEED tem uma validade de 5 anos, sendo depois necessário solicitar uma nova avaliação, desta vez centrada na operação e gestão do empreendimento.

O sistema LEED prima pela sua estrutura simples, o que promove uma facilidade de incorporação à prática profissional. A sua estrutura é baseada em especificações de desempenho em vez de critérios prescritivos, tomando por referência princípios ambientais e de uso de energia, consolidados em normas e recomendações como ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers), ASTM (American Society for Testing and Materials) EPA (U.S. Environmental Protection Agency) e DOE (U.S. Department of Energy).

- **Metodologia de Avaliação**

Para que um edifício seja avaliado pelo sistema LEED, é necessário cumprir um determinado número de pré-requisitos e posteriormente analisado e classificado ao nível do desempenho dado pelo número de créditos obtidos.

A versão LEED *for Schools* actualizada em 2009, estabelece, para além das seis áreas de avaliação, uma sétima área que enfatiza a importância das prioridades regionais. As sete categorias são:

- Sítios Sustentáveis
- Uso eficiente da água
- Energia e atmosfera
- Materiais e Recursos
- Qualidade do ar interior
- Inovação no design
- Prioridades Regionais

Quadro 4.8 – Estrutura de avaliação do sistema LEED

Categoria	Área
Sítios Sustentáveis	Prevenção da poluição da construção
	Avaliação ambiental do local
	Escolha do Local
	Densidade de desenvolvimento e interacção da comunidade
	Requalificação de terrenos devolutos
	Acesso a transportes públicos
	Locais para bicicletas
	Baixas emissões de gases e veículos eficientes
	Capacidade de estacionamento
	Protecção ou restauração do habitat
	Maximizar o espaço aberto
	Reduzir superfícies impermeáveis
	Gestão de águas pluviais
	Controle de qualidade
	Efeito térmico (cobertura)
	Efeito térmico (outras superfícies)
	Redução da poluição luminosa
Planeamento ambiental do local	
Integração na comunidade	
Eficiência da água	Redução do uso de água
	Utilização eficiente de água para rega
	Aproveitamento de águas residuais
Energia e Atmosfera	Manutenção
	Eficiência da energia
	Gestão de sistemas de refrigeração
	Medição e verificação
Materiais e Recursos	Energia "verde"
	Armazenamento e colecta de materiais recicláveis
	Reutilização do edifício - manter constituintes (chão, tecto, paredes e elementos não estruturais)
	Controlo dos resíduos da construção
	Reutilização de materiais
	Conteúdos recicláveis
	Materiais locais
Materiais rapidamente renováveis	
Qualidade do Ambiente Interior	Madeira certificada
	Performance mínima da qualidade do ar interior
	Controlo do ambiente das áreas de fumadores
	Performance acústica
	Monitorização da distribuição do ar
	Aumento da ventilação
	Planeamento da qualidade do ar interior da construção (durante a construção e antes da ocupação)
	Materiais de baixa emissão (argamassas, tintas, pavimentos, madeiras compostas e aglomerados)
	Controlo das fontes poluentes no interior
	Controlo de sistemas (luminosidade e conforto térmico)
	Conforto térmico
	Luminosidade e visibilidade
	Prevenção de bolores
Inovação no design	Inovação no design
	Acreditação profissional
	A escola como ferramenta de ensino
Prioridade Regional	Prioridade Regional

- **Análise e apresentação dos resultados**

Cada uma destas sete áreas de avaliação integra um conjunto de pontos, que perfazem um total de 110 pontos aos quais é atribuído uma classificação, à semelhança das versões anteriores deste sistema.

Quadro 4.9 – Sistema de pontuação do LEED

Nível de classificação	Pontuação
Certificado	40 - 49
Prata	50 - 59
Ouro	60 - 79
Platina	80 - 110

#### 4.3.5 - CHPS – Collaborative for High Performance Schools

O CHPS foi lançado em Novembro de 1999, através da parceria entre a *California Energy Commission*, a *Pacific Gas and Electric Company*, a *San Diego Gas and Electric* e a *Southern California Edison*, num objectivo de melhorar a performance das escolas do estado da Califórnia.

Com o seu primeiro lançamento em 2001 do *Best Practices Manual* na Califórnia, o interesse pelo tema originou uma expansão territorial, desenvolvendo uma versão a nível nacional.

Baseado no sistema de avaliação LEED, por permissão do USGBC, a estrutura do sistema CHPS associada ao *GGHC – Green Guide for HealthCare*, organização que trabalha com a redução da exposição humana a químicos perigosos, acrescentou o parâmetro de redução de mercúrio à avaliação.

Uma vantagem deste sistema é que não só serve de avaliação, mas também é um “manual de boas práticas”, oferecendo recomendações e documentação para atingir os critérios estipulados.

Este sistema pode ser aplicado a edifícios escolares novos; projectos de reabilitação ou edifícios novos no campus.

Os critérios do CHPS são actualizados a cada 3 anos, em conjunto com o código de eficiência energética da *California, Title 24*.

- **Metodologia de Avaliação**

Os critérios são flexíveis e respondem a todos os aspectos de uma escola de alto desempenho. Distribuídos em sete categorias:

- Liderança, Educação e Inovação (LEI)
- Sítios sustentáveis (SS)
- Água (WE)

- Energia (EE)
- Clima (CL)
- Materiais (ME)
- Qualidade do ambiente interior (EQ)

Quadro 4.10 – Estrutura de avaliação do sistema CHPS

<b>Categoria</b>	<b>Área</b>
Liderança, Educação e Inovação	Liderança
	Escolas como ferramentas de ensino
	Inovação
Sítios Sustentáveis	Seleção do local
	Transportes
	Gestão de águas pluviais
	Espaços e superfícies exteriores
	Iluminação exterior
Água	Sistemas exteriores
	Sistemas interiores
	Eficiência da água
Energia	Eficiência energética
	Fontes de energia alternativas
	Formação e manutenção
Clima	Redução de emissão de gases de efeito de estufa
Gestão de Materiais e Resíduos	Reciclagem
	Gestão de resíduos de construção
	Reutilização do edifício
	Materiais sustentáveis
Qualidade do ambiente interior	Iluminação natural e eléctrica
	Qualidade do Ar Interior e Conforto Térmico
	Acústica

- ***Análise e apresentação dos resultados***

Cada uma destas sete áreas de avaliação integra um conjunto de pontos, que perfazem um total de 116 pontos aos quais é atribuído uma classificação.

Para classificar uma obra como projecto de reabilitação, são exigidos pelo menos 25 pontos, dos quais 4 têm que corresponder à categoria de LEI, e tem que haver melhoria substancial em duas das seguintes subcategorias: Iluminação, AVAC, envelope do edifício e/ou superfícies interiores.

Para atingir a certificação CHPS, o projecto de reabilitação tem que angariar o mínimo de 50 pontos distribuídos da seguinte maneira:

- 1 ponto nas categorias de LEI e CL
- 3 pontos nas categorias de SS, WE e ME
- 7 pontos na categoria de EE
- 8 pontos na categoria de EQ

#### **4.3.6 - HQE - Haute qualité environnementale**

Criada em 1997, a HQE (Haute Qualité Environnementale) define a qualidade ambiental como - "*qualidade ambiental do edifício e dos seus equipamentos (em produtos e serviços) e os restantes conjuntos de operação, de construção ou adaptação, que lhe conferem aptidão para satisfazer as necessidades de dar resposta aos impactos ambientais sobre o ambiente exterior e a criação de ambientes interiores confortáveis e sãos*".

Os princípios consistem em:

- (1) Reduzir os impactos dos edifícios sobre o ambiente exterior, ao nível global, regional e local;
- (2) Criar um ambiente interior confortável e são para os utilizadores.

A abordagem HQE assenta sobre um sistema de avaliação francês que relaciona dois sistemas no que respeita ao desempenho ambiental de edifícios. A sua estrutura é subdividida em gestão do empreendimento – SMO (Système de Management de l'Opération – e qualidade ambiental – QEB (Qualité Environnementale du Bâtiment), que avaliam as fases de projecto execução e uso, cada qual com uma certificação independente.

Oficialmente criado no início de 2005, a certificação " NF Bâtiments Tertiaires – Démarche HQE "é emitido pelo Certivéa, uma subsidiária da CSTB. São avaliadas as fases de planeamento, design e implementação das seguintes edificações:

- Escritórios e edifícios de Educação;
- Comércio;

- Hotelaria (hotéis e residências turísticas, pousadas, vilas residenciais de turismo e lazer);
- Estabelecimentos de Saúde (hospitais, hospitais universitários, clínicas, policlínicas, unidades de saúde);
- Logística;
- Instalações desportivas;
- Edifícios existentes - ocupados ou devolutos.

- **Metodologia de Avaliação**

Neste método a avaliação é baseada num perfil ambiental determinado pelo empreendedor. Este perfil é composto por quatro grupos de avaliação, que no total representam catorze categorias como apresentado na tabela seguinte.

Quadro 4.11 – Sistema de avaliação HQE

<b>Categoria</b>	<b>Área</b>
Eco-Construção	Relação do edifício com a sua envolvente
	Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos
	Obras com baixo impacte ambiental
Gestão	Gestão de Energia
	Gestão de Água
	Gestão de resíduos de uso e operação do edifício
	Manutenção do desempenho ambiental
Conforto	Higrotérmico
	Acústico
	Visual
	Olfactivo
Saúde	Qualidade Sanitária dos ambientes
	Qualidade Sanitária do ar
	Qualidade Sanitária da água

- **Apresentação dos resultados**

No que respeita à pontuação estão definidos neste sistema três níveis de desempenho.

O nível máximo, *très Performant*, que representa os melhores níveis de desempenho que podem ser obtidos, o médio, *Performant* e o mínimo, *Base*, que corresponde

às boas práticas correntes. Os níveis de performance são obtidos por pontuações dadas a cada uma das 14 categorias e suas respectivas subcategorias.

Para se obter a certificação HQE, é necessário que sejam obtidos pelo menos quatro itens com classificação de nível médio e pelo menos três itens de nível máximo, os restantes itens podem enquadrar-se no nível base.

#### **4.3.7 - LIDERA – Liderar pelo Ambiente**

Relativamente ao panorama nacional, desde o ano de 2000 que, no Departamento de Engenharia Civil do Instituto Superior Técnico, têm vindo a ser desenvolvidos trabalhos, no sentido de auxiliar tecnicamente a construção sustentável com o apoio da IPA – Inovação e Projectos em Ambiente.

O projecto que mais se destaca é o projecto de desenvolvimento de um sistema de avaliação da construção sustentável com aplicação em edifícios e empreendimentos, designado por LiderA, acrónimo de “Liderar pelo Ambiente” na procura da sustentabilidade na construção [28].

A primeira versão deste sistema foi apresentada em 2005 com a designação de LiderA v1.02 e insidia preferencialmente no edificado e à sua respectiva envolvente. A versão LiderA v2.0 foi desenvolvida posteriormente, aumentando a aplicação deste sistema. Esta versão permite avaliar não só o edificado mas também o ambiente construído, espaços exteriores, bairros e comunidades sustentáveis.

O sistema LiderA está organizado em vertentes que incluem áreas de intervenção e são executadas através de critérios que permitem orientar a avaliação do nível de sustentabilidade.

Deste modo, a avaliação assenta em seis princípios, dos quais abrangem seis vertentes:

- Princípio 1 - Valorizar a dinâmica local e promover uma adequada integração;
- Princípio 2 - Fomentar a eficiência no uso dos recursos;
- Princípio 3 - Reduzir o impacto das cargas ambientais (quer em valor, quer em toxicidade);
- Princípio 4 - Assegurar a qualidade do ambiente, focada no conforto ambiental;
- Princípio 5 - Fomentar as vivências socioeconómicas sustentáveis;

- Princípio 6 - Assegurar a melhor utilização sustentável dos ambientes construídos, através da gestão ambiental e da inovação.

A seis vertentes são:

- Integração local, no que diz respeito ao solo, aos ecossistemas naturais e paisagem e ainda ao património;
  - Recursos, abrangendo a energia, a água, os materiais e os recursos alimentares;
  - Cargas ambientais envolvendo os efluentes, as emissões atmosféricas, os resíduos, o ruído exterior e a poluição lumino-térmica;
  - Conforto ambiental, nas áreas da qualidade do ar, do conforto térmico, da iluminação e da acústica;
  - Vivência socioeconómica, que integra o acesso para todos, os custos no ciclo de vida, a diversidade económica e interacção social e participação e controlo;
  - Gestão ambiental e inovação.
- 
- ***Metodologia de avaliação***

Como metodologia para aferir a sustentabilidade dos edifícios, o sistema LiderA define critérios dentro das diferentes áreas, de modo a orientar e avaliar o desempenho dos mesmos.

Quadro 4.12 – Sistema de avaliação LiderA

<b>Categoria</b>	<b>Área</b>
Integração Local	Solo
	Ecossistemas naturais
	Paisagem e Património
Recursos	Energia
	Água
	Materiais
	Alimentares
Cargas Ambientais	Efluentes
	Emissões Atmosféricas
	Resíduos
	Ruído exterior
	Poluição ilumino-térmica
Conforto Ambiental	Qualidade do Ar
	Conforto Térmico
	Iluminação e acústica
Vivência socioeconómica	Acesso para todos
	Custos no ciclo de vida
	Diversidade económica local
	Amenidades e interacção social
	Participação e controlo
Gestão Ambiental e Inovação	Gestão Ambiental
	Inovação

À semelhança dos outros sistemas de avaliação BREEAM, LEED, HQE e CAS-BEE estas propostas evoluem com a tecnologia, permitindo dispor de soluções mais eficientes ambientalmente [7].

- **Análise e apresentação dos resultados**

Para cada tipologia de utilização e para cada critério, são definidos os níveis de desempenho considerados que indicam o nível de sustentabilidade da solução, tal como é usual nos sistemas internacionais. Estes níveis são derivados de dois referenciais.

O primeiro referencial relaciona-se com o desempenho tecnológico da prática construtiva existente e designa-se Prática Usual – Classe E – Este é o nível de referência para aferir a sustentabilidade do edifício.

Assim sendo, as avaliações nos critérios atribuem um nível de classificação geral que pode variar entre a classe E de referência e a classe A, máxima, significando um bom desempenho ambiental. Para o sistema LiderA, o grau de sustentabilidade é passível de ser certificado em classes de bom desempenho (C, B, A, A+, A++).

De uma maneira geral, os critérios tem igual importância dentro de cada área e o valor total é obtido através da ponderação das 22 áreas. Esta ponderação é obtida através de inquirição e consenso, sendo as áreas de maior importância a energia, a água e o solo.

A contabilização em vertentes atribui mais relevância aos recursos, seguidos da vivência socioeconómica, conforto ambiental, integração local, cargas ambientais e por fim, gestão ambiental.

Como referido anteriormente, o reconhecimento como certificado comprova-se quando, para as diferentes áreas e no geral, o empreendimento se encontra nas classes C ou superior. Associado a um significativo factor de melhoria em relação à prática construtiva usual (classe E).

Na prática, projectistas ou figuras intervenientes no processo de construção, devem contactar as equipas reconhecidas pelo LiderA, de modo a viabilizar a certificação por este sistema.

#### **4.4 - Indicadores para uma reabilitação sustentável de edifícios**

Como já analisado, os sistemas existentes contemplam várias áreas e critérios de avaliação, em que cada uma das áreas tem ponderação diferente.

A metodologia utilizada para a sistematização da reabilitação dos edifícios escolares apoia-se em indicadores que englobam diferentes factores de avaliação, os quais são justificados e fundamentados mais adiante.

O estabelecimento de medidas de avaliação de sustentabilidade pressupõe a utilização de indicadores de sustentabilidade confiáveis, representativos, comparáveis e rastreáveis. Para ser útil, um indicador deve permitir uma explicação das razões das mudanças no seu valor ao longo do tempo, ser suficientemente simples na maneira como descreve problemas frequentemente complexos, usar definições comuns de componentes chave e ser normalizado para permitir comparações. Um indicador não é mais que um parâmetro (propriedade medida ou observada) ou valor derivado de

parâmetros que fornece informações sobre determinado fenómeno (OCDE, citado por Silva 2006).

Para o ambiente construído, os indicadores de sustentabilidade descrevem os seus impactos ambientais, económicos e sociais para projectistas, proprietários, utilizadores, gestores e demais partes interessadas da indústria de construção. Tais indicadores assimilam tendências para informar os agentes de decisão, orientar o desenvolvimento e a monitorização de políticas e estratégias, entre outros papéis. [29]

Recuperando a análise dos sistemas de avaliação, presentes no ponto 4.3, fez com que nesta proposta de reabilitação, apenas fossem referidos os indicadores com potencial relevante no sentido da reabilitação sustentável.

### **INDICADOR 1 – Local**

Neste indicador estabelecem-se como factores em avaliação, os que relacionam o edifício com a sua envolvente.

A fase de concepção é uma das principais etapas de um ciclo de vida do projecto, já que tem maior impacto no custo e desempenho. Na concepção de um edifício ambientalmente ideal, o objectivo visa minimizar o impacto ambiental global associado com todas as fases do ciclo de vida do projecto de construção. Questões como o uso eficiente do solo; a durabilidade e flexibilidade dos edifícios; a escolha do local; o aproveitamento dos edifícios existentes, a melhoria dos acessos e da rede de transportes irá influenciar no impacto ambiental do projecto.

De entre os parâmetros de avaliação destacam-se os seguintes:

- **Localização**

O projecto de reabilitação deve ter em conta medidas que contribuam para a sustentabilidade como a orientação solar e a preservação dos habitats locais.

- **Flexibilidade e adaptabilidade na qualidade dos serviços existentes**

Os edifícios devem ser configurados em sistemas modulares, como forma a tornar flexível e adaptável a sua utilização e como medida a evitar a sua existência obsoleta passados alguns anos.

Também as suas infra-estruturas e acessibilidade devem ter em vista este objetivo, de modo a garantir a utilização do edifício pelas gerações futuras, mesmo com modos de vida diversificados.

A rentabilidade dos espaços pode ser atingida pela integração do edifício escolar na comunidade e pelo uso de materiais duráveis.

- **Transportes**

A integração local dos edifícios e a sua relação com as redes de transporte são uma área de avaliação preponderante. Quanto maior o acesso a serviços e comércio na envolvente, menor a necessidade de deslocações e conseqüentemente redução do uso de transportes. O incentivo ao uso de transportes públicos ou bicicletas também é alcançado pela diminuição de parqueamentos nas instalações.

- **Gestão de águas pluviais**

De modo a evitar poluição e degradação dos solos, é importante haver uma boa gestão de águas pluviais.

- **Superfícies exteriores**

Os problemas ambientais são inerentes aos centros urbanos como por exemplo o aquecimento das superfícies. De modo a combater estes problemas nas instalações, é necessário garantir climas amenos através de sistemas de construção e paisagismo.

- **Iluminação exterior**

A iluminação é um factor importante para garantir o conforto e segurança nas instalações escolares, contudo é de evitar projectos de iluminação estética de modo a diminuir impactos sobre os habitats locais ou mesmo sobre a vizinhança.

## **INDICADOR 2 – Cargas ambientais e impacto na envolvente**

No que respeita às cargas ambientais, os factores em avaliação relacionam-se com os resíduos e poluição gerada pelo processo de reabilitação, bem como os impactos na envolvente ambiental.

- **Poluição: Poluição do ar e água**

Esta é uma área onde assentam grande parte das preocupações ambientais com vista ao futuro do planeta.

Sendo o sector da construção responsável por grande parte da poluição existente actualmente, desde a produção dos materiais em fábricas, passando pelo seu transporte, até à fase de obra com toda a poluição emitida pelas máquinas e tecnologias utilizadas.

