

Projeto de Arquitectura Sustentável
Focado no Utilizador
Aplicação do Sistema LiderA

Gabriela d'Almeida

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Arquitectura
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Moreira Pinto
Co-Orientador: Prof. Doutor Manuel Pinheiro

Covilhã, Junho de 2012

Estudo, manjar d'alma

“Recomeça. . .
Se puderes,
Sem angústia e sem pressa.
E os passos que deres,
Nesse caminho duro
Do futuro,
Dá-os em liberdade.
Enquanto não alcances
Não descanses.
De nenhum fruto, queiras só metade.”

Miguel Torga, Diário XIII

Agradecimentos

Gostava de em primeiro lugar apresentar os meus mais sinceros agradecimentos aos meus orientadores, Prof. Doutor Moreira Pinto¹ e Prof. Doutor Manuel Pinheiro² pelo apoio, pelas recomendações e sugestões, pelas críticas construtivas e pela partilha de informações e de conhecimentos, que contribuíram significativamente para o meu desenvolvimento pessoal e profissional e para a concretização, com sucesso, da presente dissertação de mestrado.

Ainda que uma dissertação de mestrado seja, pela sua natureza, um trabalho individual, existem sempre contributos diversos, individuais e institucionais, em relação aos quais gostava de apresentar os meus mais sinceros agradecimentos. Gostava, assim, de agradecer ao Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura (DECA) e à Universidade da Beira Interior (UBI) pelos meios, materiais e humanos, colocados à minha disposição durante todo o processo de elaboração do presente trabalho.

Endereço, com elevada estima e consideração, uma palavra de agradecimento à *Câmara Municipal de Sever do Vouga*, na pessoa do Senhor Vereador Dr. António Coutinho, pela disponibilidade demonstrada na aceitação de colaboração no desenvolvimento do projeto do *Centro Escolar de Sever do Vouga*, que serve de estudo de caso e de base à presente dissertação de mestrado. Agradeço igualmente à sua equipa que prontamente disponibilizou os dados necessários para o desenvolvimento do projeto, que colaborou no esclarecimento de várias questões técnicas que foram surgindo ao longo do processo e que disponibilizou tempo para as diversas reuniões de trabalho. Agradeço ao Eng. João Rua, da empresa

¹Professor do Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura da Universidade da Beira Interior

²Professor do Departamento de Engenharia Civil do Instituto Superior Técnico

SINTESE Consultoria em Planeamento, Lda., pela sua contribuição na disponibilização da informação cartográfica e da proposta para o plano de urbanização do local de implantação do edifício.

Por fim, mas não menos importante, gostava de dirigir uma palavra de apreço a toda a minha família, pelo apoio e motivação que demonstraram durante o período de elaboração deste trabalho e, em particular à minha mãe e à minha cara metade pelo auxílio na leitura e correção ortográfica e gramatical do documento final, assim como, por todo o apoio demonstrado ao longo de todo o meu percurso académico. Gostava de agradecer a todos aqueles que não mencionei mas que, de algum modo, directa ou indirectamente, contribuíram para que este trabalho fosse possível.

Gabriela d'Almeida

Resumo

A presente dissertação de mestrado apresenta os conceitos e as estratégias de arquitetura sustentável e bioclimática, contextualiza-as e relaciona-as com os sistemas de avaliação da sustentabilidade na construção, concretamente com o Sistema LiderA, que servem, em conjunto, de charneira para a elaboração do projeto de arquitetura do Centro Escolar de Sever do Vouga, estudo de caso prático, de modo a que este resulte num projeto sustentável, tendo o utilizador como elemento de medida central - o que significa que as soluções adotadas se focam na procura do conforto do utilizador do objeto arquitetónico. Na elaboração do projeto de arquitetura destaca-se o estudo e a adoção de soluções de energia solar passiva - orientação ótima do edifício - aproveitamento da energia da radiação solar, criação e localização estratégica dos espaços verdes da envolvente exterior - zonas de aclimatização - zona verde de proteção do edifício dos ventos dominantes e da radiação solar direta.

De acordo com a avaliação de sustentabilidade do edifício, realizada através do Sistema LiderA, as soluções adotadas conferem ao edifício a classificação final global de **A**.

A utilização deste tipo de ferramentas no projeto de arquitetura, desde a sua fase embrionária, de conceção, até à construção do objeto arquitetónico, revela-se de vital importância na obtenção de um meio edificado sustentável, onde o utilizador realiza as suas atividades de um modo confortável e onde a sua produtividade tende a ser ótima.

Palavras-chave

arquitetura bioclimática, arquitetura sustentável, Centro Escolar, conforto, desenvolvimento sustentável, sustentabilidade, Sistema LiderA, utilizador.

Abstract

This masters dissertation presents the concepts and strategies of sustainable and bioclimatic architecture, contextualizing and relating them to the construction sustainability evaluation systems, specifically with the LiderA System, together they serve as a hinge to create and design the Scholar Centre of Sever do Vouga, the practical case study, so that it results in a sustainable design, with the user as part of the central measure - which means that the adopted solutions must seek creating comfort conditions to the users of the architectural object.

The project process stands out the study and adoption of passive solar energy solutions - optimal orientation of the building - use of solar radiation, creation and strategic location of green spaces in the outside surrounding areas - acclimatization areas - green areas as building's protection shields from prevailing winds and direct sunlight radiation.

According to the evaluation of sustainability of the building, held by LiderA System, the adopted solutions give the building a final rate of **A**.

The use of such tools in the architectural design since its conception stage until the construction of the architectural object appears to be of vital importance in achieving a sustainable built environment, where the user carries out their activities in a comfortable way and where their productivity tends to be optimal.

Keywords

bioclimatic architecture, sustainable architecture, scholar centres, comfort, sustainable development, sustainability, LiderA system, user.

Conteúdo

Agradecimentos	v
Resumo	vii
Abstract	ix
Lista de Acrónimos	xix
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento Teórico	1
1.2 Objetivos do Estudo	7
1.3 Metodologia de Investigação	7
1.4 Organização da Dissertação	8
2 Estado da Arte	11
2.1 Arquitetura e o Utilizador	11
2.2 Arquitetura Sustentável	14
2.2.1 Conceitos e estratégias de arquitetura sustentável e bioclimática .	17
2.3 Sistemas de Avaliação de Sustentabilidade	46
2.4 Escolas e Sustentabilidade	48
2.4.1 Perfil de uma Escola	48
2.4.2 Casos de Estudo de Escolas	50

3	Projeto de Arquitetura Sustentável	61
3.1	Sistema LiderA	61
3.1.1	Vertentes e Áreas	62
3.1.2	Critérios e Níveis de Desempenho	63
3.1.3	Ponderação	64
3.2	Projeto de Arquitetura e as suas Fases	66
3.2.1	Programa Preliminar	68
3.2.2	Programa Base	70
3.2.3	Projeto Base (Projeto de Licenciamento)	74
3.3	O Papel do Utilizador e Contributo para a Sustentabilidade	78
3.3.1	Utilizador e Sustentabilidade	78
3.3.2	Utilizador da Escola e a sua Operação	80
4	Caso de Estudo	81
4.1	Contextualização	81
4.2	Projeto	81
4.2.1	O Local	81
4.2.2	Programa	82
4.2.3	A Proposta	84
5	Discussão dos Resultados	113
6	Conclusões	117

Lista de Figuras

1.1	Os cinco pilares da sustentabilidade	6
1.2	Os 4 R's da sustentabilidade	6
2.1	Sou Fujimoto - Arquétipos na arquitetura [19]	13
2.2	Carta Bioclimática de Olgyay [44]	16
2.3	Ciclo de vida de um edifício [44]	17
2.4	Carta de conforto da Ashrae [44]	21
2.5	Movimento do Planeta Terra [26]	27
2.6	Influência da atmosfera na intensidade da radiação solar [26]	28
2.7	Radiação global e necessidades térmicas de climatização e água quente [26]	29
2.8	Armazenamento térmico e picos de temperatura [26]	30
2.9	Esquema de um sistema de ganho direto de energia da radiação solar [26]	31
2.10	Análise do isolamento térmico [26]	32
2.11	Esquema de um sistema de ganho indireto de energia da radiação solar [26]	33
2.12	Possíveis tipos de paredes de acumulação térmica [26]	34
2.13	Influência das cores numa fachada Poente [26]	34
2.14	Esquema de uma estufa [26]	36
2.15	Tipos de estufas [26]	36
2.16	Posicionamento da estufa [26]	37
2.17	Esquema de proteção de uma estufa [26]	38
2.18	Esquema da orientação de um edifício [26]	39

2.19	Desempenho térmico de uma cobertura plana convencional Vs. desempenho térmico de uma cobertura verde [26]	42
2.20	Esquema da estrutura e exemplo de uma cobertura verde de tipo extensiva [44]	42
2.21	Esquema da estrutura e exemplo de uma cobertura verde de tipo intensiva [44]	43
2.22	Benefícios e exemplo de uma fachada verde [35]	44
2.23	Escola Primária de Kingsmead [8]	51
2.24	Planta da Escola Primária de Kingsmead [8]	52
2.25	Iluminação natural da Escola Primária de Kingsmead [8]	53
2.26	Materiais da estrutura da Escola Primária de Kingsmead [8]	53
2.27	Jardins de inverno da Escola Primária de Kingsmead [8]	54
2.28	Opinião dos utilizadores da Escola Primária de Kingsmead [8]	54
2.29	Escola Primária Notley Green [8]	55
2.30	Planta da Escola Primária de Notley Green [8]	56
2.31	Iluminação natural na Escola Primária Notley Green [8]	57
2.32	Materiais utilizados na Escola Primária Notley Green [8]	57
2.33	Isolamento na Escola Primária Notley Green [8]	58
2.34	Opinião dos utilizadores da Escola Primária Notley Green [8]	59
3.1	Estrutura das vertentes e áreas do sistema LiderA [12]	63
3.2	Níveis de desempenho do sistema LiderA [12]	63
3.3	Ponderação em “%” para as 22 áreas [12]	65
3.4	Ponderação em “%” das vertentes [12]	65
3.5	Fases de um empreendimento e a aplicação do Sistema LiderA [12]	67
3.6	Principais etapas de projeto segundo a Portaria Nº 701 – H/2008, de 29 de Julho (Anexo I - art. 1º) e aspetos a considerar para cada etapa [12].	67
3.7	Elementos a considerar no Programa Preliminar [12]	70
3.8	Elementos a considerar no Programa Base [12]	73
3.9	Elementos a considerar no Programa Base (continuação) [12]	76

3.10 Elementos a considerar no Programa Base (continuação) [12]	77
4.1 Local de implantação	82
4.2 Zona climática, segundo RCCTE [5]	84
4.3 Temperatura e humidade relativa mensal do concelho de Sever do Vouga às 15 horas	85
4.4 Intensidade mensal dos ventos dominantes	85
4.5 Carta Bioclimática de Olgyay para o concelho de Sever do Vouga	86
4.6 Esquema da organização do espaço	87
4.7 Paleta de cores para as superfícies envidraçadas orientadas a Sul	88
4.8 Interior e exterior das fachadas envidraçadas orientadas a Sul	88
4.9 Bloco administrativo	89
4.10 Bloco do refeitório	90
4.11 Estudo do conceito para a vedação	91
4.12 Bloco das atividades comuns	91
4.13 Entrada do Centro Escolar	92
4.14 Áreas de circulação e recreio	92
4.15 Cobertura verde do tipo extensivo	93
4.16 Relação interior - exterior	94
4.17 Esquema da orientação/distribuição do Centro Escolar	96
4.18 Sombreamentos nas fachadas orientados a Sul	98
4.19 Esquema do dimensionamento da pala de sombreamento do vão envidraçado do refeitório para um ângulo de 40°	100
4.20 Toldo para sombreamento do vão envidraçado do refeitório	101
4.21 Zona verde exterior contígua à biblioteca e à sala polivalente	102
4.22 Vãos envidraçados zenitais - clarabóias	103
4.23 Sistema de isolamento térmico pelo exterior [41]	104
4.24 Pavimento com elevada inércia térmica [41]	105
4.25 Ganhos diretos de energia da radiação solar	105
4.26 Sistema de ganhos solares indiretos - efeito de estufa	106

4.27	Proteção do edifício dos ventos dominantes	106
4.28	Sistema de ventilação natural do espaço interior	108
4.29	Avaliação de sustentabilidade - Sistema LiderA	111

Lista de Tabelas

2.1	Temperatura operativa ótima [44]	21
3.1	Correspondência entre princípios e vertentes no Sistema LiderA [12]	62

Lista de Acrónimos

AQS	Água Quente Sanitária
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
BUS	Building Use Studies
CMSV	Câmara Municipal de Sever do Vouga
DECA	Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura
GBTTool	Green Building Tool
HQE	Haute Qualité Environnementale des Bâtiments
IPA	Inovação e Projetos em Ambiente
IST	Instituto Superior Técnico
LED	light-emitting diode
LEED	Leadership in Energy & Environmental Design do USGB
LiderA	Sistema Voluntário para Avaliação da Construção Sustentável LiderA (Liderar pelo Ambiente)
MEC	Ministério da Educação
ONU	Organização das Nações Unidas
PDM	Plano Diretor Municipal
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

SGMEC	Secretaria Geral do Ministério da Educação
SIG	Sistema de Informação Geográfica
UBI	Universidade da Beira Interior
UTA	Unidade de Tratamento de Ar
UTL	Universidade Técnica de Lisboa
VOC	Volatile Organic Compounde

Capítulo 1

Introdução

1.1 Enquadramento Teórico

Desde o início dos tempos que a habitação surge como “abrigo” do Homem, perante as situações hostis do meio ambiente e como proteção face às condições climáticas adversas. Segundo Olgyay [28], as condicionantes climáticas devem ser usadas a favor da construção do habitat, aproveitando todos os recursos naturais que proporcionem conforto humano. É necessário ter presente que a Arquitetura tem como elemento de medida o Homem e, como tal, deve promover condições de salubridade e conforto, nomeadamente térmico, nos edifícios para que os seus ocupantes possam desenvolver as mais variadas atividades, permitindo uma maior qualidade de vida sem que o seu organismo seja submetido a fadiga e a “stress” térmico. Quando as condições de conforto ambiental são boas, é possível verificar que a produtividade dos ocupantes dos edifícios melhora em cerca de 15%. Do mesmo modo, quando o meio edificado é atrativo, para além de facilitar o desenrolar das funções aí albergadas, cria no utilizador um sentimento de pertença que altera positivamente o seu comportamento, criando uma relação de harmonia com o meio edificado e com as outras pessoas [41].

Durante séculos a construção das habitações foi realizada de forma empírica, tendo como base o conhecimento adquirido por via da experimentação da relação entre o clima, forma do edifício, os materiais de construção disponíveis no local e o bem-estar físico do in-

divíduo.

Este tipo de preocupações chegou até à arquitetura moderna, finais do século XIX e princípios do século XX, onde os arquitetos, ao projetarem os seus edifícios, se preocupavam com a insolação, a iluminação e ventilação naturais. No caso de edifícios públicos, como blocos de escritórios e escolas, este tipo de premissas era fundamental.

Com a Revolução Industrial, principalmente a partir do século XX, a arquitetura do ferro e do vidro, em que as grandes superfícies envidraçadas levavam a altas temperaturas interiores no verão e grandes perdas térmicas no inverno, a maior distribuição de riqueza e o abaixamento do preço da energia, com origem nos combustíveis fósseis, leva à substituição, em massa, dos procedimentos naturais - passivos, por sistemas ativos, relegando para segundo plano séculos de conhecimento - o que hoje se denomina de arquitetura bioclimática.

A *Conferência de Estocolmo*, realizada em 1972, organizada pela *Organização das Nações Unidas (ONU)*, denominada de “Primeira Conferência Mundial sobre o Homem e o Meio Ambiente”, representa a primeira atitude mundial na tentativa de organizar as relações entre o Homem e o Meio Ambiente. Nesta altura, a comunidade científica já detetava e previa graves problemas futuros relacionados com a poluição atmosférica provocada pela indústria. Neste mesmo século acreditava-se que o meio ambiente constituía uma fonte de recursos inesgotável. No entanto, problemas ambientais foram surgindo, e.g., seca de lagos e rios e o efeito ilha de calor.

Em 1973, a primeira crise de petróleo impulsiona a procura, por parte dos governos, de fontes de energia alternativas e a adoção de medidas de redução de consumo energético, de forma a mitigar a sua dependência dos combustíveis fósseis importados e consequentemente a exposição externa das suas economias. No entanto, com o avançar da década, a importância dessas medidas foi-se desvanecendo e a sua adoção diminuindo. Quando surge a segunda crise de petróleo, em 1979, a necessidade de poupar energia já tinha sido esquecida uma vez mais.

É apenas no final dos anos 80, do século XX, que se intensificam as preocupações com as questões ambientais globais, impulsionadas por força de descobertas científicas relevan-

tes, solidamente fundamentadas, que demonstram a relação entre a destruição da camada de Ozono e o seu efeito no aquecimento global do Planeta Terra e a sua implicação no degelo dos glaciares e nas alterações climáticas globais, consubstanciadas por fenómenos observáveis e mensuráveis, tais como: alterações do nível médio das águas do mar, alterações nas correntes marítimas e as diversas implicações nos ecossistemas a nível mundial e pelas cada vez mais frequentes e nefastas chuvas ácidas e outras catástrofes naturais [22]. Em 1987 a *Comissão Brundtland* elabora um relatório intitulado “O nosso futuro comum”, onde aparece definido pela primeira vez o conceito de desenvolvimento sustentável – “desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades.” [24]. Segundo este relatório algumas das medidas propostas foram: a garantia de recursos básicos (água, alimentos, energia) a longo prazo, a preservação da biodiversidade e dos ecossistemas, a diminuição do consumo de energia e desenvolvimento de tecnologias com uso de fontes renováveis e a implementação de um programa de desenvolvimento sustentável pela ONU [39].

A ECO92, *Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente e o Desenvolvimento*, que se realizou no Rio de Janeiro em 1992, tinha como principal objetivo encontrar meios de conciliar o desenvolvimento socio-económico com a conservação e proteção do meio ambiente. Surgem como resultado desta conferência instrumentos como a *Declaração do Rio sobre o Ambiente e Desenvolvimento*, a *Convenção da Diversidade Biológica*¹, a *Convenção das Mudanças Climáticas*² e a *Agenda 21*³ [24].

Em 1997, com o *Protocolo de Kyoto*, as metas relativas à redução dos níveis de emissões de gases que causam o efeito de estufa tornam-se mais concretas. Este protocolo assinado por diversos países, incluindo Portugal, define como principal objetivo a redução global de

¹Convenção que obriga os Estados envolvidos a realizar um inventário das espécies de animais selvagens e plantas em vias de extinção que se encontrem nos respectivos territórios.

²Convenção que exige às Nações envolvidas que reduzam as suas emissões de dióxido de carbono (CO₂), metanos e outros gases que possam contribuir para o aumento da degradação da camada de Ozono.

³Programa global que tem como objetivo o estudo de soluções socio-económicas, sendo um plano de ação que pode ser assumido tanto ao nível global como local.

5,2% das emissões de gases que contribuem para o efeito de estufa, ou seja, uma redução de cerca de 8% para a União Europeia dos 15, comparativamente aos níveis de emissões de 1990 no período 2008 – 2012 [30].

A *Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas de Copenhaga*, realizada em 2009, teve como objetivo a elaboração de um acordo para substituir o *Protocolo de Kyoto*, após 2012. No entanto, a COP15, assim designada, viu-se rodeada de grandes polémicas, sendo considerada um fracasso político. O documento redigido na *Conferência de Copenhaga* não é vinculativo, nem estabelece qualquer tipo de compromisso no que concerne à redução de emissões de gases causadores do efeito de estufa, apenas sendo referido que as medidas a serem tomadas devem manter qualquer aumento de temperatura global abaixo de 2 °C [38].

Em 19 de Maio de 2010 é publicada a Directiva 2010/31/EU do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia, relativa ao desempenho energético dos edifícios, que define para 2020 a redução em 20% da emissão de gases causadores do efeito de estufa em relação aos níveis de 1990, uma quota de 20% da energia primária com proveniência de fontes renováveis e uma redução de 20% do consumo energético [15].

O setor da construção apresenta-se como um setor-chave para a redução das emissões, para a atmosfera, de gases que contribuem para o efeito de estufa. O meio edificado consome cerca de 42% da energia final, só em aquecimento e iluminação, representando a maior quota individual de utilização de energia, dos quais 70% referem-se apenas ao aquecimento, sendo responsável pela produção de cerca de 35% de todas as emissões de gases com efeito de estufa [32]. No entanto, mais de 50% deste consumo pode ser reduzido através de medidas de eficiência energética [30]. A aplicação de soluções de energia passiva no meio edificado, nomeadamente em fase de projeto, mas não só, pode representar um contributo significativo para essa redução.

As pessoas passam, em média, 80 a 90% do seu tempo no interior de edifícios, por isso, a utilização de metodologias incorretas na sua conceção e construção podem ter consequências negativas na saúde e no bem-estar dos seus ocupantes.

A incorporação dos princípios da sustentabilidade na construção pode fazer a diferença

nos objetivos que se pretendem cumprir, com destaque para a eficiência energética e a preservação de recursos naturais, bem como a utilização de novas tecnologias e a aplicação de materiais com menor impacte ambiental⁴.

Segundo Alejandro Laurina, a sustentabilidade resulta do equilíbrio entre cinco pilares fundamentais [24].

Responsabilidade social criação de um processo de desenvolvimento sustentado por uma determinada civilização que propõe uma maior equidade no que diz respeito à distribuição da riqueza.

Responsabilidade económica formas de atuação que visem um melhor aproveitamento de recursos, a procura de energias renováveis substitutas do petróleo, a elaboração de projetos com viabilidade económica e a preocupação com a redução do nível de custos de obra - construção e manutenção do edificado.

Responsabilidade ecológica forma de actuação com o objetivo de limitar o consumo de recursos que não são renováveis - provenientes de reservas finitas, redução de emissões de gases que contribuem para o efeito de estufa, redução de resíduos e poluição e construção de edifícios com o menor impacte ambiental possível - maior consciencialização ecológica.

Responsabilidade espacial contribuição para uma melhor distribuição territorial dos assentamentos humanos e atividades económicas e para uma distribuição rural-urbana mais equilibrada.

Responsabilidade cultural deve incluir aspetos relacionados com a procura de técnicas, materiais e processos de modernização que facilitem o aparecimento de soluções específicas para o local, o ecossistema, a cultura e a área.

⁴Efeito produzido por atividades humanas sobre o ambiente nos seus diferentes aspetos (ecológico, social e económico)



Figura 1.1: Os cinco pilares da sustentabilidade

Outro princípio intimamente relacionado com a sustentabilidade, é o princípio dos 4 R's: reduzir, reabilitar, reutilizar e reciclar. Relacionado com estes princípios está todo o conceito de desenvolvimento sustentável.



Figura 1.2: Os 4 R's da sustentabilidade

Nas últimas décadas tem-se verificado, a nível mundial, um crescente despoletar de iniciativas sociais e organizacionais insurgindo-se contra o atual modelo de desenvolvimento em que assentam as maiores economias do mundo, cujo pilar fundamental é o crescimento económico. Começa a colocar-se em causa, por especialistas de várias áreas, cientistas, economistas, etc., e até mesmo pela própria classe política, a fragilidade e a insustentabilidade de tal modelo. Não é possível ter um modelo cuja base é o crescimento num planeta cujos recursos naturais são limitados - a satisfação das necessidades das gerações futuras, a manter-se o atual rumo, poderá estar definitivamente comprometida.

O setor da construção civil é de extrema importância no panorama económico mundial, representando, conseqüentemente, um elevado impacte ambiental - maiores exigências em termos de requisitos energéticos, como referido anteriormente, é responsável por cerca de 58% da utilização dos recursos naturais e gera cerca de 50% dos detritos [24].

Deste modo, urge tomar a iniciativa da mudança do paradigma arquitetónico mundial. Cabe aos intervenientes envolvidos nas diversas fases da cadeia de valor do desenvolvimento imobiliário e nas suas diversas modalidades, desenvolvimento, construção, reabilitação ou reconstrução de um edifício apresentar as melhores soluções técnicas, e realizar os projetos de acordo com as melhores boas práticas da arte, atualmente ao seu dispor, para que os projetos resultem globalmente sustentáveis.

1.2 Objetivos do Estudo

A presente dissertação de mestrado tem como objetivo principal desenvolver um conjunto de abordagens aplicadas que permitam a elaboração de um projeto de arquitetura sustentável e bioclimática focado no utilizador, ou seja, tendo como enfoque central o seu conforto, nomeadamente térmico.

Os objectivos secundários compreendem:

- Avaliação do desempenho do projeto final do edifício, desenvolvido como estudo de caso, de acordo com o sistema LiderA, com enfoque nos parâmetros relacionados com o(s) utilizador(es);
- Estudo da viabilidade de aplicação de estratégias de arquitetura sustentável e bioclimática durante a fase de projeto do estudo de caso, “Centro Escolar de Sever do Vouga”.

1.3 Metodologia de Investigação

A metodologia de investigação seguida para a elaboração da presente dissertação de mestrado é caracterizada por duas vertentes. Uma primeira vertente teórica, a qual con-

siste numa revisão bibliográfica, onde são explorados os principais conceitos, as principais estratégias e soluções utilizadas correntemente nos projetos de arquitetura sustentável e bioclimática, de modo a promover a melhoria dos parâmetros de conforto para o utilizador do meio edificado. E, posteriormente, uma segunda vertente mais prática, onde os conceitos estudados na primeira são aplicados a um estudo de caso - *Centro Escolar de Sever do Vouga* - tendo como diretriz, no decorrer do seu processo de desenvolvimento, o Sistema LiderA, como ferramenta base. Posteriormente, e numa fase final, são apresentados e interpretados os resultados obtidos, são apresentadas as conclusões finais do estudo, as sugestões para futuras pesquisas.

1.4 Organização da Dissertação

A dissertação de mestrado encontra-se dividida em seis capítulos. O primeiro capítulo consiste na introdução ao tema abordado e desenvolvido ao longo de toda a dissertação, caracterizando-se por um enquadramento teórico do mesmo, contextualizando-o do ponto de vista histórico, político, socio-económico, ideológico, artístico e técnico, justificando a escolha do tema de investigação. São também, neste capítulo, especificados os objetivos a alcançar com o desenvolvimento do presente trabalho, bem como, a metodologia de investigação utilizada e a organização do próprio documento final, que serve de suporte escrito, documental, ao trabalho realizado.

No segundo capítulo é realizada a revisão bibliográfica. É neste capítulo onde se faz o ponto de situação em relação ao estado da arte, através de uma revisão da literatura existente sobre o tema da dissertação, em relação aos conceitos subjacentes ao objeto do estudo – projeto de arquitetura sustentável e bioclimática, focado no utilizador - Aplicação do Sistema LiderA. São definidos os principais conceitos, abordadas as principais características, estratégias e procedimentos utilizados nesta abordagem ao desenvolvimento do processo de projeto arquitetónico.

No capítulo três é apresentado o Sistema LiderA – Sistema voluntário de avaliação de sustentabilidade. São apresentadas as diversas fases do desenvolvimento de um projeto de arquitetura e é demonstrada a importância da aplicação do Sistema LiderA a cada

uma das fases do projeto, demonstrando-se como é que o Sistema LiderA se transforma numa poderosa ferramenta para o desenvolvimento de projetos de arquitetura sustentável, quando corretamente utilizada. Por fim, é abordado o papel do utilizador e o seu contributo para a sustentabilidade.

O quarto capítulo consiste na descrição do processo de realização do projeto do estudo de caso “Centro Escolar de Sever do Vouga”, no qual é aplicado o Sistema LiderA às suas diversas fases de desenvolvimento. São apresentadas as metodologias e os cálculos realizados para a sua elaboração.

No quinto capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos após a aplicação do Sistema LiderA ao desenvolvimento do projeto do *Centro Escolar de Sever do Vouga*, face aos resultados espectáveis, tendo em conta os objetivos traçados.

Por último, no sexto capítulo, são apresentadas as conclusões mais relevantes extraídas do estudo realizado, a partir dos resultados obtidos, face aos objetivos traçados. São também apresentadas as recomendações e sugestões para futuros estudos.

Capítulo 2

Estado da Arte

2.1 Arquitetura e o Utilizador

Uma vez que a arquitetura surge como proteção do Homem perante as adversidades exteriores e dada a evolução da sociedade e da tecnologia seria de esperar que os projetos de arquitetura se encontrassem focados no utilizador e no seu conforto, a todos os níveis. Por outro lado, a arquitetura é considerada uma arte e como tal deve cumprir uma componente estética, somada a uma função e tendo como medida o Homem, caso contrário tratar-se-ia de uma escultura de grandes dimensões.

Esta questão pode levar a grandes discussões teóricas e filosóficas, onde correntes e linhas de pensamento e contextos sociais levam à defesa de uma determinada perspetiva para a arquitetura.

Em termos históricos, o Modernismo (1880 - 1910) foi o movimento cultural e artístico que abrangeu todas as artes e que ficou marcado pela ruptura com a tradição na procura de novas formas de expressão e a partir do qual houve uma ramificação de diversas linhas de pensamento.

As duas primeiras décadas do século XX ficaram marcadas pelas polémicas que envolveram engenheiros, arquitetos e artistas em geral em acesas discussões referentes à relação entre a arte e a técnica e entre a função e a forma [27].

Entre as diferentes linhas de pensamento surge o funcionalismo, que retirou aos objetos

de arquitetura todos os elementos que não tivessem utilidade prática. Esta nova arquitetura pretende responder de forma técnica, racional e funcional ao modo de vida de um novo tempo, levantando questões mais pragmáticas como: a higiene, a luz/iluminação, a ventilação e o conforto.

Como arquitetos associados a este movimento surgem nomes como Louis Sullivan (1856 - 1942) que tornou célebre a frase “form follows function”, Frank Lloyd Wright (1867 - 1959), Adolf Loos (1870 - 1933), Walter Gropius (1883 - 1969), Mies Van der Rohe (1886 - 1969), Le Corbusier (1887 - 1965) e Alvar Aalto (1898 - 1976).

Frank Lloyd Wright, embora “filho” do funcionalismo, perante a evolução demasiadamente tecnológica, defende que a arquitetura devia procurar vias mais humanas e sensíveis que evidenciassem preocupações com o ambiente circundante e que respeitasse as tradições locais [27].

Le Corbusier, arquiteto franco-suíço, norteado pelo racionalismo funcionalista defendeu uma arquitetura prática, liberta de individualismos, preocupada com a economia de meios e de gastos e socialmente comprometida. Para tal, havia que projetar habitações económicas, acessíveis à maioria, mas que pudessem ser realizadas segundo os padrões de conforto, salubridade e funcionalidade, definindo as habitações como a “máquina para habitar”, mas não tendo, necessariamente, preocupações ambientais [27]. Esta “máquina” apresentava um programa exclusivamente humano, atribuindo ao Homem o centro da preocupação arquitetónica [4].

Alvar Aalto, assim como Wright, defendia uma arquitetura integrada e que respeitasse o meio ambiente, devendo existir um compromisso entre as opções técnicas e as condições humanas, pois nem sempre as melhores opções técnicas representam as melhores condições em termos de conforto humano [1].

O arquiteto Philip Johnson (1906 - 2005), que teve a oportunidade de privar com Le Corbusier e Mies Van der Rohe, afirmou, nos anos 70, que a profissão de arquiteto não assume uma responsabilidade funcional, dizendo “não sei de onde vêm as formas, mas não têm nada a ver com os aspectos funcionais ou sociológicos da nossa arquitetura” [40]. Por sua vez Peter Eisenman, referenciado frequentemente como um arquiteto formalista,

apresenta uma postura que se baseia num teórico utilitário hostil. O facto é que Eisenman afirma que não faz a função, ficando esta para segundo plano [40].

Hoje em dia, cada arquiteto utiliza a filosofia com a qual mais se identifica ou cria a sua própria forma de estar na arquitetura.

