



Pedro Saraiva Garcia da Silva
Licenciado

Proposta Metodológica para um Modelo de Ocupação Energeticamente Eficiente

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Civil – Perfil de Construção

Orientador: Professor Doutor Miguel Amado

Presidente: Prof. Doutor Armando Manuel Sequeira Nunes Antão
Arguente: Prof. Doutor Manuel Duarte Pinheiro
Vogal: Prof. Doutor Miguel José das Neves Pires Amado



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Novembro de 2012

“Copyright” Pedro Saraiva Garcia da Silva, FCT/UNL e UNL

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Em nome pessoal e académico, gostaria de agradecer ao Professor Doutor Miguel Pires Amado pela orientação, disponibilidade e partilha de conhecimentos ao longo da elaboração desta dissertação de Mestrado.

Os meus sinceros agradecimentos aos meus pais e irmão pelo apoio incondicional, compreensão, paciência, dedicação e incentivo durante a realização deste trabalho e durante todo o meu percurso universitário.

Os meus agradecimentos estendem-se também a todos os meus amigos mais próximos, pela companhia, apoio e amizade ao longo de todo este percurso.

E, ainda, o meu reconhecimento a todos aqueles que directa ou indirectamente contribuíram para a concretização este trabalho.

Resumo

A médio e longo prazo, a actual conjuntura de desenvolvimento apresenta-se insustentável devido às crises e rupturas consequentes de uma escassez cada vez maior dos combustíveis fósseis e da deterioração ambiental decorrente.

Presentemente, um dos principais desafios com que a sociedade é deparada a superar, é de satisfazer a procura de energia no momento e no local em que é necessária e sob a forma mais adequada. A eficiência energética apresenta-se assim como uma necessidade cada vez mais relevante devido às motivações económicas e à emergência das alterações climáticas, originando como resultado da sua implementação uma significativa redução de custos e de impactes negativos.

As cidades são um organismo complexo de actividades e efeitos que impõe um planeamento sustentável e uma apreensão dos seus encadeamentos e impactes à escala local.

Deste facto, no âmbito do planeamento urbano, importa que se conheça e determine os factores considerados como condicionantes para o desenvolvimento de modelos de ocupação energeticamente eficientes.

Conhecidos os fundamentais componentes para o desenvolvimento destes modelos, bem como as suas potencialidades, compreende-se que para a maximização do seu potencial energético exista a necessidade de adaptar o processo de planeamento ao conceito de desenvolvimento sustentável e eficiência energética. Para o alcance dos objectivos pretendidos e um elevado rigor na análise das diferentes etapas que constituem a metodologia proposta, é considerada a utilização permanente de ferramentas de simulação computacional.

A presente dissertação intenta desta forma contribuir para que o processo de planeamento urbano seja realizado e sustentado em fortes premissas de eficiência energética, com base na problemática mencionada.

Palavras-chave: Planeamento Urbano, Sustentabilidade, Eficiência Energética, Modelo de Ocupação Urbana, Simulação Computacional.

Abstract

In the medium and long term, the current development conjuncture presents unsustainable due to the resulting crisis and ruptures from the growing scarcity of the fossil resources and the resulting environmental deterioration.

Presently, one of the major challenges that society has to face and overcome is to meet the energy demand at the time and place where it is needed and by the most appropriate way. Therefore, energy efficiency presents as a necessity of an increasingly relevance due to economic motivations and the emergence of climate changes, leading as a result of its implementation to a significant improvement of energy efficiency results in reduction of costs and environmental impacts.

Cities are a complex organism of activities and effects that imposes a sustainable planning and an understanding of their relationships and impacts at the local level.

Thereby, within the urban planning, it is important to know, determine and identify the factors of primary importance to the development of energy efficient occupation models.

After knowing the key components for the development of these models, it is understood that to maximize the energy potential, it is needed to adapt the urban planning process to the concept of sustainable development and energy efficiency. On the achievement of the intended purposes and a high accuracy in the analysis of the different steps that constitute the proposed methodology, it is considered the permanent use of computer simulation tools.

This thesis aims at contributing to an urban planning process which is intended to be performed and sustained on strong assumptions of energy efficiency, based on the presented issue.

Keywords: Urban Planning, Sustainability, Energy Efficiency, Urban Occupation Model, Computer Simulation.