Também durante a fase da utilização, o edifício é responsável pela poluição do ar através de emissões de CO<sup>2</sup>, pela iluminação-térmica e pela poluição ao nível das águas.

É necessário também equacionar as questões da envolvente urbana e os seus serviços, de modo a diminuir o uso de transportes motorizados, que contribuem para a poluição atmosférica.

A poluição resulta assim de vários factores e tem como consequências a degradação dos ecossistemas envolventes, quer ao nível do ar, ou das águas.

- 1. Emissões de CO<sub>2</sub> / Gases de efeito de estufa**

À semelhança do factor de avaliação anterior, as emissões de CO<sub>2</sub> e outros gases de efeito de estufa, têm como consequência a poluição do ar.

A necessidade de cumprir com o protocolo de Quioto, obriga a que todos os países estabeleçam metas no que respeita à redução destes gases. Assim, é necessário estabelecer medidas concretas que reduzam a poluição e emissão de gases de efeito de estufa nomeadamente no sector da construção.

- 2. Resíduos do uso do edifício e odores**

Decorrente do uso e operação do edifício, são emitidos para a natureza resíduos sólidos, lixos e efluentes tais como os resíduos líquidos provenientes do saneamento básico. Estes resíduos têm como destino os aterros sanitários, no caso de lixos, ou as estações de tratamento de águas, no caso dos efluentes.

Desta forma, é importante implementar novas estratégias de reutilização de lixos e desenvolver soluções ecológicas para o tratamento de efluentes, que reduzam o volume e caudal que chega as ETARs. Como tal, poderão ser soluções o reaproveitamento de águas cinzentas, com usos adequados e a separação de lixos domésticos, com vista à sua fácil reciclagem e reutilização.

No que respeita aos odores, estes são consequência de más condições de tratamento de resíduos e efluentes e contribuem para o mau estar dos utilizadores e para o impacto negativo na envolvente, tornando necessário criar infra-estruturas e sistemas no edifício e na envolvente urbana de modo a evitar a presença dos mesmos.

- **Ruído**

O ruído está presente na reabilitação desde a fase de execução da obra, consequentemente criando níveis de ruído elevados na envolvente, como tal devem ser equacionadas barreiras sonoras, de forma a minimizar este impacto negativo.

Por outro lado, durante a fase de utilização do edifício, é necessário garantir os níveis máximos de ruído para o conforto humano, contribuindo assim para reduzir o ruído na envolvente e nas instalações.

- **Cargas na infra-estrutura local**

No que respeita às cargas na infra-estrutura local, pode afirmar-se que ao construir ou reabilitar edifícios escolares, estes introduzem nas redes de água, esgoto, electricidade e gás, uma carga significativa.

Deste modo, deve conhecer-se previamente a natureza e a capacidade destas infra-estruturas.

Caso se verifique necessidade, devem melhorar-se e adaptar-se as infra-estruturas locais – redes de água, esgotos, electricidade, gás e também redes rodoviárias - às cargas implementadas pela reabilitação em curso.

- **Impacto ambiental na envolvente**

Englobando todos os factores de avaliação acima referidos, o impacto na envolvente apresenta-se essencial, uma vez que, de modo a garantir o desenvolvimento ambiental sustentável, o projecto de reabilitação deve ser alvo de medidas e estudos de impacto ambiental que viabilizem ou não esta actividade.

### **INDICADOR 3 – Recursos**

Este indicador refere-se ao consumo de recursos: quer sejam recursos naturais, quer sejam recursos materiais artificiais.

- **Água**

No que respeita ao uso da água, há que salientar a necessidade do seu uso eficiente, tomando consciência que devem ser accionadas medidas para racionalizar o consumo.

Devem ser instalados nos edifícios, automatismos temporizados para evitar desperdício de água e utilizar equipamentos e electrodomésticos com baixos consumos.

Devem também introduzir-se práticas de aproveitamento de águas residuais (as águas de sabão provenientes de resíduos de electrodomésticos ou banho), por exemplo para transporte de esgoto ou outras soluções que não necessitem de água potável.

- **Materiais de construção**

A selecção de materiais não deve passar apenas pelo seu comportamento no edifício, mas também no que respeita à sua fase de produção e à energia que é necessária para este fim, às emissões de poluentes que libertam e de uma maneira geral e às cargas que induzem ao meio ambiente e ao ser humano durante o seu processo de fabrico.

Os materiais do edifício devem então ser escolhidos e projectados com base na sua qualidade, durabilidade e capacidade de adaptação e reciclagem.

De modo a evitar sucessivos inputs de novos materiais e constituintes, sempre que possível, devem ser adoptadas soluções que tenham como princípio a reutilização de materiais e constituintes já existentes no edifício, como por exemplo pavimentos, revestimentos, ou outros elementos não estruturais de possível manutenção e adaptação.

- **Energia**

É necessário adoptar medidas em todos os sectores de actividade, com vista a reduzir o consumo de energia. Particularmente no sector da construção, existem já algumas práticas que visam a redução deste recurso, integrando os sistemas de energias renováveis nos edifícios. Medidas como o aproveitamento das coberturas para a

implementação de painéis solares/foto voltaicos, sectorização dos automatismos eléctricos em zonas comuns, e o recurso a sensores temporizadores para sistemas de climatização e iluminação, contribuem para a redução no consumo de energia eléctrica.

A manutenção também é de extrema importância na medida que os sistemas instalados necessitam de garantir o seu bom funcionamento durante o tempo de vida útil.

Outro aspecto que importa salientar é a utilização de equipamentos e electrodomésticos com boa classificação energética de modo a certificar que os aparelhos utilizados garantem também um eficiente uso deste recurso.

#### **INDICADOR 4 – Ambiente interior**

Neste indicador estão inseridas as questões da qualidade do ambiente interior no edifício, bem como de conforto e bem-estar dos utilizadores.

- **Qualidade do ar / Distribuição do ar / Ventilação**

De modo a garantir a qualidade do ar, torna-se necessário avaliar os sistemas que permitem a ventilação e distribuição do ar dentro dos edifícios, recorrendo de preferência a ventilação natural e sem recorrer a fontes mecânicas.

Para tal deve-se aproveitar a orientação dos edifícios, de modo a garantir a correcta ventilação transversal de todos os espaços e renovando as unidades de ar de acordo com os níveis estabelecidos em regulamentos próprios.

- **Iluminação natural / Iluminação artificial / visibilidade**

Para assegurar a correcta avaliação deste factor, torna-se necessário observar a relação do edifício com a sua envolvente, aproveitando a visibilidade e orientação solar do edifício com o objectivo de garantir optimização da luz natural evitando assim o uso desnecessário de luz artificial e consequentemente, de energia. Nos períodos em que é imprescindível a utilização de iluminação artificial, esta deve ser racionalizada e recorrendo a sistemas de baixo consumo, não descuidando os níveis de iluminação necessários e adequados às tarefas a executar.

- **Conforto térmico/Conforto acústico**

Neste factor de avaliação, direccionada para todos os utentes das instalações escolares, relacionam-se os vários níveis de conforto necessários à saúde e bem-estar, quer a nível térmico e acústico.

Para alcançar tais metas a reabilitação deve contemplar soluções passivas de modo a evitar a utilização de sistemas mecânicos para atingir estes níveis de conforto.

## **INDICADOR 5 – Gestão e Inovação**

Neste indicador serão apresentados os factores relacionadas com os processos que visam a gestão, tais como operações e manutenção, bem como sistemas de inovação ao nível do projecto e tecnologias na construção.

- **Operações e Manutenção**

É necessário estabelecer procedimentos que sirvam de base à boa gestão ambiental dos edifícios durante todo o seu ciclo de vida como a aplicação de medidas de manutenção, medição e verificação dos sistemas utilizados no edifício, com vista a garantir o bom desempenho ambiental.

O objectivo destes procedimentos inclui as actividades necessárias para manter todo o ambiente construído, incluindo instalações e respectivas infra-estruturas de apoio, estacionamento, vias de acesso, estruturas de drenagem, etc., para atender à sua função durante o todo o período de vida útil. Estas actividades incluem a manutenção preventiva, preditiva e correctiva.

A filosofia por trás do desenvolvimento de um programa de manutenção é muitas vezes baseada na capacidade de organização das operações de manutenção. Os objectivos de um programa abrangente incluem os seguintes:

- Reduzir reparações maiores;
- Reduzir paragens não programadas para reparações;
- Prolongar a vida útil do equipamento;
- Reduzir custos ao longo do ciclo de vida;
- Proporcionar sistemas seguros e funcionais e instalações que atendem ao intuito do projecto.

- **Inovação no âmbito do design/projecto do edifício**

Para atingir níveis superiores na qualidade da construção e com a finalidade de tornar a construção sustentável, devem adoptar-se medidas inovadoras no campo do projecto e design dos espaços dos edifícios, de modo a incorporar aquando da sua concepção as novas necessidades e modos de vida dos utilizadores.

- **Inovação nos sistemas e tecnologias construtivas utilizadas**

Contribuindo para o cumprimento das novas soluções adoptadas na concepção de edifícios com vista a atingir as metas da sustentabilidade na reabilitação, os sistemas e tecnologias construtivas devem ter uma componente inovadora.

Para dar resposta a novas necessidades dos utilizadores, a prática construtiva deve também superar-se relativamente aos sistemas tradicionais e correntes.

## 4.5 – Síntese do Capítulo

Após a análise de factores e elementos da sustentabilidade na reabilitação, pode referir-se que factores como sociedade, ambiente e economia definem aspectos essenciais para uma perfeita evolução neste processo de desenvolvimento.

No que respeita ao campo social referem-se, a qualidade de vida, a segurança e saúde e o envolvimento com a comunidade. No campo ambiental, referem-se a optimização de recursos, a procura de processos alternativos que defendam o meio ambiente, as práticas de gestão de consumos e gestão de resíduos durante a construção e implementação de um sistema de gestão ambiental. Relativamente ao campo económico referem-se a redução de custos operacionais e durabilidade dos investimentos, bem como a eficiência dos mesmos.

Analisando o parque escolar em Portugal quanto à sua idade e tipologia construtiva, as 477 escolas existentes dividem-se em 3 fases, até 1935; de 1936 até 1968; e a partir de 1968. Devido à idade avançada destes edifícios, à sua ineficiência energética e hídrica e à sua obsolescência devido à evolução dos métodos de ensino e crescimento demográfico, torna-se necessário um plano de reabilitação com vista à sustentabilidade.

Para garantir que o projecto de reabilitação visa a sustentabilidade, é necessário que seja monitorizado em todas as suas fases, para que sejam garantidos todos os princípios desejados de sustentabilidade, desde a fase de elaboração e concepção do projecto conciliados com a fase de reabilitação até à sua fase de utilização por parte dos seus ocupantes.

Actualmente os países têm vindo a desenvolver os sistemas de certificação voluntária para a reabilitação que se entendem mais adaptados a cada realidade nacional, designadamente o BREEAM no Reino Unido; o GBC no Canadá e posteriormente desenvolvido por um consórcio internacional; o CASBEE no Japão; o LEED e o CHPS nos Estados Unidos; o HQE na França e o LIDERA em Portugal.

Estes sistemas são ferramentas de apoio ao projecto e também avaliam a pós-ocupação dos edifícios. À parte do GBC, que é um sistema orientado para a pesquisa, os outros sistemas de avaliação estudados baseiam-se numa estrutura simples, em formato de checklist onde são apresentados várias áreas e critérios de avaliação com ponderações diferentes.

Com mais ou menos incidência em cada critério, a avaliação destes sistemas passa pela análise dos indicadores apresentados no quadro 4.13.

Quadro 4.13 – Síntese dos indicadores de sustentabilidade

Indicador	Factores em Avaliação	Critérios
Local	Localização	Envolvente e orientação
	Flexibilidade e adaptabilidade	Flexibilidade
		Adaptabilidade
		Integração do edifício na comunidade
	Transportes	Facilidade de acesso a redes de transporte
		Incentivo ao uso de rede pública de transportes
	Gestão de águas pluviais	Poluição
		Degradação dos solos
	Superfícies exteriores	Redução do aquecimento local
		Sistemas de construção e paisagismo
Iluminação exterior	Evitar a poluição luminosa	
Cargas ambientais e impacte na envolvente	Poluição do ar	Emissões de CO2 e gases de efeito estufa
	Poluição da água	Implementação de sistemas de tratamento de água
		Reutilização dos resíduos e efluentes do edifício
	Resíduos e odores do uso do edifício	Implementação de sistemas de redução
	Ruído	Estabelecer metas de níveis máximos
	Cargas na infra-estrutura local	Adaptação das infra-estruturas locais
Impacte ambiental na envolvente	Redução do impacte	
Recursos	Água	Reaproveitamento de águas pluviais e águas de sabão
		Redução do consumo
	Materiais	Materiais recicláveis
		Materiais de baixas emissões de poluentes
	Energia	Integração de energias renováveis
Redução do consumo		
Ambiente interior	Características do espaço interior	Iluminação natural e visibilidade
		Iluminação artificial
		Qualidade do ar interior
	Conforto	Acústico
		Térmico
Gestão e inovação	Gestão	Operações e Manutenção
	Inovação	Inovação no projecto e Design
		Inovação nos sistemas e tecnologias de construção

## **5 – Parâmetros de conforto ambiental**

Analisando todos os sistemas apresentados no ponto 4.3, constata-se que a unanimidade destes tem presente na categoria de parâmetros a avaliar, o conforto ambiental do edifício.

Se considerarmos o carácter modificador do ambiente para o desenvolvimento do aluno e conseqüentemente, reafirmando que esse edifício jamais é neutro no processo educativo, é importante reflectir sobre as características físicas do edifício e como elas podem contribuir para uma arquitectura de maior qualidade ambiental.

Os critérios da CHPS (Collaborative for High Performance Schools) definem expressamente uma escola de alto desempenho. Quando publicado pela primeira vez em 2001, os critérios estabeleceram o primeiro programa de classificação do edifício, criado especificamente para facilitar a concepção de ambientes escolares de aprendizagem.

As escolas que atendem a estes critérios são ambientalmente sustentáveis e locais de aprendizagem que demonstram que, apesar das tecnologias de alto desempenho serem novas, não precisam ser complicadas ou de custo elevado. [31]

Visando muito além da eficiência energética, as escolas de alta performance procuram ser saudáveis; confortáveis; eficientes a nível de recursos; seguras; adaptáveis e fáceis de operar e manter. Para tal, devem incluir medidas para melhorar a qualidade do ambiente interior. O “California Collaborative for High Performance Schools, Criteria, 2009” apresenta como características da qualidade do ambiente interior os pontos descritos em seguida.

### **5.1 - Iluminação natural e visibilidade**

Com relação ao conforto visual, o bem-estar está relacionado com um nível de luz adequado para a tarefa que se deseja realizar. Existem normas estipuladas para a iluminação de diversas tarefas, diferenciando as idades dos que as realizam e os ambientes [32].

A luz natural influencia as formas, o espaço e os seus elementos. É um aspecto fundamental, tanto do ponto de vista energético, como de conforto visual e físico, sendo um dos mais importantes factores para um trabalho produtivo, com qualidade e saudá-

vel. O seu principal objectivo é assim, permitir que num plano de trabalho se alcancem níveis de iluminância suficientes com um grau de conforto adequado [33].

A distribuição da luz no interior pode ser caracterizada através da medição de iluminâncias em todas as superfícies úteis: planos de trabalho, paredes, ecrãs de computador, etc. Todavia, uma vez que a intensidade da iluminação natural varia, é habitual considerar o quociente entre a iluminância no interior e a iluminância horizontal exterior simultânea devida a um hemisfério de céu desobstruído. A este quociente dá-se o nome de Factor de Luz do Dia (FLD) e exprime-se em percentagem (Hopkinson, R.G. et al, 1975; citado por Soares, 2007). Para medir o FLD, são necessários dois sensores de iluminâncias, bem como a garantia de que as duas medições são efectuadas simultaneamente.

Os valores do FLD fornecem então, uma noção da contribuição da iluminação natural para um espaço, ou parte de um espaço interior.

Resumindo, a iluminação natural nas salas de aula deve então ser distribuída uniformemente, evitando a penetração da luz solar directa e deve fornecer controlo da intensidade luz e brilho ao ocupante através de dispositivos de oclusão. O Massachusetts CHPS *Best Practices Manual* discute diferentes abordagens para a iluminação natural em sala de aula, incluindo o uso de iluminação zenital e dispositivos de controlo de luz.

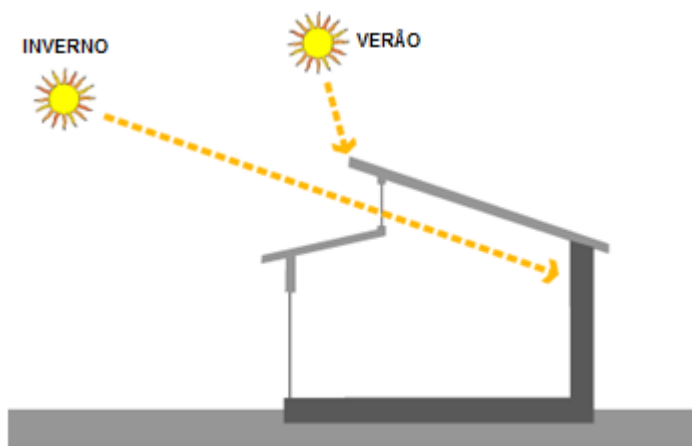


Figura 5.1 – iluminação zenital

Os projectos de reabilitação devem então maximizar o uso de iluminação natural, não só para reduzir os picos das cargas de iluminação eléctrica, mas também para melhorar a produtividade do aluno através de projectos de iluminação natural de alta qualidade que minimizam o brilho e penetração da luz solar directa.

Além disso, é necessário fornecer uma conexão entre os espaços interior e exterior do ambiente, através da introdução da luz solar e vista para as áreas ocupadas do edifício e para o exterior, contribuindo para a saúde dos olhos, proporcionando a oportunidade para mudanças frequentes na distância focal, o que ajuda a relaxar os músculos do olho [34].

- **Medidas a implementar**
- Atingir um FLD mínimo de 2% de luz natural uniformemente distribuída em 50% (para reabilitações) da área de trabalho;
- Fornecer linha directa de visão para as janelas em 70% da área do piso das salas de aula e áreas de administração. (sendo 90% um valor ideal);
- O espaço deve ter uma área de envidraçado igual ou superior a 7% da área do piso. Essa área só contempla vãos envidraçados acima de 76cm e abaixo de 2,30m medidos a partir do chão. A largura total de visibilidade deve ser superior a 1% da área do piso;
- Dada a geometria da sala de aula e com consideração às obstruções no local, sombreamento exterior e dispositivos de oclusão, o sol não pode incidir directamente no quadro, ou numa secretária localizada a 1,20m de distância das paredes exteriores, às 9h00, ao meio-dia e às 15:00;
- As aberturas zenitais, caso não tenham envidraçado difusor, não podem permitir a exposição da luz solar nas mesmas condições acima descritas;
- Os controlos de iluminação devem desligar automaticamente, ou diminuir a intensidade, quando existe luz natural disponível.

## **5.2 – Iluminação artificial**

Como referido anteriormente, salas com boa iluminação e sem brilho oferecem um excelente ambiente visual em que os estudantes e os professores podem ler, escrever e interagir com seus colegas. As luminárias montadas no tecto em sistemas "directo - indirecto", "semi - indirecto" e "totalmente indirecto", reforçando a luminosidade destas lâmpadas pela luz branca ou tectos de cores claras, que reflectem a luz para dentro do espaço de aprendizagem, oferecem pouco brilho, proporcionando uma boa definição de objectos no espaço de ensino,

A abordagem recomendada pelo CHPS é instalar três filas de luminárias “Super” T-8 de duas lâmpadas, suspensas e com luz directa – indirecta; ou 3 filas de luminárias T-5 de uma lâmpada, suspensas e com luz directa – indirecta.