Veja-se o caso do arquiteto japonês Sou Fujimoto, que define dois arquétipos na arquitetura. O primeiro designado por “nest” representa o espaço que é preparado de acordo com as necessidades dos utilizadores, proporcionando-lhes conforto. Segundo Sou Fujimoto, Le Corbusier com a sua “máquina para habitar” planeou um “ninho” para os seus utilizadores.

O segundo arquétipo designa-se por “cave” e representa o espaço que existe independentemente da sua conveniência para o utilizador, tendo este que se adaptar ao espaço, uma vez que não se encontra organizado em nome do funcionalismo, mas que encoraja os utilizadores a procurarem um espetro de possibilidades [19].

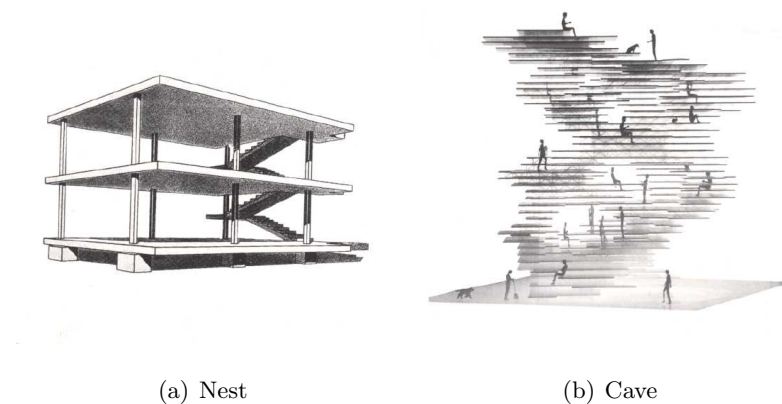


Figura 2.1: Sou Fujimoto - Arquétipos na arquitetura [19]

Siza Vieira afirma que um dos aspetos que diferencia uma boa de uma má arquitetura é a sensação de conforto que esta pode transmitir ao utilizador do espaço, no seu sentido mais amplo, incluindo as formas do edifício, a sua coerência e as suas proporções [25].

Existe, contudo, periodicamente no mundo arquitetónico aquilo que se pode designar por “arquitetura-espetáculo”, que proporciona o estímulo cultural e alimenta algumas polémicas. Segundo Siza, este tipo de arquitetura vem romper com a continuidade as-

sumida por uma arquitetura mais discreta, no sentido de não estar tão virada para a demonstração e, que se encontra mais preocupada com os problemas reais das pessoas [25].

Opinião igualmente partilhada por Alberto Campo Baeza [2], que refere que deve ser exigido aos arquitetos que dediquem o tempo necessário aos projetos para que quando chegue a altura de os habitar os utilizadores o façam com prazer.

2.2 Arquitetura Sustentável

O conceito de arquitetura sustentável encontra-se intimamente relacionado com os conceitos de sustentabilidade, desenvolvimento sustentável e o princípio dos 4 R's, definidos no capítulo anterior.

Surge como uma revisão conceptual da arquitetura em resposta a uma infinidade de preocupações com os efeitos das atividades humanas no Planeta Terra [42].

Esta designação, arquitetura sustentável, permite diferenciar a postura na arquitetura, que se apoia nos cinco pilares da sustentabilidade - ambiente, economia, sociedade, espaço e cultura - de outras que não respondem tão claramente a estas questões [42].

Para que um projeto de arquitetura se torne viável é necessário que exista uma estreita comunicação entre todos os intervenientes ao longo de todo o processo de conceção, desde o cliente, os arquitetos, os engenheiros e as entidades que levam a cabo a construção do próprio edifício [24]. Pois, um edifício representa um espaço construído com o objetivo de que o seu utilizador o habite e desenvolva neste as suas atividades quotidianas num ambiente interior de conforto, funcionalidade, durabilidade e protegido dos elementos externos que lhe possam ser prejudiciais [24].

Para a elaboração de um projeto de arquitetura sustentável existem diferentes metodologias que devem ser tidas em conta, nomeadamente, a arquitetura solar passiva e a arquitetura bioclimática.

A arquitetura solar passiva consiste na adaptação do edifício ao clima, utilizando seletivamente a energia solar para atingir o bem-estar térmico e luminoso do utilizador, obtendo-se uma poupança de energia primária, fóssil, contribuindo, deste modo, para a

redução de emissões, para a atmosfera, de gases que contribuem para o efeito de estufa [43].

Desde finais dos anos vinte, do século XX, e nas três décadas que se seguiram foram desenvolvidos inúmeros estudos relativos à orientação e à insolação dos edifícios, tanto na Europa como nos Estados Unidos, impulsionados por considerações racionalistas de tipo higiénico e climático que deram, posteriormente, lugar a uma arquitetura aclimática, devido ao baixo preço da energia de origem fóssil. Surgiram, a partir desses estudos, realizados inicialmente, diagramas, cartas e gráficos solares, bem como equipamentos que simulavam o movimento do Sol para realizarem estudos de insolação em maquetes. A par dos estudos de orientação solar surgiram estudos de orientação eólica, influência da ventilação nos edifícios e nas cidades com importantes repercussões nos aspetos térmicos e de distribuição de contaminantes. Aspetos estes que devem fazer parte do corpo de uma verdadeira arquitetura racionalista [44].

Por sua vez, a arquitetura bioclimática tem como preocupação a relação entre o clima, a arquitetura e os seres vivos, através da escolha dos materiais, da integração local e do impacte ambiental, tendo em atenção a saúde e bem-estar do utilizador, tanto no interior como no exterior do edifício [21].

O método bioclimático foi desenvolvido por Vitor Olgyay da Universidade de Princeton em 1953, consumado na publicação intitulada “Design with Climate”, e consiste na seguinte sequência de processo: Clima → Biologia → Tecnologia → Arquitetura. Esta metodologia de projeto adapta o edifício ao clima. Olgyay propôs a carta bioclimática, um diagrama de temperatura seca e humidade relativa, onde se reflete a zona de bem-estar térmico [44].

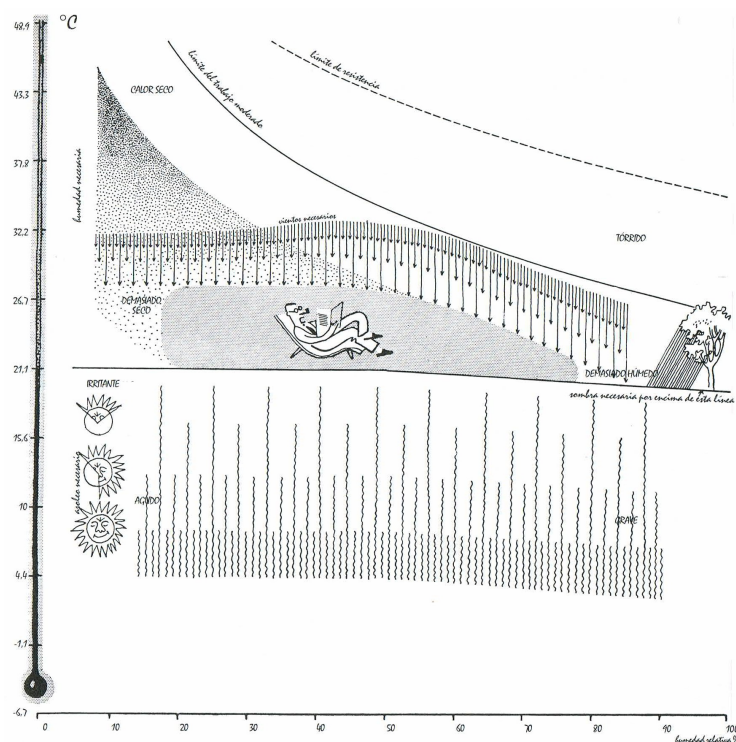


Figura 2.2: Carta Bioclimática de Olgay [44]

Em síntese, para a elaboração de um projeto de arquitetura sustentável deve ter-se em consideração as seguintes diretrizes principais [24]:

- Eficiência energética;
- Aproveitamentos dos recursos naturais;
- Gestão e economia de água;
- Gestão de resíduos;
- Criação de um ambiente de bem-estar e conforto para o utilizador.

Para que os projetos de arquitetura se tornem mais eficientes e vantajosos, na linha do que tem vindo a ser discutido, deve ter-se em consideração a geometria do edifício (forma do edifício), a sua orientação, a escolha de materiais e sistemas construtivos, a utilização racional dos recursos naturais, nomeadamente renováveis, respeito pelo meio ambiente e

todo o ciclo de vida do edifício: 1) Processo de obtenção dos materiais; 2) Produção industrial de componentes; 3) Transporte; 4) Montagem/Construção; 5) Utilização e manutenção; 6) Final do ciclo - duas opções: a) Reutilização do edifício - reabilitação e adaptação à legislação vigente; b) Demolição - reutilização de materiais resultantes da demolição e reciclagem de resíduos [24] [44].

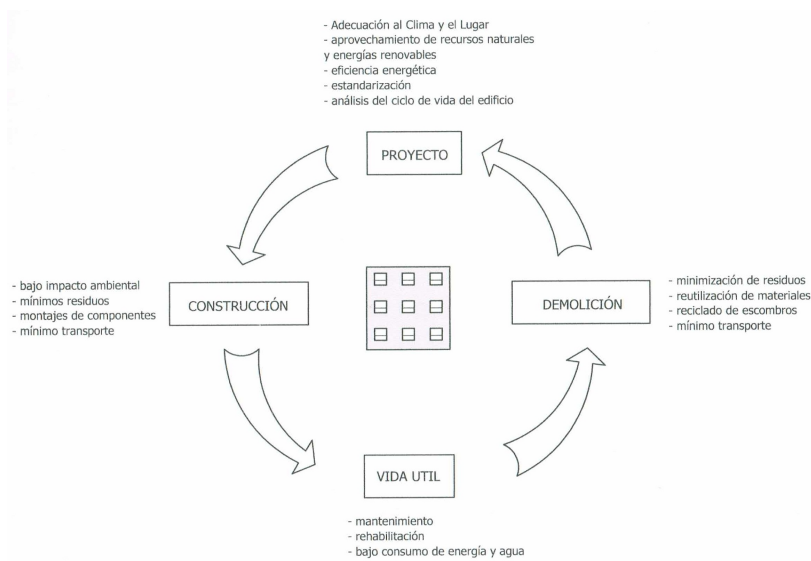


Figura 2.3: Ciclo de vida de um edifício [44]

Este tipo de preocupações traz benefícios a longo prazo ao meio edificado, designadamente, menor necessidade de manutenção, custos mais baixos associados à exploração dos edifícios, maior durabilidade e preço de revenda mais elevado [32].

2.2.1 Conceitos e estratégias de arquitetura sustentável e bioclimática

Na realização de um projeto de arquitetura sustentável o arquiteto deve ter sempre presente o conforto, a saúde e o bem-estar dos utilizadores, o impacto que o edifício terá sobre o meio ambiente local e global, assim como a gestão dos recursos naturais.

1 Conforto

Um edifício modifica a envolvente natural exterior, modera o clima e proporciona abrigo aos seus utilizadores.

No momento de projetar, o arquiteto deve compreender a interação entre o clima exterior de um edifício, o espaço construído e o corpo humano [7].

A sensação de conforto é subjetiva, dependendo da idade, do sexo, da cultura e da genética de cada indivíduo, para além da sua sensibilidade aos parâmetros de conforto - temperatura do ar e das superfícies envolventes, humidade, movimento do ar, ruído, luz, radiação solar incidente e odores [7]. Estes parâmetros têm uma estreita relação com o regime de chuvas, vegetação, permeabilidade do solo, águas superficiais e subterrâneas, topografia, entre outras características locais que podem ser alteradas pela presença humana [18].

Na prática tenta-se criar condições de conforto que sejam aceitáveis à maioria dos potenciais utilizadores do objeto arquitetónico [7].

1.1 Conforto Térmico

Segundo Olgyay [28], “a zona de conforto poderia descrever-se como o ponto em que o Homem gasta o mínimo de energia para se adaptar à envolvente”.

O conforto térmico é a sensação de bem-estar relacionada com a temperatura, baseando-se no equilíbrio entre o calor produzido pelo corpo humano e a sua dissipação para o meio ambiente [7].

Este equilíbrio depende de sete parâmetros, três relacionados com o indivíduo – o metabolismo, o vestuário e o nível de atividade – e quatro relacionados com a envolvente, sendo estes a temperatura do ar, a humidade do ar, a temperatura média radiante das superfícies dos elementos da envolvente e a velocidade do ar [7].

O metabolismo é o processo de produção de energia interna, através de um conjunto de reações químicas, a partir de elementos comestíveis orgânicos. Cerca de 20% dessa energia é transformada em potência de trabalho e os restantes 80% são transformados em calor, devendo este ser dissipado para o ambiente en-

volvente, de modo a que o organismo mantenha uma temperatura de equilíbrio da ordem dos 37 °C – homeotermia – com limites estreitos (entre 36,1 e 37,2 °C – sendo 32 °C o limite inferior e 42 °C o limite superior para a sobrevivência, em estado de enfermidade.) [18].

O organismo humano mantém a sua temperatura interna, relativamente constante, em ambientes cujas condições termo-higrométricas são as mais variadas e variáveis, por intermédio do seu aparelho termorregulador, que comanda a redução dos ganhos ou o aumento das perdas de calor através de alguns mecanismos de controlo. O mecanismo de termorregulação, apesar de ser um meio natural de controlo da temperatura do organismo humano, representa um esforço extra que conduz a uma quebra do potencial de trabalho [18].

O nível de atividade física de um indivíduo vai influenciar a produção de energia metabólica - calor, sendo maior quanto maior o nível de atividade física. A sensação de conforto térmico é alcançada quando o organismo humano não necessita de recorrer ao seu mecanismo de termorregulação, ou seja, o calor produzido pelo metabolismo é compatível com o seu nível de atividade [18].

No que diz respeito ao vestuário este impede as trocas de calor entre a superfície da pele e a envolvente. Por sua vez, a temperatura da pele depende do metabolismo, do vestuário adequado à situação e da temperatura ambiente [7].

A temperatura do ar influencia a perda de calor do corpo humano através de mecanismos de convecção¹ e evaporação² [7].

A humidade relativa do ar indica a percentagem da razão do vapor de água que se encontra no ar e a quantidade máxima que este poderia suportar a uma determinada temperatura e pressão. Esta influencia a perda de calor por evaporação. Com exceção de situações extremas, a influência da humidade

¹Mecanismo de transferência de calor por meio de um fluido (líquido ou gás) através do movimento da sua massa.

²Troca térmica húmida proveniente da mudança de estado de um fluido, do estado líquido para o estado gasoso.

relativa na sensação de conforto térmico é relativamente pequena. Num clima moderado, por exemplo, o aumento da humidade relativa de 20% para 60% apenas leva à redução de no máximo 1 °C na temperatura, sem que afete o conforto térmico [7].

A temperatura média da superfície dos elementos da envolvente de um espaço influencia a energia que o corpo humano perde ou ganha por radiação³. Em edifícios mal isolados a temperatura radiante média das superfícies interiores é tipicamente inferior, quando comparada com a verificada na envolvente de edifícios com melhor isolamento, levando à necessidade de uma temperatura do ar interior mais elevada, de forma a compensar e a satisfazer as necessidades de conforto. Um aumento da temperatura radiante média significa que as condições de conforto se podem alcançar com temperaturas do ar interior inferiores, onde a redução de 1 °C na temperatura do ar interior pode significar uma poupança de até 10% no consumo energético. Sendo assim, um bom isolamento térmico permite poupar energia relacionada com as perdas térmicas efetivas do edifício, mas também, porque permite a redução da temperatura do ar interior [7].

Finalmente, a velocidade do ar cria uma sensação de bem-estar, devido à perda de calor por convecção e/ou evaporação [7].

As condições de temperatura e humidade que o corpo humano requer no inverno para obter uma sensação de conforto térmico são, em termos médios, as seguintes: a temperatura seca resultante (composta pelo efeito de convecção e radiação sobre o corpo humano) deve ser igual a 22 °C e a humidade relativa não deve ser inferior a 30%. Para o verão a temperatura efetiva (devido ao efeito combinado da temperatura e da humidade) deve ser igual a 24 °C com uma humidade relativa inferior a 70%. Contudo, as condições de conforto não se resumem a um ponto T, Φ (temperatura e humidade relativa), demonstra-

³É a emissão de energia sob a forma de ondas electromagnéticas que se manifesta em qualquer corpo simplesmente por este se encontrar a uma determinada temperatura.

se, experimentalmente, que admitem um domínio de variação, que se denomina *zona de conforto*, dependendo da combinação dos parâmetros já mencionados previamente [44].

A American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE) desenvolveu em 1992 uma carta cujo propósito é o de estabelecer o ambiente térmico (intervalo de temperatura e humidade, para uma atividade sedentária e assumindo um vestuário standard para o inverno e para o verão) aceitável para pelo menos 80% dos ocupantes de um determinado espaço.

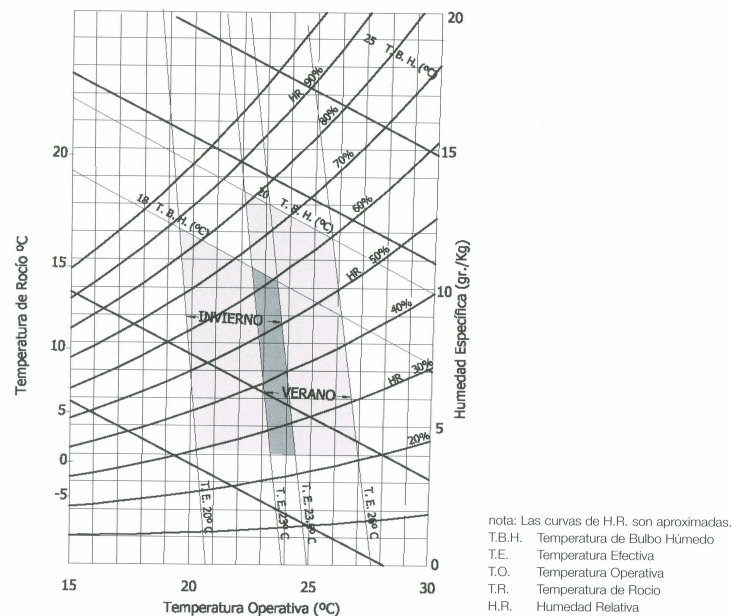


Figura 2.4: Carta de conforto da Ashrae [44]

Estação	Vestuário	clo	Temperatura ótima	Intervalo aceitável
inverno	Roupa de abrigo	0.9	22 °C	20 - 23.5 °C
verão	Roupa ligeira	0.5	24.5 °C	23 - 26 °C

Tabela 2.1: Temperatura operativa ótima [44]

No verão a combinação de uma alta temperatura com uma alta humidade do ar interior cria um ambiente com uma temperatura efetiva maior que a correspondente temperatura de ar seco. Por sua vez, no inverno o aumento da temperatura do ar interior através do seu aquecimento conduz a uma diminuição da humidade relativa, provocando o secagem da pele, sendo necessário humidificar o ar para evitar a ocorrência deste fenómeno. O controlo de ambas as situações descritas deve realizar-se por intermédio da utilização de técnicas de ventilação natural.

1.2 Conforto Visual

O conceito de conforto visual encontra-se relacionado com a iluminação e com a existência de vistas para o exterior.

Uma má iluminação pode causar, dependendo da atividade realizada, fadiga visual, dores de cabeça, entre outros sintomas, sendo necessário ter em atenção os fatores de quantidade, distribuição e qualidade da luz para que se consiga atingir uma situação de iluminação confortável [7]. A quantidade de luz necessária para a realização de tarefas específicas, tendo em conta os requisitos por parte do utilizador, encontra-se definida e tabelada, sendo um exemplo o código CIBSE⁴ do Reino Unido [7].

A distribuição de luz num espaço costuma ser mais importante que a quantidade, onde a sua uniformidade é importante para a perceção da claridade. Quando existe uma grande diferença entre os níveis de luz natural próximo de uma janela e longe dela, os utilizadores das zonas mais escuras tendem a acender as luzes, ainda que disponham de luz natural adequada [7].

A qualidade da luz é um termo mais difícil de definir, mas inclui aspetos como a direção, a cor e a sua variação ao longo do tempo [7].

Apesar de nem toda a radiação solar ser benéfica para o ser humano, a luz natural, emitida pelo sol, é a melhor assimilada pelo utilizador e é a que causa menor cansaço no desenvolvimento de tarefas [41].

⁴*Code for Interior Lighting* - Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE)

As áreas envidraçadas, que permitem a relação com o exterior, são de extrema importância para o bem-estar psíquico do utilizador, este contacto visual com elementos naturais (e.g. céu, água, vegetação) permite reforçar a sensação de serenidade e confiança quando se restabelece a relação com a Natureza [41].

1.3 Conforto Acústico

O conforto acústico é outro aspeto que contribui para a sensação de bem-estar do utilizador no meio edificado.

Por outro lado, o desconforto acústico tem uma grande influência sobre a capacidade de concentração, condicionando, conseqüentemente, a produtividade dos utilizadores [41].

Neste sentido, é importante que todas as fontes de ruído no meio edificado sejam acondicionadas de forma a que deixem de emitir ruído ou que a sua emissão não interfira de forma significativa no conforto do utilizador. Como tal, ruídos provenientes de equipamentos, como sistemas mecânicos de ventilação, devem ser suprimidos através da utilização de silenciadores ou outro sistema adequado. Naqueles equipamentos que, para além de emissão de ruído, apresentam emissão de vibrações, como elevadores, ventiladores, transformadores eléctricos, etc., devem ser instalados apoios antivibráticos, entre outros equipamentos supressores de ruído [41].

1.4 Qualidade do Ar

Nos últimos 30 anos a temática da qualidade do ar interior ganhou importância à escala internacional, especialmente devido ao aumento exponencial de doenças do foro respiratório e alergias que se propagam em todas as classes etárias e sociais [41].

O odor e o sabor que se sente ao entrar num espaço devem-se aos elementos que se encontram em suspensão no ar e que vão determinar fortemente a sensação de conforto e bem-estar do utilizador, assim como as condições de salubridade desse espaço [41].

Está comprovado que edifícios que dependam de sistemas artificiais para criar

a sensação de conforto apresentam uma alta contaminação do ar interior, devido à libertação de elementos nocivos com origem nos próprios equipamentos que constituem os sistemas, por falta de manutenção ou mau dimensionamento destes, dada a sua intensidade de utilização nos edifícios [41].

Os materiais selecionados para o revestimento das principais superfícies, em contacto com o ar interior, também são outra fonte de contaminação, uma vez que estes apresentam substâncias que são voláteis, Volatile Organic Compounds (VOC), e nocivas (e.g. tintas, vernizes, colas, etc.). A definição dos materiais que revestem estas superfícies deve acompanhar o desenvolvimento tecnológico, no sentido de contribuir para uma melhoria da qualidade do ar interior [41].

A renovação do ar interior é fundamental num edifício, devendo ser realizada da forma mais natural possível, permitindo a correção da qualidade do ar interior - concentração de poluentes, correções termo-higrométricas e eliminação de odores [21]. Muitas vezes na tentativa de criar edifícios mais herméticos para que poupem energia, a renovação do ar fica aquém das necessidades. Por outro lado, uma excessiva renovação do ar interior leva a um aumento no consumo de energia, por isso, é fundamental que estes sistemas sejam bem dimensionados, devendo optar-se pela ventilação natural, sempre que possível e que seja uma solução tecnicamente adequada e viável [7].

2 Local e Clima

Por volta do ano 30 a.C. Vitruvius escreveu sobre a necessidade de escolher o local de implantação de um edifício, devendo este encontrar-se numa região de clima temperado, tendo em vista a sua salubridade [17].

É sabido que o local tem influência sobre o funcionamento do edifício e que o edifício influencia o microclima local.

Neste sentido, é necessário ter em consideração um conjunto de aspetos na altura da elaboração do projeto de arquitetura sustentável, tais como: o clima, a paisagem, a insolação e a radiação solar e os ventos dominantes, de forma a que estas “forças”

sejam utilizadas a favor da arquitetura e não contra ela.

No que diz respeito à escolha do local, na maioria das vezes, quando o arquiteto é abordado, essa escolha já foi feita por parte do cliente. No entanto, o arquiteto poderá sempre fazer opções que tornem o projeto mais eficiente, nomeadamente em relação à orientação do edifício e à sua integração no meio envolvente.

Os comportamentos climáticos são suscetíveis de análise mediante o conhecimento da latitude (que relaciona o local com o sol) e da altitude (volume de atmosfera que os raios solares têm de atravessar até atingirem a superfície terrestre). Os dados para o início de um projeto de arquitetura, segundo as estratégias bioclimáticas, podem ser obtidos nos observatórios meteorológicos ou junto das autarquias locais. Desses dados pode retirar-se informação relacionada com os índices de pluviosidade, o regime de ventos e as temperaturas máximas e mínimas mensais ou diárias.

As condições climáticas da envolvente geográfica do local modificam as condições iniciais, criando mesoclimas⁵. A urografia do território influencia, por exemplo, o nível de insolação, devido aos diferentes declives. A própria superfície terrestre, podendo ser constituída por neve, floresta, água ou pedra, levará a um índice de reflexão da radiação solar diferente, que influenciará as condições do local.

A presença de água modifica as condições de humidade e temperatura locais. As superfícies de água permitem a absorção de calor, sendo elementos reguladores ao diminuírem as oscilações térmicas diárias e sazonais.

A presença de vegetação constitui outro fator a ter em consideração. A capacidade de absorção da radiação solar, o sombreamento, a humidade e a evapotranspiração⁶ que se produz ao seu redor, levam a uma diminuição da temperatura do ar. A vegetação funciona, tal como a água, como elemento regulador, corrigindo as temperaturas máximas e as oscilações diárias.

Por fim, os ambientes urbanos geram as suas próprias condições climáticas. A rugosidade e a complexidade do conjunto urbano modificam a velocidade e a direção dos ventos dominantes e a convecção natural do solo. A poluição ambiental modi-

⁵Clima local, que corresponde a uma situação particular do clima da região (macroclima).

⁶Perda de água do solo por evaporação e perda de água das plantas por transpiração.

fica a transparência e a capacidade reflexiva da atmosfera, potenciando o efeito de estufa que conjuntamente com a alta inércia térmica⁷ dos edifícios e das vias de comunicação gera sobreaquecimento, especialmente notado no verão, o denominado efeito ilha de calor.

O clima urbano pode ser melhorado com o devido estudo do seu microclima⁸, tendo em conta a vegetação, o tipo de terreno e a sua urografia, pendentes e orientação, as obstruções que podem contribuir para uma perda de captação solar (e.g. edifícios adjacentes) e a exposição aos ventos, sejam estes prejudiciais ou benéficos.

3 Parâmetros Climáticos

Uma vez analisadas as condições interiores a satisfazer e as condições exteriores de um determinado local, o estudo do efeito que os diferentes parâmetros - sol, vento e água - têm sobre os edifícios permite selecionar e projetar estratégias de aproveitamento ou proteção, em virtude das necessidades a satisfazer.

3.1 Sol

A Terra descreve à volta do Sol uma eclítica, movimento de translação, em que a distância entre os dois astros é variável ao longo do ano, atingindo a uma distância intermédia os equinócios, para o hemisfério Norte, um máximo para o solstício de verão e um mínimo para o solstício de inverno.

O eixo da Terra, do pólo Norte ao pólo Sul, define um ângulo aproximadamente constante de $\pm 23^\circ 27'$ com o plano da eclítica, ângulo que dá origem às estações do ano e aos diferentes períodos anuais de insolação.

Por outro lado o movimento de rotação da Terra, movimento em torno do seu próprio eixo, com duração de 24 horas, origina os dias e as noites e consequentemente a variação da insolação diária.

⁷Resistência oferecida por um corpo à mudar da sua temperatura.

⁸Condições climáticas que dizem respeito a uma superfície relativamente pequena (e.g. cidade ou partes de cidade)

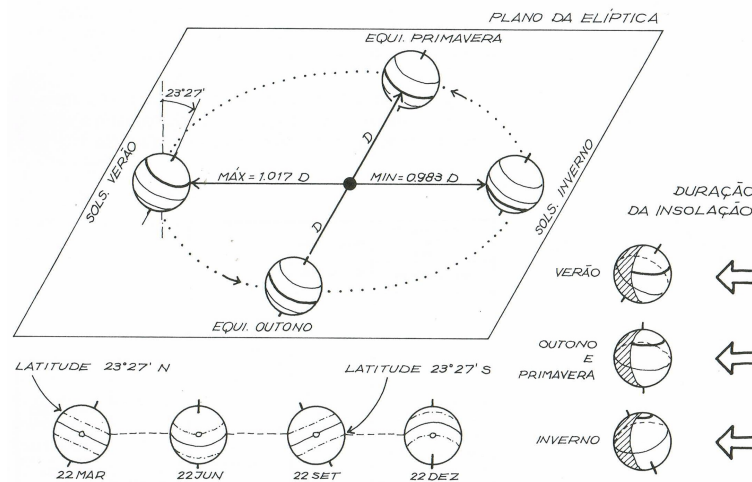


Figura 2.5: Movimento do Planeta Terra [26]

A energia irradiada pelo Sol é composta por uma parte visível (47%), e por outra parte invisível ao olho humano, raios infravermelhos (46%) e ultravioletas (6%) [26]. Embora a energia irradiada pelo Sol seja mais ou menos constante, a que atinge a superfície terrestre é variável.

A atmosfera terrestre é constituída por uma massa gasosa (vapor de água, poeira, partículas suspensas, microrganismos) com aproximadamente 12 Km de espessura e constitui o último percurso da radiação solar até atingir a superfície da Terra. Esta radiação ao atravessar a atmosfera, que é mais densa quanto mais próxima da Terra, leva a que a energia dos raios solares sofra uma diminuição apreciável da sua intensidade, devido aos fenómenos de reflexão, difusão e absorção que aí ocorrem.

Da totalidade da radiação que atravessa a atmosfera, aproximadamente 32% é reenviada para o espaço por difusão, 15% é absorvida pela própria atmosfera, 6% é refletida pela superfície terrestre e 47% é absorvida pela Terra, sendo esta a quantidade de energia média disponível, que varia entre 600 W/m^2 e 1200 W/m^2 [26].

O balanço térmico final da Terra é nulo, uma vez que a energia absorvida pela Terra acaba sempre por ser libertada novamente para o espaço através

de fenómenos de evaporação, radiação, etc. Caso contrário a temperatura da Terra não parava de aumentar.

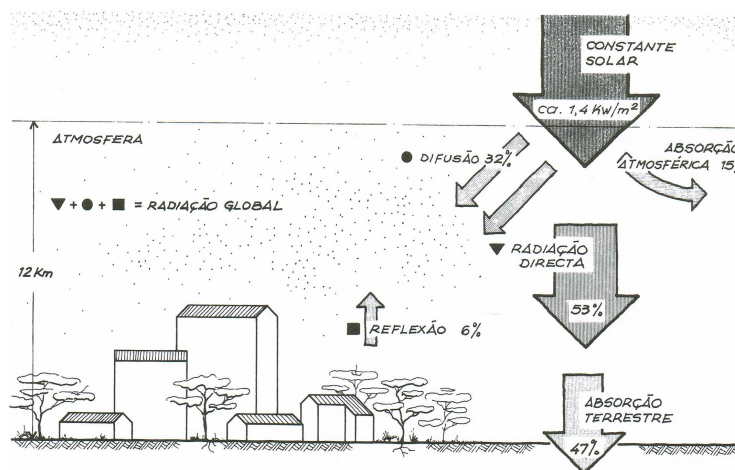


Figura 2.6: Influência da atmosfera na intensidade da radiação solar [26]

3.2 Ar

As consequências dos movimentos de ar, vento no âmbito geográfico e ventilação quando no interior dos edifícios, são utilizadas na adequação passiva, sobretudo no que diz respeito à refrigeração ambiental.