Acrónimos e Abreviaturas

BP - *British Petroleum*

CAD – *Computer Aided Design*

CHP - *Combined Heat and Power*

C.I.A.M. - *Congressos Internacionais de Arquitectura Moderna*

CIE - *Commission Internationale de l'Éclairage*

CO₂ – *Dióxido de Carbono*

DGEG – *Direcção-Geral de Energia e Geologia*

DM – *Digital Model*

ESRI - *Economic and Social Research Institute*

GEE – *Gases do Efeito de Estufa*

GIS – *Geographic Information System*

GJ – *Gigajoule*

IEA – *International Energy Agency*

INE – *Instituto Nacional de Estatística*

ISC - *Institute for Sustainable Communities*

IUCN – *International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources*

kWh – *Quilowatt-hora*

LT – *Lightning and Thermal*

ONU – *Organização das Nações Unidas*

SEP – *Solar Energy Planning System*

SEPdb - *Solar Energy Planning database*

SEPdbapp - *Solar Energy Planning application*

SEPgis – *Solar Energy Planning geographic information system*

Índice de Matérias

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 MOTIVAÇÃO E ENQUADRAMENTO DO TEMA	1
1.2. OBJECTIVOS	1
1.3. METODOLOGIA E ESTRUTURA	2
2. ESTADO DE ARTE	3
2.1. A CIDADE	3
2.1.1. ORIGEM E DESENVOLVIMENTO	3
2.1.2. CONTEXTO HISTÓRICO URBANO	4
2.1.3. MORFOLOGIA, FUNÇÕES E SISTEMAS URBANOS	8
2.2. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	9
2.2.1. ENQUADRAMENTO	9
2.2.2. CONCEITO	10
2.2.3. CONTEXTO E APLICAÇÃO	10
2.2.4. PLANEAMENTO URBANO SUSTENTÁVEL	13
2.3. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	15
2.3.1. ENQUADRAMENTO	15
2.3.2. NECESSIDADE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	15
2.3.3. FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL APLICÁVEL EM MEIO URBANO	18
2.3.4. SITUAÇÃO ENERGÉTICA DE FONTES RENOVÁVEIS	23
2.4. SÍNTESE DO CAPÍTULO	25
3. ANÁLISE DE ESTUDOS DE CASO	27
3.1. PRÍNCIPIOS SUSTENTÁVEIS EM MEIO URBANO	27
3.2. MODELOS DE OCUPAÇÃO ENERGETICAMENTE EFICIENTES	28
3.2.1. CONCEITO	28
3.2.2. OBJECTIVOS E ESTRATÉGIAS: ECO-EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	28
3.3. ANÁLISE DE CASOS CONSIDERADOS EXEMPLARES	29
3.3.1. BEDZED, REINO UNIDO	30
3.3.1.1. Enquadramento	30
3.3.1.2. Descrição do Projecto	31
3.3.1.3. Premissas orientadoras	32

3.3.1.4. Estratégias Implementadas e Níveis de Desempenho	32
3.3.1.5. Conclusão	36
3.3.2. HAMMARBY SJÖSTAD, SUÉCIA	37
3.3.2.1. Enquadramento	37
3.3.2.2. Descrição do Projecto	38
3.3.2.3. Premissas Orientadoras	40
3.3.2.4. Estratégias Implementadas e Níveis de Desempenho	40
3.3.2.5. Conclusão	42
3.3.3. VAUBAN, ALEMANHA	43
3.3.3.1. Enquadramento	43
3.3.3.2. Descrição do Projecto	44
3.3.3.3. Premissas Orientadoras	46
3.3.3.4. Estratégias Implementadas e Níveis de Desempenho	46
3.3.3.5. Conclusão	48
3.4. SÍNTESE DO CAPÍTULO	49
<u>4. PROPOSTA METODOLÓGICA PARA UM MODELO DE OCUPAÇÃO ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE</u>	51
4.1. NECESSIDADE DE UM NOVO MODELO	51
4.2. ABORDAGENS E PROCESSOS EXISTENTES	53
4.3. METODOLOGIA PARA UM MODELO DE OCUPAÇÃO ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE	59
4.3.1. DEFINIÇÃO DO CONCEITO, OBJECTIVOS E ESTRATÉGIA	59
4.3.1. IDENTIFICAÇÃO E DEFINIÇÃO	63
4.3.2. PLANIFICAÇÃO	64
4.3.2.1. Análise do território num planeamento energeticamente eficiente	64
4.3.2.2. Sistema GIS como ferramenta essencial na análise do território	65
4.3.2.3. Processo - Análise do Território	67
4.3.3. PLANO DE DESENHO URBANO	75
4.3.3.1. Desenho Urbano Passivo – Passo para a sustentabilidade	75
4.3.3.2. Elementos a considerar no desenho urbano passivo	76
4.3.3.3. Estratégias energeticamente eficientes	77
4.3.3.5. Processo – Plano de Desenho Urbano	80
4.3.4. SIMULAÇÃO E FORMULAÇÃO DA PROPOSTA FINAL	82
4.3.4.1. Simulação Computacional como componente fundamental	82
4.3.4.2. Processo - Simulação e Formulação da proposta final	83
4.3.5. IMPLEMENTAÇÃO	95
4.3.5.1. Processo Geral	95