Em pontos especiais, como o quadro de ensino, não é necessária iluminação. Quando ela é usada, uma luminária fluorescente de parede fornece uma iluminação eficiente e aumenta a qualidade visual da superfície.

- **Medidas a implementar**

- Fornecer sistemas de iluminação directa/indirecta para todas as salas, com excepção dos laboratórios de química, salas de arte, lojas, salas de música, estúdios de dança / exercício;
- As luminárias devem utilizar lâmpadas fluorescentes de alta eficácia T-8 ou T-5, com um índice mínimo de restituição de cores de 80.
- Fornecer um sistema separado de iluminação para o quadro de ensino com iluminação vertical de pelo menos 323 lux de média, com a uniformidade de 8:1 ou superior;
- O sistema de iluminação deve funcionar em dois modos: a iluminação geral e AV.
  - No modo de iluminação geral, deve-se conseguir uma iluminação média, ao nível das secretárias, de 376 – 538 lux com um mínimo de 300 lux em qualquer ponto a mais de 1m de qualquer parede.
  - No modo AV, não incluindo a contribuição da luz do quadro de ensino, deve-se obter uma média de iluminação ao nível das secretárias entre 107 e 215 lux para qualquer ponto na sala a mais de 1m das paredes laterais, 3m da parede frontal e 1,80m da parede dos fundos, limitando a iluminação vertical na tela de projecção a não mais de 75 lux em qualquer ponto da tela.

### **5.3 - Qualidade do Ar Interior**

Fornecer ar não poluído para as áreas da sala de aula é fundamental para a protecção da qualidade do ar interior, reduzindo a exposição dos ocupantes aos potenciais impactos a nível de saúde, a curto, médio e longo prazo. Dos parâmetros que influenciam a qualidade do ar, destacam-se três grandes factores: qualidade do ar exterior, materiais e sistemas de climatização [35].

A consideração dos materiais como emissores de substâncias poluentes do ar interior tem assumido uma importância crescente em resultado de duas tendências generalizadas na prática da construção dos nossos dias: a adopção de novos materiais e produtos de construção sintéticos à base de derivados do petróleo, e a uma maior estanqueidade dos edifícios para redução dos níveis de consumo de energia em prol do conforto ambiente.

A ventilação pode estar presente de forma natural ou artificial (através de aparelhos de ventilação, exaustão ou refrigeração). Considerando a natureza da edificação abordada neste trabalho, a ventilação natural é mais apropriada e benéfica ao conforto e à saúde dos utentes.

A ventilação artificial por sistemas de climatização, embora seja muitas vezes vista como panaceia para o conforto térmico, é uma grande fonte de poluição, nomeadamente, de natureza biológica, pela existência de filtros e de condições diversificadas de temperatura e de humidade [36].

Ao invés, uma solução adequada e bem dimensionada de ventilação natural, não só proporciona o conforto como também economiza energia, uma vez que aparelhos mecânicos de ventilação ou exaustão artificial deixam de ser necessários. Esta solução está directamente ligada ao dimensionamento e às características das aberturas da edificação, as quais devem ser avaliadas não só em relação ao ambiente externo ( direcção; velocidade e frequência dos ventos; temperatura do ar exterior; aglomeração urbana; posição, tamanho e tipo das aberturas; forma; características construtivas; localização, orientação local em relação ao sol), como também em relação ao tipo de actividade desenvolvida no interior do edifício [30].

No entanto há que ter em conta as taxas de renovação de ar (caudal horário de entrada de ar novo num edifício para renovação do ar interior, expresso em múltiplos

do volume interior útil do edifício ou da fracção autónoma), pois a ventilação excessiva pode levar a um consumo energético desnecessário, em contrapartida, uma renovação deficiente do ar pode dar origem a doenças.

Para garantir a qualidade do ar interior é necessário ter em atenção os pontos apresentados seguidamente.

## **1. Ventilação**

Os projectos de reabilitação escolares devem assegurar uma ventilação adequada, proporcionando boa qualidade do ar interior que vai proteger-se na saúde, desempenho e assiduidade dos estudantes e do pessoal. Estes projectos devem atender os requisitos de desempenho a um nível não inferior ao padrão da ASHRAE 62.1 – 2004. A ventilação deve ocorrer todas as vezes que os quartos estão ocupados, e deve ser instalada de modo a não ser facilmente bloqueada. Para assegurar a entrada de ar não poluído adequada, a localização de entradas de ar exterior deve ser longe de fontes de contaminação.

Antes de ar condicionado existir, os edifícios, em particular os escolares, necessitavam de ventilação natural e arrefecimento. Isso definiu o forma do edifício, cada escritório ou sala necessária e cada janela. A luz e o ganho solar são as maiores influências sobre os edifícios a meio da tarde, quando os estudantes normalmente não estão presentes. Isso permite que os projectistas minimizem os ganhos solares para manter os estudantes confortáveis em edifícios sem ar condicionado orientando correctamente os sombreamentos das janelas [37].

É também de extrema importância verificar se os níveis de ventilação requerida possam ser mantidos através de ventilação natural e que nenhum poluente do ar exterior elimine sua viabilidade. Para atender às normas de ventilação ASHRAE, todos os ocupantes devem estar a 6m de uma janela operacional. Para uma sala de aula normal, isso exigiria que existissem janelas operáveis em ambos os lados. Se este projecto não for possível, os sistemas de ventilação com exaustores teram de ser instalados para fornecer os níveis mínimos de ventilação necessária.

- **Medidas a implementar**

- Projectar 90% de salas de aula sem necessidade de ar condicionado
- As aberturas de admissão de ar exterior devem-se localizar num mínimo de 7,60m de distância de qualquer perigo ou contaminantes nocivos, tais como ventiladores, chaminés, exaustores, torres de resfriamento, ruas, becos, pátios de estacionamento, cais de carga, áreas de lixo/reciclagem, paragens de autocarro ou zonas de marcha lenta. Quando não for possível cumprir esta distância, a abertura de admissão de ar deve ser localizado num mínimo de 3m de distância horizontal e 0,60m de cota inferior à fonte de contaminação.
- Todas as entradas devem estar 1,8m acima da cota paisagística, incluindo o solo, grama, arbustos, plantas ou qualquer tipo de flora dentro de 0,50m na horizontal da admissão de ar;
- O ar das salas de aula de arte, salas escuras, cozinhas e cozinhas, vestiários, salas de impressão de cópias, salas de aula laboratório de ciências, carpintarias e salas de aula com outras fontes poluidoras serão libertados directamente para o exterior e não reciclado.
- As taxas de fluxo de ar não devem ser inferior aos valores que são exigidos pela ASHRAE 62,1-2007 para ventilação mecânica ou natural.
- Sistemas de ventilação natural devem ser projectados para garantir a ventilação de ar exterior suficiente e garantir o conforto térmico.

## **2. Isolamento das condutas**

O isolamento das condutas deve estar localizado na parte externa da canalização, a menos que esteja a ser instalado com o objectivo de atenuar o som. Estes isolamentos têm sido conhecidos por se deteriorarem ao longo do tempo e absorver a humidade, levando à libertação de partículas nas condutas, comprometendo a qualidade do ar nas salas de aula e escritórios. Os forros das condutas usados para atenuação do som devem assim cumprir as normas ASTM para a resistência da superfície de erosão e de absorção de vapor de água.

- **Medidas a implementar**

- Para manter as condutas limpas e evitar acumulação de partículas ou bolor, os isolamentos das condutas devem cumprir as normas ASTM C 1071 e C 1104 para resistência de superfície à erosão e absorção de vapor de água, respectivamente.

### **3. Aparelhos de ignição eléctrica**

Sobre certas condições, a acumulação de monóxido de carbono devido as chamas piloto apagadas pode causar perigosas condições na qualidade de ar para os funcionários e alunos.

- **Medidas a implementar**

- É necessário substituir este tipo de equipamentos por outros que funcionem por ignição eléctrica.

### **4. Eficácia dos filtros**

Ao colocar as entradas de ar do edifício longe de áreas de carga, construção de exaustores, torres de arrefecimento, e de outras fontes de contaminação irá ajudar na preservação da qualidade do ar. Para dimensionamento, deve-se considerar os actuais e futuros padrões de tráfego e desenvolvimento.

- **Medidas a implementar**

- Os filtros devem ter um valor mínimo de eficiência (MERV – Minimum Efficiency Reporting Value) 10 ou superior, excepto nos sistemas de uma unidade que terão de apresentar filtros com um MERV de 7 ou superior;
- No caso dos filtros com MERV 13, serão superados os requisitos.

Certos riscos na qualidade do ar interior ocorrem durante a construção e remodelação das actividades, o que pode gerar quantidades substanciais de poeiras, gases,

vapores e outros poluentes. Os procedimentos de contenção são necessários para evitar a contaminação de longa duração devido aos materiais de construção, bem como a contaminação cruzada de áreas ocupadas com áreas em remodelações. Estes procedimentos estão descritos mais pormenorizadamente no ponto 6.3.2

## 5. Controlo de origem de poluentes e químicos

Para controlar as fontes de poluentes químicos, todas áreas de actividades ligadas à presença destes, devem ser projectadas de modo a serem isoladas fisicamente das outras áreas do edifício, fornecendo sistemas independentes (extracção directa para o exterior, sem reciclagem de ar e com a sala de pressão negativa) para conter e eliminar os poluentes químicos nos seus locais de origem. É necessário eliminar ou isolar áreas de risco elevado e projectar toda a zona de armazenamento de produtos químicos e de limpeza para garantir a segurança dos utentes do edifício.

Sendo o mercúrio é uma potente neurotoxina, que afecta o desenvolvimento dos fetos e das crianças, as fontes desta “ameaça” devem ser identificadas e a compra de lâmpadas fluorescentes deve ser baseada na quantidade de mercúrio destas como apresentado no quadro 5.1. No caso de substituição destas lâmpadas, elas devem ser tratadas de acordo com o regulamento de tratamento de materiais que contenham mercúrio.

Quadro 5.1 – Concentrações de mercúrio permitidas [35]

<b>Lâmpadas Fluorescentes</b>	<b>Critérios</b>
Todas as lâmpadas T-12	Não instalar
T-8 de 250cm	Máx. 10mg de mercúrio
T-8 de 120cm	Máx. 3,5mg de mercúrio
T-8 de 90cm	Máx. 6mg de mercúrio
T-8 de 60cm	Máx. 6mg de mercúrio
T-8 em "U"	Máx. 8mg de mercúrio
T-5 de 28 watt	Máx. 2,5mg de mercúrio
T5HO de 24 watt	Máx. 2,5mg de mercúrio
T5HO de 54 watt	Máx. 2,5mg de mercúrio
Lâmpadas Fluorescentes compactas	Máx. 5mg de mercúrio
<b>Lâmpadas de sódio de alta pressão</b>	<b>Critérios</b>
HPS de 50 watt	Máx. 18mg de mercúrio
HPS de 70-150 watt	Máx. 15mg de mercúrio
HPS de 200watt ou superior	Máx. 32mg de mercúrio

- **Medidas a implementar**

- Os locais de uso de produtos químicos, incluindo áreas de limpeza, zonas de mistura de químicos e salas de cópia/impressão, devem ser completamente isolados com exaustão para o exterior independente para cada divisória a uma taxa de pelo menos  $0,3\text{m}^3/\text{min}/\text{m}^2$ , sem recirculação de ar. Estes espaços devem ter pressão de ar negativa, que é definida como uma saída de ar a uma taxa de pelo menos  $0,1\text{m}^3$  por minuto por metro quadrado;
- Estes locais devem manter uma pressão negativa de pelo menos 5 Pa para um mínimo de diferença de 1 Pa, com as portas fechadas, em comparação com o ambiente exterior;
- Instalar exaustores silenciosos nos sistemas de cozinha (e.g. fogões e fornos) e nas zonas de mistura de químicos dentro dos laboratórios ou áreas de preparação.

Em relação a outros poluentes como as partículas transportadas pelo calçado, são uma das principais fontes de contaminação de tapetes e pisos. Uma investigação sobre tapetes nas escolas mostra que podem ser um reservatório de pesticidas, metais pesados e sujidade. A melhor maneira de manter a escola livre destes poluentes é impedir a entrada no edifício em primeiro lugar. É especialmente importante proteger as crianças da escola, uma vez que são estas as mais propensas a sentar e jogar no chão da sala de aula e, portanto, a serem expostos a contaminantes [35].

- **Medidas a implementar**

- Fornecer um sistema permanente de tapetes em cada porta de entrada dos principais edifícios da escola. Estes sistemas devem ter pelo menos 5m de comprimento. Um sistema eficiente de entrada é composto por uma passadeira exterior de 2,5m de comprimento que retire o máximo de partículas e providencie drenagem de água, uma passadeira interior de 2,70m por 1,80m de comprimento que capture a sujidade e água e incluir,

se possível, um tapete finalizador para limpar e secar a sujidade e humidade residual. Todos os sistemas devem ser concebidos para permitir que sejam levantados e limpos facilmente. Não são aceitáveis passadeiras de superfície de implantação temporária;

- Controlar a poeira da superfície, fornecendo pavimento duro (de betão ou equivalente), não inferior a 2,5m por 2,5m em todas as entradas da escola ou de qualquer sala, juntamente com vias de passagem cobertas ou apenas com coberturas nas entradas para manter a chuva fora das superfícies de passagem;
- Projectar condutas AVAC anti-retorno para evitar a poeira e as questões do crescimento microbiano. O uso de ventiladores no tecto não é aceitável como parte de um sistema de AVAC. Na eventualidade de uma área ter características arquitectónicas únicas (como tectos abobadados) que tornam extremamente difícil para incluir ductos de anti-retorno, poderá ser solicitada uma excepção para essa área. Essa excepção não pode ser usada por mais de 5% da área total do edifício. Além disso, condutas expostas (como a espiral redonda pintada) devem ser consideradas para estas áreas excepcionais para tentar cumprir com este requisito.

## **6. Controle de humidades e bolor**

Devido aos riscos de saúde associados ao bolor e crescimento microbiano e os danos causados a edifícios por infiltração de água, todos os tipos de superfície, sistemas AVAC e de drenagem devem ser projectados para afastar a água das instalações do edifício e das suas fundações, mesmo os sistemas de irrigação permanente podem causar danos estruturais e crescimento de fungos caso irriguem as superfícies do edifício.

Quanto à drenagem das águas pluviais, esta deve ser controlada através de superfícies com uma inclinação para fora do edifício e da fundação deste. É necessário garantir que a água é dirigida correctamente através de sistemas de escoamento de modo a impedir infiltrações acidentais.

As actividades de construção podem afectar a qualidade do ar muito tempo depois que o edifício é ocupado. Tendo o cuidado de proteger os materiais de constru-

ção de humidade e remoção de materiais danificados pela água é uma prática importante na prevenção de crescimento de fungos e bolores nos edifícios.

Materiais de construção, especialmente madeira, isolamentos porosos, papel e tecido, e outros materiais porosos devem ser mantidos secos antes, durante e após a instalação para impedir o crescimento de fungos e bactérias, como tal, devem ser armazenados todos os materiais de uma forma que estejam protegidos das intempéries.

- **Medidas a implementar**

- Sistemas que dependem de drenagem por gravidade são preferenciais aos sistemas que utilizam bombas para movimentar a condensação, devido à reduzida manutenção associada com os sistemas de drenagem por gravidade;
- Materiais danificados pela água devem ser secos em 24 horas. Devido à possibilidade de mofo e bactérias, os materiais que estão húmidos ou molhados por mais que esse tempo podem precisar de ser descartados.
- Substituir os materiais que mostram sinais de bolor, incluindo alguns com manchas de humidade;
- Sistemas de irrigação permanentes de jardins e campos recreativos não podem atingir o edifício.

## **7. Material de baixo valor em compostos orgânicos voláteis (COV)**

Os materiais utilizados para revestimentos no interior dos edifícios contêm uma variedade de produtos químicos potencialmente cancerígenos ou tóxicos. Estes químicos são libertados no ar e podem causar uma variedade de problemas de saúde, desde uma irritação até problemas mais graves. Uma vez que um único material pode libertar toxinas suficientes para causar problemas de saúde, é necessário avaliar e especificar os materiais que são de baixas emissões, não irritantes, não tóxicos e quimicamente inertes. Isto é especialmente importante nas escolas, porque as crianças podem ser mais sensíveis aos poluentes do ar interior que os adultos.

Assim sendo, a qualidade do ar interior pode beneficiar do uso de materiais com baixa libertação de gases de compostos orgânicos voláteis (COV). A minimização das

emissões destes materiais, o controle de fontes de poluição durante a construção e a manutenção regular, são todos de extrema importância para a proteção do mesmo.

A CHPS desenvolveu uma lista de amostras e especificações de materiais para identificar os que não comprometam a saúde dos alunos e funcionários, denominada Secção 01350. Essa lista também identifica mais de 79 substâncias químicas específicas que causem impacto na saúde humana e quais os níveis máximos de emissões para cada uma dessas substâncias [38].

- **Medidas a implementar**

- a) **Adesivos e Isolantes; Tintas e Vernizes; Sistemas de Pavimentos e Madeiras e derivados**

Todos estes materiais instalados no interior do edifício devem atender ao teste dos produtos e requisitos da California Department of Health Services Standard Practice for the Testing of Volatile Organic Emissions from Various Sources Using Small-Scale Environmental Chambers, including 2004 Addenda.

As madeiras e painéis estruturais, madeira laminada colada, vigas de madeira pré-fabricada e juntas articuladas de madeira estão excluídos deste requisito.

- b) **Móveis e Mobiliário**

Mobília da sala de aula, incluindo todas as carteiras de estudante e professor, mesas e cadeiras, que foram fabricadas ou restauradas no espaço de 1 ano antes da ocupação, deve atender um dos seguintes requisitos:

1. A mobília deve ser certificada por entidades de controlo de qualidade como por exemplo a GREENGUARD nos Estados Unidos.
2. As concentrações de emissão de gases devem ser iguais ou inferiores às indicadas na tabela 5.2 para o mobiliário, determinado por um procedimento baseado na EPA - Environmental Technology Verification (ETV), Large Chamber Test Protocol for Measuring Emissions of VOCs and Aldehydes (September 1999) testado num laboratório de qualidade do ar.
3. As concentrações de emissão de gases devem ser iguais ou inferiores às indicadas na tabela 5.2 para o mobiliário, determi-

nado por um procedimento baseado na norma ANSI / BIFMA M7.1-2007 e ANSI / BIFMA X7.1- 2007 testado num laboratório de qualidade do ar.

Quadro 5.2 – Concentrações de emissões COV [35]

Químico	Mobília	Cadeiras
COV	0,5 mg/m <sup>3</sup>	0,25mg/m <sup>3</sup>
Formaldeído	50 partes por bilião	25 partes por bilião
Total de Aldeídos	100 partes por bilião	50 partes por bilião
4-PCH	0,0065mg/m <sup>3</sup>	0,00325mg/m <sup>3</sup>

c) **Revestimentos de tecto e parede**

Todas as placas de gesso, isolamento, sistemas acústicos de tectos e revestimentos de parede instalados no interior do edifício devem cumprir os requisitos de ensaios do *California Department of Health Services Standard Practice for the Testing of Volatile Organic Emissions from Various Sources Using Small-Scale Environmental Chambers*,

Em suma, os materiais de baixas emissões VOC devem ser utilizados ao longo do projecto, incluindo todas as áreas da sala de aula, laboratórios de ensino, áreas administrativas e de pessoal, áreas de circulação interna, instalações sanitárias e áreas polivalentes, tais como ginásios. Lojas ou outras áreas que requerem acabamentos especiais podem ser excluídas. Noventa por cento ou mais da superfície combinada ou quantidade medida de todo um sistema (por exemplo, piso, tecto, móveis) ou componentes individuais de um sistema (por exemplo, a montagem de parede constituído por três componentes - o isolamento, o painel de parede e revestimento de parede) deve ser composta de materiais de baixas emissões VOC.