O vento possui dois efeitos utilizáveis; um dinâmico, devido à sua velocidade e um térmico que permite regular e suavizar os valores excessivos para a temperatura e para a humidade.

3.3 Água

A água presente no ar está definida pelo parâmetro humidade relativa, dependendo da proximidade a massas de água e aos níveis de pluviosidade local.

A humidade está intimamente relacionada com a temperatura e com os movimentos das massas de ar, sendo uma variável onde os valores aumentam facilmente, mas que são muito difíceis de reduzir, uma vez que para tal acontecer requer uma diminuição da temperatura.

4 Sistemas Passivos de Aquecimento e Arrefecimento

Os sistemas passivos de aquecimento e arrefecimento são sistemas polivalentes, ou seja, apresentam uma função múltipla, para além de se encontrarem completamente integrados na arquitetura/construção do edifício. Assim, por exemplo, uma janela de um determinado espaço para além de ter a função de iluminar, ventilar e permitir a relação com o exterior, também tem a função de captador de energia solar. As vantagens de se optar por sistemas passivos em detrimento de sistemas ativos são: 1) o facto de serem sistemas que se integram no edifício, formando parte da própria construção; 2) são económicos, pelos seu baixo custo adicionado à construção convencional, precisamente por serem parte integrante desta; 3) apresentam grande durabilidade, com um período praticamente análogo ao do próprio edifício e 4) o seu funcionamento é simples, necessitando de um mínimo de manutenção, com a exceção de sistemas híbridos, que apresentem sistemas de energia auxiliar para o seu funcionamento, necessitando, neste caso, de maior manutenção [44].

4.1 Edifício como Captador e Acumulador de Energia

No meio edificado cerca de 42% da energia final diz respeito ao consumo dos sistemas de aquecimento/arrefecimento e iluminação, sendo que 70% desse valor refere-se ao aquecimento/arrefecimento [32]. No entanto, mais de 50% deste consumo pode ser reduzido através de medidas de eficiência energética e através da implementação de estratégias de desenho passivo [29].

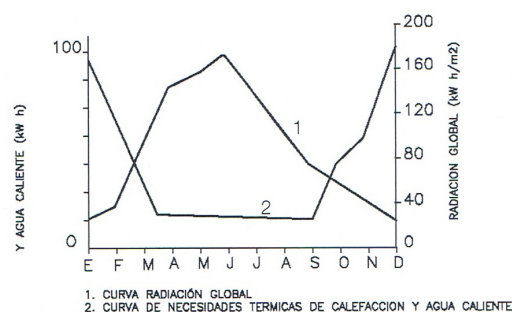


Figura 2.7: Radiação global e necessidades térmicas de climatização e água quente [26]

Para que se caminhe nesta direção é necessário tirar o máximo partido da contribuição da energia da radiação solar, sendo para isso necessário um bom dimensionamento das massas térmicas e a utilização de isolamento térmico adequado. Tendo-se como objetivo o desfasamento horário das amplitudes térmicas diárias interiores e exteriores, cujo valor ideal seria de doze horas [26].

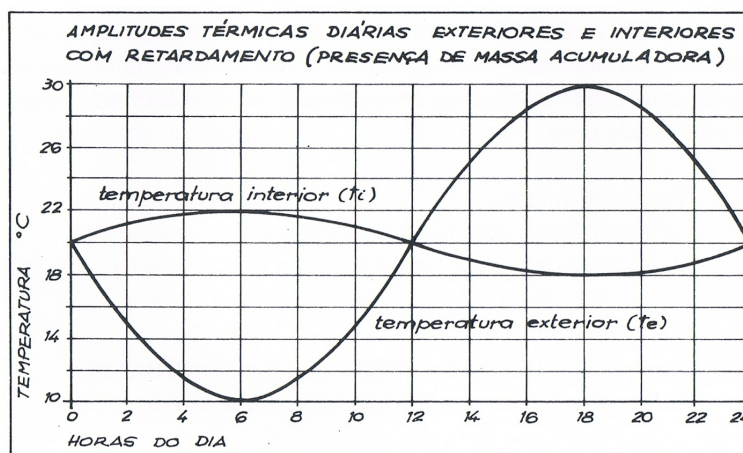


Figura 2.8: Armazenamento térmico e picos de temperatura [26]

Os sistemas passivos podem classificar-se em sistemas de captação direta ou indireta. Nos sistemas de captação direta a captação da energia da radiação solar é realizada pelo próprio edifício, aproveitando o efeito de estufa, através das janelas e vãos envidraçados.

Nos sistemas indiretos a captação de energia da radiação solar é realizada por meio de um elemento da envolvente (e.g. parede, volume de água), sendo construído por materiais com grande capacidade de acumulação térmica.

Sendo necessário, em qualquer um dos casos, a correta orientação dos edifícios para que o seu rendimento seja ótimo.

4.1.1 Ganho direto

Um sistema de ganho direto é um dos sistemas solares passivos com maior rendimento, para além da captação de calor, proporciona luz natural. Este tipo de sistema baseia-se na captação de radiação solar para o interior do espaço habitado através de vãos envidraçados.

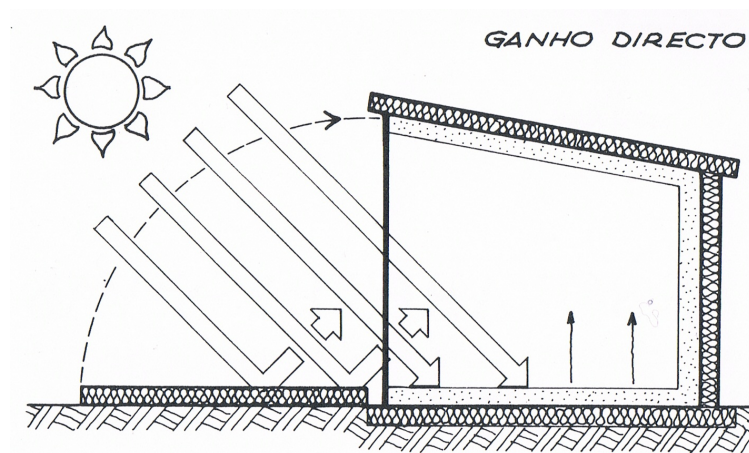


Figura 2.9: Esquema de um sistema de ganho direto de energia da radiação solar [26]

Uma vez que o ar tem uma baixa capacidade térmica, a envolvente do espaço interior (paredes e pavimentos) deve ser construída com materiais que apresentem uma grande capacidade de armazenamento térmico e cujas superfícies tenham uma elevada capacidade de absorção da radiação solar (tons escuros e mates, principalmente para o pavimento). Conseguindo-se, assim, que após o pôr-do-sol os materiais comecem a “libertar”, para o ambiente, o calor armazenado durante o dia e o aquecimento do ar interior se faça principalmente por convecção natural.

Os vãos envidraçados, sendo um elemento fundamental na captação da energia da radiação solar para o aquecimento do ambiente e conforto, devem estar orientados a Sul e localizados nos espaços de função principal (e.g. sala de estar, quartos) e estarem corretamente dimensionados para que tenham uma boa eficiência.

No entanto, para que um sistema de ganho direto seja coerente, devem fazer parte integrante deste o isolamento térmico noturno (e.g. portadas isoladas, persianas), os sombreadores de uso sazonal ou do tipo brise-soleil e os mecanismos de ventilação natural, sem os quais não se poderá garantir o controlo total sobre o balanço energético do edifício.

Como é evidente, o dimensionamento da fenestração de um espaço interior deve ter em consideração o fator de iluminação natural, de forma a evitar um custo de iluminação artificial desnecessário.

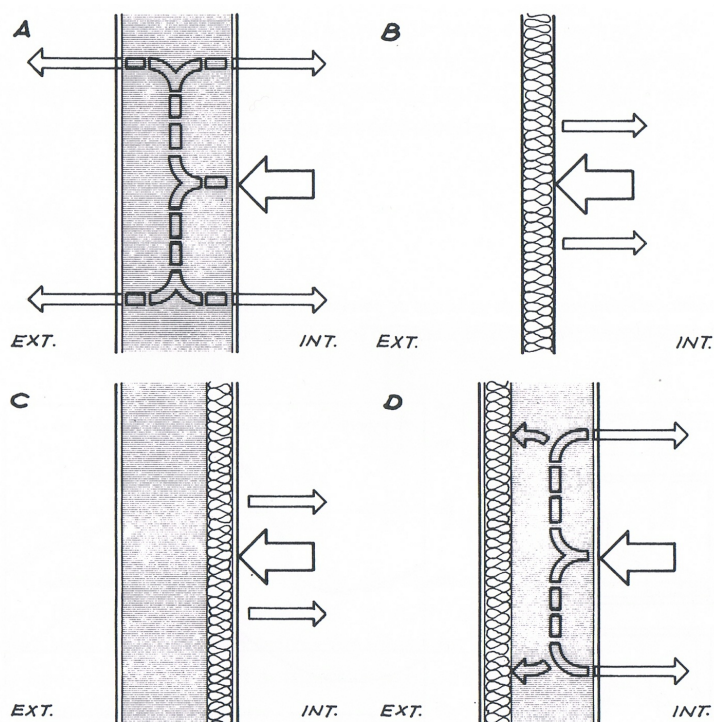


Figura 2.10: Análise do isolamento térmico [26]

4.1.2 Ganho Indireto

Um sistema de ganho indireto baseia-se na captação da energia da radiação solar através de um elemento coletor da envolvente, devendo, para este efeito, ser constituído por materiais maciços (e.g. betão, tijolo maciço, pedra ou mesmo água), devido à sua grande capacidade de armazenamento térmico. Este elemento deve situar-se entre o espaço que se pretende aquecer e o exterior, podendo possuir, ou não, um vidro com caixa-de-ar pelo exterior e pode, ainda, possuir aberturas inferior e superior, que permitem o aquecimento do ar interior.

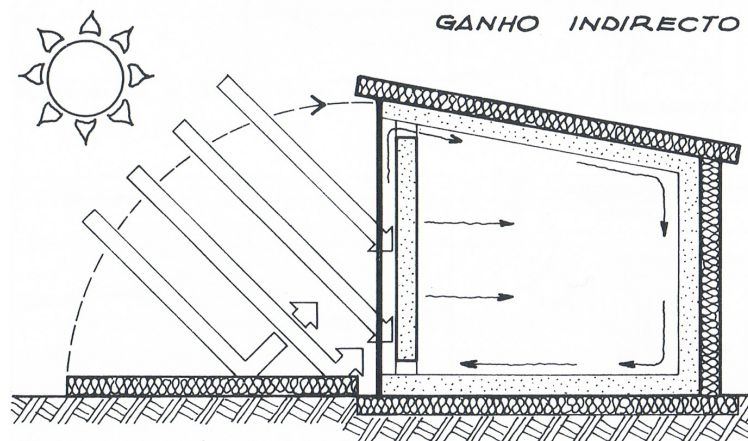


Figura 2.11: Esquema de um sistema de ganho indireto de energia da radiação solar [26]

O calor produzido no lado exterior, durante o período de incidência da radiação solar, é armazenado pela massa do elemento da envolvente, sendo posteriormente conduzido para o interior, onde se propaga para o espaço a climatizar, por convecção e radiação.

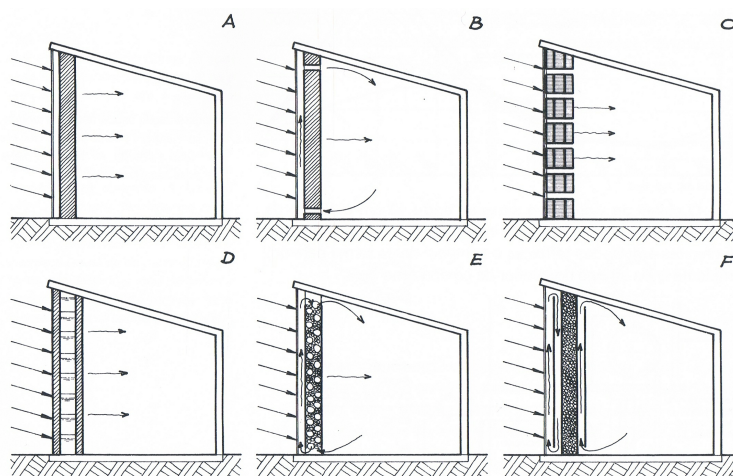


Figura 2.12: Possíveis tipos de paredes de acumulação térmica [26]

Com o intuito de aumentar a capacidade de absorção da radiação solar, a superfície da parede exposta ao sol deve ser pintada de uma cor escura mate, como se pode observar a partir da análise da seguinte figura.

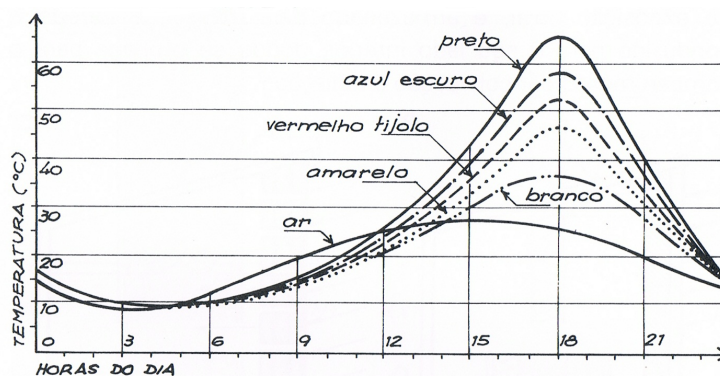


Figura 2.13: Influência das cores numa fachada Poente [26]

No que diz respeito ao painel de vidro este deve situar-se entre 10 a 15 cm do elemento coletor da envolvente, dando lugar a uma zona intermédia de ar que permite a gestão das amplitudes térmicas, contribuindo desta forma para um ambiente mais ameno no espaço interior a climatizar. Ao contrário do que se verifica nos sistemas de ganho direto, as pro-

priedades de armazenamento e de inércia térmica dos elementos coletores da envolvente para além de impedirem o sobreaquecimento em dias de forte insolação, também possibilitam temperaturas mais amenas em eventuais dias de fraca radiação. Estes elementos são particularmente aconselháveis em climas e zonas com elevada percentagem de radiação solar direta na estação fria.

Para facilitar a transmissão térmica para o interior, pode realizar-se na parte superior e inferior do elemento coletor da envolvente aberturas de ventilação, de forma a que o ar quente da zona intermédia entre em circulação e aqueça o espaço interior por convecção natural. Estas aberturas devem ser providas de tampas apropriadas, permitindo a regulação dos caudais de ventilação e impedirem circulações no sentido inverso produzidas durante a noite ou em dias de fraca radiação solar. O dimensionamento deste tipo de elementos depende sobretudo dos dados climáticos (quanto maior a radiação direta, maior deve ser a espessura da parede), do volume do espaço interior a climatizar e do coeficiente de condutibilidade térmica⁹ (quanto maior for o seu valor, maior deve ser a espessura da parede), com o objetivo de se evitar aquecimentos demasiado rápidos ou prematuros.

4.1.3 Estufas

Os princípios térmicos destes sistemas são uma combinação dos que se verificam nos sistemas de ganho direto e indireto, sendo denominados de sistemas híbridos. Estes são compostos por um espaço fechado coberto de vidro, a estufa, e por uma massa acumuladora térmica, normalmente constituída pelo pavimento e pela parede contígua ao espaço interior a climatizar.

⁹Capacidade que cada elemento tem em conduzir calor (energia).

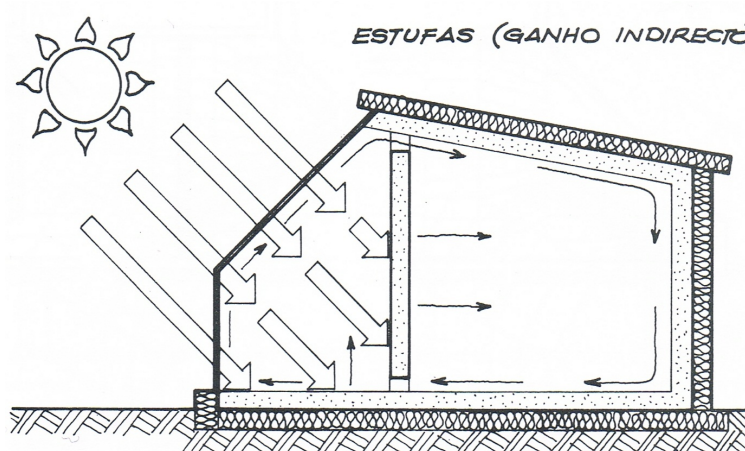


Figura 2.14: Esquema de uma estufa [26]

A estufa para além de proporcionar ganhos de energia provenientes da radiação solar direta, também possibilita ganhos consideráveis provenientes da radiação difusa, sobretudo nos dias de céu encoberto.

Existem dois tipos fundamentais de estufas, as expostas e as integradas. Nas estufas expostas a superfície circundante ao edifício é pequena, sendo a sua superfície exposta ao ar maior, o que leva a temperaturas mais baixas no seu interior e a amplitudes térmicas maiores. As estufas integradas apresentam uma superfície circundante ao edifício maior, tendo uma área menor exposta ao ar e, conseqüentemente, apresenta temperaturas mais elevadas no seu interior e amplitudes térmicas menores.

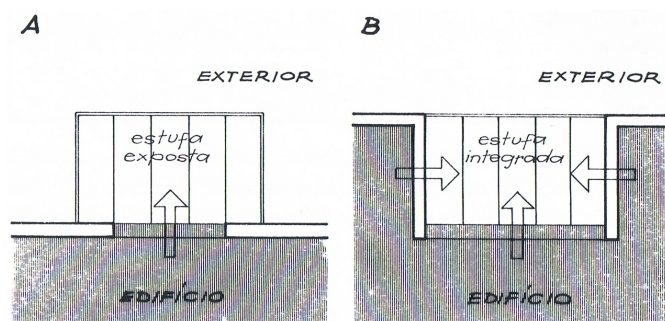


Figura 2.15: Tipos de estufas [26]

Nos dias frios e de fraca insolação, ou durante a noite, a estufa exerce, em relação ao espaço interior contíguo, a função de zona térmica intermédia (zona tampão), contribuindo para a redução das perdas energéticas [26]. De forma a se minimizarem as perdas da estufa diretamente para o exterior, durante a noite, devem considerar-se mecanismos móveis de isolamento noturno.

O calor captado no espaço da estufa como ganho direto pode ser transmitido diretamente para o espaço interior por circulação do ar interior ou pode ser retido pela massa acumuladora para posterior aquecimento por convecção e radiação (ganho indireto).

O dimensionamento de uma estufa exige um equilíbrio entre a área de captação solar e a massa de armazenamento térmico disponível, para que não se verifique um excesso de temperatura ou amplitudes térmicas elevadas.

Tal como o correto dimensionamento, a correta orientação é um fator importante, devendo ser feita a Sul, podendo, em alguns casos, segunda as exigências da arquitetura interior, variar do canto nascente para o canto poente, sendo necessário ter em atenção os sombreamentos causados pelo edifício e/ou vegetação adjacente e as condições de insolação do local no verão e no inverno.

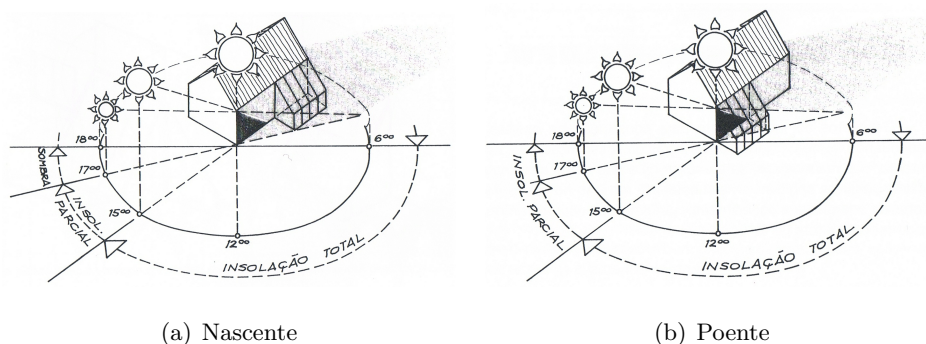


Figura 2.16: Posicionamento da estufa [26]

No entanto, os efeitos negativos de uma estufa orientada a Sudoeste podem ser evitados com a colocação de sombreadores ou vegetação de folha caduca do lado poente da estufa, de forma a que não afetem a captação de radiação durante o inverno.

Relativamente aos custos associados à construção de estufas, estes vão variar de acordo com o grau de sofisticação. Sendo bastante baixos se atendermos a que estes sistemas solares passivos originam uma substancial redução no consumo global de energia para o aquecimento do edifício, estimada entre 15% a 30% [26].

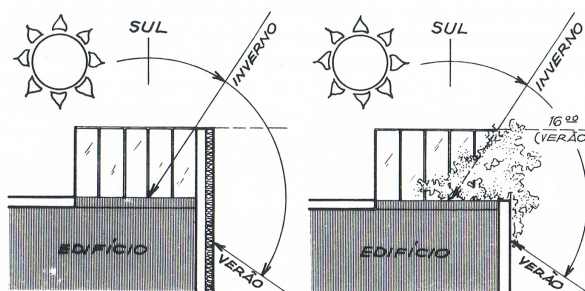


Figura 2.17: Esquema de proteção de uma estufa [26]

4.2 Sistemas Passivos de Arrefecimento

Ao contrário do que se verifica com os sistemas passivos de aquecimento, os sistemas passivos de arrefecimento tentam evitar a radiação solar no verão e reduzir as temperaturas no interior dos edifícios.

4.2.1 Proteção Solar

A redução do impacto da radiação solar num edifício começa com a sua orientação. Se o eixo longitudinal do edifício se situar na direção Este - Oeste, este apresenta uma posição mais favorável para se proteger da radiação solar, já que a fachada principal se encontra orientada a Sul, enquanto que as fachadas Este e Oeste, como fachadas mais desfavoráveis, apresentam menor superfície exposta. Foi estimado que as fachadas orientadas a Este ou Oeste na latitude 40° N, recebem apro-

ximadamente 2,5 vezes mais radiação solar no verão que no inverno, enquanto que a fachada Sul recebe, no verão, quase 2 vezes menos radiação solar que no inverno [44]. Pode assim concluir-se que um edifício com a fachada principal orientada a Sul, a fachada orientada a Norte com uma superfície com pequenas aberturas e tendo, preferencialmente, as fachadas Este e Oeste opacas, reúne as condições ótimas tanto para o verão como para o inverno. Neste sentido, será mais fácil arrefecer o edifício no verão (menor carga de refrigeração) e também será mais fácil aquecer o edifício no inverno (maior contribuição calorífica solar) o que significa uma redução no consumo energético global para climatizar o edifício.

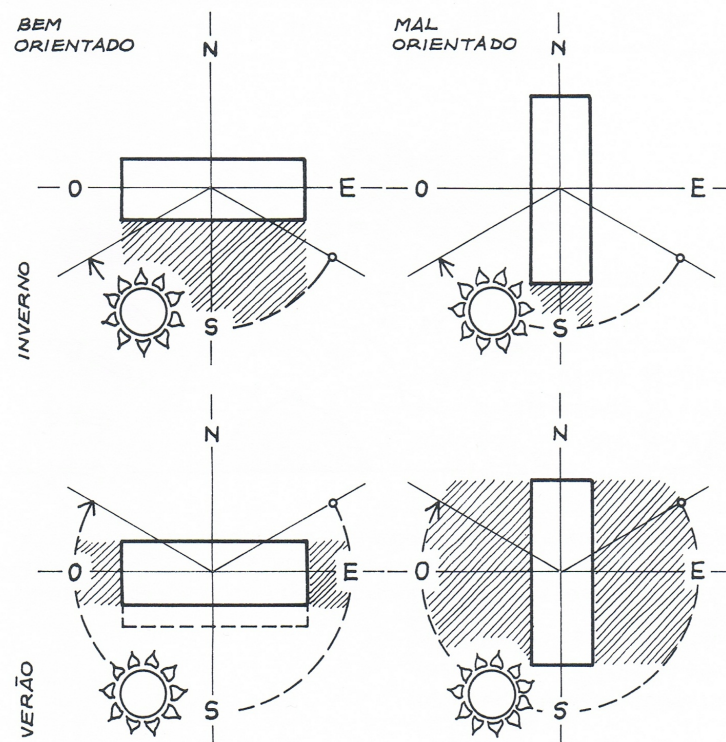


Figura 2.18: Esquema da orientação de um edifício [26]

4.2.2 Ventilação Natural

Entende-se por ventilação natural aquela que se obtém mediante técnicas naturais, sem haver necessidade da implementação de sistemas mecânicos, sendo um processo pelo qual é possível arrefecer o edifício, tirando partido dos gradientes de temperatura ou de pressão existentes entre o interior e o exterior do edifício.

Esta contribui para a otimização do conforto ambiental e da qualidade do ar interior do meio edificado.

Embora existam diferentes tipos de ventilação natural, aquele que é considerado mais adequado é a ventilação natural cruzada. Para que esta ocorra é necessário que existam duas aberturas em fachadas distintas, não sendo necessariamente opostas.

4.2.3 Arrefecimento pelo Solo

Em zonas de clima temperado, onde é necessário arrefecer o edifício no verão, o solo apresenta, a uma profundidade de entre 2 ou 3 metros, uma temperatura que se aproxima da temperatura média anual do ar. Assim, o solo converte-se numa fonte térmica com temperaturas inferiores às do ar durante o verão e superiores durante o inverno.

Podem, então, ser utilizadas tubagens enterradas por onde se faz circular ar que ao entrar em contacto com o terreno baixa a sua temperatura, sendo seguidamente introduzido no interior do edifício, baixando a temperatura do ar do seu interior.

4.2.4 Arrefecimento Evaporativo

O arrefecimento evaporativo consiste no aproveitamento de elementos hídricos e vegetais para o acondicionamento natural de ambientes exteriores e interiores.

Este tipo de arrefecimento caracteriza-se por ser adiabático¹⁰ e permite a diminuição da temperatura do ar por intermédio da mudança de fase

¹⁰Adiabático: processo durante o qual não existe transferência de calor

da água, do estado líquido para o estado gasoso. Quando o decréscimo é acompanhado de um aumento do conteúdo do vapor de água, trata-se de um arrefecimento evaporativo direto. Neste caso, o ar exterior é arrefecido por evaporação da água, antes de entrar no edifício.

Quando se promove o arrefecimento através da evaporação nas superfícies exteriores da envolvente do edifício expostas à radiação solar ou ao ar quente do interior, está-se na presença de arrefecimento evaporativo indireto, assim designado por contribuir para uma diminuição da temperatura do ar interior sem o aumento do seu conteúdo de vapor de água.

4.3 Estruturas Verdes

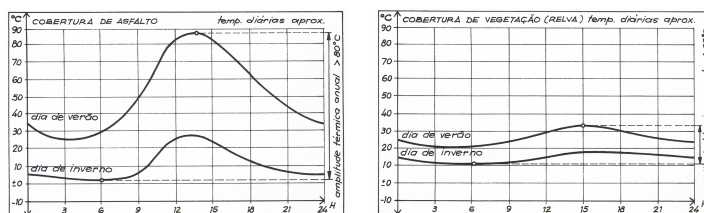
4.3.1 Coberturas Verdes

A aplicação de coberturas verdes apresenta diversas vantagens, nomeadamente ao nível do acondicionamento do edifício, tanto no verão como no inverno.

Durante a estação de arrefecimento a cobertura verde permite a redução do impacto da radiação solar, diminuindo, assim, a temperatura superficial da cobertura e evitando o seu sobreaquecimento.

Durante a estação de aquecimento aumenta a capacidade de isolamento e de inércia térmica, estabilizando as temperaturas debaixo da cobertura, reduzindo as perdas de calor.

Para além do supra mencionado apresenta outras vantagens, nomeadamente: 1) diminuição do ruído, devido à sua capacidade de absorção, 2) restitui parte da capa vegetal que foi removida para a construção do edifício, 3) prolongamento do tempo de vida útil da cobertura, 4) desfasamento dos picos de cheias, 5) contribui para a redução do efeito de ilha de calor e 6) contribui para o melhoramento da qualidade do ar dentro das cidades.

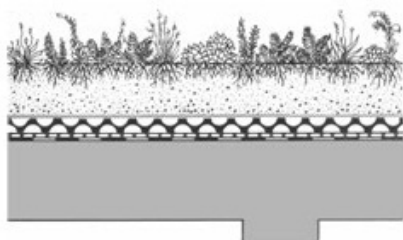


(a) Cobertura plana convencional (b) Cobertura plana verde

Figura 2.19: Desempenho térmico de uma cobertura plana convencional Vs. desempenho térmico de uma cobertura verde [26]

Existem dois tipos de coberturas verdes, dependendo do substrato, do tipo de vegetação e da manutenção exigida, podendo estas ser extensivas ou intensivas.

A cobertura verde extensiva apresenta uma espessura de substrato pequena, normalmente de 10 cm, com plantas de pequeno porte, com abastecimento de água e substâncias nutritivas por processos naturais [20]. Este tipo de cobertura após ter a camada vegetal consolidada não necessita de cuidados constantes ou especiais.



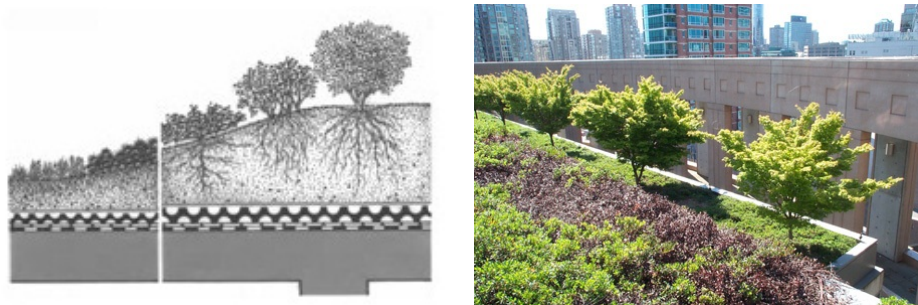
(a) Esquema cobertura verde extensiva



(b) Academia das Ciências da Califórnia

Figura 2.20: Esquema da estrutura e exemplo de uma cobertura verde de tipo extensiva [44]

O tipo intensivo, também designado por cobertura jardim, apresenta um substrato com uma espessura maior, normalmente superior a 20 cm, onde podem ser plantadas espécies de maior porte como arbustos e árvores, ou mesmo espécies alimentícias, e que requer o mesmo tipo de manutenção que um jardim convencional [20]. A cobertura verde intensiva é acessível e pode ser usada pelo utilizador para diferentes atividades, aumentando, assim, a superfície útil do edifício.



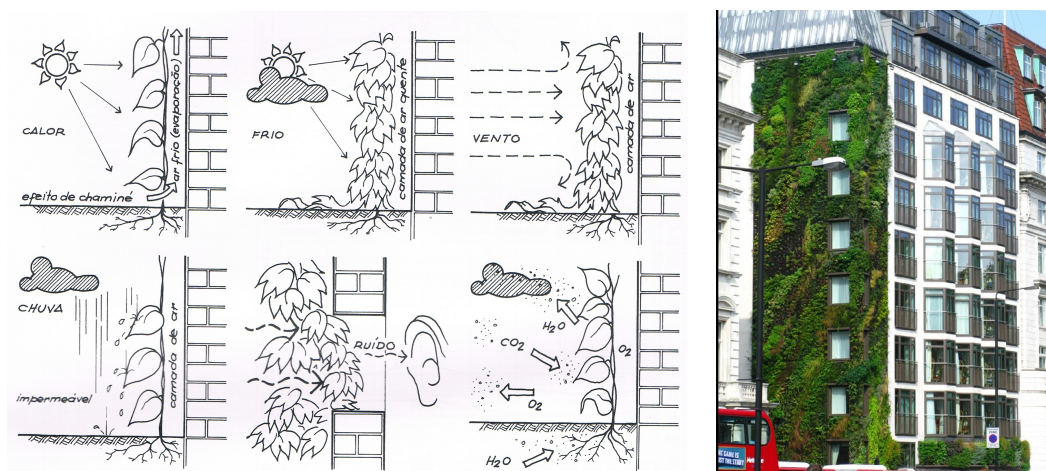
(a) Esquema cobertura verde intensiva

(b) Faculdade de Design Summit

Figura 2.21: Esquema da estrutura e exemplo de uma cobertura verde de tipo intensiva [44]

4.3.2 Fachadas Verdes

A aplicação de vegetação nas fachadas apresenta 1) vantagens ao nível do isolamento térmico e acústico, 2) protege as fachadas do vento e da água e 3) surge como forma de otimizar os espaços verdes dentro das cidades.