4.3.5.2. Envolvimento da Comunidade	95
4.3.5.3. Fichas de implementação	95
4.3.5.4. Monitorização	97
4.4. CRÍTICA	97
4.5. FERRAMENTAS APLICÁVEIS AO PROCESSO	99
4.6. SÍNTESE DO CAPÍTULO	103
5. CONCLUSÕES	105
<hr/>	
5.1. CONCLUSÃO	105
5.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	106
BIBLIOGRAFIA	109
<hr/>	

Índice de Figuras

Figura 2.1 - Linha de tempo com a evolução da Cidade.....	5
Figura 2.2 - Componentes do desenvolvimento sustentável	12
Figura 2.3 - Distribuição das emissões globais de GEE em 2004	16
Figura 2.4 - Peso das acções para um equilíbrio energético.	18
Figura 2.5 - Percuso solar ao longo do dia para Inverno, Primavera e Verão	20
Figura 2.6 - Disposição de um parque eólico.....	22
Figura 2.7 - Consumo de energia primária em 2009.....	23
Figura 3.1 - Evolução do projecto BedZED	30
Figura 3.2 - Modelo de orientação do edificado em BedZED	31
Figura 3.3 - Localização do bairro de Hammarby Sjöstad.....	37
Figura 3.4 - Planta representativa do desenho urbano de Hammarby Sjöstad	39
Figura 3.5 - Exemplo demonstrativo do formato edificado em Hammarby Sjöstad, demonstrando o número médio de horas de insolação, onde as parte mais escuras se consideram como insolação nula	39
Figura 3.6 – Células e painéis solares implementados nos edifícios	41
Figura 3.7 - Esquema representativo das diferentes etapas do projecto	44
Figura 3.8 - Esquema representativo das diferentes tipologias.....	45
Figura 4.1 - Factores que influenciam o consumo energético de um edifício	54
Figura 4.2 - Metodologia para a determinação da área de cobertura disponível para a instalação de painéis fotovoltaicos	56
Figura 4.3 - Principais componentes de software e indicação do fluxo de dados no SEP.....	57
Figura 4.4 - Processo para a avaliação do potencial de energia eólica	58
Figura 4.5 - Utilização do sistema GIS na análise do território	66
Figura 4.6 - Representação esquemática da análise de território.	67
Figura 4.7 - Contextualização local.....	68
Figura 4.8 - Análise geológica local.....	69
Figura 4.9 - Análise hipsométrica do terreno e análise tipológica das encostas	70
Figura 4.10 - Análise aos níveis de permeabilidade e áreas de risco de inundação.....	71
Figura 4.11 - Análise à vegetação existente.....	71
Figura 4.12 - Análise à ocupação e uso do solo.....	72
Figura 4.13 - Mapas de radiação solar - Radiação directa, difusa e global.....	74
Figura 4.14 - Análise da acção do vento.....	75

Figura 4.15 - Factor de Céu Visível para acesso da radiação solar aos edifícios	76
Figura 4.16 - Aleatoriedade horizontal e reduzida ocupação do solo	78
Figura 4.17 - Orientação das ruas em função da exposição solar e afastamento dos lotes.	79
Figura 4.18 - Aleatoriedade vertical como estratégia recomendada.	84
Figura 4.19 - Ferramenta computacional na análise volumétrica.	85
Figura 4.20 - Ferramenta computacional na análise ao acesso solar.	87
Figura 4.21 - Ferramenta computacional na análise à iluminação natural.	88
Figura 4.22 - Ferramenta computacional na análise ao potencial solar.	89
Figura 4.23 - Melhor aproveitamento dos ventos e de implantação do campo edificado com inclinação máxima de 45° da direcção dos ventos predominantes.	90
Figura 4.24 – Ferramenta computacional na análise do potencial eólico.	90
Figura 4.25 – Ferramenta computacional na Utilização / Custo anual de Energia	91
Figura 4.26 – Ferramenta Computacional na Utilização de energia - Combustíveis fósseis... 91	
Figura 4.27 – Ferramenta computacional na Utilização de energia - Electricidade.....	92
Figura 4.28 - Consumo eléctrico mensal.....	92
Figura 4.29 - Consumo energético para processos de aquecimento.	93
Figura 4.30 - Consumo energético para processos de arrefecimento.....	93
Figura 4.31 - Quantidade total de emissões de carbono calculada através do diferencial entre o consumo e potencial de produção energética.	94
Figura 4.32 - Proposta de ficha de implementação	96
Figura 4.33 - Localização das reservas mundiais de petróleo	99