Salvo disposição em contrário, todos os materiais de baixas emissões VOC devem satisfazer os ensaios e exigências da *California Department of Public Health's (CDPH) Standard Practice for the Testing of Volatile Organic Emissions from Various Sources Using Small-Scale Chambers (2004), including its 2004 Addenda*.

## 5.4 – Acústica

A dificuldade de audição prejudica os alunos nas salas de aula que têm altos níveis de ruído de fundo. Para atingir bons resultados a nível de ruído, os projectos de aquecimento, ventilação e sistemas de ar condicionado têm que proporcionar um nível acústico que não interfira com a produtividade do aluno e do professor.

Uma acústica deficiente afecta mais crianças do que apenas aqueles com deficiência auditiva permanente. As crianças com dificuldades de aprendizagem, alterações de linguagem e crianças com infecções de ouvido também são prejudicadas pela acústica nociva. Os projectistas devem superar os pré-requisitos e alcançar os níveis de ruído de fundo, tempo de reverberação, isolamento de som e normas recomendadas pela *ANSI (American National Standards Institute) Standard entitled “Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools” (ANSI S12.60-2002)* para todas as principais áreas de aprendizagem. [38]

Nos aspectos importantes do projecto acústico de uma sala de aula estão incluídos: isolamento do ruído exterior (cargas de vento, tráfego e outras actividades ruidosas ao ar livre), eliminação de ruído interior (de sistemas de AVAC, o tráfego a pé, e de outras salas de aula), e aplicação correcta de sistemas de paredes, sistemas de janelas e superfície dos materiais interiores para minimizar a propagação do som e reduzir o tempo de reverberação nas salas de aulas.

Quanto ao ruído de fundo ambiente, este é caracterizado por um nível de ruído medido em decibéis ponderados A (dBA). Já a reverberação é descrita como o tempo (em segundos) que leva para o som descer 60 dB após a origem do som cessar [35].

- **Medidas a implementar**
- As salas de aula devem ser concebidas para ter máximo de 35 dBA (desocupado) de nível de ruído de fundo.
- Todas as salas devem ter um tempo de reverberação de 0,6 segundos no máximo (desocupado), em frequências médias (500, 1000 e 2000Hz).

O cumprimento destes requisitos deve ser determinado com o sistema de ventilação da sala de aula e componentes de produção de ruído como compressores e ventiladores, em pleno funcionamento. As especificações para a medição de ruído dos

equipamentos estão definidos no American National Standard – “Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools” – ANSI S12.60 – 2002.

## 5.5 - Conforto Térmico

A ASHRAE, através da norma 55, apresenta a seguinte definição para o que venha a ser conforto térmico: “*Conforto térmico é a condição da mente que expressa satisfação com o ambiente*”.

Para garantir essa satisfação, é necessário ter em conta os seis factores que influenciam o conforto térmico:

- Temperatura do ar;
- Humidade relativa;
- Temperatura radiante;
- Velocidade do ar;
- Actividade exercida;
- Vestuário.

A ASHRAE Standard 55-2004, “Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy”, é uma revisão da Standard 55-1992. A norma especifica em que condições os ocupantes consideram o ambiente termicamente aceitável num espaço. Esta revisão integra o método de cálculo dos índices PMV/PPD e o conceito de adaptação.

Esta norma é destinada ao uso em projecto e manutenção, servindo para avaliar os ambientes térmicos nos edifícios e os seus sistemas de AVAC.

Assim como a ASHREA 55-2004, a ISO - 7730 “*Moderate thermal environments - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort*” é uma norma que segue de perto a investigação desenvolvida por Fanger no seu doutoramento. Esta investigação tem como base a formulação de uma equação de conforto térmico que relaciona a “sensação térmica” com a actividade metabólica do corpo humano, sendo que esta última função resulta da actividade realizada pelo indivíduo.

Fanger associou as condições exteriores favoráveis a um estado de neutralidade térmica, desenvolvendo uma expressão matemática que permite calcular o valor médio esperado de conforto dos indivíduos. Esta expressão, denominada de PMV (Predicted

Mean Vote), utiliza uma escala de sete valores: -3; -2; -1;0; +1; +2; +3, em que zero corresponde à neutralidade térmica.

Assim sendo, quando a equação é satisfeita espera-se que, para um grupo de pessoas, a média dos votos seja igual a zero.

A ASHRAE 55-2004 restringe o valor de PMV entre -0,5 e +0,5, assumindo que quem vota +2; +3 ou -2; -3 está insatisfeito, e como tal, pertencem a uma percentagem denominada de PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) para qual a norma exige uma percentagem inferior a 10%.

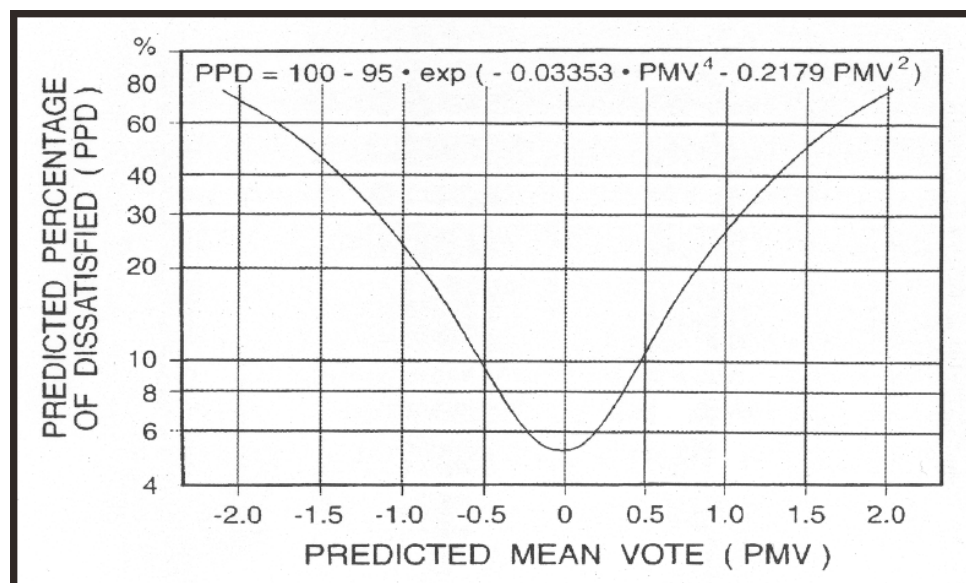


Figura 5.2 – Valores de PPD em função de PMV (ASHRAE 55-2004)

As escolas devem então ser dotadas de sistemas de aquecimento e refrigeração adequados e com capacidade para fornecer ventilação e conforto que “satisfação” os utentes. Para isso é necessário fornecer a possibilidade de controlar a temperatura e ventilação de modo a proporcionar apoio à saúde, produtividade e condições de conforto.

As estratégias de controlo podem ser desenvolvidas para ampliar os critérios de conforto e capacitar os indivíduos a fazer ajustes para se adequar às necessidades e preferências de cada um. Os projectistas devem avaliar as interacções entre o conforto térmico, como exigido pela ASHRAE Standard 55-2004 e a qualidade do ar interior aceitável na medida exigida pela ASHRAE Standard 62.1-2007 sendo ventilação natural ou mecânica.

- **Medidas a implementar**
- Cumprir com as condições de conforto térmico descritas na ASHRAE Standard 55-2004 e incluir os principais factores da temperatura do ar, temperatura radiante, velocidade do ar e humidade;
- Janelas operáveis podem ser utilizadas em substituição de controlos para ocupantes localizados a 6m para o interior e 3m para cada lado da parte operacional de uma janela. As áreas operáveis de uma janela devem atender aos requisitos da ASHRAE Standard 62.1-2007 ponto 5.1 - “*Ventilação natural*”;
- Todas as salas devem ter um mínimo de uma janela operável, facilmente acessível aos ocupantes;
- Fornecer controlos do sistema de conforto para todos os espaços compartilhados para permitir ajustes que atendam as necessidades e preferências dos grupos;
- Dar formação sobre os controlos dos sistemas AVAC e sobre como a abertura de portas e janelas afecta a ventilação e o conforto.

## 5.6 – Síntese do Capítulo

Sendo um dos indicadores avaliado por todos os sistemas de avaliação de sustentabilidade analisados, o conforto ambiental é de extrema importância na medida em que tem impacto directo na saúde dos utentes dos edifícios.

De modo a garantir condições saudáveis e confortáveis de trabalho, um projecto de reabilitação tem que garantir que os utentes tenham as condições ideais de conforto ambiental.

Este conforto é influenciado por diversos aspectos como a iluminação e a visibilidade; a qualidade do ar interior; o conforto acústico e o conforto térmico.

A qualidade de iluminação e visibilidade passa por iluminar as aulas com uma luz uniformemente distribuída prevalecendo sempre a luz natural sobre a luz artificial. É necessário também que haja uma boa visão para o exterior da sala de modo a criar vários pontos de focagem ocular.

A qualidade do ar interior é muito importante pois é necessário que os utentes do edifício não sejam expostos a poluição vinda do exterior ou de outras fontes internas do edifício, como os sistemas de ventilação ou mesmo emissões de compostos orgânicos voláteis provenientes de materiais de construção ou mobiliário. Contudo, os próprios utentes são fontes de poluição devido à sua produção de CO<sub>2</sub>, como tal, é necessário garantir uma renovação de ar constante nas salas de aula e outros locais de aprendizagem. Ao projectar a ventilação do edifício deve sempre prevalecer a ventilação natural sobre a artificial, tendo sempre em vista as condições de conforto térmico legisladas.

O conforto acústico passa por garantir que os níveis de ruído de fundo sejam mantidos nos níveis legais isolando a sala de aula a sons provenientes do exterior do edifício (e.g. vento, tráfego) ou mesmo do interior (e.g. sistemas AVAC) através da aplicação de sistemas construtivos que melhorem o isolamento sonoro e diminuam o tempo de reverberação do som.

O conforto térmico passa por avaliar as interacções entre este, como exigido pela ASHRAE Standard 55-2004 e a qualidade do ar interior aceitável na medida exigida pela ASHRAE Standard 62.1-2007 sendo ventilação natural ou mecânica. É necessário também garantir controlos individuais dos sistemas AVAC para satisfazer as necessidades individuais dos utentes.

Existem então medidas para atingir os níveis de conforto ambiental ideal, tais são apresentadas no quadro 5.3.

Quadro 5.3 – Síntese dos parâmetros de conforto ambiental

Categoria	Critério		
Iluminação natural e visibilidade	Factor luz dia de 2% em 50% da área de trabalho		
	70% das salas e áreas de administração com visibilidade para os envidraçados		
	Área dos envidraçados igual ou superior a 7% da área do pavimento		
	Sensores de luz natural interligados a controlos de iluminação eléctrica		
Iluminação Eléctrica	Sistemas de iluminação directa/indirecta		
	Lâmpadas T-8 ou T-5 com índice mínimo de restituição de cores de 80		
	Modo geral e AV		
Qualidade do ar interior	Ventilação	Projectar 90% das salas sem necessidade de ar condicionado	
		Localização de entradas de ar afastadas de fontes poluidoras	
		Garantir conforto térmico de acordo com ASHRAE 55 - 2004	
		Cumprir com ASHRAE 62.1 - 2007 para ventilação natural e mecânica	
	Isolamento de condutas	Cumprir com a ASTM C 1071 e C 1104 para a resistência da superfície e absorção de vapor de água	
	Aparelhos de ignição eléctrica	Substituir aparelhos com chama piloto por ignição eléctrica	
	Filtros	Filtros para sistemas AVAC com MERV 10 ou superior	
		Filtros para sistemas unitários com MERV 7 ou superior	
	Controlo de origem de poluentes	Reduzir fontes de mercúrio	
		Áreas de manuseamento de produtos químicos com ventilação independente e sem recirculação	
		Pressão negativa nas áreas de manuseamento de produtos químicos	
		Exaustores silenciosos para sistemas de cozinha e zonas de mistura de químicos	
		Sistemas de tapetes nas entradas do edifício	
		Controlo de poeiras de superfície	
	Controlo de humidades e bolor	Sistemas de drenagem por gravidade	
		Substituição de materiais danificados pela água	
		Sistemas de irrigação permanentes não podem atingir o edifício	
	Baixas emissões de Compostos Orgânicos Voláteis	Adesivos e isolantes; Tintas e vernizes; Sistemas de pavimentos; Madeira e derivados	
Sistemas de tecto e parede			
Concentrações de emissões conforme a ANSI/BIFMA M7.1-2007 e X7.1 - 2007			
Acústica	Máximo de 35dBA de nível de ruído de fundo		
	Tempo de reverberação de 0,6 segundos		
Conforto térmico	Cumprir com a ASHRAE 55 -2004		
	Controlos individuais para todas as salas		
	Uma janela operável no mínimo, para todas as salas		
	Formação sobre o funcionamento dos sistemas de climatização		

## 6 – Proposta para a reabilitação sustentável de edifícios escolares

### 6.1 – Análise da situação de referência do edifício

A Parque Escolar apresenta como principais problemas nas edificações escolares os seguintes:

- **Desqualificação construtiva;** desgaste provocado pelo uso envelhecimento natural dos materiais de construção; patologias construtivas a que os edifícios estão sujeitos durante a sua vida útil;
  - **No recinto exterior;** pavimentos, sistemas de drenagem e elementos construídos (e.g. muretes, escadas, caldeiras);
  - **Na envolvente das edificações;** paramentos; revestimentos; elementos de betão aparente; pinturas; cantaria; vãos e respectivas protecções; e coberturas e respectivas estruturas de suporte e drenagem;
  - **No interior das edificações;** elementos de compartimentação; revestimentos e acabamentos; carpintarias e serralharias;
  - **Nas redes prediais** de águas; de esgotos; de gás e eléctricas e instalações especiais;
  
- **Desqualificação ambiental;** evolução dos parâmetros legais de conforto ambiental e higiénico-sanitário; no conforto higrotérmico, acústico e lumínico; na qualidade do ar; na recolha e evacuação de resíduos; na eficiência energética dos edifícios;
  
- **Desqualificação funcional;** evolução do modelo educativo e dos processos de ensino-aprendizagem;
  - **Na organização e condições espaciais dos diversos sectores funcionais;** zonas lectivas, administrativas, sociais e de apoio localização, configuração, dimensão, equipamento e flexibilidade de uso;

- **Na insuficiência de áreas lectivas e não lectivas;** salas de aula não exclusivamente expositivas; espaços para trabalho de docentes; atendimento de alunos e encarregados de educação; arrumos; espaços para aprendizagem informal, apoio sócio-educativo e formativo.

## **6.2 – Princípios de sustentabilidade a garantir com a implementação da reabilitação**

### **6.2.1 - Localização**

O local é um elemento crucial para determinar a sustentabilidade global do projecto da escola. É possível reduzir substancialmente o impacto ambiental da escola aproveitando a luz solar e a direcção dos ventos, partilhando parques ou instalações com as organizações da comunidade, preservando os espaços ao ar livre e protegendo as áreas ambientalmente sensíveis [38].

- **Medidas a implementar**

- 1. Projecção do edifício**

- a) Aproveitar a iluminação natural. A eficiência energética e os impactos ambientais são afectados pelas decisões tomadas no início do processo de planeamento. Por exemplo, quando o edifício está orientado ao longo do eixo Este-Oeste, o arquitecto pode aproveitar a iluminação natural, o que reduz a necessidade de iluminação eléctrica e consequentemente, reduz no consumo de energia.
- b) Considerar os ventos predominantes na determinação do local de construção. É indispensável considerar como a forma do próprio edifício pode criar espaços protegidos do vento. Deve-se também ter em conta os ventos predominantes aquando da colocação das janelas operáveis, dos estacionamento e calçadas;
- c) Tirar partido das actuais condições do ambiente construído, das formações de terra e da vegetação para proporcionar abrigo das condições climáticas extremas ou para desviar o ruído indesejado;

- d) Proteger a flora local. Para permitir ganho solar no inverno, e sombreamento no verão, deve-se plantar ou proteger árvores de folha caduca existentes no local. Já para bloquear o vento durante o inverno, deve-se plantar ou proteger as árvores coníferas existentes. O plantio deve ser feito a uma distância adequada do edifício para evitar a acumulação de água ao longo da envolvente deste;
- e) Minimizar a importação de solos não nativos e exportação de solos nativos. É importante otimizar o ratio corte/preenchimento (de preferência em proporções 1:1) durante a escavação e limpeza. Utilizando os solos nativos, não só se garante a preservação do habitat como se reduz nos custos de obra;
- f) Criar conexões físicas a ciclo vias existentes ou edifícios adjacentes;
- g) Projectar estacionamentos e calçadas de modo a limitar a proximidade dos estudantes das emissões dos autocarros, com áreas distintas de largada de passageiros para os autocarros e para os restantes veículos. A zona de largada de passageiros dos autocarros deve ser projectada consoante a direcção dos ventos predominantes, de modo a ficarem alinhados em paralelo e afastados das zonas de entrada dos sistemas de ventilação;

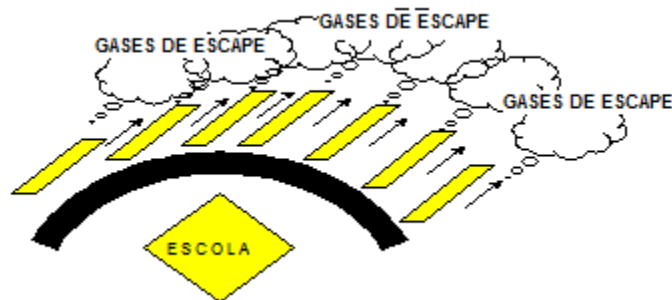


Figura 6.1 – Posição de estacionamento para reduzir a exposição às emissões de gases [38]

- h) Maximizar as oportunidades de gerar energias renováveis no local, garantindo a disponibilidade de espaço para instalações de turbinas de vento (se os recursos eólicos forem suficientes), ou outras fontes de energias renováveis. A electricidade gerada pelo sol através de painéis

foto voltaicos é a melhor opção para produzir energia mas é necessário ter em conta a colocação destes, orientando-os para Sul e em zonas que não serão sombreadas.

## **2. Desenvolvimento próximo de zonas húmidas**

Nos projectos de reabilitação de escolas em que se preveja a ampliação da área não deverão ser desenvolvidos dentro de áreas com recursos hídricos, zonas húmidas (e.g. lagos, rios, zonas sujeitas a alagamento, etc.) ou num raio de 30m de zonas pantanosas com vegetação, ou lagos sazonais.

## **3. Reduzir a “pegada ecológica” do edifício**

A construção de escolas com mais de um piso reduz a quantidade de terras utilizadas na construção civil. Deve-se ter pelo menos 67% da área de construção de uma escola acima do piso térreo.

## **4. Adaptabilidade e flexibilidade**

Reabilitar uma escola oferece uma oportunidade para incorporar programas comunitários e serviços no programa de construção. Durante as fases de planeamento, deve-se reflectir cuidadosamente os tipos de programas, serviços e instalações que possam ser oferecidos através do futuro edifício da escola (e.g. serviços de biblioteca, serviços de recreação, espaço para reuniões, espaço para eventos especiais, etc.), assim como a adaptação das instalações às exigências curriculares.

As escolas bem sucedidas têm um alto nível de envolvimento da comunidade. Esta participação pode ser reforçada se a escola for concebida de modo a que as reuniões de bairro, actividades de recreação e outras funções de comunidade possam ter lugar na escola de uma forma segura.