(a) Benefícios da fachada verde

(b) Fachada criada por Patrick Blanc

Figura 2.22: Benefícios e exemplo de uma fachada verde [35]

4.4 Sistemas de Energia Solar Ativos

Os sistemas de energia solar ativos são aqueles que utilizam a energia da radiação solar como fonte de energia primária, convertendo-a noutro tipo de energia que pode ser armazenada para posterior utilização nas atividades quotidianas ou nos sistemas de climatização do edifício.

4.4.1 Sistema de Energia Solar Térmica

O sistema de energia solar térmica tem como objetivo a preparação de Água Quente Sanitária (AQS) e/ou climatização ambiente do espaço habitável. Este tipo de sistemas contribui para a diminuição das emissões, para a atmosfera, de gases que contribuem para o efeito de estufa e reduz o custo de exploração/utilização do edifício, uma vez que se trata de um sistema baseado numa fonte de energia renovável, não poluente, inesgotável e está disponível gratuitamente todos os dias do ano.

Em geral, os sistemas de energia solar térmica não garantem a totalidade do consumo energético do edifício, sendo por isso necessário recorrer a um sistema de apoio, sendo a bomba de calor o sistema mais recomen-

dado, uma vez que se trata de um sistema de energia muito eficiente, assegurando, assim, as necessidades que não são supridas pelo sistema de energia solar.

4.4.2 Sistema de Energia Solar Fotovoltaica

Os sistemas de energia solar fotovoltaica funcionam por conversão da energia presente na radiação solar em energia eléctrica por intermédio de células solares fotovoltaicas. Existem vários tipos de células fotovoltaicas, com vários rendimentos, dependendo do tipo de tecnologia utilizada no seu fabrico.

4.5 Aproveitamento de Águas

De toda a água existente no planeta, apenas cerca de 2.5% corresponde a água doce, sendo que a maioria desta água se encontra nos glaciares permanentes [37].

As principais fontes de água para a utilização humana são os rios e os lagos, que correspondem a cerca de 1% de toda a água doce disponível, ou seja 0.01% de toda a água disponível no Planeta Terra.

Devido ao facto de este recurso ser tão escasso é indiscutível a racionalização da sua utilização, sendo necessário considerar a sua regeneração, aproveitamento de água das chuvas e reciclagem de águas cinzentas.

A água poder ser regenerada, reciclada, reutilizada e alcançar um grau de qualidade satisfatório que permite dar resposta a muitas das atividades quotidianas, visto que nem todas necessitam da utilização de água potável.

4.5.1 Aproveitamento da Água das Chuvas

A água das chuvas, também designada por águas azuis, encontra-se associada ao ciclo da água.

Estas águas, posteriormente à sua captação, não são próprias para consumo - não são águas potáveis, dado que na sua composição contêm elementos prejudiciais à saúde humana, devido à poluição atmosférica, incorporados durante o ciclo da água. No entanto, após passarem por

um processo de filtragem e de depuração, podem ser utilizadas no interior do edifício - nos autoclismos das casas de banho e na lavagem dos pavimentos, e no exterior do edifício - para atividades como lavagem do automóvel, sistema de rega de superfícies ajardinadas ou de cultura e lavagem dos pavimentos.

4.5.2 Aproveitamento das Águas Cinzentas

Designam-se por águas cinzentas, aquelas que são provenientes do banho, do lavatório, da máquina de lavar e de secar.

Começam a surgir, no mercado, um conjunto de produtos que permitem o tratamento destas águas, tornando-as azuis, de modo a poderem ser utilizadas como tal.

2.3 Sistemas de Avaliação de Sustentabilidade

Os sistemas de avaliação de sustentabilidade nos edifícios permitem avaliar o seu desempenho global ao nível dos pilares da sustentabilidade. Estes surgem como resposta à necessidade da criação de edifícios mais sustentáveis, tendo vindo a ser desenvolvidos e aplicados, a nível internacional, vários sistemas para a avaliação da construção sustentável que têm em vista o reconhecimento dessa mesma sustentabilidade [32].

Estes sistemas podem ser simplesmente utilizados para atribuir uma classificação de sustentabilidade ao meio edificado, ou podem ser utilizados como ferramentas para o desenvolvimento do próprio projeto, para que todo o seu processo, desde a fase do seu desenvolvimento conceptual até à sua desconstrução, seja o mais sustentável e respeitoso com o meio ambiente possível.

É após a crise petrolífera dos anos 70 que surge, a nível internacional, a necessidade de desenvolver iniciativas de avaliação focadas nas questões energéticas. A partir do final dos anos 80 passa-se a efetuar a avaliação do impacte ambiental de uma parte dos empreendimentos de construção, procurando reduzir os impactes ambientais negativos e valorizar os impactes positivos [32].

Durante a década de 90 o progressivo reconhecimento da importância ambiental e do conceito de sustentabilidade na construção levou ao aparecimento do conceito de construção sustentável e às orientações para a sua implementação, avaliação e reconhecimento das características de sustentabilidade no meio edificado [32]. É lançado, em 1990, no Reino Unido, o sistema de avaliação/certificação Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM), sem grandes antecedentes, no sentido de estabelecer um objetivo e meios compreensíveis de avaliar uma série de considerações ambientais segundo critérios ambientais explicitamente definidos, proporcionando um sumário do desempenho ambiental dos edifícios [32]. Seguem-se a esta iniciativa, outras, destacando-se o sistema francês (1992) Haute Qualité Environnementale des Bâtiments (HQE), o sistema norte-americano (1998) Leadership in Energy & Environmental Design do USGB (LEED) e o sistema de comparação internacional (1996) Green Building Tool (GBTTool) [32].

Em 2005, surge em Portugal o Sistema Voluntário para Avaliação da Construção Sustentável – LiderA (Liderar pelo Ambiente) (LiderA), desenvolvido por *Manuel Duarte Pinheiro*, Doutorado em Engenharia do Ambiente, docente do DECA do Instituto Superior Técnico (IST), Universidade Técnica de Lisboa (UTL) e fundador da Inovação e Projetos em Ambiente (IPA) [10], tema que será desenvolvido mais à frente.

Os sistemas de avaliação de sustentabilidade dos edifícios caracterizam-se por um conjunto de critérios de desempenho ambiental, organizados numa estrutura lógica, pela atribuição de um número de pontos a cada critério, segundo o desempenho do edifício e, pela demonstração da pontuação do desempenho ambiental global do edifício ou unidade [32].

Por sua vez, os critérios de avaliação da sustentabilidade de um edifício consideram uma série de vertentes, sendo estas, o consumo de recursos (energia, água, materiais, ect.), resíduos e efluentes produzidos, nível da qualidade do ambiente interior e a integração local e ambiental, permitindo assumir medidas e práticas, desde a fase de projeto, que visem melhorar o seu desempenho [32].

Cada vez mais se recorre a este tipo de sistemas, quer sejam qualitativos ou quantitativos, de forma a dar resposta às necessidades de avaliação e certificação de sustentabilidade dos

edifícios, permitindo um melhor ajuste às realidades e diferentes especificações [32].

O crescente interesse na definição integrada de parâmetros de sustentabilidade nos edifícios, não só pela comunidade técnica, mas também pela sociedade em geral, criará mais exigências ao mercado imobiliário, contribuindo para um aumento considerável da qualidade de vida e preservação do meio ambiente.

2.4 Escolas e Sustentabilidade

2.4.1 Perfil de uma Escola

Ao longo do tempo o conceito de escola tem-se alterado. Hoje em dia, uma escola é muito mais do que um edifício com salas de aula no seu interior.

Para além da função educativa, a escola é cada vez mais um espaço de encontro e desenvolvimento de atividades para a comunidade onde se insere.

Por outro lado o paradigma relacionado com o tempo que os alunos, docentes e funcionário passam no espaço escolar também se alterou, estes agora passam mais tempo nestes espaços, não apenas devido às típicas aulas, mas também com atividades extracurriculares.

A criação de espaços escolares apropriados, flexíveis e adaptados às novas exigências às quais estes vão sendo submetidos é fundamental.

O tipo de edifício e o estado de conservação do mesmo é um fator importante, uma vez que interfere no desempenho escolar e no comportamento dos alunos e demais intervenientes no processo educativo. Quanto menos cuidado for o espaço escolar menor será o rendimento dos alunos [31]. Neste sentido, a escolha dos materiais e a sua durabilidade e adequabilidade ao espaço e funções, assim como a manutenção do recinto escolar é indispensável para que os alunos, professores e funcionários se sintam bem nele e possam ter o melhor rendimento possível.

Para além de fatores mais físicos, como espaço, função e materiais, a elaboração de um projeto de uma escola deve, igualmente, ter preocupações ao nível da qualidade do ar interior, da ventilação, da temperatura, da humidade relativa, da iluminação e da acústica,

uma vez que estes parâmetros vão afectar o desempenho e o comportamento daqueles que utilizam o espaço escolar [16].

O controlo da qualidade do ar interior numa escola é importante no sentido de preservar o ambiente escolar de fungos e bactérias que podem provocar sintomas de irritação nos olhos, garganta e nariz ou mesmo infeções respiratórias, náuseas, dores de cabeça e fadiga. Sintomas estes que não permitirão aos utilizadores da escola atingir o mesmo desempenho como o que obteriam se se encontrassem saudáveis [36].

A correta ventilação dos espaços, preferencialmente feita de forma natural, é importante para manter uma boa qualidade do ar interior e eliminar os elementos contaminantes aí existentes, assim como a renovação do oxigénio e eliminação de dióxido de carbono (CO_2), uma vez que, se este se encontrar em elevada concentração no ar pode causar sonolência e falta de concentração [36].

A temperatura e humidade relativa são outros dos parâmetros que afetam a qualidade do ar, pois os seus níveis podem ser mais ou menos propícios ao desenvolvimento de bactérias e fungos.

Segundo estudos desenvolvidos na década de 70 que defendem que o conforto termohigrométrico é fundamental para uma boa performance mental dos alunos, devendo os valores da temperatura estar entre 20 e 23 °C e a humidade relativa variar entre 40 e 70% [23] [43].

A iluminação dos espaços desempenha um papel importante no desenvolvimento de atividades e na produtividade dos utilizadores das escolas [31]. Esta deve ser, preferencialmente, realizada a partir da luz natural, não só por uma questão de redução de custos, mas também pelo reconhecimento dos benefícios físicos e psicológicos que esta tem sobre os utilizadores [3].

Estudos desenvolvidos neste campo comprovam que alunos que ocupam salas com uma boa iluminação natural apresentam melhores resultados a matemática e a interpretação de textos em cerca de 20% e 26%, respectivamente, do que alunos que ocupam salas com menor quantidade e qualidade de luz natural [34].

Outro parâmetro que se encontra relacionado com o desenvolvimento escolar é o acústico.

Segundo um estudo desenvolvido por Earthman e Lemasters [13] o excesso de ruído numa escola diminui a capacidade de aprendizagem, uma vez que compromete o nível de audição e concentração, provocando stress nos seus utilizadores.

Para além do ruído exterior a que uma escola está sujeita e que muitas vezes escapa ao seu controlo, podendo-se apenas intervir no que toca à seleção do isolamento acústico a aplicar, existem outras preocupações a ter em consideração em fase de projeto. Aquando do projeto de especialidades, nomeadamente nos projetos que envolvem a instalação de equipamentos, estes devem ser corretamente dimensionados, selecionados, devidamente localizados, instalados e isolados de forma a garantir, que na emissão de algum ruído, este não ultrapasse os níveis standards admissíveis.

Em síntese, o perfil de uma escola é mais complexo do que aparentemente possa parecer. Durante a realização de um projeto escolar o arquiteto não pode apenas preocupar-se com o desenho do espaço e com as funções, mas tem de garantir que o espaço que vai criar proporciona conforto aos seus utilizadores, para que estes possam realizar as suas atividades com o melhor rendimento possível.

2.4.2 Casos de Estudo de Escolas

Neste ponto serão analisados dois casos de estudo de escolas, localizadas no Reino Unido, nas quais, na altura da realização dos respetivos projetos, foram tidas em consideração algumas questões relacionadas com a sustentabilidade e o conforto dos seus utilizadores. Será, igualmente, analisada a opinião dos utilizadores após a ocupação dos espaços. A opinião pós-ocupação é realizada segundo o sistema Building Use Studies (BUS), onde a satisfação dos utilizadores, em relação a determinados fatores, é assinalada mediante uma escala de 1 a 7, sendo 1 “nada satisfeito” e 7 “totalmente satisfeito”.

1 Escola Primária de Kingsmead

**Localização:**

Northwich, Reino Unido

Conclusão:

Agosto 2004

Área Bruta:Fase 1 : 1.296m²**Nº de Estudantes:**

255

Figura 2.23: Escola Primária de Kingsmead [8]

1.1 O Espaço

A distribuição do espaço na Escola Primária de Kingsmead é realizada a partir de um corredor curvo segundo o seu eixo longitudinal com orientação Este - Oeste, no qual se realiza o fluxo principal de movimentos da escola.

As salas de aula encontram-se orientadas a Norte e o átrio principal e restantes espaços encontram-se orientados a Sul. Esta disposição contradiz o conhecimento convencional, como se pode verificar pelo exposto acima, que refere, como boa prática, que os espaços de maior permanência devem estar orientados a Sul.

1.2 Iluminação

O facto de as salas de aula se encontrarem orientadas a Norte permite que a entrada de luz natural no espaço seja controlada e que não existam preocupações de sobreaquecimento durante o verão.

Por outro lado, existem clarabóias com sistemas monitorizados de palas que permitem ganhos solares diretos, quando necessário durante o inverno, mas que bloqueiam a entrada dos raios solares durante o verão.

1.3 Materiais

O material utilizado para a realização da estrutura do edifício foi madeira laminada proveniente da reciclagem de madeira.



Figura 2.24: Planta da Escola Primária de Kingsmead [8]

1.4 Isolamento Térmico

O isolamento térmico utilizado foi lã de vidro, sendo mais uma vez um material de origem reciclada.

Os vidros dos vãos são compostos por vidros duplos, contribuindo para um isolamento térmico mais eficaz.

1.5 Sistemas de Aquecimento

O sistema de aquecimento principal é uma caldeira de biomassa alimentada por woodships produzidos localmente.

1.6 Energia Solar

Em termos de soluções passivas, cada sala de aula apresenta um jardim de inverno com acesso direto ao recreio.

No que toca a sistemas ativos a escola conta com a instalação de painéis solares térmicos e fotovoltaicos.



Figura 2.25: Iluminação natural da Escola Primária de Kingsmead [8]



Figura 2.26: Materiais da estrutura da Escola Primária de Kingsmead [8]

1.7 Opinião dos utilizadores

A Escola Primária de Kingsmead apresenta uma pontuação bastante alta, por parte dos utilizadores, no sistema BUS, sendo uma das melhores pontuações já verificadas [8].

A opinião dos utilizadores em relação ao edifício e ao seu funcionamento é bastante positiva, mostrando satisfação com o seu desempenho. Apesar do edifício ficar muito quente no verão, os utilizadores são tolerantes com esta falha.

A qualidade e quantidade de luz natural no interior do edifício são boas, encorajando os utilizadores a não utilizarem luz artificial durante o dia e a terem as persianas levantadas.



Figura 2.27: Jardins de inverno da Escola Primária de Kingsmead [8]

Os utilizadores consideram que as condições de conforto contribuem para a sua produtividade. Este facto deve-se à boa pontuação atribuída ao conforto térmico e ao estado de alerta e conhecimento por parte destes de como deve ser o funcionamento do edifício.

O caso de Kingsmead é um caso de sucesso, não só pelas opções de projeto, mas também, porque o “cliente/utilizador” está empenhado em que o edifício funcione de acordo com os objetivos de projeto, somado ao facto de toda a comunidade escolar ser sensível às questões ambientais.

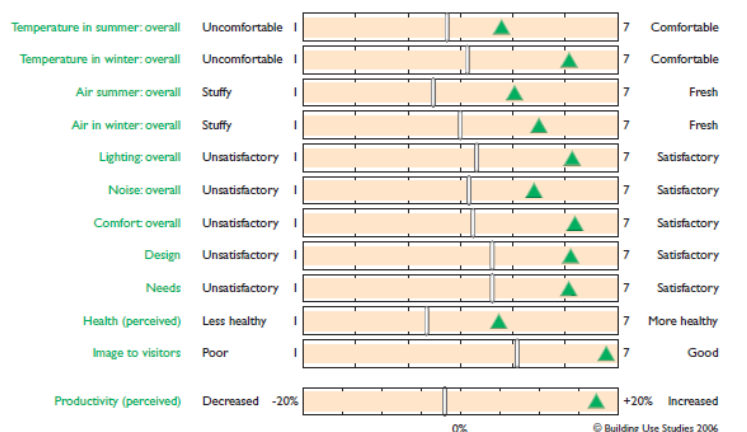


Figura 2.28: Opinião dos utilizadores da Escola Primária de Kingsmead [8]

2 Escola Primária Notley Green

**Localização:**

Braintree, Reino Unido

Conclusão:

Fase 1 : Setembro 1999

Fase 2 : Setembro 2004

Área Bruta:Fase 1 : 1.044m²Fase 2 : 626m²**Nº de Estudantes:**

351

Figura 2.29: Escola Primária Notley Green [8]

2.1 O Espaço

A Escola Primária Notley Green é composta por dois edifícios, Fase 1 e Fase 2, com diferença de 5 anos na sua construção.

As plantas dos dois edifícios apresentam semelhanças, uma vez que têm como forma base um triângulo. O facto de as plantas terem esta configuração cria alguns problemas no que toca à gestão do espaço, embora as salas apresentem uma forma retangular os restantes espaços resultam, muitas vezes, em formas irregulares, o que dificulta a questão dos acessos.

A Fase 1 apresenta 6 salas de aula, um átrio de distribuição, um pátio interior, dois espaços livres com a função de biblioteca e a cantina. A Fase 2 apresenta, igualmente, 6 salas de aula, um átrio mais pequeno e uma biblioteca celular. É importante referir que a Fase 2 surge como resultado da análise dos sucessos e dos fracassos da Fase 1.

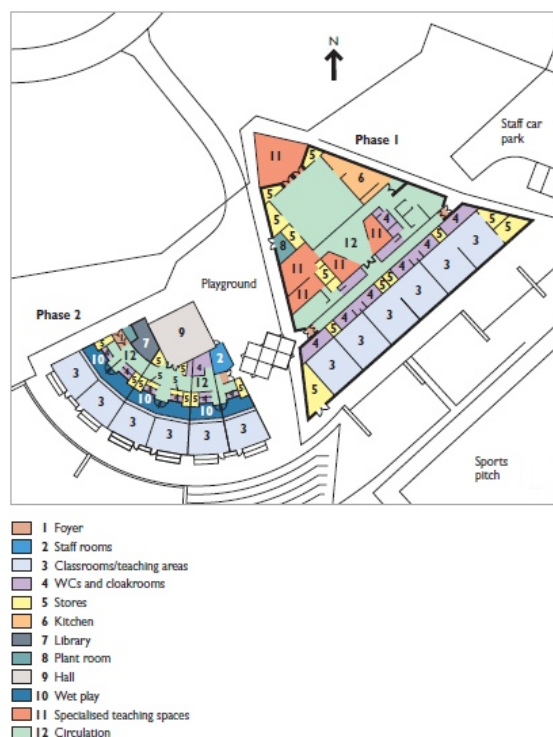


Figura 2.30: Planta da Escola Primária de Notley Green [8]

2.2 Iluminação

As salas de aula encontram-se orientadas, na Fase 1, no quadrante Sul - Este e na Fase 2 no quadrante Sul - Oeste. Cada sala apresenta dois panos de vidro, um mais alto e outro mais baixo, que permitem que as persianas se fechem ou abram segundo a inclinação dos raios solares, sendo mais versátil que apenas um pano de vidro com uma persiana. Para além destas entradas de luz natural, existem ainda clarabóias, nas salas e nos corredores.

As clarabóias da Fase 2 apresentam maiores dimensões do que as clarabóias presentes na Fase 1, uma vez que melhoram a qualidade de luz natural no interior do espaço, quando as persianas se encontram fechadas na totalidade.



(a) Janelas

(b) Claraboias

Figura 2.31: Iluminação natural na Escola Primária Notley Green [8]

2.3 Materiais

As bancadas de trabalho são feitas de plástico reciclado, nas quais ainda é perceptível as garrafas de plástico utilizadas.

As tintas utilizadas, assim como os restantes materiais, são de toxicidade baixa, permitindo uma melhor qualidade do ar interior.



(a) Lavatórios

(b) Salas de Atividades

Figura 2.32: Materiais utilizados na Escola Primária Notley Green [8]

2.4 Isolamento Térmico

O isolamento térmico aplicado em ambas as fases foi realizado a partir de jornais reciclados, havendo secções de paredes na escola onde se pode visualizar a sua aplicação.

Em relação à cobertura, ambas as fases apresentam cobertura verde.



Figura 2.33: Isolamento na Escola Primária Notley Green [8]

2.5 Sistemas de Aquecimento

As duas fases apresentam como sistema principal de aquecimento caldeiras a gás. Na Fase 1 o sistema de climatização é por pavimento radiante, embora a experiência não tenha sido muito positiva devido à falta de experiência do pessoal ao lidar com este tipo de sistemas, uma vez que estavam habituados a trabalhar com radiadores. Apesar disso, a Fase 2, também apresenta pavimento radiante, uma vez que é um sistema muito eficiente, quando bem utilizado.

2.6 Energias Renováveis

Para a Fase 1 houve estudos prévios para a implementação de painéis solares térmicos e fotovoltaicos, uma turbina eólica e uma caldeira de biomassa, no entanto, estes não foram instalados.

No que se refere à Fase 2 não foi possível, na bibliografia disponível, encontrar informação relacionada com este tema.

2.7 Opinião dos Utilizadores

Em termos de pontuação no sistema BUS, esta mostra que as expectativas dos utilizadores não foram totalmente satisfeitas, reflectindo-se numa avaliação de nota razoável para a experiência no interior do edifício.

O ponto mais fraco, identificado no edifício, é a ventilação, especialmente durante o período de verão.

No que toca à gestão energética e hídrica não existe nenhum sistema de con-

trole que permita reduzir os custos, este é um dos sintomas de que não foram dados conselhos de como a construção da escola devia ser executada para que fosse mais eficiente.

Em termos de distribuição de funções, também foram identificados problemas, não só por serem na sua maioria espaços irregulares, dificultando a gestão das funções e atividades aí desenvolvidas, chegando mesmo a existir alteração das funções, inicialmente especificadas, de alguns espaços aquando da ocupação.

Foram detetados problemas de ruído nas salas de aula da Fase 1, uma vez que estas não apresentam portas, tendo sido implementadas na Fase 2 para colmatar esta falha.



Figura 2.34: Opinião dos utilizadores da Escola Primária Notley Green [8]

Capítulo 3

Projeto de Arquitetura Sustentável

3.1 Sistema LiderA

Dado o paradigma ambiental atual, a sustentabilidade é cada vez mais um aspeto a considerar no desenvolvimento do ambiente construído.

Embora comecem a existir várias referências e sensibilizações para a construção sustentável, este conceito não deixa de ser um conceito novo, apresentando diferentes perspetivas, apelando à procura de um sistema que permita apoiar a avaliação e certificação do meio edificado, assente nos princípios ecológicos e na criação de boas condições de conforto e vivências sócio-económicas para os seus utilizadores [33].

É neste sentido que surgem a nível internacional vários sistemas, como o BREEAM no Reino Unido, o LEED nos Estados Unidos da América, entre outros, de forma a reconhecer a construção sustentável.

Em Portugal surge o LiderA, no âmbito de um projeto de investigação efetuado no Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura do Instituto Superior Técnico desenvolvido pelo Professor Doutor Manuel Duarte Pinheiro, com a colaboração da IPA.

O LiderA, acrónimo de Liderar pelo Ambiente, pode ser 1) utilizado desde logo no apoio à procura de soluções em fase de projeto, 2) na avaliação de posicionamento da susten-

tabilidade, 3) no caso de apresentar um bom nível de desempenho comprovado pode ser dado o reconhecimento (para planos e projetos) ou a certificação (a empreendimentos em construção ou operação) [33].

3.1.1 Vertentes e Áreas

Na procura de sustentabilidade nos ambientes construídos, o LiderA, assenta em seis princípios a serem adotados, os quais abrangem as seis vertentes definidas pelo sistema. Os princípios utilizados para a procura da sustentabilidade e a sua conversão para as vertentes são os seguintes:

Princípios	Descrição	Vertente do LiderA
Princípio 1	Valorizar a dinâmica local e promover a adequada integração	Integração Local
Princípio 2	Fomentar a eficiência no uso dos recursos	Recursos
Princípio 3	Reduzir o impacte das cargas (quer em valor, quer em toxidade)	Cargas Ambientas
Princípio 4	Assegurar a qualidade do ambiente, focada no conforto ambiental	Conforto Ambiental
Princípio 5	Fomentar as vivências sócio-económicas sustentáveis	Vivências Sócio-económicas
Princípio 6	Assegurar a melhor utilização sustentável dos ambientes construídos, através da gestão ambiental e da inovação	Uso Sustentável

Tabela 3.1: Correspondência entre princípios e vertentes no Sistema LiderA [12]

Estas seis vertentes subdividem-se em vinte e duas áreas, que se podem identificar no esquema abaixo.

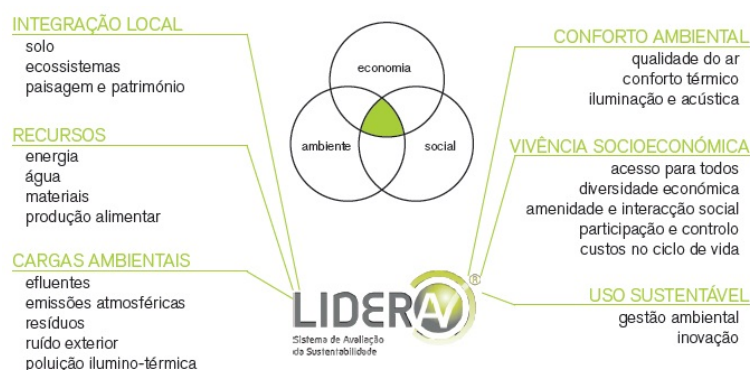


Figura 3.1: Estrutura das vertentes e áreas do sistema LiderA [12]

3.1.2 Critérios e Níveis de Desempenho

Para operacionalizar a procura da sustentabilidade na construção, as vinte e duas áreas subdividem-se em quarenta e três critérios. Estes critérios pressupõem que as exigências legais são cumpridas e que são adotados os requisitos mínimos das diferentes áreas consideradas pelo LiderA.

Embora os níveis de desempenho sejam numéricos, por questões de comunicação são convertidos em classes, de G a A+++. Os seus limiares são definidos a partir de três pontos de referência. O primeiro encontra-se relacionado com o desempenho tecnológico mais utilizado, que na prática construtiva existente é considerada como nível usual - Classe E. O segundo ponto assenta no melhor desempenho devido à melhor prática construtiva disponível até à data - Classes C, B e A. O terceiro assenta na definição do nível de sustentabilidade elevado - Classes A+.



Figura 3.2: Níveis de desempenho do sistema LiderA [12]

Como supramencionado, a Classe E corresponde à prática usual na construção. A partir deste ponto o grau de sustentabilidade, segundo o LiderA, é mensurável em classes de bom desempenho, crescentes:

Classe D indica uma melhoria em relação à prática atual de 12.5%;

Classe C indica uma melhoria em relação à prática atual de 25%;

Classe B indica uma melhoria em relação à prática atual de 37.5%;

Classe A indica uma melhoria em relação à prática atual de 50%, associada a um fator de melhoria de 2;

Classe A+ indica uma melhoria em relação à prática atual de 75%, associada a um fator de melhoria de 4;

Classe A++ indica uma melhoria em relação à prática atual de 90%, associada a um fator de melhoria de 10.

A Classe A+++ indica que o desempenho é neutral ou regenerativo, melhorando estruturalmente o desempenho do ambiente.

A experiência resultante da aplicação do LiderA permite concluir que em muitas situações se consegue atingir o desempenho de Classe C, B e B- e por vezes até mesmo A, estando associados custos reduzidos, onde se encontra uma boa relação custo-eficiência, desde que tal tenha sido considerado adequadamente na fase da conceção do projeto [11].

3.1.3 Ponderação

No geral, todos os critérios que constituem as diferentes áreas apresentam igual importância, permitindo, ao serem agrupados, a classificação para cada uma das vinte e duas áreas. No entanto, a classificação final da junção das diferentes áreas é obtida através da ponderação destas. Para chegar ao valor dessa ponderação foram realizados inquéritos, que concluíram que a área de maior importância é a energia (17%), seguida da água (8%) e do solo (7%).

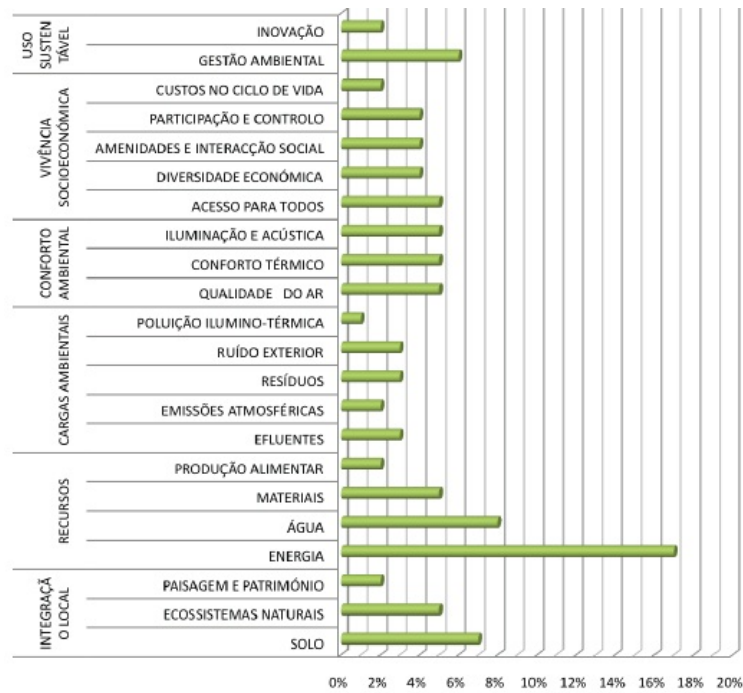


Figura 3.3: Ponderação em “%” para as 22 áreas [12]

No que diz respeito ao posicionamento das vertentes, surge como mais relevante os recursos (32%), seguida da vivência sócio-económica (19%), do conforto ambiental (15%), da integração local (14%), das cargas ambientais (12%) e da gestão ambiental (8%).

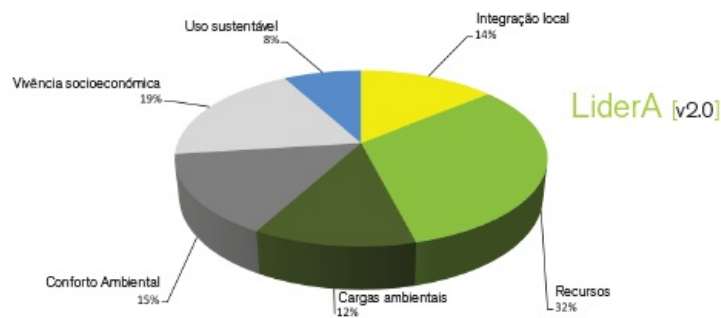


Figura 3.4: Ponderação em “%” das vertentes [12]

3.2 Projeto de Arquitetura e as suas Fases

A procura de sustentabilidade na construção desafia os responsáveis pelos projetos (promotores, clientes, arquitetos e engenheiros) e as entidades fiscalizadoras (técnicos das autarquias e de outras entidades) a experimentarem medidas e soluções que se identifiquem com os princípios da sustentabilidade.

Como apoio e estímulo ao desenvolvimento de soluções sustentáveis, a serem adotadas num projeto de arquitetura, pode utilizar-se o Sistema LiderA. Para tal, é necessário ter consciência de todas as fases que envolvem o projeto e de que forma o Sistema LiderA pode auxiliar em cada uma delas.

O desenvolvimento do projeto de arquitetura caracteriza-se por uma fase inicial de definição do objeto arquitetónico/produto pelo promotor/cliente, que inclui a definição das orientações a serem desenvolvidas posteriormente. Usualmente o promotor define as especificações do projeto a ser desenvolvido no denominado Programa Preliminar. Seguindo-se a esta fase, de maior importância, o Programa Base e o Projeto Base (Projeto de Licenciamento).

As abordagens a considerar para aplicar o Sistema LiderA assentam em assumir os princípios de sustentabilidade na fase do Programa Preliminar, na procura de soluções em relação às áreas na fase de Programa Base ou Estudo Prévio e na procura de soluções que satisfaçam os critérios na fase de Projeto de Licenciamento e seguintes.

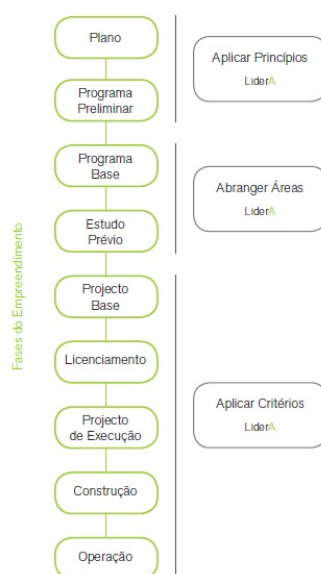


Figura 3.5: Fases de um empreendimento e a aplicação do Sistema LiderA [12]

Fase	Objectivo Principal	Que considerar na sustentabilidade
Programa Preliminar	Documento fornecido pelo Dono de Obra ao Projectista para definição dos objectivos, características orgânicas e funcionais e condicionamentos financeiros da obra, bem como dos respectivos custos e prazos de execução a observar; corresponde ao programa previsto no artigo 43.º do CCP.	<ul style="list-style-type: none"> • Procurar identificar os princípios de sustentabilidade a considerar, satisfazer as condicionantes legais ambientais (desde logo de ordenamento); • Avaliar o nível de sustentabilidade que se pretende atingir: não certificável, certificável, desempenho equilibrado, bom desempenho, etc.; • Avaliar o nível de sustentabilidade sugerido pelo Programa Preliminar: preocupações parciais, preocupações alargadas, foco em todas as seis vertentes, etc.; • Orientações para desenvolvimentos a considerar pelo projectista.
Programa Base	Documento elaborado pelo Projectista a partir do Programa Preliminar resultando da particularização da obra e do estudo de soluções alternativas, o qual, depois de aprovado pelo Dono de Obra, serve de base ao desenvolvimento das fases ulteriores do projecto.	<ul style="list-style-type: none"> • Analisar as opções estratégicas e de projecto efectuadas e identificar as áreas de sustentabilidade abordadas; • Aferir se os seis princípios de sustentabilidade, definidos anteriormente, foram cumpridos; • Garantir a satisfação das condicionantes legais ambientais (desde logo de ordenamento); • Avaliar o nível de sustentabilidade atingido pelo Programa Base proposto: preocupações muito circunscritas, preocupações alargadas, procura de sustentabilidade alargada, nomeadamente ao aferir se as vinte e duas áreas de sustentabilidade, definidas anteriormente, foram consideradas; • Orientações para desenvolvimentos a considerar no Projecto Base.
Projecto Base (Licenciamento)	O documento a elaborar pelo Projectista, correspondente ao desenvolvimento do Estudo Prévio aprovado pelo Dono de Obra, destinado a estabelecer, em definitivo, as bases a que deve obedecer a continuação do estudo sob a forma de Projecto de Execução.	<ul style="list-style-type: none"> • Satisfazer os requisitos legais ambientais incluindo energéticos, sendo nesta fase apresentada a declaração de conformidade regulamentar referente à certificação energética e de qualidade do ar (que depois com a licença de utilização será emitida a certificação energética). • Apresentar as soluções de projecto propostas e identificar as intervenções na procura da sustentabilidade, ao nível dos critérios abordados; • Avaliar o nível de sustentabilidade que se procura, atingiu ou pode vir a atingir nos critérios LiderA (em 43 ou em parte): C, B, A, A+ a A++, etc.; • Orientações para desenvolvimentos a considerar no futuro, quer na fase de Projecto de Execução, quer na fase de construção, operação, ou até mesmo demolição.

Figura 3.6: Principais etapas de projeto segundo a Portaria Nº 701 – H/2008, de 29 de Julho (Anexo I - art. 1º) e aspetos a considerar para cada etapa [12].

3.2.1 Programa Preliminar

A fase de Programa Preliminar inicia-se com a ideia de projeto por parte do promotor, sendo a fase inicial do empreendimento. Neste documento o promotor deve identificar a oportunidade e as características do objeto arquitetônico, o seu objetivo e o seu posicionamento em termos de desempenho para a procura da sustentabilidade [6].

O Programa Preliminar, segundo a Portaria Nº 701 – H/2008, de 29 de Julho, é um documento elaborado pelo promotor do empreendimento que é entregue ao projetista e às outras entidades envolvidas na elaboração do projeto, com o intuito de lhes dar a conhecer quais as características de projeto e quais as intenções para a sua elaboração. Neste sentido, devem ser definidos todos os pressupostos que deverão ser considerados pelos projetistas, tais como, a função do edifício e a sua localização, entre outras considerações que sejam relevantes para a elaboração do projeto.

O Programa Preliminar, para além de conter elementos constantes da legislação e regulamentação aplicáveis, deve conter os seguintes elementos, podendo alguns deles serem dispensados, de acordo com a natureza do projeto:

- a) Objetivo da obra;
- b) Características da obra em geral;
- c) Dados sobre a localização do empreendimento;
- d) Elementos topográficos, cartográficos e geotécnicos, levantamento das construções existentes e das redes de infra-estruturas locais, coberto vegetal, características ambientais e outros, eventualmente disponíveis, a escalas convenientes;
- e) Dados básicos relativos às exigências de comportamento, funcionamento, exploração e conservação da obra, tendo em atenção as disposições regulamentares;
- f) Estimativa de custo e respetivo limite dos desvios e, eventualmente, indicações relativas ao financiamento do empreendimento;
- g) Indicação geral dos prazos para a sua elaboração.

Existem, ainda, elementos especiais do Programa Preliminar da responsabilidade do promotor, tais como:

- a) Os diferentes tipos de utentes do edifício, a natureza e as medidas das respetivas atividades e as suas interligações;
- b) As características evolutivas das funções a que o edifício se deve adequar;
- c) A ordem de grandeza e volumes, as necessidades genéricas de mobiliário, máquinas, instalações, instrumentos e aparelhagem e as eventuais condições específicas de ambientes exigidos, designadamente, isolamento térmico, renovação de ar, condicionamento acústico, condições de iluminação e incidência solar;
- d) Reconhecimento geotécnico do terreno nos termos definidos pelo autor do projeto no Programa Base.

No Programa Preliminar devem estar discriminadas todas as intenções do promotor para que se delineiem estratégias eficientes na procura da sustentabilidade do empreendimento. A estratégia inicial deve ser orientada segundo os princípios do LiderA, tendo por base as vertentes: integração local, recursos, cargas ambientais, conforto ambiental, vivências sócio-económicas e gestão sustentável.

Embora a abordagem preliminar não formalize o projeto deve apresentar para cada uma das vertentes os princípios que irão regular todo o projeto e as fases seguintes, nomeadamente ao longo de todas as etapas de licenciamento, tais como:

- Prever a valorização e dinâmica local e promover uma adequada integração;
- Fomentar a eficiência no uso dos recursos naturais;
- Reduzir o impacto das cargas ambientais (valor e toxidade);
- Assegurar a qualidade do ambiente, focada no conforto ambiental;
- Fomentar as vivências sócio-económicas sustentáveis.

O estabelecimento de estratégias na procura de sustentabilidade desde a fase inicial do projeto é fundamental, sendo essencial efetuar a sua avaliação pelo Sistema LiderA, de forma a testar todas as intenções do promotor, que ao serem analisadas permitem perceber em que situação se encontra o projeto em relação à procura de sustentabilidade.

Assim, esta orientação abrange as vinte e duas áreas do Sistema LiderA, tendo em consideração a sua abrangência de aplicação em cada uma das vertentes, permitindo alertar o promotor para as múltiplas questões associadas ao projeto e à sua execução, caracterizando-se por caminhar para a sustentabilidade, bem como listar os aspetos a serem considerados no projeto em fases seguintes.

Fase	Objectivo geral	Vertente	Questões iniciais	Que considerar na procura da sustentabilidade
Programa Preliminar	Apresenta essencialmente o documento elaborado pelo promotor de um empreendimento, no qual são apresentadas as principais características do projecto e as intenções para a sua elaboração. Neste capítulo apresentam-se algumas sugestões que devem ser consideradas na procura da sustentabilidade dos projectos, desde a génese do projecto a elaborar. Como forma de avaliar as considerações do promotor é também efectuada uma primeira avaliação segundo os princípios do Sistema LiderA.	Integração local	Está prevista a valorização da dinâmica local e promover uma adequada integração?	Promover uma adequada integração dos empreendimentos abordando os efeitos inerentes à ocupação do solo, às alterações ecológicas do território, à necessidade de valorizar o território e a rede ecológica, e à necessidade de valorizar a paisagem e o património.
		Recursos	Está assumido o fomento da eficiência no uso dos recursos naturais?	Promover a eficiência no uso dos recursos naturais, com vista à redução dos consumos e à eficiência da utilização de recursos como a energia, a água e os materiais, promovendo simultaneamente a produção local de recursos alimentares.
		Cargas ambientais	Está previsto o reduzir do impacto das cargas ambientais (quer em valor, quer em toxicidade)?	Avaliar os impactos e fomentar a redução das cargas geradas pelos ambientes construídos e actividades associadas que decorrem, nomeadamente, das emissões de efluentes líquidos, das emissões atmosféricas, dos resíduos sólidos e semi-sólidos produzidos, das emissões de ruído no exterior e complementarmente da poluição ilumino-térmica.
		Conforto ambiental	Está assegurada a qualidade do ambiente, focada no conforto ambiental?	Desenvolver soluções que permitam criar ambientes que respondam ao conforto e ao bem-estar dos seres humanos, facilitando a capacidade dos ocupantes para modificar e interagir com a qualidade do ar dos espaços interiores e com o ambiente térmico, luminoso e acústico.
		Vivência socio-económica	Assume-se fomentar as vivências socioeconómicas sustentáveis?	Fomentar as vivências socioeconómicas sustentáveis, nomeadamente: facilitar a acessibilidade e a mobilidade; reduzir os custos no ciclo de vida; promover a variedade e a qualidade das amenidades locais; facilitar a interacção social; apostar na diversidade económica; garantir o controlo e a segurança das pessoas e de bens materiais.
		Uso sustentável	Estão assumidas condições de boa utilização sustentável?	Abordar a gestão dos aspectos ambientais, quer através da disponibilização de informação aos agentes envolvidos, quer através da introdução de sistemas de gestão ambiental, quer através da inovação de práticas, que explorem novas abordagens na procura da sustentabilidade.

Figura 3.7: Elementos a considerar no Programa Preliminar [12]

3.2.2 Programa Base

O Programa Base, segundo a Portaria Nº 701 – H/2008, de 29 de Julho, trata-se essencialmente do primeiro ensaio que o projetista realiza a partir da análise do programa preliminar, apresentando opções concretas de projeto.

Caso o contrato não especifique outras condições, o Programa Base deve incluir os seguintes

elementos:

- a) Esquema da obra e programação das diversas operações a realizar, quando aplicável;
- b) Definição dos critérios gerais de dimensionamento das diferentes partes construtivas da obra;
- c) Indicação dos condicionamentos principais relativos à ocupação do terreno, nomeadamente legais, topográficos, urbanísticos, geotécnicos, ambientais, em particular, os térmicos e os acústicos;
- d) Peças escritas e desenhadas e outros elementos informativos necessários para o efeito de esclarecimento do Programa Base, no todo ou em qualquer das suas partes, incluindo as que porventura se justifiquem para definir as alternativas de soluções propostas pelo projetista e avaliar a sua viabilidade, em função das condições de espaço, técnicas, de custos e de prazos;
- e) Estimativa geral do custo da obra, tomando em conta os encargos mais significativos com a sua realização e análise comparativa dos custos de manutenção e consumos da obra nas soluções propostas;
- f) Descrição sumária das opções relacionadas com o comportamento, funcionamento, exploração e conservação da obra;
- g) Informação sobre a necessidade de obtenção de elementos topográficos, geológicos, hidrológicos, climáticos, características da componente acústica do ambiente, redes de infra-estruturas ou de qualquer outra natureza que interessem à elaboração do projeto, bem como sobre a realização de estudos em modelos, ensaios, maquetes, trabalhos de investigação e quaisquer outras atividades ou formalidades que podem ser exigidas, quer para a elaboração do projeto, quer para a execução da obra.

Nesta fase de projeto é importante analisar as opções estratégicas efectuadas anteriormente, de forma a verificar a sua compatibilidade com o Programa Base pretendido, quer a nível de aferição de custos (orçamento), quer ao nível da avaliação estratégica da procura

de sustentabilidade, que deve respeitar os requisitos estabelecidos no Programa Preliminar.

No caso da aplicação do Sistema LiderA é igualmente importante aferir se as soluções propostas estão de acordo com as estratégias inicialmente definidas e se seguem os princípios delineados para as áreas do LiderA.

No Programa Base o projetista deve ter em consideração as características do local de forma a possibilitar uma orientação otimizada, uma boa integração e a criação de zonas exteriores permeáveis, influenciando positivamente o conforto ambiental e as vivências sócio-económicas do empreendimento.

Relativamente aos recursos, os princípios a seguir pelo LiderA consistem na gestão equilibrada do consumo de água, na criação de uma estratégia energética que englobe a utilização de soluções passivas de arquitetura solar e bioclimática e possibilite a implementação de sistemas ativos, na utilização sustentável de materiais, tendo em consideração o seu ciclo de vida e a energia incorporada e a aplicação do conceito de produção alimentar no empreendimento.

Os princípios relacionados com as cargas ambientais remetem para requisitos que devem ser definidos aquando da elaboração do Programa Preliminar, como a existência de um local próprio para a deposição de resíduos com condições que apelem à sua separação e valorização, ao tratamento das águas usadas e à recolha e eventual utilização das águas pluviais.

Em síntese, o Programa Base deve interpretar os objetivos do promotor e procurar soluções que permitam a sua viabilidade e concretização. Assim, desde a primeira fase, os projetistas devem utilizar o Sistema LiderA de forma a atingirem um bom nível de desempenho ambiental do projeto.

Fase	Objectivo geral	Área	Questões iniciais	Que considerar na procura da sustentabilidade
Programa Base	<p>Apresenta o primeiro ensaio do projectista como resposta às intenções apresentadas no Programa Preliminar, apresentando opções concretas de projecto.</p> <p>A abordagem sugerida para a sua concretização assenta nas seguintes etapas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • contornos que podem ser adoptados no programa apresentado que sejam compatíveis com os requisitos de ordenamento do território e outros; • programação e efectivação dos estudos necessários; • alternativas de soluções que se podem adoptar; • solução final seleccionada; • qual o posicionamento para suportar a solução seleccionada – análise segundo as áreas do Sistema LiderA; • e quais os desenvolvimentos futuros. 	Solo	Considera-se princípios de valorização territorial e valorização do espaço?	Promover a valorização territorial e valorização do espaço, através da análise do estado, condicionantes e uso do solo a intervir e da optimização da permeabilidade do solo.
		Ecosistemas naturais	Está assumida a valorização ecológica? Será considerada a interligação de habitats?	Assumir a valorização dos habitats naturais existentes ou previstos, promover o aumento da biodiversidade e a continuidade das zonas verdes existentes ou previstas.
		Paisagem e património	Será assegurada a valorização da paisagem e do património?	Fomentar a integração paisagista na área circundante, tanto do edificado novo, como do já existente, preservando o edificado com valor local, regional, nacional, etc.
		Energia	Será considerada a redução dos consumos energéticos? Nomeadamente através de soluções bioclimáticas? E complementada com o uso de renováveis?	Redução dos consumos energéticos, através do incentivo à adopção de soluções bioclimáticas, do uso de energias renováveis, da redução dos consumos energéticos e verificação dos valores da eficiência no consumo e/ou da certificação energética.
		Água	Estão previstas medidas para uso racional da água e potencialmente gestão das águas locais?	Potenciar o uso racional e a gestão local da água, através da redução do consumo de água primária proveniente da Rede Pública de Abastecimento, e fomento à gestão cuidada das águas locais de escorrência e águas pluviais.
		Materiais	Serão fomentados os materiais locais, baixo impacto e considerações sobre durabilidade?	Fomentar a utilização de materiais locais, certificados ambientalmente, reciclados e/ou renováveis e de baixo impacto, e promover a durabilidade das soluções e dos materiais adoptados.
		Produção alimentar	Estão equacionadas parte das áreas necessárias para a produção alimentar?	Permitir e incentivar a produção local de alimentos diversificados no edificado.
		Efluentes	Está assumida a preocupação para tratar os esgotos e potencialmente reaproveitar?	Assegurar o tratamento local de efluentes e promover o seu potencial reaproveitamento, para usos secundários de água, que não coloquem em risco a saúde humana.
		Emissões atmosféricas	Existe um esforço para reduzir as emissões atmosféricas, caso existam?	Eliminação ou diminuição dos sistemas que funcionem com combustão e/ou emitam partículas e/ou substâncias com potencial acidificante (emissão de outros poluentes: SO ₂ e NO _x).
		Resíduos	Está assegurado o tratamento dos resíduos? E os esforços para reduzir e valorizar os resíduos?	Assegurar o tratamento, redução e valorização de resíduos, através da redução da quantidade de resíduos produzidos nas fases de construção, operação e de molição, da gestão de resíduos perigosos e promoção da valorização de resíduos.
		Ruído exterior	Existe controlo sobre as fontes de ruído?	Controlar as fontes de ruído, e identificar fontes de ruído provenientes de fontes internas ou de fontes externas e reduzir os níveis de ruído produzido.
		Poluição lumino-térmica	Os níveis de iluminação no exterior são excessivos? São adequados?	Reduzir os níveis de poluição lumino-térmica no exterior, quer pela redução do efeito de ilha de calor, quer pela redução da poluição luminosa.
		Qualidade do ar	Existe um bom nível de qualidade do ar?	Fomentar a ventilação natural, o seu tipo e incidência por divisão, promover medidas com vista à redução de COV's e de contaminações no ar interior.
		Conforto térmico	Os níveis de conforto de temperatura e humidade são bons?	Assegurar bons níveis de conforto, no interior, ao longo do ano, nomeadamente em termos de temperatura, humidade, e velocidade do ar.
		Iluminação e acústica	Os níveis de iluminação e acústica são adequados?	Assegurar bons níveis de iluminação, para as diferentes áreas e segundo a actividade desenvolvida, e evitar que o ruído exceda os 35 dB(A) no interior dos edifícios.
		Acesso para todos	Estão consideradas as possibilidades de transportes públicos e da sua redução dos impactos?	Promover o acesso a transportes públicos, assegurar e incentivar a mobilidade de baixo impacto e a acessibilidade a todos os cidadãos, utilizadores ou residentes.
		Diversidade económica	Está considerada a lógica de dinâmica local e de fomento de trabalho local?	Fomentar a flexibilidade dos espaços, criar condições para potenciar e incentivar as actividades económicas locais, e criar condições para gerar novos empregos no local.
		Amenidades e interacção social	Existe o acesso a espaços naturais e a lojas de primeira necessidade?	Garantir o acesso a amenidades humanas ou naturais nas proximidades ou na própria área de intervenção, e promover a integração e garantir a acessibilidade da comunidade ao empreendimento.
		Participação e controlo	Existe a capacidade de controlar as condições de conforto? E de segurança? Está prevista a participação das populações e agentes locais?	Crear condições e implementar medidas que permitam uma boa interacção com a comunidade e uma participação pública activa, adequar as intervenções aos riscos naturais existentes, evitar os riscos inerentes às soluções arquitectónicas adoptadas, e aplicar medidas de controlo e inibição da criminalidade e vandalismo.
Custos no ciclo de vida	Foi analisado e considerado os custos no ciclo de vida? Existem soluções com baixo custo de manutenção?	Considerar os custos no ciclo de vida, através do fomento de uma boa relação custo/qualidade da intervenção, operação e manutenção.		
Gestão ambiental	Estão previstas formas facilitadas de utilizar, gerir e manter de forma sustentável os ambientes construídos e equipamentos?	Incentivar a disponibilização de informações relativas ao modo de funcionamento e gestão do edificado que são disponibilizadas aos ocupantes do edifício e responsáveis da manutenção, e a existência de algum tipo de monitorização ambiental.		
Inovação	Estão previstos modos de inovação para a sustentabilidade?	Promover inovações estruturais ou pontuais que tenham uma contribuição efectiva para a melhoria do desempenho ambiental do edificado.		

Figura 3.8: Elementos a considerar no Programa Base [12]

3.2.3 Projeto Base (Projeto de Licenciamento)

O Sistema LiderA tem como objetivo principal apontar as orientações que permitam facilitar a tomada de decisão das entidades envolvidas nos projetos a licenciar, de acordo com uma perspectiva de procura da sustentabilidade.

Nesta fase são preparados os documentos a entregar nas autarquias, acompanhados da respetiva abordagem ponderada da sustentabilidade, na perspectiva do Sistema LiderA. Esta abordagem integrada pretende analisar as possibilidades inerentes à procura da sustentabilidade dos edifícios, com base no processo de licenciamento e nas peças a entregar, segundo a Portaria Nº 701 – H/2008, de 29 de Julho.

O processo de licenciamento abrange diversas fases de projeto, tendo como desafio principal que as diferentes fases sejam, igualmente, alvo de uma verificação relativa ao seu desempenho ambiental e sócio-económico, ou seja, ao nível da sustentabilidade.

O LiderA, como sistema de avaliação de sustentabilidade tem nesta fase um papel importante, visto que funciona como instrumento de apoio que vai evidenciando, em cada etapa do processo de licenciamento, as questões de desempenho mais relevantes a ter em consideração na elaboração dos projetos. Neste contexto é utilizado como meio e ponto de partida para a análise, monitorização e avaliação das medidas de procura de sustentabilidade, a serem apresentadas ao longo do processo.

Qualquer projeto deve encontrar-se sempre de acordo com a legislação em vigor aplicável e com os instrumentos de gestão territorial do município onde se insere.

Aquando da entrega dos documentos para o início do processo de licenciamento, estes devem estar acompanhados da respetiva abordagem na procura de sustentabilidade, na perspectiva do Sistema LiderA.

Segundo a Portaria Nº 232/2008, de 11 de Março, o projeto de arquitetura deve incluir, no mínimo, os seguintes elementos [9]:

- a) Planta de implantação desenhada sobre levantamento topográfico à escala de 1 : 200 ou superior, incluindo o arruamento de acesso, com indicação das dimensões e área do terreno, áreas impermeabilizadas e respetivo material;

- b) Plantas à escala de 1 : 50 ou de 1 : 100 contendo as dimensões e áreas e usos de todos os compartimentos, bem como a representação do mobiliário fixo e equipamento sanitário;
- c) Alçados à escala de 1 : 50 ou de 1 : 100 com a indicação das cores e dos materiais dos elementos que constituem as fachadas e a cobertura, bem como as construções adjacentes, quando existam;
- d) Cortes longitudinais e transversais à escala de 1 : 50 ou de 1 : 100 abrangendo o terreno, com indicação do perfil existente e o proposto, bem como das cotas dos diversos pisos;
- e) Pormenores de construção, à escala adequada, esclarecendo a solução construtiva adotada para as paredes exteriores do edifício e sua articulação com a cobertura, vãos de iluminação/ventilação e de acesso, bem como o pavimento exterior envolvente;
- f) Discriminação das partes do edifício correspondentes às várias frações e partes comuns, valor relativo de cada fração, expressa em percentagem ou permilagem, do valor total do prédio, caso se pretenda que o edifício fique sujeito ao regime da propriedade horizontal.

Para além da lista dos documentos supra mencionados, poderão existir outras peças suplementares, apoiadas em esquemas e/ou pormenores que ajudem à melhor compreensão do projeto ao nível de soluções construtivas e ambientais.

Ainda será necessário entregar, a acompanhar o projeto, em cada município um formulário de licenciamento adequado ao tipo de projeto a desenvolver, uma memória descritiva do empreendimento, onde estão especificadas as principais medidas adotadas para promover uma integração sustentável dos sistemas, equipamentos e técnicas utilizadas para a construção do edificado.

O papel dos engenheiros de especialidades é preponderante na procura de sustentabilidade do empreendimento, de forma a reduzir os custos no ciclo de vida útil e minimizar os impactes ambientais, maximizando a eficiência dos sistemas.

Em síntese, é durante o Projeto de Licenciamento que se deverão efetuar a escolha de soluções de compromisso entre o pretendido pelo promotor e os níveis de sustentabilidade a serem considerados.

Fase	Objectivo geral	Critérios	Questões iniciais	Que considerar na procura da sustentabilidade
Projecto Base	<p>No Projecto Base apontam-se as orientações, que permitam facilitar a tomada de decisão das entidades envolvidas nos projectos a licenciar, de acordo com uma perspectiva de procura da sustentabilidade.</p> <p>Para o efeito, é apresentada uma lista de documentos a entregar, que é acompanhada da respectiva abordagem ponderada da sustentabilidade, na perspectiva do Sistema LiderA.</p> <p>Esta abordagem integrada pretende abordar as possibilidades inerentes à procura da sustentabilidade dos edifícios, com base no processo de licenciamento dos mesmos e nas peças a entregar.</p>	Valorização territorial	Consideram-se princípios de valorização territorial?	Analisar o estado e o uso do solo a intervir, promovendo a valorização territorial, e respeitar as restrições do PDM.
		Optimização ambiental da implantação	Consideram-se princípios de valorização do espaço e uso do solo?	Alcançar a maior percentagem de área permeável, do solo face ao total do lote, possível.
		Valorização ecológica	Está assumida a valorização ecológica?	Preservar as espécies animais ou plantas considerados importantes, sensíveis ou com valor local, e aumentar os habitats considerados importantes, sensíveis ou com valor para o local.
		Interligação de habitats	Será considerada a interligação de habitats?	Promover a continuidade da estrutura verde nas zonas envolventes, através das coberturas, fachadas verdes, arborização nas ruas, zonas verdes, de modo a favorecer a interligação de habitats, evitar a existência de barreiras/obstáculos físicos entre habitats ou no mesmo habitat, e colocar estruturas (tocas, ninhos, etc.) que favoreçam o desenvolvimento de espécies.
		Integração paisagística	Será assegurada a valorização da paisagem local?	Fomentar a integração paisagista na área circundante, tanto do edificado novo, como do já existente, ao nível das cores, dos materiais, da volumetria, do estilo arquitectónico e da altura das coberturas.
		Protecção e valorização do património	Será assegurada a valorização e protecção do património?	Preservar o edificado com valor, e valorizar a forma do edifício com o património envolvente (construído), e adequação do uso ao tipo de ambiente.
		Eficiência no consumo	Qual é a eficiência no consumo prevista?	Reduzir os consumos energéticos, através da monitorização dos consumos de energia e verificação dos valores da eficiência no consumo e/ou da certificação energética.
		Desenho passivo	Será considerada a redução dos consumos energéticos através da aplicação de soluções bioclimáticas?	Adoptar práticas bioclimáticas e de desempenho solar passivo, para o Verão e Inverno, ao nível da orientação solar, do factor de forma, dos isolamentos, da massa térmica da estrutura, do dimensionamento dos vãos, do sombreamento, do tipo de vidro e caixa/laria utilizada, da ventilação natural, e sistemas passivos.
		Intensidade em carbono	Será considerada a redução dos consumos energéticos através do uso de fontes de energia renovável?	Redução do nível de emissões de CO ₂ , a partir de fontes de energia renováveis e quantidade de energia produzida no total.
		Consumo de água (potável)	Estão previstas medidas para uso racional da água?	Reduzir o consumo de água primária proveniente da rede de abastecimento pública definindo os consumos de água potável, através da redução dos consumos provenientes de furo, da rede pública, ou da extração de um corpo de água superficial, utilizando os contadores públicos ou próprios ou procedendo a simulações que estimem esses consumos.
		Gestão das águas locais	Estão previstas medidas para a gestão das águas locais?	Fomentar a gestão das águas locais, nomeadamente as escorrências locais antes e após a intervenção, elaborar uma lista das medidas implementadas com vista à redução das escorrências e assegurar uma gestão eficaz das águas locais.
		Durabilidade	Está prevista a utilização e adopção de soluções duráveis?	Promover a durabilidade dos factores mais relevantes na construção: estrutura, canalizações, acabamentos e equipamentos comuns, em média (elevadores, instalação eléctrica, sensores interiores e exteriores, painel solar, fotovoltaico, tratamento de efluentes, caldeira, etc).
		Materiais locais	Está prevista a utilização de materiais locais?	Utilização de materiais provenientes/produzidos a menos de 100 km do local de intervenção.
		Materiais de baixo impacte	Está prevista a utilização de materiais de baixo impacte?	Utilização de materiais certificados ambientalmente, reciclados e/ou renováveis e de baixo impacte, sendo que se devem evitar (por serem perigosos) materiais que contenham os seguintes compostos: chumbo, amianto, arsénico, cádmio, mercúrio, sulfato, benzeno, solventes clorados, outras substâncias perigosas (por exemplo: PCB - bifenilos policlorados -, formaldeído, crómio, creosote, resinas fenólicas, entre outros).
		Produção local de alimentos	Estão equacionadas parte das áreas necessárias para a produção alimentar?	Permitir e incentivar a produção local de alimentos diversificados no edificado, quer sejam de origem animal, quer sejam de origem vegetal.
		Tratamento das águas residuais	Está assumida a preocupação para tratar os esgotos localmente?	Promover o tratamento de águas, efectuado no local, reduzindo a percentagem de efluentes que não é tratada localmente e é enviada para o sistema municipal de tratamento.
		Caudal de reutilização de águas usadas	Está assumido o potencial reaproveitamento de efluentes?	Utilização de água reutilizada para rega de zonas verdes e outras áreas exteriores, abastecimento de autoclismos, etc, desde que não seja colocada em perigo a saúde humana, bem como outros associados à estrutura ecológica (animais, vegetação).
		Caudal de emissões atmosféricas	Existe um esforço para reduzir o caudal de emissões atmosféricas?	Eliminação ou diminuição dos equipamentos que funcionem com combustão e/ou emitam partículas e/ou substâncias com potencial acidificante (emissão de outros poluentes: SO ₂ e NO _x), como fogões, esquentadores, caldeiras, fumo de tabaco, transportes, partículas trazidas nos pés e carpetes, veículos estacionados no interior.
Produção de resíduos	Está assegurado um esforço para reduzir a produção de resíduos?	Reduzir a quantidade de resíduos de construção produzidos, reduzir a produção de resíduos sólidos, por exemplo resíduos sólidos urbanos, incluindo a compostagem de resíduos orgânicos, e reduzir a quantidade de resíduos produzidos na fase de demolição.		
Gestão de resíduos perigosos	Está assegurada a gestão adequada de resíduos perigosos?	Reduzir e gerar os resíduos perigosos produzidos e utilizados e os materiais e produtos que os originam, promovendo as medidas aplicadas com vista à sua redução, eliminação, gestão e deposição final adequada.		
Valorização de resíduos	Está assegurada a valorização de resíduos?	Aumentar a quantidade de resíduos valorizados ou reciclados no edifício, promovendo uma separação selectiva de resíduos, e se possível uma reciclagem imediata e local.		
Fontes de ruído para o exterior	Existe controlo sobre as fontes de ruído para o exterior?	Identificar fontes de ruído provenientes de fontes internas (para edifícios ou reabilitação) ou de fontes externas (para comunidades ou espaço público) (para a fase de operação) e reduzir os níveis de ruído produzidos.		