Outras estratégias que contribuem para o uso compartilhado do edifício escolar incluem a projecção de passagens separadas para espaços susceptíveis de ser partilhados. Ajustando a planta de modo a separar as salas de aula e áreas de administração dos espaços compartilhados durante os eventos, pode-se projectar características especiais na escola que a comunidade possa usar.

A adaptação passa por projectar instalações facilmente alteráveis em tamanho e funcionalidade, garantindo assim que o edifício não se torne obsoleto num curto espaço de tempo e proporcionar aos docentes um “laboratório” através dos acessos aos siste-

mas instalados (como o sistema foto voltaico e a outros componentes associados ao ensino).

### **6.2.2 - Gestão de águas pluviais**

As águas pluviais carregam sedimentos e poluentes locais para o sistema de escoamento. Além disso, a água acumulada em toda a área local requer investimentos significativos na infra-estrutura municipal para lidar com cargas de pico de escoamento.

Reduzir a quantidade de águas pluviais no escoamento é a maneira mais eficaz de minimizar os seus impactos negativos.

- **Medidas a implementar**

1. Preparar um Plano de Prevenção da Poluição por Águas Pluviais abordando o controlo de erosão e sedimentos;
2. Reduzir significativamente superfícies impermeáveis, usando materiais semi-permeáveis para revestimentos, maximizando a infiltração das águas pluviais no solo, e manter as áreas permeáveis e vegetação;
3. Captar água da chuva das áreas impermeáveis do edifício para a recarga dos sistemas de reutilização de água;
4. Evitar a perda de solo durante a construção provocada pelo escoamento das águas pluviais e pela erosão eólica;
5. Evitar a sedimentação ou córregos que recebem poluição do ar como poeiras e partículas em suspensão, nos esgotos de águas pluviais.

### **6.2.3 - Superfícies exteriores**

O efeito de "ilha de calor" é em grande parte um fenómeno urbano. As superfícies escuras, como pavimentação, revestimento e coberturas absorvem o calor e irradiam-no de volta para as zonas envolventes. Numa cidade, onde há muitas superfícies escuras que absorvem calor, a radiação infravermelha pode facilmente aumentar as temperaturas. Este efeito aumenta a necessidade de ar condicionado (e, portanto, aumenta o consumo de electricidade), é prejudicial aos ecossistemas locais e dificulta a estabilização das temperaturas em níveis confortáveis.

Para evitar este efeito é necessário aplicar estratégias de design, materiais e projectos paisagísticos que reduzam a absorção de calor dos materiais exteriores.

Deve-se fornecer sombra com árvores nativas ou tolerantes ao clima e grandes arbustos ou outras estruturas de apoio exterior à vegetação. Ao minimizar o uso de asfalto e de novos revestimentos, e aplicando corantes no asfalto para alcançar superfícies de cores claras, ajuda também a diminuir o efeito de *ilha de calor*.

As coberturas “claras” podem reduzir significativamente as cargas para arrefecimento da escola e os efeitos de ilha de calor, reflectindo a energia do sol, em vez de absorver, reter e irradiá-la para os espaços ocupados.

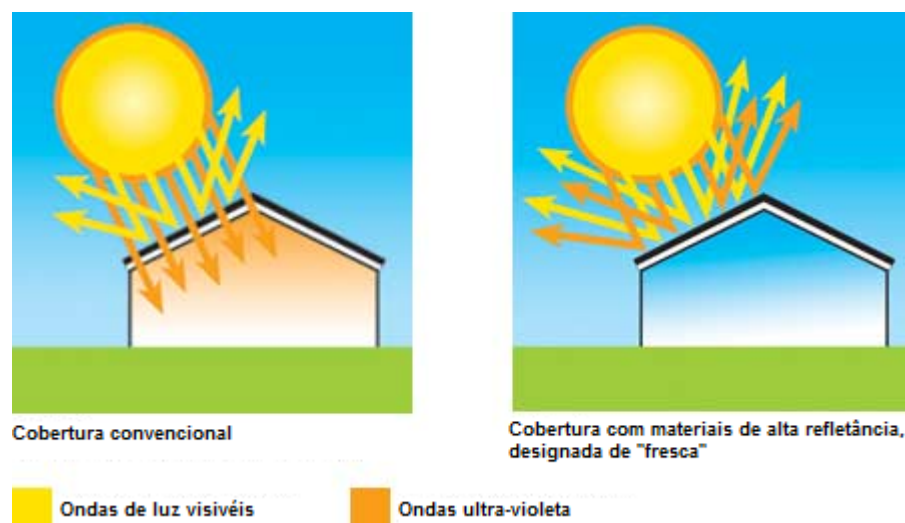


Figura 6.2 – Funcionamento das coberturas “claras”

Ambas reflectância e emissividade são características importantes nestas coberturas. Uma reflectância solar de 0.0 significa que toda a energia solar que atinge a superfície é absorvida e nenhuma é reflectida, o que significa que, quanto maior for, mais reflecte. A emissividade é a capacidade de um material emitir toda a radiação absorvida, ou seja, quanto menor for, mais reflecte.

Escolas que não têm significativas cargas de arrefecimento não necessitam desta solução. Nestes casos, a cobertura pode resultar num aumento de consumo de energia na estação de aquecimento.

Em relação aos projectos paisagísticos, estes são benéficos em vários aspectos. Não só iram reduzir o efeito de ilha de calor, criando sombreamentos nas superfícies e evitando assim o aquecimento destas, mas também são óptimos locais de aprendizagem. Os jardins não são apenas ornamentos para o ambiente escolar, eles devem ser inseridos no curriculum da escola como salas no exterior que promovem a educação ambiental, assim como actividade física.

- **Medidas a implementar**

1. Usar materiais de cobertura com um índice de refletância solar (SRI), conforme listado abaixo, consoante o tipo de telhado e para um mínimo de 75% da superfície deste.

Quadro 6.1 – Valor do SRI em função da inclinação da cobertura [39]

<b>Gênero de telhado</b>	<b>Inclinação</b>	<b>SRI</b>
Pouco inclinado	$\leq 2:12$	78
Íngreme	$> 2:12$	29

O SRI é calculado de acordo com a norma ASTM E 1980, a reflectância é calculada de acordo com a norma ASTM E 903, ASTM E 1918 e ASTM C 1549 e a emissividade é calculada de acordo com ASTM E 408 ou ASTM C 1372.

2. Proporcionar sombra (num prazo de cinco anos) em pelo menos 30% de superfícies impermeáveis (excluindo coberturas) no local, incluindo estacionamento, calçadas, praças, etc; ou usar cores claras ou materiais de alto índice de refletância (SRI pelo menos, 29) para 30% das superfícies impermeáveis que não sejam coberturas; ou uma combinação de sombreamento e materiais reflectores em 30% das superfícies do local (excepto coberturas).
3. Usar coberturas ajardinadas para 50% da área de coberturas com pelo menos 10cm de substrato leve.
4. Criar área de jardins consoante o número de alunos e o ratio de área de pavimento (FAR – Floor Area Ratio).
  - FAR menor que 2,0 - criar pelo menos 0,8m<sup>2</sup> de jardim por aluno;
  - FAR igual ou maior 2,0 – criar pelo menos 0,4m<sup>2</sup> de jardim por aluno;
  - FAR superior a 3,0 – criar pelo menos 0,2m<sup>2</sup> de jardim por aluno.

#### 6.2.4 - Iluminação Exterior

Uma boa iluminação exterior apoia o conforto e a segurança da comunidade escolar. Baixo brilho, níveis adequados de luz, orientação das luminárias e uma boa reprodução de cores são atributos de uma boa iluminação exterior. Ao projectar uma boa iluminação impede que haja poluição luminosa, evitando impactos no habitat nocturno ou perturbações em propriedades vizinhas.

Existem algumas estratégias simples de evitar a poluição luminosa numa escola, como iluminar os sinais de cima para baixo e se possível usar dispositivos eléctricos de iluminação pontual, ao invés de luminárias que dispersem a luz. Os sinais auto-iluminados, tais como sinais fluorescentes, não são incentivados, mas também não são proibidos.

- **Medidas a implementar**

1. Apenas iluminar as áreas onde a iluminação exterior é claramente necessária para a segurança e conforto. As luminárias cuja principal finalidade é iluminar a fachada do prédio ou das características da paisagem não devem ser utilizadas;
2. Fornecer níveis de luz que atendam às recomendações mínimas da *Illuminating Engineering Society of North America – IESNA RP-33 “Lighting for Exterior Environments”*, da IESNA/ANSI RP-8 “*American National Standard Practice for Roadway Lighting*”, e da IESNA RP-20 “*Lighting for Parking facilities*”;
3. Especifique os dispositivos de oclusão de luz da IESNA para todas as instalações exteriores e dispositivos eléctricos. Os dispositivos de oclusão não podem ser do tipo ajustável;
4. Quando a linha de propriedade da escola é adjacente a imóveis residenciais, parques ou áreas de vida selvagem natural, os níveis de luz não devem exceder 1 Lux até 1,5m após a linha de propriedade. Para tal, deve-se instalar dispositivos de oclusão nas luminárias para impedir a transgressão da luz indesejada;
5. Todos os dispositivos eléctricos de iluminação exterior que são necessários apenas quando a escola está aberta para uso nocturno (ou seja, não é necessário durante todo o período nocturno e/ou todas as noites) devem ser administrados com controlos manuais de fácil acesso;

6. Não instalar lâmpadas de vapor de mercúrio. Fontes incandescentes e halogéneas incandescentes não devem ser utilizadas para a iluminação exterior, a menos que seja controlada por um sensor de movimento;
7. Os sistemas de iluminação para os sinais da escola, monumentos, e bandeiras são limitados a 2 luminárias de 50 watts cada e devem incorporar dispositivos de oclusão de modo a não permitir dispersão de luz. Estes sistemas estão isentos de corte de luz do ponto 3, tal como definido pela IESNA RP-33;
8. A iluminação dos campos de desporto deve seguir a IESNA RP-6. Os sistemas devem incorporar extensiva protecção para minimizar e redireccionar a luz difusa. Os controlos devem ser de fácil acesso de modo a poderem ser desligados quando não estão a ser utilizados. Estes dispositivos estão isentos das regras de corte de luz do ponto 3.

#### **6.2.5 – Transportes**

O uso de energia e poluição associadas ao transporte, muitas vezes superam a energia utilizada pela própria escola no seu tempo de vida útil. [38]

Projectando o acesso a transportes públicos, incentiva a utilização destes, assim como minimizar estacionamento para incentivo de partilha de automóveis e criar parques de bicicleta e caminhos seguros para pedestres e ciclistas, são soluções para reduzir a poluição derivada dos transportes.

Outra solução passa pela diminuição do estacionamento. O excesso de espaços de estacionamento contribui para o uso do automóvel, contribuindo para os efeitos de *ilha de calor*, e para a poluição das águas pluviais.

- **Medidas a implementar**

1. Escolas localizadas perto de áreas de muito tráfego devem garantir o acesso seguro à escola para os alunos e funcionários que escolhem caminhar ou ir de bicicleta. Para proteger os peões, os passeios ou vias devem prolongar-se até à entrada da escola na via pública;
2. Fornecer ciclo vias para um mínimo de 15% da população escolar;
3. Não acrescentar parque de estacionamento ao já existente;

4. Garantir que 5% do estacionamento existente é preferencial para o programa de partilha de transportes e para veículos eficientes de baixas emissões (e.g. híbridos, bio-diesel, etc.);
5. O estacionamento deve ser de pavimento permeável (cascalho ou pavimentos drenantes).

### **6.2.6 – Água**

O desenvolvimento e a expansão obrigam a consumir cada vez mais água, para rega de jardins e campos recreativos, forçando os aquíferos e rios a ponto escassear a água e provocar mudanças ecológicas.

O uso de água potável para a irrigação pode ser minimizado através da especificação de espécies nativas, plantas que conservam água, reutilização de águas pluviais e utilização de sistemas de irrigação altamente eficientes em locais absolutamente necessários (e.g. campos de jogos).

Para se especificar plantas tolerantes à seca, deve-se primeiro determinar a composição do solo para garantir que este é adequado ao desenvolvimento das plantas seleccionadas. Se for necessária irrigação, deve-se tomar medidas para irrigar durante a madrugada para maximizar a eficiência e minimizar a evaporação.

A fim de reduzir a necessidade de água potável para rega e transporte de esgotos, algumas escolas optam por utilizar os sistemas de captação de águas pluviais como cisternas ou tanques de armazenamento subterrâneo. Estes sistemas complementares podem reduzir significativamente o consumo de água potável pois utilizam a água armazenada em vez da rede municipal ou poços de água potável.

Os sistemas de captação de água devem ser projectados com uma capacidade de armazenamento de água para o transporte de esgotos e/ou irrigação durante um ano típico, caso contrário, o armazenamento de água sobredimensionamento para atender a condições de seca pode sair caro e aumentar os requisitos de manutenção.

Por outro lado, o armazenamento subdimensionando pode simplesmente resultar num sistema que é demasiado pequeno para compensar de forma significativa o consumo de água potável. Para efeito de cálculos de dimensionamento, deve-se ter como base a utilização de recolha de águas pluviais para irrigação de 50% de um campo recreativo durante um ano de pluviosidade média.

Durante a estiagem, os tanques e cisternas de armazenagem subterrânea podem por vezes secar, portanto, é aceitável que estes sistemas sejam conectados aos poços ou fontes de água municipal.



Figura 6.3 - Cisternas de armazenagem de água subterrâneas

- **Medidas a implementar**

1. Desenvolver um orçamento de consumo de água para a rega de campos (recreativos ou de lazer) e ornamentais em conformidade com as regras locais de consumo de água eficiente para rega de campos. Se não houver lei local aplicável, pode seguir o orçamento desenvolvido pela California Department of Water Resources;
2. Reduzir o consumo de água potável para a irrigação de campos recreativos e ornamentais em 50% do orçamento base de consumo de água, através da aplicação de plantações tolerantes à seca; tecnologias de irrigação de alta eficiência; medidores de humidade do solo/sensores de chuva e/ou capturadores de águas pluviais. O uso de água dos poços, águas subterrâneas ou águas superficiais (e.g. lagos, riachos) não contam para a redução do consumo de água;

3. Instalar um sistema de gestão de água para monitorizar o consumo de água dos sistemas exteriores;
4. Reduzir o consumo de água em 20% ou 30%.

Em relação aos sistemas interiores, deve-se aplicar sistemas eficientes de consumo de água potável ou sistemas de águas residuais tratadas (se disponível) para reduzir a quantidade de água potável utilizada para o transporte de esgotos, nomeadamente no transporte de águas negras. As águas residuais tratadas ou águas cinzentas recicladas pelo município ou no local são adequadas para as descargas em sanitários e urinóis, que normalmente produzem as maiores quantidades de águas residuais numa escola.

A California Urban Water Conservation Council (CUWCC) criou um programa em 2003, para testes de performance dos sanitários (MaP – Maximum Performance) para criar uma base de dados dos géneros mais utilizados no mercado, onde já conta com mais de 80 modelos comercializados.

- **Medidas a implementar**

1. Reduzir em 35% a utilização de água potável para esgotos através de sistemas sanitários eficientes ou utilizando águas recicladas;
2. Instalar um sistema de fecho de fornecimento de água para o caso de haver fugas;
3. Instalar um sistema de gestão de água para monitorizar o consumo de água dos sistemas interiores;
4. Reduzir o consumo de água em 20% ou 30%.

### **6.2.7 – Energia**

Escolas com alta eficiência energética poupam dinheiro, preservam os recursos energéticos não renováveis e reduzem as emissões atmosféricas de poluentes e gases com efeito de estufa.

Para garantir que todos os sistemas de energia mantenham a sua performance energética é necessário criar planos de manutenção e formação.

A manutenção envolve um processo de garantia de qualidade rigoroso que garante que a construção e os seus sistemas são projectados, construídos e operados

conforme planeado e que a formação adequada e a documentação necessária para operar e manter o edifício são dadas aos funcionários. Esta formação é extremamente importante para o pessoal de manutenção entender completamente como manter e operar os sistemas de construção. Quando ocorre a rotação de pessoal, a documentação deve ser entregue em mão, a fim de treinar novos membros da equipa.

Uma ferramenta eficaz para alcançar economia energética é a modelagem de energia, uma parte crítica numa abordagem de design integrado. Várias combinações de sistemas de construção podem ser modelados usando software especializado para mostrar os cálculos de retorno para diferentes medidas de poupança de energia. A modelagem de energia mais eficaz é um processo iterativo, isto significa que diferentes combinações de medidas, tais como iluminação natural, sistemas de controlos de AVAC e de outros equipamentos, sistemas de iluminação e equipamentos de recuperação de energia, são modelados para determinar o melhor retorno e minimizar os custos operacionais. A título de exemplo de software de modelagem é o EnergyPlus (o resultado da fusão entre a DOE-2 e Blast), entre outros.

Estes sistemas baseiam-se na ASHRAE/IESNA/ANSI Standard 90.1 – 2004 e incluem factores como a performance do edifício em termos de consumo de energia; a orientação solar; sombreamentos; edifícios de ventilação natural sem sistemas de arrefecimento; energia foto voltaica ou outras fontes de energias renováveis; sistemas de ventilação AVAC e reaproveitamento de calor dissipado dos geradores ou outros sistemas eléctricos.

A escola deve então ser modelada usando o protocolo de cálculos de economia de energia do Capítulo 8 do ECCC – Energy Conservation and Construction Code - para mostrar que o edifício irá atingir no mínimo, menos 20% em custos de energia do que num edifício modelo ECCC, para cargas regulamentadas. As cargas regulamentadas são todas aquelas que não são cargas de “processo”. Estas cargas de processos são definidas no LEED, Versão 2.2 como cargas geradas por equipamentos diversos como, computadores, elevadores, fogões, refrigeração de alimentos e lavandaria. O valor padrão das cargas de processo é de 25% do custo total de energia em projecto, a menos que haja documentação que comprove que irá custar menos.

No entanto, as equipas de projecto também devem considerar medidas que reduzam os carregamentos de processo. Algumas melhorias têm um impacto positivo sobre cargas AVAC de arrefecimento, que fazem parte das cargas regulamentadas. A ventilação natural é a medida mais eficiente, pois é a melhor forma de providenciar ar

exterior para ventilação e garantir o arrefecimento do ar. Estes tipos de reduções de cargas processo podem beneficiar nos cálculos de poupança.

Para atingir estas reduções, os sistemas AVAC devem ser dimensionados e configurados para lidar de forma eficiente com o pico, e condições de carga de projecto, contudo, o mais importante passa pelo sistema ter de operar num modo eficiente de energia durante uma ampla gama de condições de carga parcial, que são estes os intervalos de funcionamento em que os sistemas de AVAC lidam na maior parte do tempo. [38]

- **Medidas a implementar**

1. Projectar a construção para exceder em 20% o ECCC;
2. Interligar os controlos AVAC com o funcionamento das janelas e portas;
3. Projectar 90% das salas de aula sem necessidade de ar condicionado;
4. Manutenção;
5. Utilizar um sistema de gestão de energia e promover a formação dos funcionários responsáveis pela manutenção.

A Massachusetts Technology Collaborate (MTC) apresenta uma lista de medidas para alcançar, no mínimo, os 20% a mais de eficiência energética dos edifícios do que o edifício de base comparável que atenda aos requisitos do ECCC.

**1. Densidade da Potência de Iluminação:** A média de densidade da potência de iluminação instalada não deve exceder 11 Watts/m<sup>2</sup> para toda a escola.

**2. Redução automática de iluminação:** Sistemas de controlo, tais como sensores de ocupação, iluminação temporizada, ou sistemas cronometrados que apaguem as luzes interiores quando os espaços estão desocupados por 15 minutos ou mais devem ser implementados em todos os locais. Fora deste procedimento fica a iluminação de emergência; iluminação de segurança; iluminação de tarefas; espaços com apenas uma luminária e corredores.