Figura 3.9: Elementos a considerar no Programa Base (continuação) [12]

Fase	Objectivo geral	Critério	Questões iniciais	Que considerar na procura da sustentabilidade
Projecto Base	No Projecto Base apontam-se as orientações, que permitam facilitar a tomada de decisão das entidades envolvidas nos projectos a licenciar, de acordo com uma perspectiva de procura da sustentabilidade.	Poliuição lumino-térmica	Os níveis de iluminação e o efeito de ilha de calor no exterior são excessivos? São adequados?	Reduzir os níveis de poliuição lumino-térmica no exterior, quer pela redução do efeito de ilha de calor, quer pela redução da poliuição luminosa.
		Níveis de qualidade do ar	Existe um bom nível de qualidade do ar?	Fomentar a ventilação natural, o seu tipo e incidência por divisão; Promover medidas implementadas com vista à redução de COV's (se existirem materiais, carpetes, isolantes entre outros, que poderão ser fontes de COV) e redução de contaminações no ar interior (micro-contaminações).
		Conforto térmico	Os níveis de conforto de temperatura e humidade são bons?	Assegurar a execução de soluções construtivas que assegurem bons níveis de conforto, nomeadamente nos níveis de temperatura (°C), humidade (em %), e velocidade do ar (m/s) que se registam no interior, ao longo do ano.
		Níveis de iluminação	Estão assegurados níveis de iluminação adequados?	Tirar maior partido da iluminação natural através da arquitectura dos espaços (organização, forma, dimensão dos vãos, materiais, etc.), e optar por sistemas de iluminação eficazes (lâmpadas eficientes, correcta colocação das luminárias, possibilidade de controlar os níveis de iluminação).
		Conforto sonoro	Estão assegurados níveis de ruído adequados?	Evitar que os níveis de ruído excedam os 35 dB(A) no interior dos edifícios, durante as 24 horas do dia.
		Acesso aos transportes públicos	Estão consideradas as possibilidades de transportes públicos?	Garantir o acesso a transportes públicos ou a criação de acesso a nós de transportes públicos, ou em casos específicos a criação de mecanismos de transporte públicos próprios.
		Mobilidade de baixo impacto	Estão consideradas as possibilidades de mobilidade de baixo impacto?	Promover soluções de mobilidade de baixo impacto passíveis de serem implementadas, como a circulação a pé ou de bicicleta, a utilização de veículos híbridos ou eléctricos, a utilização de veículos em poolshare, entre outros.
		Soluções inclusivas	Está garantida a acessibilidade a todos?	Reduzir os locais com potenciais problemas de acessibilidade e movimentação e identificar as soluções inclusivas adoptadas com vista à sua resolução, quer no interior, quer no exterior do edificado.
		Flexibilidade - adaptabilidade aos usos	Está prevista a flexibilidade dos espaços?	Fomentar a flexibilidade dos espaços, nomeadamente através da existência de áreas modulares e adaptáveis a várias utilizações.
		Para o efeito, é apresentada uma lista de documentos a entregar, que é acompanhada da respectiva abordagem ponderada da sustentabilidade, na perspectiva do Sistema LiderA. Esta abordagem integrada pretende abordar as possibilidades inerentes à procura da sustentabilidade dos edifícios, com base no processo de licenciamento dos mesmos e nas peças a entregar.	Dinâmica económica	Está considerada a lógica de dinâmica local?
	Trabalho local		Está considerado o fomento de trabalho local?	Criar condições para gerar novos empregos no edificado e/ou existência de postos de trabalho na envolvente do mesmo (até 1000m) que possam contribuir para a integração social das pessoas que residam nesse edifício.
	Amenidades locais		Existem amenidades naturais e humanas na envolvente? No projecto?	Quantificar as amenidades naturais e humanas existentes na envolvente do bairro (raio de 500m a 1000m). Determinar a distância a cada uma dessas amenidades, segundo um percurso que possa ser facilmente percorrido a pé.
	Interação com a comunidade		Considerou-se a interacção com a comunidade?	Fomentar as intervenções que permitam a integração e acessibilidade da comunidade ao empreendimento; tornar possível que não residentes do edifício possam usufruir dos espaços exteriores naturais de lazer e/ou desporto, destinados a qualquer faixa etária.
	Capacidade de controlo		Existe a capacidade de controlar as condições de conforto?	Aumentar a controlabilidade ao nível de conforto para a temperatura, humidade, ventilação, sombreamento e iluminação, procurando soluções que possam abranger todas essas áreas e que promovam a interacção entre as mesmas, resultando num melhor comportamento do conjunto edificado.
	Condições de participação e governância		Está prevista a participação das populações e agentes locais?	Criar condições e implementar medidas que permitam uma boa interacção com a comunidade, e que essa mesma comunidade (nomeadamente a residente) tenha influência nas tomadas de decisão relativamente à gestão do edificado.
	Controlo de riscos naturais (safety)		Existe a capacidade de controlar as condições de segurança (Safety)?	Adequar a intervenção aos riscos naturais existentes e evitar os riscos inerentes às soluções arquitectónicas adoptadas, evitando a construção ou aplicação de elementos potencialmente perigosos, ou que não sejam suficientes para evitar ou inibir as consequências de ameaças naturais.
	Controlo das ameaças humanas (security)		Existe a capacidade de controlar as condições de segurança (Security)?	Aplicar medidas de controlo e inibição da criminalidade e vandalismo em duas vertentes distintas mas complementares, organizadas em áreas referentes à iluminação, vigilância, permeabilidade do espaço e campos de visão nesse mesmo espaço.
	Custos no ciclo de vida		Foi analisado e considerado os custos no ciclo de vida? Existem soluções com baixo custo de manutenção?	Fomentar uma boa relação custo/qualidade dos materiais, equipamentos, sistemas, elementos existentes no edifício.
	Condições de utilização ambiental		Estão previstas formas facilitadas de utilizar, gerir e manter de forma sustentável os ambientes construídos?	Promover a divulgação de informações relativamente ao modo de funcionamento e gestão do edificado que são disponibilizadas aos ocupantes do edifício e responsáveis pela manutenção.
	Sistema de gestão ambiental	Está previsto algum tipo de certificação ambiental?	Promover a existência de algum tipo de monitorização ambiental: SGA (sistema de gestão ambiental) e outras certificações.	
Inovações	Estão previstas modos de inovação para a sustentabilidade?	Sistemizar e analisar as inovações estruturais ou pontuais que tenham uma contribuição efectiva e eficaz para um ou mais critérios de avaliação, contribuindo eficazmente para a melhoria do desempenho ambiental do edifício, com possibilidade de afectar também a área de incidência.		

Figura 3.10: Elementos a considerar no Programa Base (continuação) [12]

3.3 O Papel do Utilizador e Contributo para a Sustentabilidade

Para que a implementação e funcionamento da arquitetura sustentável vingue, para além de ser necessário técnicos sensibilizados para o tema e com formação específica, é também necessário que o cliente/utilizador seja igualmente sensível e preocupado com as questões da sustentabilidade, informado e consciente.

O utilizador quando passa a usufruir de um espaço projetado com base nos conceitos de sustentabilidade deve estar informado das decisões tomadas pela equipa de projetistas e das respetivas motivações, assim como deve possuir conhecimentos em relação os sistemas implementados no edifício e ao seu funcionamento, para que possa tirar total proveito destes.

3.3.1 Utilizador e Sustentabilidade

Nem todas as decisões para tornar um edifício mais sustentável estão nas mãos dos projetistas. O seu papel termina aquando da entrega do edifício. Por isso, cabe ao utilizador operar corretamente os sistemas implementados no edifício e fazer opções no seu quotidiano que se traduzam numa postura responsável e coerente. Opções essas que muitas vezes implicam uma mudança de mentalidade no que toca à forma de utilização e operação dos edifícios.

Estas medidas, centradas no utilizador, caracterizam-se por ser um conjunto de soluções que dependem diretamente de si mesmo, focando-se na utilização racional dos sistemas implementados e dos recursos naturais.

A utilização racional dos recursos naturais, a utilização de recursos renováveis em detrimento dos não renováveis constitui uma mudança na mentalidade que é importante imprimir no utilizador, alertando-o para a necessidade da preservação dos ecossistemas e da sua biodiversidade. O utilizador tem um papel fundamental na construção de um desenvolvimento sustentável, na medida em que todos os seus atos intervêm e influenciam diretamente esse mesmo desenvolvimento.

3.3. O PAPEL DO UTILIZADOR E CONTRIBUTO PARA A SUSTENTABILIDADE 79

É da responsabilidade do utilizador ajustar os seus hábitos quotidianos de modo a que as suas ações lhe proporcionem uma poupança económica, que por sua vez se refletirá numa poupança ambiental - redução do seu impacto no ambiente. Alguns desses hábitos podem traduzir-se em pequenos gestos, como por exemplo:

- Não abrir a porta do frigorífico demasiadas vezes e durante demasiado tempo;
- Lavar a louça sem ter a água sempre a correr, o mesmo se aplica à lavagem dos dentes - melhor gestão da utilização da água na habitação - assim como tomar banhos mais curtos, de chuveiro e não de imersão. Utilizar torneiras com doseador ou com bico misturador de ar, reduzindo o caudal de água de, tipicamente, 10 l/min para cerca de 6 l/min, com a mesma sensação de caudal e consequentemente de conforto;
- No momento de seleccionar os electrodomésticos optar pelos mais eficientes, do ponto de vista do consumo energético, que devem pertencer sempre à classe A ou superiores;
- Optar por iluminação mais eficiente, quer para o espaço interior como exterior, privilegiando a iluminação natural;
- Os sistemas de climatização, responsáveis pela criação de condições de conforto na habitação, devem ser cuidadosamente seleccionados, devendo optar-se por sistemas mais eficientes, ainda que representem um investimento inicial superior, uma vez que os custos de operação e manutenção deste tipo de sistemas serão inferiores a longo prazo, compensando rapidamente o investimento inicial;
- Realização da separação de resíduos sólidos urbanos - papel, plástico, vidro, pilhas, óleos, etc., facilitando o seu processo de reciclagem;
- Optar pela realização do tratamento de resíduos domésticos, através do processo de compostagem, sempre que possível. Existem vários sistemas disponíveis comercialmente para o efeito, quer para utilização no interior como no exterior, sem libertação de maus cheiros, inerantes a este tipo de processo. Utilização do produto

final da compostagem como adubo orgânico nos processos de fertilização das áreas ajardinadas ou de cultura;

- Selecionar plantas de interior que apresentam uma dupla função, estética e de contribuição para a purificação do ar interior, através do processo de fotossíntese, capturando o CO₂, presente no ar, e libertando O₂, contribuindo deste modo para a melhoria da qualidade do ar interior.

3.3.2 Utilizador da Escola e a sua Operação

Existem vários perfís de utilizador dentro de uma escola - aqueles que tomam as decisões de gestões, nomeadamente os órgãos de gestões, os que desempenham funções mais operacionais, professores e corpo não docente e os que usufruem do espaço edificado e envolvente como utentes, os alunos.

Para que os órgãos de gestão possam realizar uma boa gestão do espaço escolar têm de estar bem informados e acompanhar todo o processo da sua conceção desde o início, participando ativamente na discussão das decisões a adotar no âmbito do seu projeto.

Quanto aos professores e corpo não docente, que na prática, serão os que vão estar em contato direto com os sistemas e equipamentos devem passar por um processo de formação, para que compreendam o modo como devem operar esses equipamentos e de que forma podem contribuir eficientemente para o desempenho do centro escolar.

No que diz respeito aos alunos é muito enriquecedor para eles puderem estar integrados num centro escolar no qual existe uma preocupação de sustentabilidade e transmissão de valores ambientais, como o promover a separação de resíduos e a preservação dos recursos naturais, podendo assim, desde cedo estarem em contato com uma realidade que se espera que influencie positivamente os seus comportamentos ao longo do seu crescimento, fazendo destes, adultos mais conscientes, mais informados e conseqüentemente mais responsáveis.

Capítulo 4

Caso de Estudo

4.1 Contextualização

O projeto do Centro Escolar de Sever do Vouga surge da necessidade do município juntar nas mesmas instalações escolares alunos de diferentes origens dispersos pelo concelho, por forma a se atingir o número suficiente de alunos para a criação de turmas, cumprindo deste modo o objetivo de centralização de recursos estabelecido por parte do Ministério da Educação (MEC), uma vez que todas as instalações existentes no município de Sever de Vouga já se encontram lotadas.

4.2 Projeto

4.2.1 O Local

O Centro Escolar de Sever do Vouga, localizar-se-á na Rua da Igreja, a Sul do Cemitério Municipal e da Junta de Freguesia.

A Rua da Igreja encontra-se a Oeste do lote. Está prevista a criação de uma nova via a Norte que permitirá o acesso mais direto ao Centro Escolar e que permitirá um afastamento deste em relação ao muro do cemitério.



Figura 4.1: Local de implantação

A área definida como lote para construção é percorrida por uma linha de água, cujo curso terá que ser desviado para fora dos limites do lote. O estudo do desvio do respetivo curso já foi efetuado pelos técnicos da Câmara Municipal de Sever do Vouga (CMSV), adiante designada por CMSV.

Existe ainda a previsão da criação de um parque de lazer a Este do lote, contribuindo para uma melhor integração do Centro Escolar na área envolvente e potenciando o espaço público da vila.

Todos estes fatores encontram-se respetivamente enquadrados no Plano Diretor Municipal (PDM).

O local apresenta todas as infra-estruturas necessárias ao bom funcionamento do Centro Escolar, nomeadamente as redes de esgotos, água e electricidade.

4.2.2 Programa

O Centro Escolar de Sever do Vouga prevê a integração de turmas referentes ao Pré-escolar e 1º Ciclo do Ensino Básico.

As estimativas realizadas pelo município, quanto ao número de alunos a frequentar o Centro Escolar, prevêem, numa primeira fase, a integração de aproximadamente 158 alunos

do 1º Ciclo e de 61 alunos do Pré-escolar, perfazendo um total de 219 alunos.

Por forma a cumprir os critérios de dimensionamento especificados pela Secretaria Geral do Ministério da Educação (SGMEC) [14] as salas devem ser concebidas para um grupo de 24 alunos, tendo sido definidas, para o presente caso, 8 salas para o 1º Ciclo e 4 salas para o Pré-escolar, perfazendo um total de 12 salas, de forma a satisfazer as necessidades do município.

As salas de atividades correspondentes ao Pré-escolar devem apresentar nas suas proximidades os vestiários das crianças (espaço de arrumos de vestuário e objetos pessoais) e as instalações sanitárias.

As salas de aula correspondentes ao 1º Ciclo devem apresentar por cada núcleo (conjunto de 2 ou 3 salas de aula) uma sala de atividades e instalações sanitárias.

Para o pleno funcionamento do Centro Escolar este terá ainda de integrar, para além do supra mencionado, gabinetes de trabalho para educadores/professores e de atendimento aos pais, uma sala de educadores/professores, uma biblioteca com os diferentes espaços que a caracterizam, um refeitório apoiado por uma cozinha e uma sala polivalente. Deverão existir instalações sanitárias dispersas pelo Centro Escolar de forma a que sirvam todos os espaços deste sem haver necessidade de grandes deslocações por parte dos seus utilizadores, existindo um módulo de uso exclusivo para educadores/professores.

Deve existir um átrio principal que assinale a entrada no edifício, acolha os utilizadores e faça a distribuição espacial. As circulações podem existir apenas como locais de passagem ou como locais de convívio ou espera, devendo sofrer, neste caso, um alargamento.

Os espaços de recreio devem ser distinguidos em: recreio coberto, recreio livre, espaço de aventura e/ou campo de jogos.

Relativamente aos espaços exteriores, estes devem ser pensados de forma a que os alunos os possam utilizar livremente e em segurança. Deve existir o cuidado para que o conjunto dos arranjos exteriores, zonas verdes e/ou ajardinadas, horta biológica/pedagógica e espaços de atividades, sejam integrados de forma harmoniosa com o meio edificado.

4.2.3 A Proposta

Estando o local da implantação definido, de acordo com o acima exposto, é necessário compreender as características climáticas do local, estudar a melhor orientação solar do edifício e estudar as melhores estratégias de projeto a adotar, de modo a que este satisfaça os requisitos que caracterizam um Centro Escolar e que contribuam para o conforto e bem-estar do utilizador e, conseqüentemente, para o aumento da sua performance.

1 Clima Local

O Município de Sever do Vouga encontra-se na zona climática I2/V1, segundo o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) [5], como se pode observar a partir da seguinte figura.

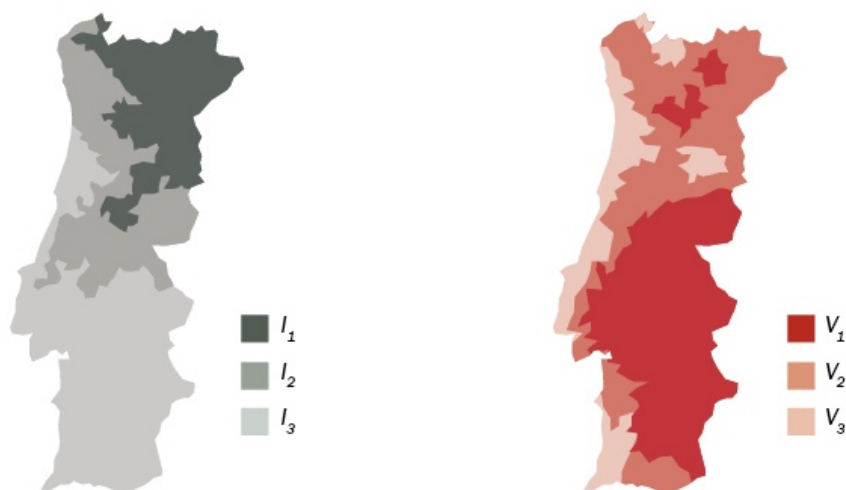


Figura 4.2: Zona climática, segundo RCCTE [5]

No entanto, com o intuito de se trabalhar com dados mais concretos foram disponibilizados pela CMSV dados climáticos da região referentes à temperatura, à humidade relativa e aos ventos, correspondendo a valores medidos em 2005 durante um estudo realizado pela Universidade de Aveiro, que podem ser observados a partir das seguintes figuras.

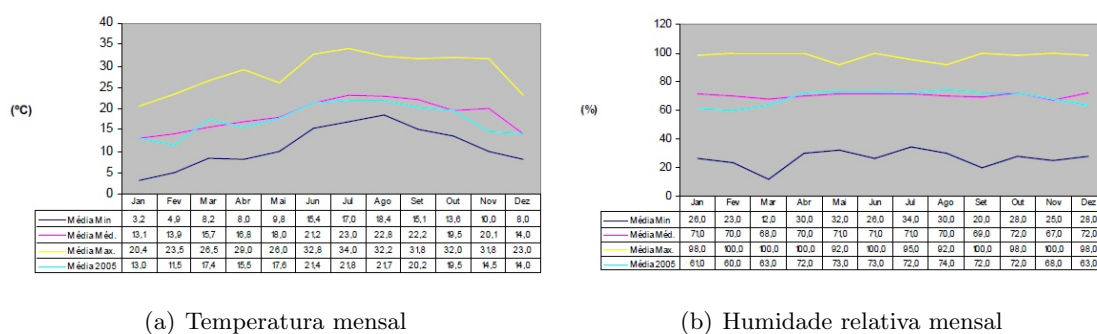


Figura 4.3: Temperatura e humidade relativa mensal do concelho de Sever do Vouga às 15 horas

2005 (15 horas)	N		NE		E		SE		S		SW		W		NW		C
	v	f	v	f	v	f	v	f	v	f	v	f	v	f	v	f	f
	(km/h)	(%)	(km/h)	(%)	(km/h)	(%)	(km/h)	(%)	(km/h)	(%)	(km/h)	(%)	(km/h)	(%)	(km/h)	(%)	(%)
Janeiro	5,1	3	4,5	6	2,1	3	3,0	16	2,5	19	1,6	3	1,1	3	3,1	45	
Fevereiro		0	5,1	11		0		0		0	3,9	7	6,3	7	5,3	75	
Março	0,0	0	0,0	0	2,8	3	3,0	13	5,6	13	6,3	19	3,4	19	5,0	32	
Abril	0,0	0	0,0	0	0,0	0	5,5	3	0,0	0	4,7	13	5,3	30	6,1	53	
Mai	6,9	6	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	6,6	13	4,8	35	6,1	45	
Junho	5,7	7	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	5,0	13	4,6	30	5,0	50	
Julho	7,3	10	0,0	0	0,0	0	0,0	0	6,9	3	4,8	6	4,3	29	5,7	52	
Agosto	7,1	6	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	3,8	19	5,2	74	
Setembro	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	4,3	10	5,1	90	
Outubro	4,5	4	0	0	0	0	3,9	13	4,3	17	4,2	21	3,3	17	4	29	
Novembro	5,4	13		0	3,5	10	2,7	22	3,3	10	2,0	7	8,6	3	3,6	31	3
Dezembro	2,2	10	2,5	3	1,5	6	2,6	10	3,6	3	4,9	6	3,9	21	2,4	37	3

Figura 4.4: Intensidade mensal dos ventos dominantes

Introduzindo os dados referentes às temperaturas médias mensais e aos valores da humidade relativa média mensal, referentes ao ano de 2005, na Carta Bioclimática de Olgay pode concluir-se que a maioria dos meses do ano se encontra fora da zona de conforto, quer de inverno quer de verão.

Os meses que se encontram dentro da zona de conforto são os meses de Setembro e Outubro para a situação de estação fria e Junho, Julho e Agosto para a situação de estação quente. Isto significa que durante os restantes meses, Janeiro, Fevereiro, Março, Abril, Maio, Novembro e Dezembro, têm de ser aplicadas soluções, prefe-

rencialmente passivas, mas também ativas, que permitam que se criem as condições térmicas de conforto para o utilizador na realização das suas atividades.

Quanto ao regime de ventos, estes são dominantes de Noroeste, sendo necessário prever a proteção do edifício dos ventos provenientes dessa direção.

Relativamente às condições do clima local, não no sentido generalizado, mas no sentido do lote, o facto de existir vegetação em seu redor e uma linha de água, que funcionam como elementos reguladores, permitem a regulação das temperaturas máximas e mínimas e das oscilações diárias.

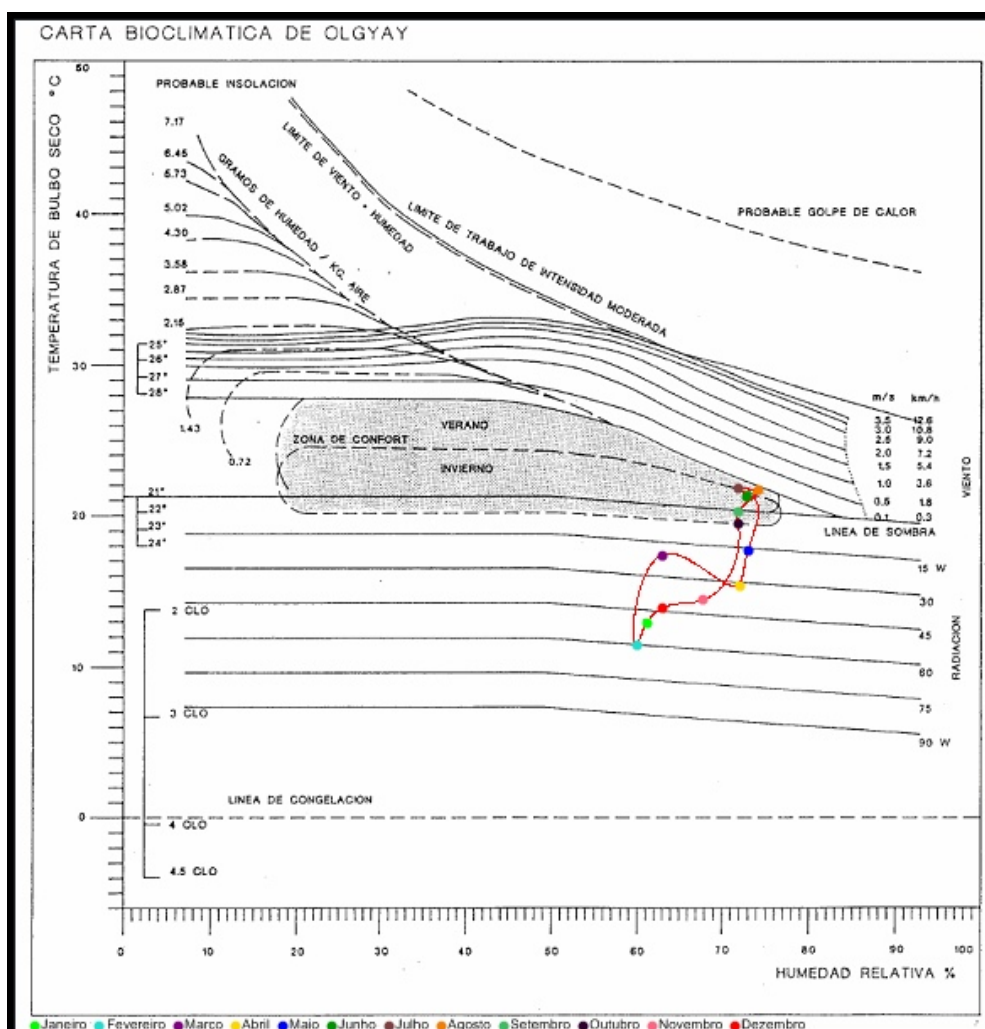


Figura 4.5: Carta Bioclimática de Olgay para o cancelho de Sever do Vouga

2 Concretização do programa e conceito

A base do presente projeto surge a partir da pretensão de tornar o edifício do Centro Escolar o mais sustentável possível, estando a forma deste muito ligada à orientação dos espaços.

A primeira abordagem passou por definir o programa e perceber quais as necessidades e as características a serem tidas em conta.

De acordo com o que já foi especificado acima, foram definidas 8 salas de aula para o 1º Ciclo e 4 salas para atividade do Pré-escolar, sendo agrupadas em blocos distintos para que não exista grande cruzamento nos fluxos dos utilizadores destes dois grupos etários.

O bloco do 1º Ciclo encontra-se subdividido em módulos compostos por duas salas que partilham uma sala de atividades plásticas e instalações sanitárias para ambos os sexos. No caso do bloco do Pré-escolar as salas também se encontram agrupadas em módulos de duas salas de atividades e uma instalação sanitária mista.

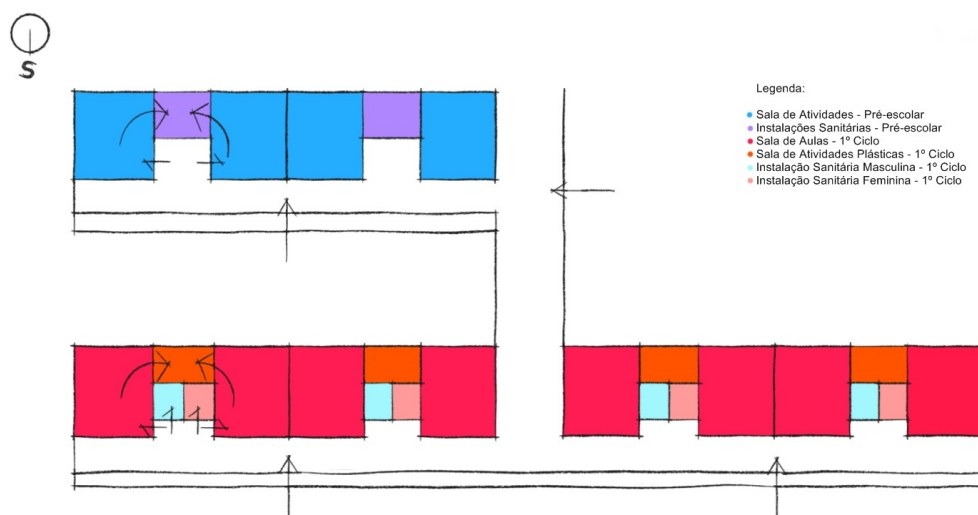


Figura 4.6: Esquema da organização do espaço

Todas as salas encontram-se orientados a Sul com fachadas constituídas por painéis de vidro com quatro colorações distintas baseadas no fruto ex-libris da região, o mirtilo, inspiradas na seguinte imagem.



Figura 4.7: Paleta de cores para as superfícies envidraçadas orientadas a Sul



(a) Fachada envidraçada orientada a Sul - bloco 1º Ciclo (b) Fachada envidraçada orientada a Sul - bloco Pré-escolar



(c) Interior de sala da aula

Figura 4.8: Interior e exterior das fachadas envidraçadas orientadas a Sul

Existe outro bloco, denominado bloco administrativo, onde se encontram as salas de trabalho tanto para os professores como para os educadores, que estão ligadas através de um sistema de portas que recolhem, permitindo a ligação entre os dois espaços, a sala de convívio dos educadores/professores, a sala de atendimento aos pais e uma pequena zona de espera para os pais enquanto aguardam pela sua reunião. Estas áreas são ainda apoiadas por duas instalações sanitárias destinadas exclusivamente para os adultos que frequentam o espaço escolar.



Figura 4.9: Bloco administrativo

Foi criado o bloco do refeitório, composto pela área da cozinha - espaço de preparação e confeção de refeições - e por uma área de refeição com capacidade para aproximadamente 110 alunos.

A área da cozinha, para além da zona de confeção propriamente dita, ainda é auxiliada por uma arrecadação de secos, duas arcas frigoríficas/congeladoras, sala das máquinas e duas instalações sanitárias para apoio aos utilizadores desta área.

No seguimento do refeitório existe um terraço com vista para a horta biológica/pedagógica.

Anexado a este bloco estão as instalações sanitárias gerais para usufruto de todos os alunos, apoiando os espaços de uso comum.

A localização da cozinha para além de ter uma orientação propícia, a Norte, também se encontra perto da via de circulação, de modo a facilitar o seu abastecimento.

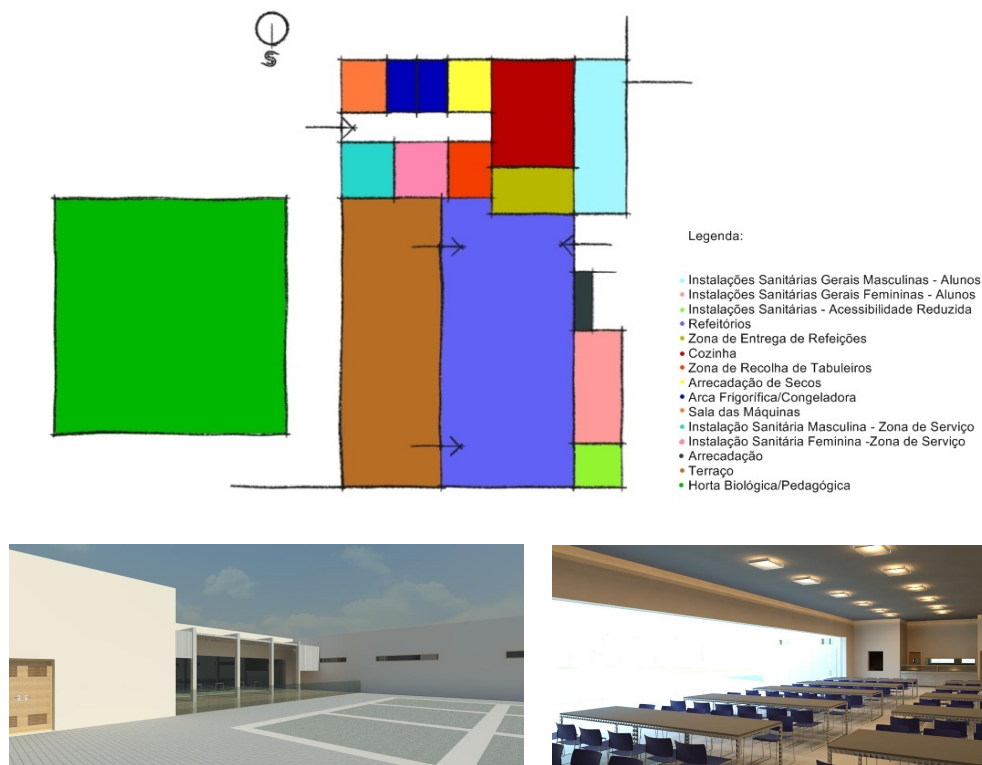


Figura 4.10: Bloco do refeitório

A biblioteca em conjunto com a sala polivalente compõem o bloco de atividades comuns. Estes espaços têm vista e acesso para uma zona ajardinada que se encontra fisicamente separada do restante espaço exterior, permitindo a criação de um espaço mais tranquilo e de transição, interior - exterior. A separação física entre a zona ajardinada e o restante espaço envolvente exterior é realizada por meio de uma vedação com circunferência, que tiveram como conceito base as bolas de sabão, que se propagam na restante fachada, assumindo a forma de janelas. Este conceito é igualmente utilizado no interior do edifício nos módulos das instalações sanitárias junto das salas de aula, de forma a permitir a iluminação destes espaços.

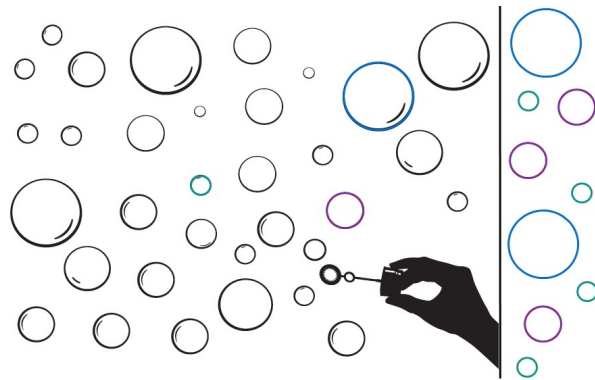


Figura 4.11: Estudo do conceito para a vedação

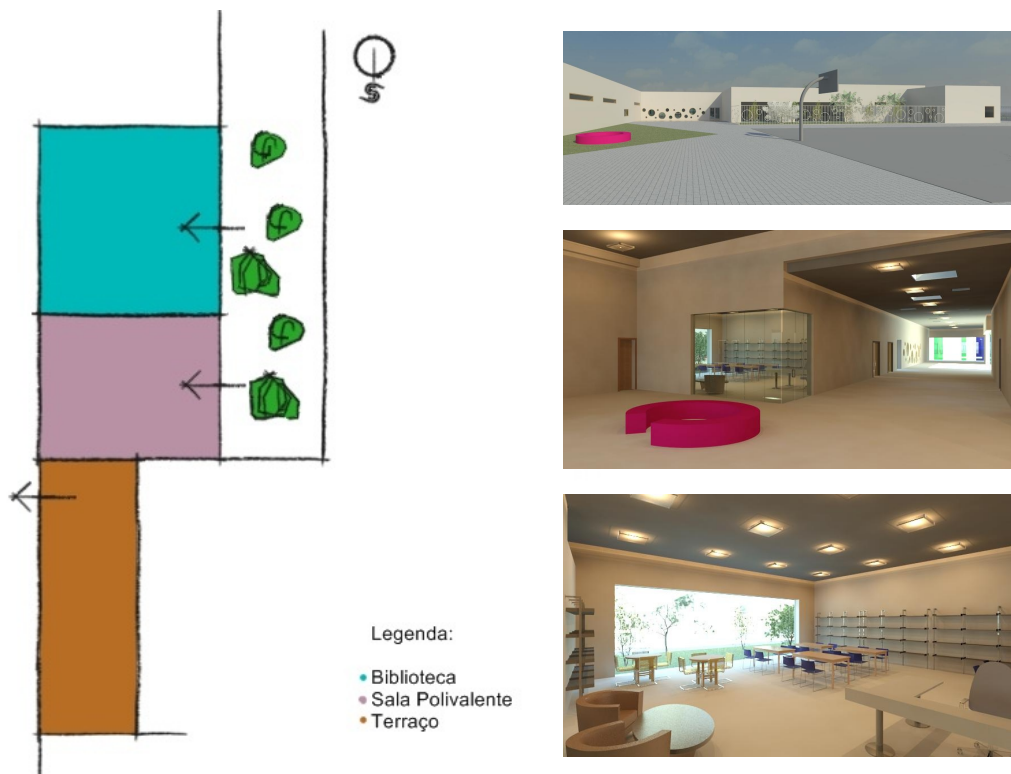


Figura 4.12: Bloco das atividades comuns

Quanto à entrada, esta encontra-se assinalada por apresentar um pé-direito mais elevado que o presente no resto do edifício. O átrio e as circulações são espaços amplos para que possam servir de recreio coberto.



Figura 4.13: Entrada do Centro Escolar



Figura 4.14: Áreas de circulação e recreio

Em relação à cobertura, trata-se de uma cobertura verde do tipo extensiva. Foi ainda previsto a colocação de clarabóias, de duas dimensões, ao longo da cobertura, de modo a maximizar o contributo da iluminação natural na iluminação do átrio, circulações e instalações sanitárias.



Figura 4.15: Cobertura verde do tipo extensivo

A organização dos arranjos exteriores foi realizada com base nas atividades previstas para estes espaços e, também, tendo em conta os fluxos de movimentações dos utilizadores no espaço, que estão relacionados com a ocupação dos espaços do Centro Escolar.

Foram concebidas áreas para atividades específicas, nomeadamente, o parque infantil, o campo de jogos, o espaço aventura, a horta biológica/pedagógica e o recreio livre. A complementar estes espaços foi criado um terraço no seguimento do refeitório e outro de menores dimensões perto do campo de jogos, assim como zonas verdes com bancos.

A localização destes espaços foi pensada de forma a ficarem o mais perto possível dos seus utilizadores e dos espaços interiores a estes associados.

O parque infantil está localizado perto do bloco correspondente às salas de atividades do Pré-escolar, o recreio livre é acedido pelos alunos do 1º Ciclo diretamente a partir do corredor que faz a distribuição para as salas de aula, o campo de jogos encontra-se mais afastado, contudo existe uma porta para facilitar o acesso a este recinto a partir do interior, sem que o aluno tenha a necessidade de atravessar ou de contornar todo o edifício. O espaço aventura fica localizado perto do campo de jogos.

A horta biológica/pedagógica pode ser observada a partir do refeitório e encontra-se próxima da entrada de serviço da cozinha, para que os produtos produzidos possam ser facilmente armazenados. Este espaço foi concebido de modo a apresentar talhões quadrados de terreno contíguos dedicados à plantação de diferentes tipos de espécies vegetais.

Para as zonas exteriores de passagem foi eleito o sistema de pavimento intertravado permeável, de forma a que a área de construção impermeável fosse a menor possível. A métrica utilizada para criar os espaços exteriores tem por base o triângulo retângulo como elemento geométrico - que vai sofrendo rotações, extendendo ou contraindo os seus catetos. A sua estrutura irregular tem como objetivo principal constituir um elemento de contraste com a regularidade dos volumes arquitetónicos que compõe o Centro Escolar.

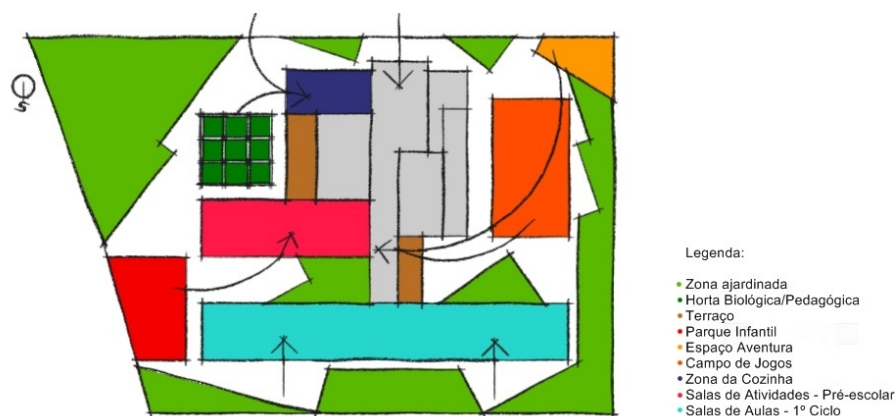


Figura 4.16: Relação interior - exterior

3 Conforto Ambiental

Os sentidos são o meio que nos permite ter a perceção do espaço e com os quais medimos o grau de satisfação que este nos proporciona. Um espaço que não transmita conforto ao seu utilizador irá coloca-lo em situação de sofrimento/stress.

A procura de medidas que permitam o conforto ambiental numa escola é essencial para a performance dos seus utilizadores, como já foi exposto no Capítulo 2.

3.1 Conforto Térmico

3.1.1 Orientação das Fachadas Principais e Espaços de Permanência

A organização do programa no espaço foi concebida tendo em conta o tempo de permanência neste e as suas fachadas adjacentes.

De acordo com o que tem vindo a ser estudado, os espaços de maior permanência devem estar orientados a Sul e os espaços com funções secundárias e/ou de menor permanência devem servir como elemento “tampão”, devendo estar orientados a Norte. Por outro lado, existem especificações por parte do Ministério da Educação no que diz respeito à organização do espaço, que devem ser analisadas de modo a irem ao encontro do que tem vindo a ser referido.

A implantação do edifício foi realizada segundo o eixo Este - Oeste, maximizando a exposição da fachada Sul à radiação solar.

Este layout possibilita a obtenção de condições térmicas e lumínicas vantajosas, contribuindo para o conforto térmico e visual dos utilizadores do meio edificado. Sendo assim, as salas de atividades, para o ensino Pré-escolar, e as salas de aula, para o 1º Ciclo, encontram-se orientadas a Sul, visto serem os espaços com maior taxa de permanência.

A biblioteca e a sala polivalente encontram-se orientadas a Nascente e embora apresentem uma área considerável de vãos envidraçados o facto de existir uma área verde no seu seguimento com árvores de folha caduca permite que se reünam condições favoráveis à contribuição passiva da energia da radiação solar nos processos de climatização dos espaços interiores, tanto no inverno como no verão.

Com orientação Poente encontra-se o refeitório em conjunto com o terraço. No quadrante Noroeste encontram-se a zona da cozinha, a área de armazenamento de alimentos e as áreas de apoio ao funcionamento da cantina.

A Nordeste encontra-se o módulo que alberga os espaços destinados ao

trabalho e convívio dos educadores/professores com vista para a área verde, também observada a partir da biblioteca e da sala polivalente. A entrada do Centro Escolar é realizada a Norte, como já foi referido anteriormente, devido à sua proximidade com a via de comunicação de acesso ao meio edificado.

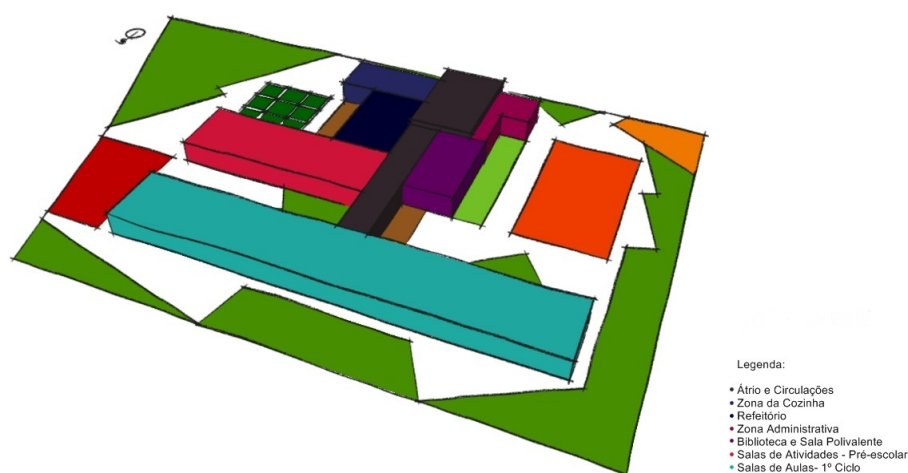


Figura 4.17: Esquema da orientação/distribuição do Centro Escolar

3.1.2 Proporção e Proteção Adequadas das Áreas Envidraçadas

O correto dimensionamento das áreas envidraçadas em função da orientação solar é uma das medidas que contribui largamente para o conforto térmico dos espaços interiores, estas condições vão determinar a capacidade de penetração da radiação solar nos espaços interiores.

Esta capacidade para captar a energia da radiação solar é um dos principais contributos da aplicação dos princípios da energia solar passiva para a criação de condições de conforto térmico nos espaços interiores e um dos principais meios responsáveis pela redução da fatura energética do edifício.

A seleção dos materiais que compõem o sistema dos vãos envidraçados também é muito importante para otimizar o desempenho energético do edifício. Neste sentido, os vidros a serem utilizados devem ser sempre

duplos e de qualidade e as caixilharias devem ser preferencialmente em PVC com corte térmico.

1 Vãos Envidraçados Orientados a Sul

A orientação das fachadas e dos vãos envidraçados dos espaços de maior permanência a Sul faz parte das principais estratégias de energia solar passiva e é a mais importante no sentido de se obter as necessárias condições de conforto a um custo reduzido. Os ganhos solares durante os meses mais frios são extremamente benéficos, já os ganhos solares durante o período de verão são indesejáveis, sendo necessário implementar estratégias para os reduzir ou eliminar.

Qualquer vão com esta orientação permite a entrada de raios solares em qualquer altura do ano, quando o Sol está mais baixo e consequentemente os raios solares são menos inclinados (inverno) ou quando o Sol se encontra a uma altura superior e os raios solares estão mais inclinados (verão).

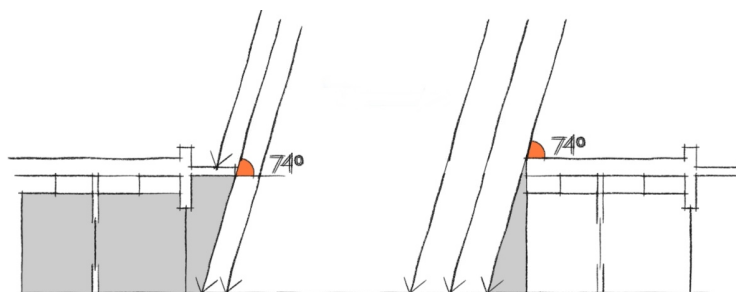
Este facto impõe que os vãos orientados a Sul estejam munidos de sistemas de sombreamento pelo exterior que garantam que os espaços não sofrem de sobreaquecimento.

No Centro Escolar os espaços de maior permanência encontram-se orientados a Sul, havendo a necessidade de garantir que a radiação solar direta não causa sobreaquecimento durante os meses mais quentes.

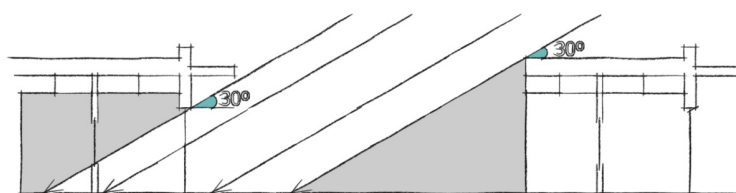
Foi dimensionada, para ambos os blocos de salas de atividades/aula, uma pala horizontal para impedir a entrada dos raios solares diretos no espaço durante os meses mais quentes, permitindo a redução da carga de refrigeração necessária para esse período.

Foi igualmente dimensionada a distância mínima necessária entre os dois blocos de salas de atividade/aula, para que o bloco do 1º Ciclo não causasse sombreamento que prejudicasse o aquecimento do

espaço interior do bloco referente ao Pré-escolar durante o inverno.



(a) Sombreamento no verão



(b) Sombreamento no inverno

Figura 4.18: Sombreamentos nas fachadas orientadas a Sul

1. Cálculo dos sombreamentos no período de verão

(a) Dimensionamento das palas de proteção dos vãos envidraçados

$$\begin{aligned} \tan(74) &= \frac{4.02}{x} \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow x &= \frac{4.02}{\tan(74)} = 1.15 \text{ m} \end{aligned} \quad (4.1)$$

\therefore A pala deve ter um comprimento superior a 1.15 m

(b) Dimensionamento da distância mínima entre blocos

$$\begin{aligned} \tan(74) &= \frac{5}{x} \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow x &= \frac{5}{\tan(74)} = 1.43 \text{ m} \end{aligned} \quad (4.2)$$

\therefore A distância mínima entre blocos deve ser de 1.43 m

2. Cálculo dos sombreamentos no período de inverno

(a) Dimensionamento da altura da janela nas salas de aula

$$\begin{aligned} \tan(30) &= \frac{x}{4.21} \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow x &= \tan 30 \times 4.21 = 2.43 \text{ m} \end{aligned} \quad (4.3)$$

\therefore As janelas devem estar a uma altura superior a $3 - 2.43 = 0.57$ m

(b) Dimensionamento da distância mínima entre blocos

$$\begin{aligned} \tan(30) &= \frac{5}{x} \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow x &= \frac{5}{\tan(30)} = 8.66 \text{ m} \end{aligned} \quad (4.4)$$

\therefore A distância mínima entre blocos deve ser de 8.66 m

De acordo com os cálculos efetuados optou-se, para efeitos de desenvolvimento do projeto, por uma pala de proteção da radiação solar de 1.5 m e por uma distância entre blocos de 11.5 m e por uma altura das janelas das salas de aula de 0.9 m, dimensões que estão de acordo com os cálculos realizados.

2 Vãos Envidraçados Orientados a Nascente e Poente

Entre estas orientações não se verifica uma diferença acentuada nos ângulos da radiação solar.

Os vãos envidraçados com estas orientações necessitam de proteção durante o período de maior intensidade da radiação solar, os meses mais quentes, sobretudo os vãos orientados a Poente, devido à radiação solar direta incidir na altura em que a temperatura exterior é mais elevada. Durante os meses de fraca intensidade da radiação solar, meses mais frios, os ganhos energéticos devidos à insidência direta da radiação solar contribuem positivamente para a climatização dos espaços interiores dos edifícios.

No caso do Centro Escolar, o espaço orientado a Poente que se encontra mais exposto à radiação solar direta é o refeitório, uma vez

que apresenta uma grande área envidraçada, sendo necessário prever a sua proteção durante as horas de maior intensidade da radiação solar a Oeste, nos meses de maior insolação.

Calculando-se a dimensão necessária para a pala, para um ângulo de 20° e 40°, correspondentes às alturas solares, mínima e máxima, no período mais quente do ano, chegou-se à conclusão que para a pala ser eficiente teria de apresentar um comprimento de, aproximadamente, 11 e 4.8 m, respetivamente.

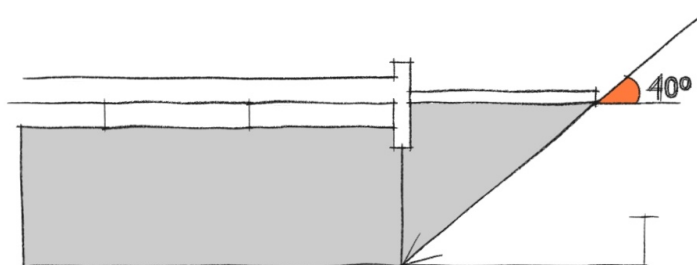


Figura 4.19: Esquema do dimensionamento da pala de sombreamento do vão envidraçado do refeitório para um ângulo de 40°

Dimensionamento da pala de proteção dos vãos envidraçados a Poente

$$\begin{aligned} \tan(20) &= \frac{4.02}{x} \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow x &= \frac{4.02}{\tan(20)} \simeq 11 \text{ m} \end{aligned} \quad (4.5)$$

$$\begin{aligned} \tan(40) &= \frac{4.02}{x} \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow x &= \frac{4.02}{\tan(40)} \simeq 4.8 \text{ m} \end{aligned} \quad (4.6)$$

Optou-se pela aplicação de um toldo motorizado deslizante, com um plano na horizontal e outro na vertical, que permitisse ter um comprimento variável, ajustável de acordo com as necessidades.

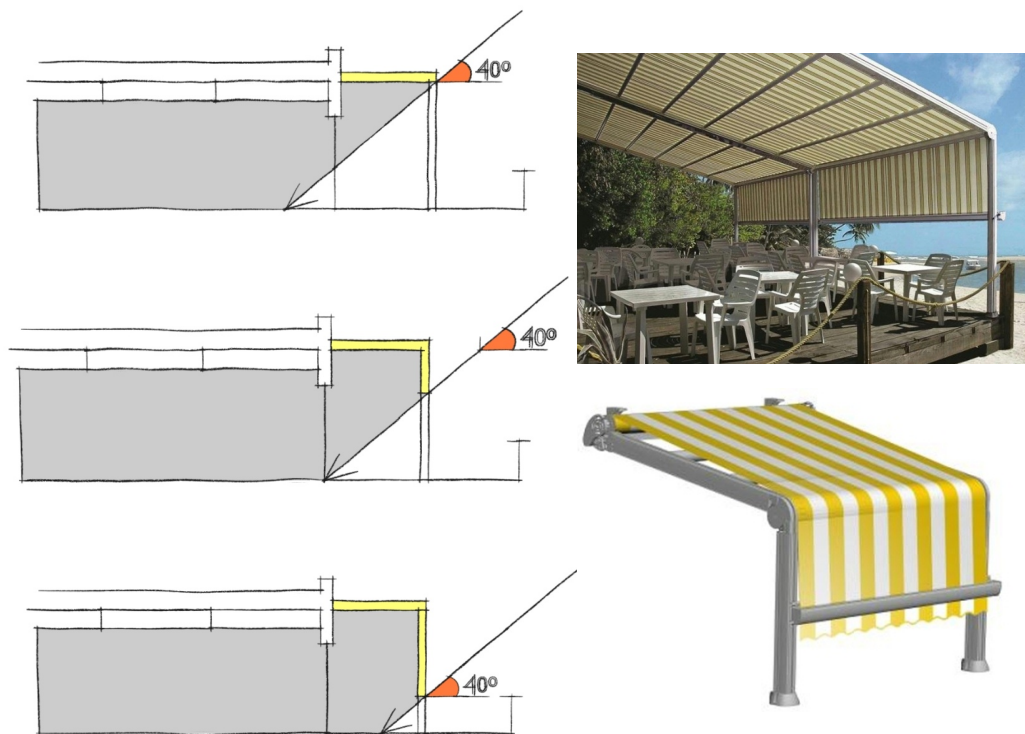


Figura 4.20: Toldo para sombreamento do vão envidraçado do refeitório

Na orientação Nascente encontram-se a biblioteca e a sala polivalente, que no período mais quente do ano estão expostas à influência da radiação solar direta, o que poderia provocar o sobreaquecimento destes espaços.

Para minimizar o efeito negativo provocado pela incidência direta da radiação solar no conforto destes espaços optou-se por criar uma zona verde contígua, composta por árvores de folha caduca, de médio porte, de modo a que funcionasse como zona de atenuação climática em ambas as estações do ano, uma vez que durante o verão a vegetação protege os espaços interiores da incidência direta da radiação solar e no inverno propicia a entrada da radiação solar direta nos espaços, para além de ser uma zona com temperaturas mais amenas devido à vegetação, constituindo um importante contributo para a

climatização dos espaços interiores contíguos.

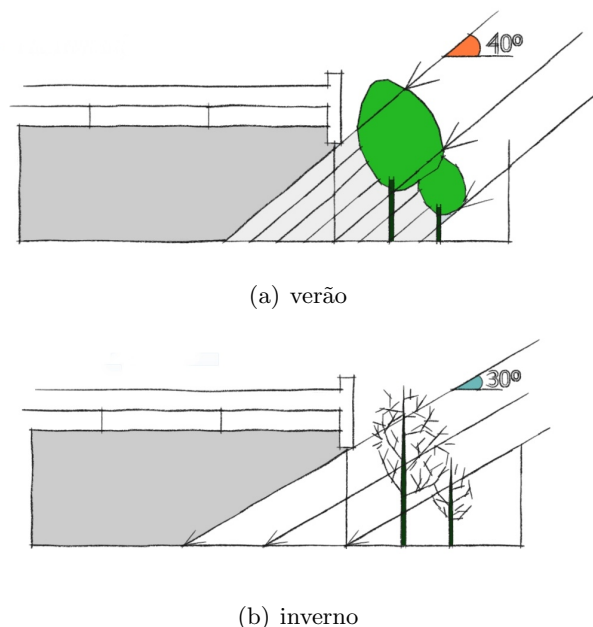


Figura 4.21: Zona verde exterior contígua à biblioteca e à sala polivalente

3 Vãos Envidraçados Orientados a Norte

Os vãos envidraçados com esta orientação têm um peso importante no balanço energético do edifício, visto que os espaços que possuem esta orientação apresentam perdas térmicas e nunca obterão ganhos energéticos por radiação solar direta.

No Centro Escolar os vãos orientados a Norte são de pequenas dimensões para que não existam grandes perdas térmicas, contribuam para uma boa ventilação natural e possibilitem uma boa iluminação natural difusa. No entanto, o vão envidraçado correspondente à entrada do Centro Escolar é de grandes dimensões, embora se encontre resguardado dos ventos dominantes que contribuem para a intensificação das perdas térmicas do edifício.

A criação de vãos envidraçados com grandes dimensões a Norte pode ocorrer em outros casos, nomeadamente quando se pretende valori-

zar uma vista privilegiada sob a envolvente exterior do meio edificado.

Quando existem este tipo de situações é importante reavaliar o equilíbrio global do edifício do ponto de vista de ganhos e perdas energéticas, que muitas vezes são compensados com grandes vãos envidraçados a Sul.

4 Vãos Envidraçados Zenitais - Clarabóias

A existência de clarabóias é bastante benéfica especialmente durante os meses mais frios, porque permitem a entrada de iluminação natural nos espaços. No entanto, esta solução pode revelar-se perigosa para a situação dos meses mais quentes, uma vez que a incidência de radiação solar direta pode causar sobreaquecimento por consequência do efeito de estufa.

Neste sentido, para mitigar o risco de sobreaquecimento deve garantir-se uma ventilação natural eficaz.

No caso do Centro Escolar as clarabóias seleccionadas apresentam a funcionalidade de poderem ser abertas, possuem dispositivos de sombreamento pelo interior e vidros duplos de qualidade.

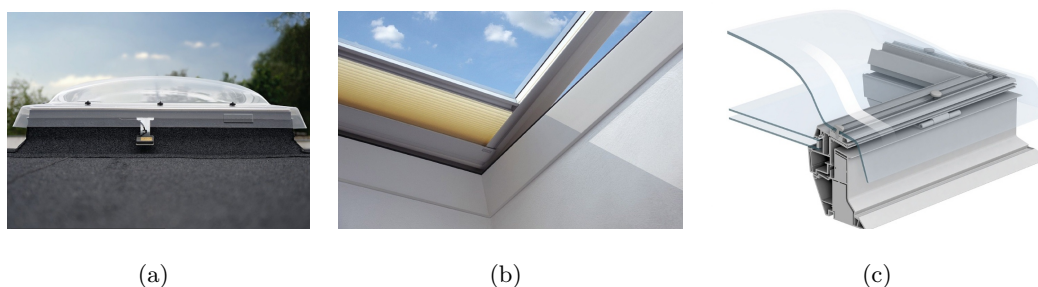


Figura 4.22: Vãos envidraçados zenitais - clarabóias

3.1.3 Isolamento Térmico e Inércia Térmica

A escolha do isolamento térmico é essencial para um bom desempenho energético do edifício.

Como solução para o Centro Escolar foi selecionado o sistema de isolamento térmico aplicado pelo exterior de forma contínua, uma vez que este contribui para um desempenho energético mais eficaz do que qualquer outro atualmente disponível comercialmente.

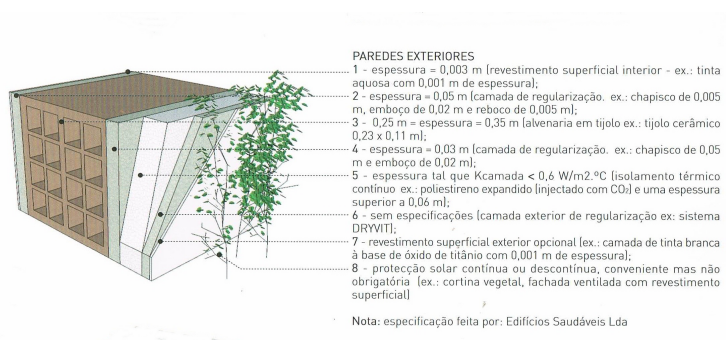


Figura 4.23: Sistema de isolamento térmico pelo exterior [41]

A inércia térmica dos elementos construtivos desempenha um papel fundamental na criação de um clima interior estável e confortável ao utilizador. É especialmente relevante em climas sujeitos a grandes amplitudes térmicas em curtos espaços de tempo, característica que se pode identificar no clima de Portugal.

A escolha de materiais com elevada capacidade térmica que constituem a inércia térmica dos edifícios, que quando bem aplicados conferem aos espaços interiores uma maior estabilidade térmica, ou seja, estes materiais interagem muito lentamente com o meio envolvente, armazenando a energia associada com as respetivas temperaturas médias, uma vez as temperaturas de pico (muito elevadas ou muito baixas) não se mantêm durante tempo suficiente para permitirem que os materiais armazenem ou libertem a energia que lhes está associada.

No Centro Escolar os elementos que foram especialmente pensados para conferir estabilidade térmica ao edifício foram as paredes exteriores, duplas e com isolamento térmico pelo exterior, as paredes interiores adjacentes às salas de atividades/aula, com maior espessura e o pavimento, que permitem uma maior acumulação térmica.

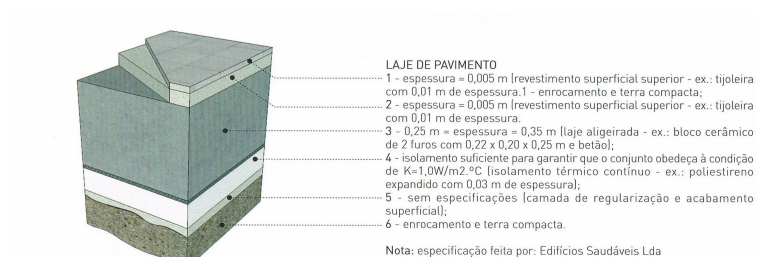


Figura 4.24: Pavimento com elevada inércia térmica [41]

As paredes exteriores e interiores e o pavimento dos corredores de distribuição funcionam como captadores e acumuladores de energia proveniente da radiação solar direta.