**3. Controlos para Iluminação:** interruptores de luz devem ser instalados de modo que permita mais de um nível de iluminação artificial. Todas as divisões que são ocupadas regularmente, fechadas por divisórias até à altura do tecto,

devem ter um controlo manual para permitir que o ocupante consiga reduzir uniformemente, a potência da iluminação em pelo menos 50%. De fora deste procedimento fica a iluminação de emergência; a iluminação de segurança; a iluminação de tarefas; espaços com apenas uma luminária; corredores e instalações sanitárias.

**4. Controlo de iluminação durante o dia:** Incorporar iluminação natural em todo o prédio da escola de tal forma que 15% da potência de iluminação eléctrica esteja desligada quando há luz natural suficiente. De fora deste procedimento fica a iluminação nos teatros; iluminações de especialidades e iluminação de tarefas.

**5. Desempenho das janelas:** O coeficiente de transmissão térmica U das janelas não deve ultrapassar 0,45 para sistemas de janela em alumínio e de 0,35 para os restantes sistemas.

**6. Motores de alta eficiência:** Se for necessário instalar motores iguais ou superiores a 1/2 hp de potência, deve-se optar por motores de alta eficácia, tal como definido pela *National Electrical Manufacturers Association (NEMA)*.

**7. Design dos sistemas mecânicos:** Empregar as melhores técnicas de design para melhorar o desempenho do sistema e atender à norma ASHRAE Standard 55-2004.

Ao dimensionar o equipamento de aquecimento e refrigeração, deve-se executar cálculos de carga utilizando os pressupostos de carga interior que são consistentes com as práticas de design sustentável. Para evitar sobredimensionamento dos sistemas de aquecimento e refrigeração, deve-se usar o projecto real da densidade de potência de iluminação interior e contar com o tipo de envidraçado das janelas.

**8. Dimensionamento e selecção de Caldeiras / queimadores:** Quando o projecto da escola inclui um sistema de caldeiras, o tamanho de cada caldeira não deve exceder 50% da carga de aquecimento projectada para o edifício. Para

queimadores de potência superior a 400 mil Btu/h, devem ser totalmente reguláveis.

As caldeiras são normalmente dimensionadas para atender a perda de calor do edifício e para a carga necessária no sistema de aquecimento em condições de inverno, sem levar em conta as fontes internas de calor, como luzes, equipamentos e pessoas. Isso resulta em caldeiras sobredimensionadas. Caldeiras de grandes dimensões são ineficientes devido a perdas fixas, tais como perdas de calor radiante. As perdas de calor radiante, podem ser tão pouco como 1% em funcionamento a carga máxima, como podem subir de 5% a 20% quando funcionam a carga parcial.

No topo das perdas fixas, as ineficiências também resultam quando as caldeiras entram em “ciclo curto”, o que ocorre quando uma caldeira sobredimensionada rapidamente satisfaz a carga de aquecimento, o que obriga a caldeira a ligar e desligar constantemente. Este efeito reduz a vida útil da caldeira, pois aquece e arrefece muito rapidamente, reduzindo a longevidade das superfícies de troca de calor da caldeira e queimadores.

Os projectos onde a capacidade de cada caldeira é menor do que 300 mil Btu/h ou que usam condensadores não são abrangidos.

**9. Eficiência da caldeira:** Se o sistema de caldeiras funciona a gás, deve ter uma eficiência térmica nominal de pelo menos 80% ou uma eficiência de combustão nominal de pelo menos 83%. Se o sistema é de caldeiras a óleo, as caldeiras devem ter uma eficiência térmica nominal de pelo menos 83% ou uma eficiência de combustão de 85%.

**10. Equipamento de refrigeração eficiente:** Os equipamentos de ar condicionado devem estar em conformidade com a lista desenvolvida pela *Advanced Buildings - Benchmark Versão 1.1, prescriptive criteria* - “Mechanical Equipment Efficiencies Requirements” referentes a terminais de ar condicionado, bombas de calor, etc. O Consórcio de Eficiência Energética (CEE) criou uma listagem de eficiências de bombas de calor, ar condicionado unitário e de unidades de condensação, onde desenvolvem especificações para uso em programas voluntários de eficiência energética.

**11. Sistemas de ventilação com controlo de CO<sub>2</sub>:** Instalar sistemas de ventilação com controlo de CO<sub>2</sub> em áreas de grande volume com ocupação variável, tais como ginásios, refeitórios e auditórios.

Um sistema de ventilação com controlo de CO<sub>2</sub> é uma estratégia de ventilação dos espaços com diferentes níveis de ocupação ao longo do dia, como um refeitório da escola, que pode ser ocupado ocasionalmente durante o dia, excepto nos períodos de almoço, quando a ocupação atinge níveis máximos.

Os sensores de dióxido de carbono instalados nos espaços ocupados medem os níveis de CO<sub>2</sub> no ar, comparam com os níveis de CO<sub>2</sub> no exterior, e ajustam continuamente a quantidade de ar fresco necessária com base no número de pessoas na sala. Quando há mais gente na sala, a taxa de ventilação do ar aumenta, quando há menos, a taxa de ventilação diminui proporcionalmente.

Este método de controlo da ventilação evita o aquecimento e arrefecimento de grandes quantidades de ar exterior quando poucas pessoas se encontram no espaço. Ginásios e auditórios também são exemplos de espaços que podem ter este sistema de ventilação, pois na maioria das vezes, não estão totalmente ocupados.

Neste sistema de ventilação, é fundamental que a colocação dos sensores de CO<sub>2</sub> no exterior esteja afastada de fontes poluentes, o que iria causar uma falsa leitura dos níveis de dióxido de carbono. Em termos de manutenção, os sensores de CO<sub>2</sub> devem ser recalibrados em intervalos de acordo com as recomendações do fabricante. Esta recalibração dos sensores deve ser escrita no manual de manutenção da escola.

Os sistemas com capacidades de ar superior a 1,4m<sup>3</sup>/s que servem áreas com densidade de ocupação média superior a 50 pessoas por 90m<sup>2</sup> devem redefinir automaticamente as taxas de ar exterior com base nos níveis de concentração de CO<sub>2</sub> no espaço, em comparação com o nível de CO<sub>2</sub> ao ar livre. Excluídos deste requisito estão os sistemas com recuperação de calor que têm um mínimo de eficácia do sistema de 50% para a recuperação total de energia ou 65% de recuperação de calor. [38]

**12. Controlo de velocidade variável:** bombas individuais que servem sistemas VAV (Variable Air Volume) com uma potência de motor de 7,5 hp ou maior, devem ter controlos ou outros dispositivos (como controlos da variação de velocidade), que resultem na necessidade, da bomba ou do motor do ventilador, de não mais de 30% da potência a 50% do fluxo de projecto.

### **6.2.8 - Energias Renováveis**

A utilização das energias renováveis geradas no local ajuda a eliminar os impactos ambientais causados pelas perdas de energia na alimentação por fontes remotas e pelas emissões associadas com o transporte de combustível. Além disso, fontes de energia no local podem ser eficazes componentes do currículo escolar, educando os alunos numa ampla variedade de questões energéticas e científicas.

São definidos como geradores de energia renovável os painéis foto voltaicos, as turbinas eólicas, sistemas hidráulicos e tecnologias de baixa emissão de gases como a conversão avançada de biomassa.

Ao considerar as contribuições das tecnologias de energia renovável nas cargas da de energia da escola, é útil saber porquê e onde se dão os maiores consumos de energia. É típico das escolas consumirem 1/3 da sua energia em aquecimento e água quente e pouco abaixo de 2/3 em electricidade. [38]

A produção de energia alternativa no local tem a vantagem de aumentar a diversidade de combustível, reduzindo necessidade de importação deste bem, usando recursos endógenos como a biomassa, o biogás e a energia eólica e solar.

Ao recorrer a estes recursos, as escolas devem avaliar os potenciais efeitos ambientais decorrentes da sua utilização. A combustão de biomassa, por exemplo, pode causar situações em que os produtos da combustão não sejam devidamente dispersos (como resultado da tecnologia do equipamento ou das condições climáticas locais), criando assim um potencial impacto na saúde de alunos, funcionários e membros da comunidade.

As escolas podem utilizar colectores solares térmicos e elementos de design solar passivo para fornecer ar ou água quente para aquecimento, lavatórios, chuveiros, cozinhas e piscinas. Apesar dos sistemas solares térmicos serem mais produtivos nos meses de verão, as tecnologias dos colectores são avançadas o suficiente para trabalhar eficientemente nos meses de inverno e em climas frios.

Os sistemas devem ser instalados com medição líquida. A medição irá interligar o sistema à rede eléctrica municipal. Quando a escola produz mais energia do que consome, o excesso de energia é negociada de volta para a rede. Essencialmente, este processo irá fazer o contador girar ao contrário reduzindo na factura energética.

Como este é um processo recentemente em desenvolvimento, é necessário verificar junto ao fornecedor para determinar as normas vigentes

- **Medidas a implementar**

1. Produzir energias renováveis no local;
2. 5 a 50% do consumo de energia deve ser fornecido por energias renováveis.

### **6.2.9 – Materiais**

Os materiais de construção devem ser de longa duração para reduzir a quantidade de resíduos de construção e de ocupação em aterros e promover a reutilização eficiente de materiais e edifícios.

Os materiais a serem utilizados devem ser escolhidos com base numa análise feita ao custo de ciclo de vida (LCC – Life-Cycle Cost), usando o custo total de propriedade, incluindo custos de manutenção e substituição. As decisões não devem ser apenas baseadas no custo inicial pois existem custos inerentes a essa escolha. Deve-se aplicar uma política de que os edifícios devem durar muito mais tempo do que o necessário para reembolsar o investimento.

Para além do valor monetário dos materiais, é necessário ter em conta outros aspectos como a qualidade de ambiente interior. Os materiais devem contribuir para uma qualidade do ar interior saudável – revestimento, adesivos, ceras, produtos de limpeza, etc. - devem produzir baixas emissões VOC. Para além desta característica, os revestimentos também devem evitar o crescimento de fungos e contaminantes transportados pelo ar.

Contudo, a qualidade do ar não é apenas comprometida através das emissões VOC. Os bolores e o mofo libertam partículas para o ar alterando a qualidade deste e colocando a saúde dos utentes em risco.

Uma vez que muitos tipos diferentes de danos causados pela água podem ocorrer, como humidades e inundações a partir de telhados, janelas, tubos de escoamento ou inundações, torna-se necessário evitar materiais propícios à criação de bolores.

Especificando produtos anti-fungos irá aumentar a durabilidade, reduzindo a frequência de remoção de materiais danificados e consequente reaplicação de novos materiais.

Neste aspecto, a prevenção da migração de humidade através das paredes é criticamente importante para um edifício de alto desempenho. A humidade no interior das paredes pode tornar ineficaz o isolamento e promover o crescimento do bolor, levando ao aumento dos custos de manutenção e comprometendo a qualidade do ar interior.

A selecção de materiais para uma escola deve também corresponder aos padrões de tráfego. Zonas de tráfego elevado nas escolas incluem entradas, corredores de circulação principal, e cafetarias. Zonas de tráfego médio a baixo podem incluir salas de aula, salas de uso especial, ginásios, casa de banho e balneários, salas de reunião e escritórios administrativos. Cada um destes espaços pode exigir piso com atributos específicos.

- **Medidas a implementar**

1. Reutilizar pelo menos 50% da estrutura e envelope existentes;
2. Utilizar materiais reciclados ou salvados para, no mínimo, 5% do edifício;
3. Materiais de baixas emissões VOC e anti-fungos;
4. Reutilizar pelo menos 30% da mobília e equipamentos;
5. Aplicar materiais locais.

#### **6.2.10 - Materiais Sustentáveis**

Reutilizar partes da estrutura e materiais do edifício pode economizar significativamente dinheiro e recursos, reduzindo simultaneamente a quantidade de resíduos de construção. Quando os materiais são reutilizados, os benefícios ambientais começam com a economia de recursos e estendem-se através do ciclo de vida do material. Isso inclui o facto de que menos energia é gasta na extracção, processamento e envio do material para o local.

Dependendo da quantidade de materiais reutilizados, é possível reduzir significativamente os seus custos de construção e materiais. É importante lembrar que a envolvente do edifício irá afectar significativamente muitas e importantes áreas de desempenho, tais como a programação do espaço, desempenho energético, oportunidades de iluminação natural e da qualidade do ar interior. Além disso, devem ser tomadas medidas para assegurar que quaisquer riscos ambientais, como as toxinas, chumbo e amianto foram identificados e a sua remoção foi efectuada.

A percentagem de materiais estruturais reutilizados (fundação, laje, vigas, pilares, etc.) e materiais da envolvente (coberturas e paredes exteriores) deve ser estimada em metros quadrados. A média é usada para determinar a percentagem global de reutilização do edifício.

- **Medidas a implementar**

1. Pelo menos 25% dos materiais de construção têm de cumprir as regras de reciclagem;
2. 5% dos materiais utilizados têm de ser facilmente substituíveis;
3. 20% da madeira utilizada deve ser certificada.

### **6.2.11 – Armazenamento e reciclagem de resíduos**

Logo na programação de ocupação do edifício é necessário projectar zonas na escola onde os materiais recicláveis podem ser manipulados e separados. Para obter orientações sobre estes espaços de armazenagem e manuseio de material reciclável, deve-se consultar a *Califórnia Integrated Waste Management Board's – Recycling Space Allocation Guide*.

As zonas de armazenamento devem permitir uma fácil limpeza, evitando problemas de saúde.

- **Medidas a implementar**

1. Aplicar as normas locais de reciclagem;
2. Projectar áreas facilmente acessíveis dedicadas à colecta e armazenamento de materiais recicláveis.

### **6.2.12 - Reciclagem de resíduos de obra**

O sucesso da reutilização e reciclagem de materiais de construção e demolição é geralmente o resultado de um bom plano de gestão de resíduos e formação no local para os empreiteiros e subempreiteiros.

É necessário desenvolver e especificar um plano de gestão de resíduos que identifica:

1. A quantidade percentual de resíduos inertes de construção e demolição a reciclar, deve ser de pelo menos 50% de todos os materiais;
2. A desconstrução e estratégias e processos de reciclagem/reutilização, por exemplo, a programação das diferentes fases de desconstrução para melhor remover materiais recicláveis ou recuperáveis;
3. Os meios de comunicação no local orientando os empreiteiros e subempreiteiros sobre o quê, como, quando e onde se pode reciclar;
4. Transportadores e transformadores licenciados de materiais recicláveis;
5. Documentos necessários para demonstrar o desvio de resíduos, por exemplo, bilhetes de peso para todos os resíduos retirados do local, incluindo materiais reciclados e recuperáveis;
6. Um método para colectar todos os dados de reciclagem de resíduos e organizar uma auditoria das taxas de reciclagem alcançadas no projecto.

### **6.2.13 – Conforto ambiental**

O conforto ambiental é essencial para o bom funcionamento de uma escola de alta performance, proporcionando o ambiente ideal para a boa educação. São vários os factores que influenciam este parâmetro.

Resumindo esses factores que influenciam o conforto ambiental descritos no capítulo 5:

- Iluminação natural e visibilidade;
- Iluminação artificial;
- Qualidade do ar interior;
- Acústica;
- Conforto térmico.

## **6.3 – Princípios de sustentabilidade a garantir durante a fase de reabilitação**

### **6.3.1 - Gestão de águas pluviais**

A erosão provocada pelo vento e pela precipitação é um problema sobre os locais de construção. Este factor leva à degradação da propriedade e à sedimentação de cursos de água locais. Deve-se aplicar medidas de mitigação para proteger o solo durante a construção e reduzir os impactos negativos na água e na qualidade do ar.

De modo a evitar a erosão deve-se estabilizar os solos expostos através da estabilização química (pastas para o solo), coberturas com inertes, plantações, relvado, rugosidade do solo, aplicação de geotêxtil ou controle de poeira.

O controlo de sedimentação deve ser feito Instalando controlos de perímetro: diques temporários de desvio, corta ventos, barreiras de arbustos, cercas ou colocação de seixo estabilizado (brita, etc.) nas entradas da construção.

Durante a fase de construção deve-se limitar as áreas de solos expostos, faseando a devastação e a limpeza, se possível, preservando a vegetação natural. A drenagem das águas pluviais deve ser feita por vias de escoamento.

- **Medidas a implementar**

1. Controlar a erosão e sedimentação para reduzir os impactos negativos sobre a água e qualidade de ar;
2. Controlar a sedimentação.

### **6.3.2 - Qualidade do ar interior (IAQ)**

Durante a reabilitação existem riscos que comprometem a qualidade do ar interior, pois é uma actividade que gera grandes quantidades de substanciais, poeiras, gases, fumos e outros poluentes.

São necessários procedimentos de contenção para evitar a contaminação de longa duração devido a materiais de construção, bem como contaminação cruzada de áreas ocupadas com áreas em reabilitação. ASHRAE Standard 62,1-2007 descreve as melhores práticas para usar durante a construção e arranque do sistema de climatização. O engenheiro de projecto deve rever este ponto da norma e garantir que todos os

requisitos aplicáveis são atendidos. Há uma série de requisitos que se aplicam a inicialização do sistema, incluindo a substituição dos filtros utilizados no sistema durante a construção.

Antes de iniciar a construção, a escola deve preparar um plano de gestão da qualidade do ar interior para aplicar durante esta fase. Este deve ser baseado no *LEED-NC Reference Guide Version 2.2: IEQ sections*.

- **Medidas a implementar**

- 1. Protecção contra bolores**

Os materiais de construção, especialmente madeira, materiais porosos como o isolamento, papel e tecido, devem ser especificados para serem mantidos secos para evitar o crescimento de fungos e bactérias. Durante a reabilitação, é necessário cobrir estes materiais para evitar danos causados pela chuva, e se apoiado no chão, garantir a circulação de ar entre o solo e os materiais. No espaço de armazenagem deve-se garantir a drenagem do local.

Criar um cronograma para que as entregas de materiais que são susceptíveis ao crescimento do bolor sejam instalados após o recinto estar estanque. Materiais danificados pela água devem ser secos em 24 horas. Devido à possibilidade de mofo e bactérias, os materiais que estejam húmidos ou molhados mais de 24 horas podem ter de ser descartados.

Todos os materiais que apresentem sinais de mofo e bolor, incluindo manchas de humidade, devem ser retirados e eliminados correctamente.

- 2. Filtros**

Providenciar filtros específicos para os sistemas AVAC durante a construção e substituí-los imediatamente antes da ocupação do edifício.

- 3. Ventilação**

Ventilar continuamente durante a instalação dos materiais que emitem VOC e após a instalação dos materiais, até pelo menos 72 horas ou até que as emissões se dissipem. A ventilação deve ser feita directamente para o exterior do edifício e não para outros espaços fechados que estão ocupados.

Se a ventilação contínua não é possível usando as janelas abertas e ventiladores temporários, então o sistema AVAC do edifício pode ser utilizado em plena exaustão desde que tenha filtros de MERV 8 ou, mais meios de filtração instalados em cada grade de retorno de ar.

#### **4. Aspiração de partículas**

Aspirar diariamente carpetes ou outras superfícies macias com um filtro de partículas de alta eficiência HEPA (High Efficiency Particulate Arrestor).

Os filtros HEPA são compostos de uma esteira de fibras dispostas aleatoriamente. As fibras são geralmente compostas de fibra de vidro e possuem diâmetros entre 0,5 e 2,0 micrómetro. Os principais factores que afectam a função são: o diâmetro da fibra; espessura do filtro e velocidade nominal. O espaço de ar entre as fibras do filtro HEPA é muito maior do que 0,3  $\mu\text{m}$ . Os filtros HEPA são projectados para agarrar poluentes e partículas muito menores.