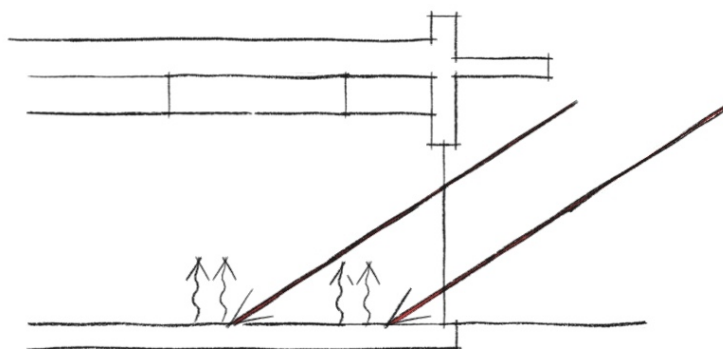
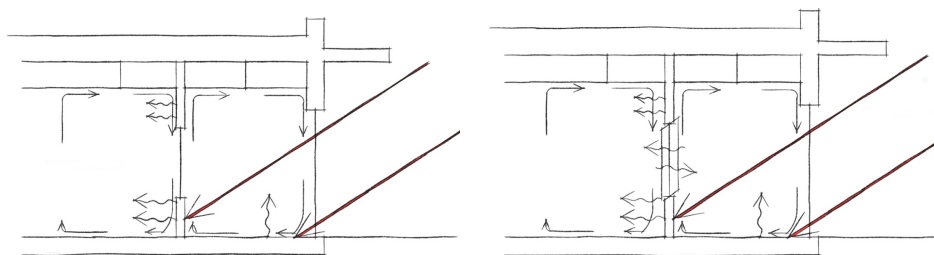


Figura 4.25: Ganhos diretos de energia da radiação solar

Quanto às paredes interiores adjacentes às salas de atividades/aula, estas também funcionam como acumuladores indiretos devido ao sistema de estufa aí criado, libertando o calor armazenado assim que a temperatura interior baixar, durante o período noturno.

Por outro lado, foram criados espaços de atenuação climática para equi-



(a) Ganho indireto sem circulação de ar para o interior (b) Ganho indireto com circulação de ar para o interior

Figura 4.26: Sistema de ganhos solares indiretos - efeito de estufa

librar os ganhos e as perdas térmicas do edifício. Espaços como a cobertura verde, a zona ajardinada a Nascente e a zona de árvores de espécies autóctenes colocadas a Noroeste de onde provêm os ventos dominantes.

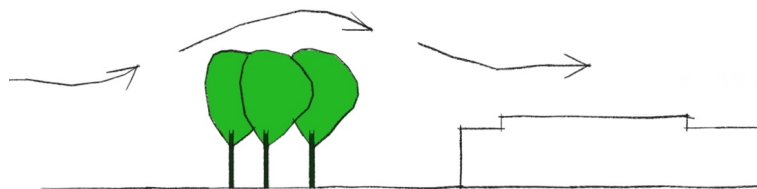


Figura 4.27: Proteção do edifício dos ventos dominantes

Estes espaços, apesar de serem exteriores, beneficiam os espaços interiores, protegendo-os das intempéries, tornando-os confortáveis. Têm também, como já foi referido, o efeito atenuador em relação à otimização do comportamento térmico dos edifícios e constituem uma camada de proteção entre o interior e os extremos do clima exterior.

3.1.4 Sistemas Ativos

1. Sistemas de Climatização

A adoção de estratégias de arquitetura bioclimática, de acordo com o que tem vindo a ser apresentado, não são suficientes para garantir o suprimento de todas as necessidades energéticas do edifício, de modo a criar as condições de conforto necessárias ao utilizador para a realização das suas atividades, havendo necessidade e recorrer a sistemas ativos de energia, como sistemas de apoio.

Sendo assim, optou-se pela utilização de um sistema de climatização por pavimento radiante - para aquecimento e arrefecimento - por ser o sistema de climatização ambiente mais eficiente, atualmente disponível no mercado.

Este tipo de sistemas apresenta várias vantagens: 1) um consumo de energia inferior ao dos sistemas tradicionais, devido às temperaturas nominais de funcionamento; 2) trata-se de um sistema de climatização “invisível”, não criando constrangimentos na gestão do espaço; 3) o princípio de funcionamento, transmissão de energia por radiação, é o mais natural para o ser humano; 4) funciona como isolante térmico e acústico; 5) apresenta um baixo custo operacional. A fonte de energia térmica para o sistema de climatização é baseada numa bomba de calor, uma vez que é um sistema térmico muito eficiente.

O sistema de climatização encontra-se integrado com as estratégias adotadas ao nível do sistema de ventilação natural, que consistem na utilização dos vãos envidraçados zenitais - clarabóias - como elementos que permitem a ventilação dos espaços interiores, contribuindo para o controlo climático desses espaços, conforto térmico, e para a qualidade do ar interior. Os vãos envidraçados a Sul e as janelas das salas de aula são passíveis de serem abertas de acordo com as

necessidades de ventilação natural.

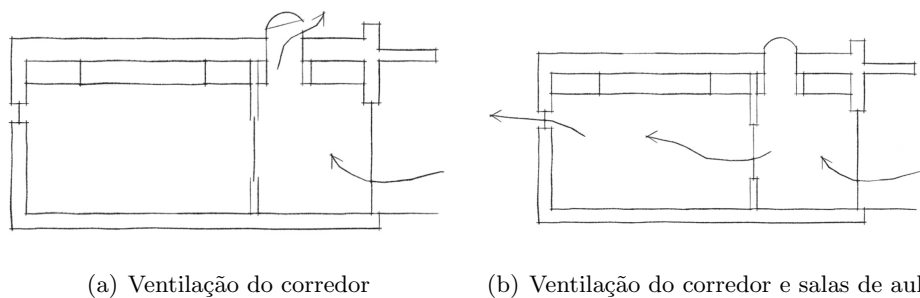


Figura 4.28: Sistema de ventilação natural do espaço interior

O sistema de ventilação natural não é suficiente para garantir o conforto térmico do edifício, uma vez que os parâmetros temperatura e humidade relativa do ar interior não são facilmente controláveis, havendo necessidade de instalar no edifício um sistema de ventilação mecânico, forçado, que possibilite o seu controlo. Esse sistema é baseado numa Unidade de Tratamento de Ar (UTA), com fluxos cruzados, com um sistema de distribuição de ar por condutas e respetivos difusores locais.

2. Sistema de Preparação de AQS

O sistema de preparação de AQS proposto consiste no aproveitamento da energia da radiação solar por conversão em energia térmica de baixa temperatura e caracteriza-se por ser um sistema de circulação forçada, com depósito termoacumulador (depósito solar) não incorporado, localizado na sala técnica, possuindo um circuito primário de baixa pressão de aquecimento solar indireto com permutador interior ao depósito solar, do tipo serpentina, com um sistema de apoio energético, exterior ao depósito solar, com base numa bomba de calor. Os painéis solares térmicos encontram-se es-

tratêgicamente posicionados na cobertura do edifício.

3. Sistema de Energia Fotovoltaica

A adicionar aos sistemas energéticos ativos anteriormente descritos acresce o sistema de energia fotovoltaica, com base em módulos com células de silício monocristalino ou policristalino com ligação à rede de distribuição de energia, de modo a aproveitar todas as potencialidades do sistema e a rentabilizar o investimento inicial realizado.

3.2 Conforto Visual

O conforto visual é um dos parâmetros de conforto que deve ser tido em conta aquando da elaboração de um projeto de arquitetura, com o intuito de se alcançar o bem-estar, a saúde e a maximização da produtividade do utilizador, na realização das suas tarefas quotidianas no meio edificado.

Este parâmetro é determinado por todos os fatores que definem a iluminação natural de qualidade e pela vista panorâmica a partir do edifício para o exterior.

Todos os espaços de atividades no Centro Escolar apresentam iluminação natural em quantidade e qualidade e uma forte afinidade com o exterior para que todos os seus utilizadores se sintam confortáveis no desempenho das suas funções.

Para além do que já foi exposto em relação ao dimensionamento e posicionamento das áreas envidraçadas para funções térmicas, estas também foram posicionadas para que se tirasse um maior partido da vista da envolvente.

3.3 Conforto Acústico

O conforto acústico é outro dos parâmetros fundamentais para o bem-estar, saúde e produtividade do utilizador. Neste sentido, para além dos espaços estarem orientados segundo a posição mais favorável do ponto de vista térmico,

estão também posicionados para alcançar os melhores níveis de conforto acústico, uma vez que os espaços com maior taxa de permanência e que requerem baixo nível de ruído proveniente da envolvente, para que os seus utilizadores tenham uma melhor produtividade, apresentam-se mais afastados das fontes de ruído, nomeadamente das vias de comunicação.

Os espaços destinados a atividades de recreio e convívio exteriores foram estudados e devidamente posicionados de forma a que o ruído aí originado tivesse o menor impacto possível nas atividades realizadas no interior do edifício.

3.4 Sistemas de Tratamento de Águas

Quanto aos sistemas de tratamento de águas prevê-se a instalação de um sistema de armazenamento e tratamento de águas azuis para que possam ser utilizadas no interior do edifício - nos autoclismos das casas de banho e na lavagem dos pavimentos, e no exterior do edifício - para sistema de rega de superfícies ajardinadas ou de cultura e lavagem dos pavimentos.

Prevê-se igualmente um sistema de tratamento de águas cinzentas para que sejam transformadas em águas azuis e possam ser utilizadas como tal.

4 Avaliação Segundo o Sistema LiderA

Tendo por base o exposto acima e segundo a avaliação pelo Sietema LiderA o Centro Escolar de Sever do Vouga encontra-se classificado com o nível **A**, como se pode observar com mais detalhe a partir da seguinte tabela.

VERTENTES		ÁREA	CRITÉRIO	N.º	Avaliação	Fundamentação da avaliação
INTEGRAÇÃO LOCAL	SOLO	ECOSSISTEMAS NATURAIS	Valorização Territorial	C1	D	Zona infra-estruturada e prevista em PDM
			Optimização ambiental da implantação	C2	A	64,24% de solo permeável no lote
			Valorização ecológica	C3	B	33,15% de áreas verdes
			Interligação de habitats	C4	A+	Apresenta ligações que permitem a continuidade da estrutura verde e tem um perímetro de contacto dos corredores de 74% com os limites do lote e saídas 15 metros.
RECURSOS	ENERGIA	Integração Paisagística	C5	A	4 parâmetros aplicáveis: Voumeترا com formas semelhantes, materiais e cores tipicamente utilizados no local e valorização estética da paisagem	
		Proteção e Valorização do Património	C6	E	Edifício novo sem existência de património	
		Certificação Energética	C7	C	Pressupõe-se que a classe energética deverá ser superior a B-	
		Desenho Passivo	C8	A+	16 créditos: boa orientação solar, bons solamentos térmicos, sombreamentos eficazes, calivhanha estanque e vidros duplos, entre outras medidas.	
CARGAS AMBIENTAS	EFLUENTES	Intensidade em Carbono (e eficiência energética)	C9	B	Pressupõe-se que o consumo de energia através de fontes renováveis pertença ao intervalo [25-37,5%]	
		Consumo de água potável	C10	A	Verificam-se 5 parâmetros	
		Gestão das águas locais	C11	D	[12,5-25%] de redução da escurência mesaias de águas para pluvial ou inha de água na propriedades;	
		Durabilidade	C12	B	Tempos de vida: estrutura - 100 anos; acabamentos - 10; por sua vez os equipamentos e canalizações - 30 anos	
CONFORTO AMBIENTAL	RESÍDUOS	Materiais locais	C13	A	[50 - 75] % do total de materiais utilizados, produzidos a distância inferior a 100km	
		Materiais de baixo impacto	C14	A	Actual: [50 - 75] % de materiais utilizados, face ao total são certificados, baixo impacto, reciclados e/ou renováveis;	
		Produção local de alimentos	C15	A	Implementam-se entre [8-10] parâmetros	
		Tratamento das águas residuais	C16	E	Tratamento de [0 a 12,5%] das águas residuais no local	
CONFORTO AMBIENTAL	QUALIDADE DO AR	Caudal de reutilização de águas usadas	C17	E	Utilização de [0 a 12,5%] das águas residuais tratadas em atividades exteriorinterior que não exijam água potável	
		Caudal de Emissões Atmosféricas - Partículas e/ou Substâncias com potencial acidificante (Emissão de outros poluentes: SO2 e NOx)	C18	B	Existência dos seguintes equipamentos: fogão a gás e esquentador/caldeira	
		Produção de resíduos	C19	C	300 kg/capita ano	
		Gestão de resíduos perigosos	C20	A+	8 créditos: locais para a deposição de pilhas, lâmpadas, óleos alimentares, resíduos perigosos de escritório (tinteiros e semelhantes); eliminação de materiais perigosos existentes nos produtos usados para a manutenção e locais para armazém seguro de produtos e limpeza e manutenção.	
CONFORTO AMBIENTAL	ACESSOS PARA TODOS	Reciclagem de resíduos	C21	A	1. Central de deposição dos resíduos reciclados no edifício 2. Um local onde se proceda a deposição de resíduos orgânicos para efectuar a compostagem 3. Locais adequados, no interior dos fogos, para a deposição e separação dos resíduos a reciclar	
		Fonies de ruído para o exterior	C22	A	Pressupõe-se a escolha de equipamentos com baixa emissão de ruídos	
		Poução lumino-térmica	C23	A	Cumprimento de 9 parâmetros	
		Níveis de Qualidade do ar	C24	A	Satisfaz 5 créditos, incluindo ventilação natural adequada	
CONFORTO AMBIENTAL	DIVERSIDADE ECONÓMICA	Conforto térmico	C25	B	Cumprimento de 11 parâmetros	
		Níveis de iluminação	C26	B	Cumprimento entre [12 - 14] parâmetros	
		Isolamento acústico/Níveis sonoros	C27	A	Cumprimento de 8 parâmetros	
		Acesso aos transportes Públicos	C28	E	Um tipo de transporte público localizado entre 500 e 1000 metros	
GESTÃO AMBIENTAL	GESTÃO AMBIENTAL	Mobilidade de baixo impacto	C29	A	Cumprimento de 5 parâmetros	
		Soluções inovadoras	C30	A+	Cumprimento entre [10-12] parâmetros	
		Flexibilidade - Adaptabilidade aos usos	C31	A	Implementação de 6 parâmetros	
		Dinâmica Económica	C32	E	Igual a referência	
GESTÃO AMBIENTAL	GESTÃO AMBIENTAL	Trabalho Local	C33	A	Um posto de trabalho por casa 600 m2	
		Amenidades locais	C34	A	Existência de 3 a 5 amenidades humanas, entre as quais pelo menos uma loja de géneros alimentares, e existência de amenidades naturais até 500 m	
		Interação com a comunidade	C35	A	Verificam-se 4 parâmetros	
		Capacidade de controlo	C36	A++	Verificam-se 13 parâmetros	
GESTÃO AMBIENTAL	GESTÃO AMBIENTAL	Condições de participação e governança	C37	C	Verifica-se 1 parâmetro	
		Controlo dos riscos naturais - (Safety)	C38	C	Segurança aos riscos de pluviosidade acrescida; segurança ao risco sísmico; segurança aos riscos sísmicos	
		Controlo das ameaças humanas - (Security)	C39	A	Constituição de 10 Créditos	
		Baixos custos no ciclo de vida	C40	A+	Soluções de elevado desempenho ambiental com reduções custos de operação e manutenção	
GESTÃO AMBIENTAL	GESTÃO AMBIENTAL	Informação ambiental	C41	C	Disponibilização de informação relativa ao projecto, aos equipamentos e a sensibilização para a minimização dos consumos de recursos	
		Sistema de gestão ambiental	C42	D	O edifício e/ou empreendimento possui pelo menos um sistema de monitorização de vários aspectos ambientais e de desempenho	
		Inovações	C43	C	Existência de um elemento inovador	
		Classe obtida na avaliação:				A

Figura 4.29: Avaliação de sustentabilidade - Sistema LiderA

Capítulo 5

Discussão dos Resultados

O desenvolvimento do projeto do Centro Escolar de Sever do Vouga teve por base os princípios de arquitetura sustentável e bioclimática e o Sistema LiderA.

O resultado da avaliação de sustentabilidade realizada ao edifício do Centro Escolar, com base no Sistema LiderA, resultou numa classificação global de **A**.

Este resultado global da avaliação de sustentabilidade traduz-se, como pode ser observado a partir da tabela de avaliação apresentada no capítulo anterior, especificamente da seguinte forma:

Integração Local

Em relação à presente vertente, foram adotadas soluções de projeto ao nível dos arranjos exteriores, no sentido de se maximizar a permeabilidade do solo do lote e as zonas verdes. As cérceas do edifício, os materiais e as cores são semelhantes às utilizadas nos edifícios da envolvente, o que contribui positivamente para a sua avaliação. Com uma contribuição menos positiva, neste ponto, tem-se o facto de se tratar de um edifício novo e de o solo do local de implantação ser fértil.

Recursos

Pressupõe-se, para efeitos de avaliação na presente vertente, que o edifício obtenha uma classificação energética superior a **B-**, fundamentada pelas estratégias de desenho passivo adotadas ao longo do desenvolvimento do projeto arquitetónico - orientação ótima do edifício, sistemas de ventilação natural e de aproveitamento da energia da radiação solar direta, bons isolamentos térmicos, sombreamentos eficazes, caixilharia estanque com vidros duplos e corte térmico, entre outras medidas expostas no capítulo anterior.

Foram propostos sistemas ativos de energia com base em fontes de energia renováveis, nomeadamente energia solar térmica e fotovoltaica, e sistemas energéticos de apoio altamente eficientes, o que confere ao edifício uma boa pontuação.

No que diz respeito ao recurso água, foram propostos sistemas de captação, tratamento e distribuição de águas azuis e cinzentas.

A criação de uma horta biológica/pedagógica junto ao refeitório, valoriza a componente pedagógica e de lazer do espaço e contribui para a preservação do ecossistema local e para a produção local de alimentos, que podem ser posteriormente confeccionados.

Considera-se que os materiais selecionados para a construção do edifício são de origem local, de baixo impacto ambiental e de grande durabilidade.

Todos estes fatores conferem ao edifício uma boa classificação global na vertente *Recursos*.

Cargas Ambientais

O tratamento local dos efluentes é inexistente, contribuindo negativamente para a classificação do edifício.

Pressupõe-se a utilização de equipamentos a gás, o que contribui com emissões para a atmosfera de gases que contribuem para o efeito de estufa.

Considera-se uma produção de resíduos anual de 300 kg per capita e que os resíduos produzidos não possuem uma natureza perigosa e que se procede localmente à triagem para posterior reciclagem dos resíduos gerados pelos utilizadores do edifício.

Os equipamentos selecionados para os sistemas ativos instalados no edifício são de baixa emissão de ruído e a iluminação selecionada, predominantemente light-emitting diode

(LED) de baixo consumo, possui baixa poluição ilumino-térmica.

Conforto Ambiental

Todas as soluções adotadas ao longo do desenvolvimento do projeto de arquitetura foram estrategicamente concebidas para maximizar o conforto ambiental do utilizador do meio edificado, de modo a maximizar o seu bem-estar e a sua produtividade.

As estratégias adotadas ao nível da qualidade do ar interior passam pela conceção de um sistema de ventilação natural baseado em vãos zenitais - clarabóias - que possibilitam a ventilação e iluminação dos espaços interiores, os vãos envidraçados a Sul, Este, Oeste e Norte foram concebidos para permitirem a sua abertura de modo a facilitar a circulação do ar e a sua consequente renovação, sendo possível, deste modo, o controlo da sua qualidade.

No que concerne ao conforto térmico, foram adotadas estratégias de desenho passivo apoiadas por sistemas de energia ativos, que servem de apoio e que garantem o suprimento de todas as necessidades energéticas do edifício, conferindo ao utilizador as necessárias condições de conforto no desempenho das suas atividades.

Destacam-se ainda, com um grande contributo para o conforto térmico, as estratégias relacionadas com a orientação do edifício, a dimensão e localização dos vãos envidraçados, garantindo-se o seu sombreamento sempre que necessário, a localização dos espaços verdes exteriores - a Noroeste - para proteção do edifício dos ventos dominantes, a Este - para proteção dos vãos envidraçados da radiação solar direta e criação de zonas de aclimação, a seleção do tipo de isolamento térmico, pelo exterior, devido à sua eficiência, a implementação de cobertura verde - que contribui para o isolamento térmico e acústico do edifício, para a longevidade da própria estrutura da cobertura, para a redução do pico de cheia e para a restituição de parte da capa vegetal removida para a construção do edifício. A localização dos espaços de recreio e lazer e de jogos foi estrategicamente realizada de modo a reduzir ao mínimo os níveis de ruído aí gerados, para que estes não interfiram negativamente no rendimento dos utilizadores dos espaços interiores na realização de atividades que exijam maiores níveis de concentração.

Vivência Sócio-Económica

O acesso ao local de implantação do edifício está previsto e é garantido pelo sistema local de transportes públicos existente. Para além disso, é possível deslocar-se para o local através de bicicleta ou outro meio de transporte de baixo impacto ambiental.

O edifício tem previsto acessos para utilizadores que possuam mobilidade reduzida, o facto de ser piso térreo facilita a gestão dos acessos.

Foi previsto a existência de uma sala multiusos, que se adapta facilmente às necessidades, facilitando a gestão do espaço.

Prevê-se que a maior parte dos funcionários sejam de proveniência local, contribuindo para a dinâmica sócio-económica local através da criação de emprego.

Está previsto para o espaço um perfil de utilização variado, estudantes e educadores/professores, estando igualmente aberto à comunidade local.

Gestão Ambiental

Pressupõe-se a disponibilização da informação relacionada com o projeto e com os equipamentos e sistemas instalados no edifício.

Pressupõe-se a existência de ações de formação e sensibilização em relação às boas práticas de utilização do edifício, de modo a minimizar os consumos de recursos.

Prevê-se a existência no edifício e/ou empreendimento de pelo menos um sistema de monitorização de vários parâmetros ambientais e de desempenho.

Capítulo 6

Conclusões

Ao longo do desenvolvimento do presente trabalho de dissertação de mestrado tem-se abordado um tema que tem voltado lentamente a estar na ordem do dia, nomeadamente entre todos os intervenientes no processo de conceção de um projeto de arquitetura, desde a sua fase embrionária até à sua construção e posterior utilização - a sustentabilidade na construção - muito por força da atual conjuntura sócio-económica e das crescentes preocupações ambientais.

Foram apresentados, desenvolvidos e devidamente enquadrados os conceitos subjacentes a esta temática, nomeadamente os conceitos de sustentabilidade, desenvolvimento sustentável e arquitetura sustentável e bioclimática, onde foram apresentadas várias estratégias passíveis de serem adotadas no desenvolvimento de projetos de arquitetura mais sustentáveis e por conseguinte mais focados no utilizador, nas suas necessidades, nomeadamente ao nível de conforto térmico, visual e acústico, nas quais o utilizador desempenha um importante papel no contributo para a sustentabilidade.

É convicção da autora do presente trabalho que os objetivos inicialmente traçados foram alcançados com sucesso, sendo reflexo disso a boa classificação global, Classe **A**, do Centro Escolar de Sever do Vouga, que serve de estudo de caso para a realização do presente trabalho, comparativamente à classe da atual construção corrente - Classe **E**, obtida através da avaliação de sustentabilidade realizada com base no Sistema LiderA.

É de salientar que o Sistema LiderA serve de suporte ao desenvolvimento e avaliação do

projeto de arquitetura do Centro Escolar de Sever do Vouga.

Pode afirmar-se que a aplicação de estratégias de arquitetura sustentável e bioclimática e a utilização de um sistema de avaliação de sustentabilidade durante a fase de projeto é decisiva para que este resulte globalmente mais sustentável, onde o utilizador, ao ocupar o meio edificado, desempenha um papel fundamental na construção dessa sustentabilidade, não apenas por pequenos atos quotidianos, mas também pela correta operação das soluções aplicadas no edifício.

Conclui-se ainda que as vertentes do sistema de avaliação de sustentabilidade, Sistema LiderA, que mais peso têm são as que estão mais diretamente relacionadas com o conforto do utilizador, e em relação às quais este possui uma maior capacidade de intervenção, nomeadamente os recursos, as vivências sócio-económicas, o conforto ambiental, integração local e cargas ambientais, tendo uma ponderação de 32%, 19%, 15%, 14% e 12%, respetivamente. Com menor influência na classificação global do edifício encontra a vertente gestão ambiental e inovação, com uma ponderação de 8%, em relação à qual o utilizador possui pouca capacidade de intervenção.

Deste modo, é nas estratégias de projeto adotadas, relacionadas com as vertentes de maior contributo para a avaliação de sustentabilidade do edifício, que se concentram os pilares que sustentam a metodologia utilizada no desenvolvimento do projeto, salientando-se o desenho passivo do edifício - orientação do edifício e dos vãos envidraçados, aproveitamento da energia da radiação solar, proteção do edifício dos ventos predominantes, dimensão e localização das zonas verdes, soluções de isolamento térmico, cobertura verde, sistemas de ventilação natural e de tratamento de águas azuis e cinzentas, triagem dos resíduos produzidos e produção local de alimentos.

Em jeito de conclusão, pode afirmar-se que a responsabilidade pela sustentabilidade do objeto arquitetónico está longe de ser apenas da equipa de projeto, que o concebe, e das entidades envolvidas na sua construção, sendo, na verdade, predominantemente do utilizador que o habita. O utilizador é o elemento chave, central, dos projetos de arquitetura sustentável e bioclimática, é para ele que a obra é concebida e é o utilizador o principal responsável, através dos seus atos, no quotidiano, pelo contributo para a sustentabilidade

do empreendimento.

Trabalhos Futuros

Como trabalhos a desenvolver futuramente, de modo a aperfeiçoar o projeto apresentado, destacam-se os seguintes temas:

- Avaliação das características de comportamento térmico do edifício, através de software de simulação apropriado;
- Avaliação do impacto das estratégias arquitetónicas utilizadas no conforto do utilizador do meio edificado;
- Criação do manual do utilizador do Centro Escolar;
- Elaboração do plano de reutilização do espaço;
- Elaboração do plano de desconstrução e reciclagem/reutilização dos materiais empregues.

Bibliografia

- [1] Alvar Aalto. *La Humanización de la Arquitectura*. Tusquets Editores, 2nd edition, Fevereiro 1982.
- [2] Alberto Campo Baeza. *Ideia Construída*. Caleidoscópico, 2nd edition, Novembro 2008.
- [3] J. R. Benya. *Lighting For Schools*. National Clearing House for Educational Facilities, 2001.
- [4] Le Corbusier. *Mensaje a los Estudiantes de Arquitectura*. Ediciones Infinito, 10th edition, 2001.
- [5] Ministério das Obras Públicas dos Transportes e Comunicações. *Decreto-Lei Nº 80/2006 de 4 de Abril*, volume Série I - A. Diário da República, Abril 2006.
- [6] Ministério das Obras Públicas dos Transportes e Comunicações. *Portaria Nº 701-H/2008*, volume Série I. Diário da República, Julho 2008.
- [7] CSCAE Consejo Superior del Colegio de Arquitectos de España. *Un Vitruvio Ecológico - Principios y Práctica del Proyecto Arquitectónico Sostenible*. Gustavo Gili, 1st edition, 2008. CSCAE – Consejo Superior del Colegio de Arquitectos de España.
- [8] DfES. *Design of Sustainable Schools – Case Studies*. TSO, 2006.
- [9] Ministério do Ambiente do O. d. T. e do D. R. e das O. P. Transportes e Comunicações. *Portaria Nº 232/2008*, volume Série I. Diário da República, Março 2008.

- [10] Webpage do LiderA. *Apresentação*. Abril 2011. Access date: 05/04/2011.
- [11] Webpage do LiderA. *Classes do Sistema LiderA*. Julho 2011. Access date: 20/07/2011.
- [12] Webpage do LiderA. *Sistema Voluntário para a Sustentabilidade dos Ambientes Construídos*. Julho 2011. Access date: 20/07/2011.
- [13] Earthman and Lemasters. Where children learn: A discussion of how a facility affects learning. Annual Meeting of Virginia Educational Facility Planners, 1998.
- [14] Centro Escolar. *Alguns referenciais técnicos para a construção / requalificação / ampliação de escolas na perspectiva do centro escolar*. Março 2011. Access date: 02/03/2011.
- [15] União Europeia. *Directiva Europeia 2010/31/UE*. Jornal Oficial da União Europeia, 2010. Directiva Relativa ao Desempenho Energético dos Edifícios.
- [16] Kenn Fisher. *Schooling Issues Digest - Building Better Outcomes: The Impact of School Infrastructure on Student Outcomes and Behaviour*. DETYA, 2000.
- [17] Max Fordham. *Environmental Design. An Introduction for Architects and Engineers*. Spon Press, 2nd edition, 2005.
- [18] Anésia Barros Frota. *Manual de Conforto Térmico*. Studio Nobel, 5th edition, 1987.
- [19] Sou Fujimoto. *Primitive Future*. Inax, 1st edition, 2008.
- [20] Neila González and F. Javier. *La Cubierta Ecológica*. Escuela de Arquitectura de Madrid, 2002.
- [21] Neila González and F. Javier. *Arquitectura Bioclimática*, volume 4 of *Arquitectura y Tecnología*. Munill-Lería, 2004.
- [22] Al Gore. *Uma Verdade Inconveniente – Alerta Global*. Paramount Pictures, 2007.

- [23] Harner. *Effects of Thermal Environmental on Learning Skills*. The Education Facility Planer, 1974.
- [24] Alejandro Lauria. *Sustentabilidade na Construção*. Verlag Dashöfer, 1st edition, Outubro 2007.
- [25] Dominique Machabert. *Álvaro Siza – Uma Questão de Medida*. Caleidoscópio, 1st edition, Março 2009.
- [26] Francisco Moita. *Energia Solar Passiva*. Argumentum, 2nd edition, Dezembro 2010.
- [27] Paulo Nunes. *História da Arte – 10^o ano*. Porto Editora, 1999.
- [28] Victor Olgyay. *Arquitectura y Clima – Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas*. Gustavo Gili, 1st edition, 2008.
- [29] ADENE Agência para a Energia. *Certificação Energética – Enquadramento e Objectivo*. Março 2010. Access date: 12/03/2011.
- [30] ADENE Agência para a Energia. *Guia da eficiência energética*, Novembro 2010.
- [31] R. Philips. Educational facility age and the academic achievement of upper elementary school students. Master's thesis, 1997.
- [32] Manuel Duarte Pinheiro. *Ambiente e Construção Sustentável*. Instituto do Ambiente, 1st edition, 2006.
- [33] Manuel Duarte Pinheiro. *LiderA – Sistema Voluntário para a Sustentabilidade dos Ambientes Construídos – Apresentação Sumária*. Instituto Superior Técnico, 2011.
- [34] Conway Plypton and Epstein. Day lighting in schools: Improving student performance and health at a price schools can afford. American Solar Energy Society Conference, 2000.
- [35] Leczy C. Pocorelli. *Paredes verdes - os jardins verticias invadiram as cidades*. Julho 2011. Access date: 02/7/2011.

- [36] Mark Schneider. *Do School Facilities Affect Academic Outcomes?* Nacional Clearing House for Educational Facilities, 2002.
- [37] Igor Shiklomanov. *World Water Resources: a New Appraisal and Assessment for the 21st Century*. Nações Unidas, 1998.
- [38] Wikipedia the Free Encyclopedia. *United Nations Climate Change Conference*. Março 2009. Access date: 07/03/2011.
- [39] Wikipedia the Free Encyclopedia. *Relatório Brundtland*. Março 2010. Access date: 02/03/2011.
- [40] Wikipedia the Free Encyclopedia. *Funcionalismo (arquitetura)*. Maio 2011. Access date: 10/05/2011.
- [41] Livia Tirone and Nunes Ken. *Construção Sustentável – Soluções para uma Prosperidade Renovável*. Tirone Nunes, 3th edition, Setembro 2010.
- [42] Terry Williamson. *Understanding Sustainable Architecture*. Spon Press, 2004.
- [43] Andersen Wyon and Lundqvist. *The Effects of Moderate Heat Stress On Mental Performance*. Scandinavian Journal of Work, Environmental and Health 5, 1979.
- [44] Guillermo Parareda Yáñez. *Arquitectura Solar e Iluminación Natural*, volume 7 of *Arquitectura y Tecnología*. Munilla-Léria, 1st edition, Outubro 2008.