#### **5. Protecção das condutas**

Desligar o sistema de ventilação e proteger o sistema AVAC de infiltração de poeira durante actividades que produzam pó (por exemplo, a instalação de contraplacados ou lixar piso de madeira). Se necessário, deve-se providenciar ventilação temporária.

Se for projectado um novo sistema de condutas, deve-se seguir as orientações SMACNA "*Duct Cleanliness for New Construction Guidelines*" de acordo com níveis avançados de limpeza

Se as condutas tiverem pó ou sujidade, esta deve ser imediatamente removida antes de colocar o sistema a funcionar. Para remover e limpar a sujidade dos sistemas AVAC e das condutas deve-se utilizar apenas produtos destinados a este tipo de sistemas e que sejam registados pela EPA.

#### **6. “Flushout” do edifício**

O flushout é um processo para remover os COV do edifício através do sistema AVAC a funcionar com 100% do ar exterior durante um período de tempo.

Antes do flushout, os filtros devem ser substituídos por filtros de pelo menos MERV 10 e substituídos novamente logo após o processo com filtros de igual valor.

Para os sistemas de ventilação independentes, deve-se instalar filtros de MERV 7 ou superior e, após o flushout, substituir por filtros de MERV 7.

O uso de 100% de ar exterior destina-se a remover os odores e compostos orgânicos voláteis (COV) que se acumulam durante o processo de construção. Este processo vai evitar que as partículas continuem a circular em todo o edifício.

Após a conclusão das obras, e com todos os acabamentos interiores instalados, executa-se o processo de flushout activando a ventilação continuamente durante 24 horas com todas as unidades na sua posição de captação máxima do ar exterior durante pelo menos 14 dias, mantendo uma temperatura superior a 16 ° C, e com humidade relativa não superior a 60%. Para as escolas com ventilação natural, deve-se utilizar exaustores temporários e ventiladores para melhorar o processo durante os 14 dias.

Se o edifício estiver a ser ocupado ao mesmo tempo que é reabilitado, o processo de flushout é em tudo similar, contudo é necessário que se garanta que a temperatura e humidade relativa dos espaços ocupados se mantenham de acordo com a ASH-RAE Standard 55-2007.

### **6.3.3 - Manutenção**

Os edifícios de alto desempenho são saudáveis e eficientes estruturas ambientalmente sensíveis, cujo desempenho pode ser significativamente afectado se o edifício não for concebido de acordo com as especificações dos projectistas. A manutenção é um rigoroso processo de garantia de qualidade administrado por um grupo de conhecedores (terceiros ou não) que verifica se os elementos fundamentais de construção e sistemas são projectados, instalados e calibrados para funcionar como pretendido, garantindo a responsabilização contínua e optimização do desempenho energético do edifício ao longo do tempo.

- **Medidas a implementar**

1. Os serviços de manutenção devem ser realizados por um terceiro independente. A empresa pode ser contratada por uma entidade que não seja o proprietário, como o arquitecto, a equipe de engenharia, ou o gerente de construção, mas deve apresentar-se simultaneamente ao proprietário e ao titular do contrato.

2. Desenvolver a intenção do projecto e com base em documentos de design: o arquitecto e o engenheiro de projecto são as pessoas mais adequadas para a criação deste documento, que deverá enumerar os requisitos do proprietário e a intenção do projecto para cada um dos sistemas ou recursos a serem encomendados. A empresa tem de rever este documento e fornecer uma cópia ao proprietário.
3. Todos os requisitos de manutenção devem ser integrados nos documentos da construção e especificar claramente as responsabilidades e tarefas a serem executadas. De particular importância é a documentação que especifica as responsabilidades do proprietário; testes de desempenho funcional; formação dos ocupantes e operadores e na criação do manual de Operações de Manutenção (O&M).
4. O plano de manutenção deve incluir uma lista de todos os equipamentos e sistemas a ser fiscalizados; delimitação de papéis para cada um dos participantes primários e detalhes sobre o objectivo, cronograma e resultados ao longo do processo de manutenção.
5. Verificar a documentação das instalações; desempenho funcional; treino e Operações de Manutenção, para cada sistema. A empresa deve ser responsável pelos seguintes sistemas de construção críticos:
  - Controlos de iluminação (luz do dia, a ocupação, interruptores temporizados, etc.);
  - Os sistemas de AVAC (tais como o aquecimento, refrigeração, sistemas de ventilação e seus controlos) em condições reais de operação;
  - Sistemas de águas quentes sanitárias;
  - Sistema de Gestão de Energia;
  - Sistemas de energias renováveis;
  - Sistemas especiais, tal como cozinhas, piscinas, etc;
  - Sistemas de alimentação de emergência.
6. O relatório de manutenção deve mostrar que os sistemas do edifício estão de acordo com a intenção do projecto e especificações; foram correctamente instalados; estão a operar como esperado e que a documentação das operações e manutenção e da formação esteja correcta. O relatório deve incluir uma compilação de toda a documentação descrita acima,

incluindo resultados de testes funcionais, e deve ter descrito todos os itens que não foram resolvidos até ao momento em que o relatório é emitido.

A manutenção é extremamente rentável ao longo da vida de um edifício. Com base na experiência em 2003-2004, a manutenção normalmente adiciona cerca de 0,25% a 0,5% para os custos de construção de um projecto. [40]

## **6.4 – Princípios de sustentabilidade a garantir durante a fase de utilização**

### **6.4.1 - Formação**

A empresa de manutenção contratada pela escola deve verificar que a formação sobre o funcionamento e manutenção dos sistemas do edifício são realmente eficazes. Isto deve incluir um guia completo de manutenção para os funcionários e um guia do utilizador para todas as salas de aula. A formação é um passo essencial para proteger a qualidade ambiental interna e manter o desempenho energético superior.

- **Medidas a implementar**

1. Fornecer informações detalhadas sobre as operações de manutenção de todos os equipamentos e produtos usados na escola, escrito especificamente para os funcionários de manutenção da instituição;
2. Criar um "Guia do Utilizador" das salas de aula para professores e pessoal da administração explicando como operar a iluminação ambiente e sistemas de AVAC;
3. Apresentar uma breve introdução para todos os funcionários da escola, e então fazer uma formação para funcionários de manutenção. A formação deve incluir a interacção dos equipamentos operacionais juntos como um sistema.

### **6.4.2 - Operações de Manutenção**

Estas operações servem para fornecer instrumentos úteis que garantam que a escola continua a funcionar como projectado.

Para tal, é necessário desenvolver planos para todos os sistemas presentes no edifício escolar. Dentro desses planos estão objectivos como; proteger a saúde dos estudantes e do pessoal durante a ocupação; especificar equipamentos energéticos eficazes para minimizar as cargas de energia e os custos operacionais; reduzir as emissões de transportes urbanos e outros veículos em marcha lenta no local da escola; a adopção de características inovadoras de alto desempenho ou a adopção de políticas significativas que realmente representam as melhores práticas de sustentabilidade e/ou de saúde ambiental e segurança.

- **Medidas a implementar**

- **Plano de Energia**

A escola deve desenvolver um plano energético, incluindo procedimentos para ocupantes do edifício e qual o seu papel na minimização do uso de energia. O Plano de Energia deve incidir sobre o comportamento dos ocupantes da escola, incluindo directores, funcionários, professores e alunos, no que diz respeito à energia.

A mais importante ferramenta de gestão de custos energéticos é um Plano de Energia bem concebido pela escola, que define claramente as expectativas para o desempenho do edifício. De particular interesse é a importância do estabelecimento de procedimentos para minimizar o consumo de energia durante os períodos desocupados ou nos momentos em que o espaço escolar é utilizado por grupos da comunidade durante os períodos após o funcionamento escolar.

O sistema de benchmarking numa escola pode ser um dos métodos mais simples e facilmente disponíveis para ajudar a manter uma escola a funcionar de maneira eficiente. O benchmarking aplicado a consumos e custos energéticos mostra como uma escola está em funcionamento em comparação com seus pares - e com dados de vários anos de serviço público - mostrando o quão bem funciona uma escola de ano para ano.

Bons sistemas de benchmarking contam com as variações anuais meteorológicas e com o uso de energia por metro quadrado por ano. O serviço de benchmarking NYSERDA (disponível gratuitamente a partir NYSERDA) também acompanha as mudanças na electricidade e no combustível de aquecimento por metro quadrado e por aluno.

- **Plano de gestão do ambiente interior**

A escola deve desenvolver uma política formal para implementar o EPA's Tools for Schools Program ou outros programas de saúde equivalentes. Deve-se designar um funcionário treinado como responsável deste programa. O programa da EPA é destinado a identificar, tratar e prevenir problemas de qualidade do ar interior nas escolas.

É sabido que a prevenção e o planeamento global para os problemas do ar interior saem muito menos dispendioso para uma escola do que uma abordagem de reacção a crises. O *Tools for Schools Kit* fornece um conjunto básico de operações de manutenção e orientações que ajudarão a evitar problemas de IAQ nas escolas.

Estas ferramentas estabelecem responsabilidades e canais de comunicação claros para que os problemas do ar interior possam ser prevenidos e/ou rapidamente identificados e resolvidos. Além disso, podem ser utilizadas para tratar a saúde ambiental e outras condições de segurança que possam surgir.

É importante ter políticas formais e funcionários com experiência em IAQ prontos para atender a queixas periódicas da qualidade do ar que eventualmente podem surgir, mesmo em locais bem projectados.

- **Programa de Certificação de Operador do Edifício**

A certificação de operador do edifício é um programa de formação projectado para educar os funcionários sobre eficiência energética e recursos e ensinar como se opera e se mantém os sistemas do edifício.

Esta formação abrange os seguintes tópicos:

- Sistemas do edifício no geral;
- Técnicas de Conservação de Energia;
- Sistemas de AVAC e controlos;
- Princípios da Iluminação Eficiente;
- Saúde e Segurança Ambiental;
- Qualidade do Ar Interior;
- Sistemas eléctricos.

A escola deve desenvolver uma política formal que exija um mínimo de dois funcionários de manutenção a ser treinados através de um programa reconhecido, como o *Building Operator Certification Program*, ou equivalente [38].

- **Plano de Manutenção**

A manutenção regular é extremamente importante para o funcionamento e desempenho das escolas. Cada escola tem necessidades exclusivas de manutenção, mas devem investir em funcionários e recursos suficientes para garantir que os sistemas de construção da escola continuem a operar como foram concebidos.

Escolas de alto desempenho não devem ser de manutenção intensiva comparando com as outras escolas. No entanto, todos os edifícios e sistemas de construção exigem manutenção preventiva.

As escolas devem planejar as tarefas de manutenção preventiva e investir fundos suficientes para a manutenção das instalações. A elaboração de um plano de manutenção, execução do orçamento ou aquisição de um Sistema de Gestão da Manutenção Computadorizada (*CMMS – Computerized Maintenance Management System*) exigirá um compromisso com a formação de pessoal.

Um plano de manutenção inclui todas as tarefas regulares de manutenção agendadas e a sua frequência ao longo da vida útil do sistema de construção ou de equipamentos. Estas tarefas incluem limpezas, calibrações, substituições de componentes, e inspecções em geral.

Um plano de manutenção, com a documentação necessária é um excelente ponto de partida e uma referência para o desenvolvimento deste. O plano deve incluir os custos dos funcionários e dos materiais para cada tarefa de manutenção e deve definir claramente quem é responsável por executar cada tarefa, a sua frequência e a gestão global das actividades.

O plano de manutenção deve incluir:

- O sistema de AVAC deve ser inspeccionado pelo menos anualmente, e os problemas encontrados durante esta inspecção devem ser corrigidos dentro de um prazo razoável. Sistemas de ar condicionado devem ser inspeccionados duas vezes por ano - antes da estação de arrefecimento e, novamente, após a temporada de frio;

- Inspeções e manutenção de sistema AVAC devem ser documentadas por escrito. A pessoa responsável pela supervisão de manutenção das instalações, deve registar o nome da pessoa (s) que inspecciona e faz a manutenção dos sistemas, a data da inspeção e manutenção, e os resultados específicos e medidas tomadas. O responsável deve assegurar que os registos sejam conservados durante pelo menos cinco anos;
- Calibração de todos os sensores que fazem parte do sistema AVAC de forma rotineira, incluindo sensores de CO2 nos sistemas que o exijam. Os sensores devem ser calibrados de acordo com as instruções dos fabricantes;
- Meios para monitorar e resolver quaisquer problemas de IAQ;
- Formação contínua para a manutenção do pessoal.

O plano também deve incluir um inventário de todos os equipamentos da escola, novos ou renovados e as suas necessidades de manutenção preventiva. O inventário deverá abranger os seguintes sistemas: AVAC e outros sistemas de climatização; canalização; iluminação; controlo de sistemas de construção; sistemas de segurança e sistemas de coberturas.

- **Limpeza**

Uso adequado de substâncias menos tóxicas, pelo menos nos produtos de limpeza, que tenham a mesma função e utilidade que os produtos mais tóxicos e tradicionais é fundamental para o sucesso de uma escola de alto desempenho e contribui significativamente para a qualidade do ar interior [38].

- **Controlo de pragas**

As paredes exteriores, fundações, coberturas, telhados, divisórias, tectos interiores em áreas de armazenamento de alimentos, preparação de alimentos e áreas de disposição, devem cumprir com um plano de controlo de pragas, e incluir elementos de design para tornar mais difícil a propagação de pragas no edifício:

- Bloquear todas as aberturas da envolvente maiores do que 0,6cm por 1cm para impedir o acesso de animais maiores como ratos ou aves. No

caso de a abertura ser de entrada/saída de ar deve-se usar cobre ou uma malha inoxidável; caso não seja, pode também betonar as aberturas;

- Para excluir os insectos maiores (por exemplo, baratas) usar uma tela de 0,3cm ou simplesmente vedar;
- Para excluir insectos menores é necessário vedar fendas maiores que 0,15cm;
- Manter os arbustos a três metros dos edifícios;
- Manter as fachadas planas de modo que os pombos não possam se alojar;
- Escolher caixotes do lixo que são fáceis para as pessoas abrirem e fecharrem, e coloca-los a 15m dos edifícios;
- Todas as superfícies da cozinha devem ser fáceis para desengordurar.

Um plano de controlo adequado, especificado para ser uma abordagem menos tóxica, reduz a necessidade de aplicar sprays químicos ou armadilhas para controlar as populações de pragas. Um bom plano elimina comida, água e abrigo de pragas, diminuindo assim a probabilidade destas entrarem nas instalações da escola.

O controlo de alimentos e sua restrição a locais apropriados nas instalações também ajuda a diminuir estes problemas e aumenta a qualidade do ar interior, através da eliminação de contaminantes de pragas e agentes de controlo químico.

- **Plano de O&M informatizado (CMMS)**

A melhor prática para a gestão da manutenção preventiva é o CMMS (*Computerized Maintenance Management System*). Existe software independente ou com serviços de internet [38].

O CMMS permite ao gestor das instalações e seus subordinados, acompanhar a situação dos trabalhos de manutenção, qual o custo inerente a estes e a mão-de-obra necessária para cada tarefa. Este sistema fornece relatórios da gestão de recursos, criando indicadores de performance para avaliar a eficácia das operações planeadas visando a redução de custos da manutenção das instalações.

## **6.5 – Síntese do Capítulo**

Neste capítulo desenvolveu-se uma contribuição para que a reabilitação de edifícios escolares se torne num processo mais sustentável, uma vez que a própria actividade de reabilitação pode si só, já é considerada uma acção que contribui para a sustentabilidade geral.

Contudo, para que este processo aumente os seus níveis de sustentabilidade ambiental, económica e social, não se podem adoptar apenas algumas soluções, dispersas pelas diferentes fases que compõem o processo de reabilitação. É necessário que em todas as fases sejam tomadas medidas que contribuam para a minimização do consumo de recursos, para a maximização da reutilização de recursos, para a protecção do ambiente natural, para a criação de um ambiente saudável e para o desenvolvimento da qualidade do ambiente construído.

O quadro 6.2 em anexo sintetiza os parâmetros de sustentabilidade a ter em conta, consoante a fase do processo de reabilitação.

## 7 – Conclusões

O processo de avaliação da reabilitação de edifícios escolares é um tema em desenvolvimento por diversas instituições e governos nos países subscritores de protocolos e tratados ambientais. Esta acção decorre da procura de sistemas e processos que avaliem a conformidade dos edifícios com os objectivos do desenvolvimento sustentável.

No que respeita à actual existência destes sistemas, pode concluir-se que a generalidade dos países ditos desenvolvidos atenta já na necessidade de desenvolver os seus próprios processos e sistemas de certificação.

Na presente dissertação foram analisados e estudados os sistemas de certificação existentes no Reino Unido – BREEAM; Estados Unidos – LEED e CHPS; França – HQE; Japão – CASBEE; Portugal – LIDERA e o sistema GBC desenvolvido actualmente por um consórcio internacional.

Deste modo pôde concluir-se que, de uma maneira geral, com mais ou menos incidência em algumas das áreas de avaliação, estes sistemas tendem a sistematizar critérios no âmbito da protecção do ambiente e dos recursos naturais, dos impactes da construção na sua envolvente, do conforto e bem-estar dos utilizadores e dos impactes socioeconómicos da construção nos respectivos países.

Por outro lado, as metodologias para a certificação da reabilitação escolar por parte destes sistemas são semelhantes, uma vez que estabelecem listas e fichas de critérios por áreas de avaliação e no final são classificados conforme o seu desempenho, de acordo com a soma de critérios obtidos.

No decorrer deste trabalho foi possível verificar que o parque escolar português caracteriza-se pela degradação generalizada dos edifícios. Grande parte dos edifícios escolares não responde às necessidades de conforto térmico dos seus ocupantes, levando à necessidade de equipamentos adicionais para melhoria do conforto ambiental no interior das instalações. A falta de aproveitamento da iluminação natural devido à concepção arquitectónica dos edifícios contribui também para o aumento dos consumos de energia que, agregando ainda a incorrecta utilização de equipamentos eléctricos e de iluminação artificial, contribui para um maior consumo de energia.

Os edifícios escolares caracterizam-se também, pela sua ineficiência hídrica, pela sua fraca qualidade do ar interior, pelo insuficiente conforto acústico e pela reduzida durabilidade, bem como deficiente manutenção.

Conclui-se que a maioria dos problemas correntes das escolas deve-se sobretudo à idade avançada destes, à sua incapacidade de responder às exigências de conforto ambiental actuais, à sua obsolescência devido à evolução dos programas de ensino e à inexistência ou ineficácia de programas de manutenção das instalações.

Verificou-se também que o sector da construção consome uma elevada quantidade de recursos e materiais de construção, os quais possuem uma significativa energia incorporada e provocam uma substancial emissão de gases. Além disso, este sector produz ainda uma percentagem bastante significativa de resíduos, cuja valorização e reciclagem tem sido menosprezada.

A alteração dos processos de concepção, construção, reabilitação e demolição do ambiente construído, aproximando-os aos conceitos de sustentabilidade, pode permitir melhorias significativas no desempenho ambiental e económico dos países e na qualidade de vida da população.

Pode então concluir-se, que a reabilitação dos edifícios escolares existentes é, além de uma necessidade, a via mais rápida e eficaz para que o parque escolar construído atinja maiores níveis de sustentabilidade. Além disso, a própria reabilitação é por si só uma actividade sustentável, uma vez que ao mesmo tempo que melhora as condições de habitabilidade no interior dos edifícios, reduz também os impactes ambientais originados pela construção nova e pelas demolições, reduzindo a extracção de matérias-primas e produção de resíduos. Reforça ainda o facto que a reabilitação permite a conservação do património histórico e cultural, mantendo presente a identidade e a história de um local.

Contudo, para solucionar os problemas correntes do parque escolar existente é necessário que o processo de reabilitação não se restrinja à parte física e estrutural dos edifícios, resolvendo apenas as anomalias visíveis. A reabilitação tem de ser vista e entendida como um processo global, que deve abranger e resolver todas as características negativas de cada edifício e da sua envolvente ao longo de todo o seu ciclo de vida.

A nível nacional o plano de reabilitação governamental está bem orientado por parte da Parque Escolar – EPE e já apresenta frutos provenientes de uma boa imple-

mentação de critérios de avaliação sustentável como referido no relatório da OCDE/CELE.

Uma vez que o parque escolar nacional apresenta uma vasta heterogeneidade nos sistemas de construção, e sendo o edifício escolar, assim como outros edifícios, um sistema complexo com muitas variáveis, concentrei este tema na área dos edifícios que leccionam o ensino secundário, de modo a enquadrar com o plano de reabilitação vigente. Deste modo, a proposta de reabilitação apresentada, deve ser compreendida neste universo.



## 8 – Desenvolvimentos futuros

A temática tratada ao longo da presente dissertação é vasta e claramente não se restringe ao trabalho desenvolvido.

Existe uma preocupação eminente na adaptação das instalações escolares às mudanças no crescimento demográfico, ao processo dinâmico de introdução de novas tecnologias e mesmo à mudança dos currículos e didáticas aplicadas.

Devido à contínua evolução de sistemas de construção, ventilação, iluminação e tecnológicos, tornando-os mais eficientes e “amigos” do ambiente, leva a uma constante reavaliação dos parâmetros de conforto sempre com o intuito de melhorar as condições ambientais do edifício. Neste contexto é necessário garantir que são oferecidas as melhores condições de funcionalidade, conforto, segurança e salubridade aos alunos, docentes e demais agentes do sistema educativo de instalações escolares.

Por último, parece ainda pertinente que pudesse vir a desenvolver-se um sistema de avaliação e certificação da Reabilitação Sustentável de Edifícios Escolares a nível nacional, devido à heterogeneidade do parque escolar em Portugal. O sistema de reconhecimento da construção sustentável português - LiderA, inclui as construções novas e as grandes reabilitações, no entanto os sistemas americanos como o CHPS, baseado no LEED, já estão unicamente centrados nos edifícios escolares contribuindo assim para uma maior sustentabilidade destas instalações.



## 9 – Referências Bibliográficas

- [1]. Comissão Europeia: Cidades Europeias Sustentáveis. (Visitado em Março 1996) Disponível em: <http://ec.europa.eu/environment/urban/pdf/exsum-pt.pdf>
- [2]. European Environment Agency: Relative gaps between EU Kyoto and burden-sharing targets and projections for 2010 for EU Member States, EU candidate countries and other EEA member countries. In: European Environment Agency. (Visitado em Dezembro 4, 2007) Disponível em: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/relative-gaps-between-eu-kyoto-and-burden-sharing-targets-and-projections-for-2010-for-eu-member-states-eu-candidate-countries-and-other-eea-member-countries>
- [3]. Edwards, B.: O guia básico para a sustentabilidade., Barcelona (2008)
- [4]. Sustentare - Consultoria em Sustentabilidade, Lda: Construção Sustentável. In: ACEGE. (Visitado em Março 7, 2008) Disponível em: <http://www.acege.pt/blogs/blogsustentare/Lists/Categories/Category.aspx?Name=Constru%C3%A7%C3%A3o>
- [5]. Ribeiro, J.: Política Energética na U.E. e em Portugal. In: Economia Portuguesa. (Visitado em Fevereiro 02, 2010) Disponível em: <http://economieportuguesa.blogspot.com/2010/02/politica-energetica-na-ue-e-em-portugal.html>
- [6]. Lamberts, R., Dutra, L., Pereira, F.: Eficiência Energética na Arquitectura., São Paulo (1997)
- [7]. Pinheiro, M.: Ambiente e Construção Sustentável., Amadora (2006)
- [8]. Duarte, D., Gonçalves, J., Mülfarth, R.: Publicações. In: Viva o centro. (Visitado em Dezembro 2007) Disponível em: <http://www.vivaocentro.org.br/publicacoes/urbs/urbs44.pdf>
- [9]. Addis, B., Talbot, R.: Sustainable Construction Procurement: A Guide to Delivering Environmentally Responsible Projects, Construction Industry Research and Information Association., London (2001)
- [10]. WBGD - Whole Building Design Guide: Design Guidance. In: WBGD. (Visitado em Julho 22, 2010) Disponível em: <http://www.wbdg.org/design/sustainable.php>

- [11]. BCSD Portugal - Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável: Reabilitação e Construção Sustentável. In: BCSD. (Visitado em Janeiro 10, 2005) Disponível em:  
<http://www.bcsdportugal.org/content/index.php?action=articlesDetailFo&rec=128>
- [12]. Couto, A., Couto, J., Teixeira, J.: Desconstrução - Uma Ferramenta para a sustentabilidade da construção. In : NUTAU, Guimarães (2006)
- [13]. VERLAG DASHÖFER - Construir online: Reabilitação de Imóveis. Solução para a crise no sector da Construção? In: construironline - biblioteca online de construção. (Visitado em Julho 30, 2009) Disponível em:  
<http://construironline.dashofer.pt/?s=artigos&v=artigo&a=16>
- [14]. Appleton, J.: Renovar com Sustentabilidade. In : Congresso LiderA 09 - Novas oportunidades para a Construção Sustentável, Lisboa (2009)
- [15]. Silva, V.: Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: Directrizes e base metodológica. (Visitado em 2003) Disponível em:  
[http://www.fec.unicamp.br/~vangomes/Download\\_Tese/](http://www.fec.unicamp.br/~vangomes/Download_Tese/)
- [16]. CABE: The Value of good Design. (Visitado em 2002) Disponível em:  
<http://www.cabe.org.uk/files/the-value-of-good-design.pdf>
- [17]. CABE: Creating excellent secondary schools: A summary for clients., Londres (2007)
- [18]. DCSF: Climate Change and Schools. In: Department for Children, Schools and Families. (Visitado em 2010) Disponível em:  
<http://publications.education.gov.uk/default.aspx?PageFunction=viewtoptenproducts&PageMode=publications&Type=TopTen&>
- [19]. U.S. Green Building Council: Green Existing Schools Toolkit. In: USGBC. (Visitado em 2010) Disponível em:  
<http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=2114>
- [20]. Resolução do Conselho de Ministros n.º1/2007: Programa de modernização do parque escolar do Ensino Secundário. In: Governo de Portugal. (Visitado em Janeiro 03, 2007) Disponível em:  
[http://www.portugal.gov.pt/pt/GC17/Governo/Ministerios/ME/Documentos/Pages/20070103\\_ME\\_Doc\\_Parque\\_Escolar\\_Secundario.aspx](http://www.portugal.gov.pt/pt/GC17/Governo/Ministerios/ME/Documentos/Pages/20070103_ME_Doc_Parque_Escolar_Secundario.aspx)

- [21]. Parque Escolar - E.P.E: Relatório de Sustentabilidade. In: Parque Escolar. (Visitado em 2008) Disponível em: <http://www.parque-escolar.pt>
- [22]. Parque Escolar - E.P.E.: Programa de Modernização das Escolas do Ensino Secundário. In: Parque Escolar. (Visitado em Abril 29, 2008) Disponível em: <http://www.parque-escolar.pt>
- [23]. Heitor, T., Nunes, J., Ferreira, J., Gago, A., Proença, J., Freitas, V., Botelho, P.: Reabilitação do Parque Escolar - Sessão sobre a experiência de reabilitação desenvolvida pela Parque Escolar EPE no âmbito do Programa de Modernização do Parque Escolar com Ensino Secundário. In : Reabilitar 2010 - Conservação e Reabilitação de Estruturas, Lisboa (2010)
- [24]. Intervenção da Ministra da Educação no lançamento do Programa de Modernização das Escolas Secundárias: Lançamento do Programa de Modernização das Escolas Secundárias. In: Governo de Portugal. (Visitado em March 19, 2007) Disponível em: [http://www.portugal.gov.pt/pt/GC17/Governo/Ministerios/ME/Intervencoes/Pages/20070319\\_ME\\_Int\\_Modernizacao\\_Escolas\\_Secundarias.aspx](http://www.portugal.gov.pt/pt/GC17/Governo/Ministerios/ME/Intervencoes/Pages/20070319_ME_Int_Modernizacao_Escolas_Secundarias.aspx)
- [25]. GEPE/ME e INE: 50 Anos de Estatísticas de Educação - Vol. I,II e III. In: Gabinete de Estatística e Planeamento da Educação. (Visitado em Outubro 2009) Disponível em: <http://www.min-edu.pt/outerFrame.jsp?link=http://www.gepe.min-edu.pt/>
- [26]. José Romano Arquitectos: Parque Escolar EPE. Arquitectura 21 (2009)
- [27]. Almeida, R., Forrester, A., Gorey, A., Hostens, G.: OECD/CELE Review of the secondary school modernisation programme in Portugal. (2009)
- [28]. Pinheiro, M.: Sistema voluntário para a sustentabilidade dos ambientes contruídos (v. 2.0)., Lisboa (2010)
- [29]. Silva, V.: Indicadores de sustentabilidade de edifícios: estado de arte e desafios para desenvolvimento no Brasil., Campinas - SP - Brasil (2006)
- [30]. Blower, H., Azevedo, G.: A influência do Conforto Ambiental na Concepção da Unidade de Educação Infantil: Ua Visão Multidisciplinar. (s.d.)
- [31]. California Energy Commission: Recommended Best Design Practices for All New Public Schools., California - USA (2003)
- [32]. Corbella, Yannas: Em busca de uma arquitectura sustentável para os trópicos. (2003)

- [33]. Soares, I.: Projecto de Reabilitação Sustentável: Um estudo sobre escolas em Lisboa., Lisboa (2007)
- [34]. CHPS Inc. e Massachusetts Technology Collaborative: Massachusetts High Performance Green Schools Guidelines., Westborough (2006)
- [35]. CHPS Inc.: California Criteria for High Performance Schools: Best Practices Manual, Vol. III., California (2009)
- [36]. Lqai - Laboratório de Qualidade do Ar Interior: Informação. In: Lqai. Disponível em: [http://paginas.fe.up.pt/~lqai/lqai\\_info02.html](http://paginas.fe.up.pt/~lqai/lqai_info02.html)
- [37]. CHPS Inc.: Washington Sustainable Schools Protocol., Washington (2006)
- [38]. CHPS Inc.: New York High Performance Schools Guidelines., CHPS Inc., New York (2007)
- [39]. U.S. Green Building Council: LEED for Schools: for New Construction and Major Renovations., EUA (2007)
- [40]. U.S. Green Building Council: LEED 2009 For Schools New Construction and Major Renovations., EUA (2010)
- [41]. Veicht, J.: Proceedings, First Canadian Building and Health Workshop. (2008)
- [42]. Frey, L., Sotoudeh, S., Stillhardt, S.: A Baseline Survey for Sustainable Developmente of the Deki Lefay Coomunity, Eritrea., Tereiro, Berne, Switzerland (1997)
- [43]. Roders, A., Erkelens, P., Post, J.: "Uma reabilitação consciente", 2ª Encontro Nacional sobre patologia e reabilitação de edifícios. (s.d.)
- [44]. John, V., Silva, V., Agopyan, V.: Agenda 21: Uma proposta de discussão para o Construbusiness. In : ANTAC - Encontro Nacional e I Encontro Latino Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, Canela (2001)
- [45]. Cóias, V., Fernandes, S.: Reabilitação Energética dos Edifícios: Porquê? In : Fórum da Energia; O futuro da energia, as energias do futuro, p.Sessão 4 (2006)
- [46]. ANSI/ASHRAE 55-2004. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, Estados Unidos (2004)

- [47]. Andrade, M.: Avaliação dos métodos de cálculo de iluminação natural através de aberturas zenitais., Santa Maria, RS, Brasil (2004)
- [48]. Lamberts, R., Dutra, L., Pereira, F.: Eficiência Energética na Arquitectura, 2ª ed. (2004)
- [49]. Ferreira, C.: Construção Nova, Reabilitação de Edifícios e Construção Sustentável., Porto (2009)
- [50]. Pinheiro, M.: Construção sustentável - Mito ou Realidade? In : VII Congresso Nacional de Engenharia do Ambiente, Lisboa (2003)
- [51]. Van der Like, R., Meehan, P.: Project Management Guide for Schools., Washington - US (2009)
- [52]. Pearce, A., DuBose, J., Vanegas, J.: Rehabilitation as a Strategy to Increase the Sustainability of the Built Environment.
- [53]. Building Educational Success Together - BEST: High Performance School Buildings for all Children., US
- [54]. Silva, N.: O Sector da Energia num Futuro Sustentável - A Política Energética da União Europeia. In : Seminário da Associação de Municípios do Oeste, Caldas da Rainha (2007)
- [55]. Pinho, A., Aguiar, J.: Reabilitação em Portugal: A mentira denunciada pela verdade dos números! Arquitecturas (2005)
- [56]. Public Technology, Inc.: Sustainable Building Technical Manual: Green Building Design, Construction and Operations., Estados Unidos (1996)
- [57]. Kats, G.: The Costs and Financial Benefits of Green Buildings: A Report to California's Sustainable Building Task Force. (2003)
- [58]. Lamberts, R., Carlo, J.: Uma discussão sobre a regulamentação de eficiência energética em edificações., Santa Catarina - Brasil
- [59]. CHPS Inc.: Directions for Completing the CHPS Scorecard. (2009)
- [60]. CHPS Inc.: Indoor Air Quality, CHPS Criteria: Low-Emitting Materials Credit.
- [61]. Parque Escolar - E.P.E.: Enquadramento Histórico. In: Parque Escolar. Disponível em: <http://www.parque-escolar.pt/m-enquadramento-Historico-parque-escolar.php>

- [62]. LiderA: Principais Principios do LiderA. In: LiderA. Disponível em:  
<http://www.lidera.info/?p=MenuPage&MenuId=15>
- [63]. The Presidio: Environmental and Planning Documents. In: The Presidio Trust. (Visitado em 2010) Disponível em:  
<http://www.presidio.gov/trust/documents/environmentalplans/>
- [64]. DCSF: Evidence of impact of sustainable schools. In: Department for Children, Schools and Families. (Visitado em 2010) Disponível em:  
<http://www.teachernet.gov.uk/publications>
- [65]. Van der Like, R., Meehan, P.: Green Existing Schools Implementation Workbook., Washington (2009)
- [66]. CHPS - Collaborative for High Performance Schools: FAQ's on CHPS's Professional Design Program. In: CHPS. (Visitado em 2010) Disponível em:  
<http://www.chps.net/dev/Drupal/node/221>
- [67]. Edwards, B.: Towards a Sustainable Architecture. European directives and Building Design., Oxford (1999)
- [68]. Floret, A., Afonso, D.: Arquitectura Sustentável e Reabilitação, Quercus Ambiente nº28. In: Jornal Quercus. Disponível em:  
<http://jornal.quercus.pt/scid/subquercus/defaultarticleViewOne.asp?categorySiteID=357&articleSiteID=956>
- [69]. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território: Resíduos de Construção e Demolição. In: Agência Portuguesa do Ambiente. (Visitado em September 28, 2010) Disponível em:  
<http://www.apambiente.pt/politicasambiente/Residuos/fluxresiduos/RCD/Paginas/default.aspx>
- [70]. Córias, V.: Reabilitação e Sustentabilidade: Uma visão empresarial. In : A sustentabilidade e a Reabilitação, Aveiro, p.22 (2008)
- [71]. Sustentare, Consultoria em Sustentabilidade Lda.: Construção Sustentável. Sustentare Lda (2007)
- [72]. Agência Portuguesa do Ambiente, Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente - FCT/UNL: Sistemas de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável - SIDS Portugal., Lisboa (2007)
- [73]. Nóvoa, A.: Liceus de Portugal. Edições Asa, Lisboa (2003)

## 10 – Anexos

Quadro 6.2 – Síntese dos parâmetros de sustentabilidade consoante a fase de vida útil do edifício

Implantação da reabilitação	Localização	Projecção do edifício
		Desenvolvimento próximo de zonas húmidas
		Adaptabilidade e flexibilidade
		Reduzir a "pegada ecológica"
	Gestão de águas pluviais	Plano de prevenção da poluição por águas pluviais
		Evitar erosão
		Evitar sedimentação
		Reduzir superfícies impermeáveis
		Captação da água para uso interno do edifício
	Superfícies exteriores	Instalar coberturas "frescas" ou ajardinadas
		Proporcionar sombra para 30% das superfícies (excepto coberturas)
		Criar infra-estruturas para dimensionamento do jardim consoante o número de alunos
	Iluminação exterior	Apenas instalar iluminação para segurança e conforto
		Criar controlos de fácil acesso
		Utilizar dispositivos de corte de luz
	Transportes	Fornecer ciclo vias para 15% da população escolar
		Minimizar o estacionamento e garantir 5% de estacionamento preferencial
		Criar estacionamento com pavimento permeável
	Água	Estabelecer e cumprir com o orçamento de consumo de água
		Reduzir em 50% o consumo de água potável para irrigação de campos recreativos ou ornamentais
		Reduzir em 35% o consumo de água potável para transporte de águas negras
		Instalar um sistema de monitorização de consumo de água
	Energia	Reduzir o consumo de água potável em pelo menos 20%
		Projectar a construção para exceder em pelo menos 20% o ECCC
		Interligar os controlos do sistema AVAC com o funcionamento das janelas e portas
		Manutenção
		Utilizar sistema de gestão de energia e promover formação dos funcionários responsáveis pela manutenção
	Energias renováveis	Projectar 90% das salas sem necessidade de ar condicionado
		Produzir energias renováveis no local
	Materiais	Aplicar as normas locais de reciclagem e criar espaços dedicados à reciclagem
		Reutilizar pelo menos 50% da estrutura e envelope do edifício
		Reutilizar no mínimo 5% dos materiais do edifício
		Aplicar materiais locais
		Aplicar materiais de baixas emissões VOC e anti-fungos
	Materiais sustentáveis	Reutilizar 30% da mobília e equipamentos
		No mínimo 25% dos materiais de construção têm de cumprir as regras de reciclagem
		5% dos materiais utilizados têm de ser facilmente substituídos
	Armazenamento e reciclagem de resíduos	20% da madeira utilizada deve ser certificada
		Aplicar normas locais de reciclagem
	Gestão de resíduos de obra	Projectar áreas dedicadas à colecta e armazenamento de materiais recicláveis
Criar um plano de gestão de resíduos		
Parâmetros de conforto ambiental	Reciclar pelo menos 50% dos materiais	
	Iluminação natural e visibilidade	
	Iluminação artificial	
	Qualidade do Ar Interior	
	Acústica	
	Conforto Térmico	

Fase de Construção	Gestão de águas pluviais	Controlar a erosão e sedimentação
		Minimizar o escoamento
		Tratar o escoamento
	Qualidade do Ar Interior	Protecção contra bolores
		Filtros
		Ventilação
		Aspiração de partículas
		Protecção de condutas
	"Flushout" do edifício	
	Manutenção	Contrato a terceiros
Conformidade com o projecto		
Lista de equipamentos		
Verificar documentação das instalações		
Fase de utilização	Formação	Promover formação dos funcionários responsáveis pela manutenção
		Criar o "Guia do Utilizador"
	Operações de Manutenção	Plano de Energia
		Plano de gestão do ambiente
		Programa de certificação do operador do edifício
		Plano de manutenção
		Limpeza
		Controlo de pragas
		Plano de operações e manutenção informatizado