Índice de Quadros

Quadro 2.1 – Evolução do total de potência instalada a partir de fontes renováveis em Portugal.	24
Quadro 2.2 - Evolução da energia eléctrica produzida a partir de fontes renováveis	24
Quadro 3.1 - Total de energia consumida e emissões de CO ₂ /m ²	35
Quadro 3.2 - Resultados alcançados em BedZED	36
Quadro 4.1 - Esquema geral da metodologia proposta para um modelo de ocupação energeticamente eficiente	62

1. Introdução

1.1 Motivação e Enquadramento do Tema

Cada vez mais as populações encontram-se concentradas nas áreas urbanas. Presentemente cerca de 75% da população europeia vive em cidades, apresentando-se como uma tendência crescente e onde na qual se prevê que nos próximos 30 anos possa reunir perto de 80% da população mundial. É principalmente nas cidades que as pessoas residem, trabalham, circulam, consomem bens materiais e serviços, e onde ocorrem as maiores interações entre o ambiente natural e o ambiente construído.

A crescente pressão demográfica associada à necessidade e constante procura de uma melhor qualidade de vida das populações tem contribuído para diversos impactes ambientais, determinando consumos insustentáveis quer seja a nível local, tanto quanto ao sistema ecológico global. A dinâmica e os padrões de ocupação urbana condicionam assim a qualidade de vida, ambiental e de saúde humana. Se a maioria dos problemas ambientais que a sociedade actual enfrenta tem origem nas áreas urbanas, são estas que conjugam os compromissos e capacidade de inovação para os resolver.

É perante este cenário de insustentabilidade evidente que surge um necessário conceito de eficiência energética. O uso eficiente de energia exhibe-se como um importante instrumento na redução das emissões resultantes das actividades desenvolvidas, utilizando-se o mínimo de recursos, com o mínimo de prejuízo ambiental.

Destes factos, o tema da presente dissertação enquadra-se no contributo de uma resposta a esta problemática através de uma proposta metodológica de um modelo de ocupação urbano energeticamente eficiente. Para a sua melhor contribuição, este processo metodológico apresenta-se como uma oportunidade para a promoção dos melhores níveis de integração das funções, fluxos e infraestruturas da cidade através de estratégias energeticamente eficientes e utilização de ferramentas computacionais que facilitam e suportam todo este processo de planeamento urbano. Estas ferramentas computacionais de apoio metodológico apresentam-se como fundamentais tanto na orientação da abordagem pretendida como na sistematização e aceleração do processo de planeamento e tomada de decisão.

Possibilita-se assim a concepção de modelos de ocupação urbana de carácter sustentável e para os quais estudos e análises baseados na integração de estratégias energeticamente eficientes, muito poderão contribuir.

1.2. Objectivos

A presente dissertação tem como objectivo contribuir através de uma proposta metodológica para o desenvolvimento de um modelo de ocupação urbano com elevados padrões de eficiência energética. A necessidade de aproveitamento dos recursos naturais renováveis associados a uma maior racional organização do meio urbano ao nível das suas actividades e estruturas funcionais, impõe que

se defina um conjunto de estratégias e análises que contribua para a redução das necessidades energéticas decorrentes do funcionamento urbano.

Os modelos de ocupação de território têm vindo ao longo do tempo a adoptar soluções diversas que são influenciadas por factores que importa conhecer. O conjunto de infraestruturas e espaços que constituem a cidade podem de facto ser optimizadas e contribuir de forma significativa para uma melhor performance energética dos desenvolvimentos urbanos.

Procura-se que esta metodologia seja realizada através de um sistemático e constante acompanhamento de ferramentas computacionais, esperando que desta forma se contribua para um processo de planeamento urbano rigoroso e energeticamente eficiente.

1.3. Metodologia e Estrutura

A dissertação incide sobre o tema do planeamento energético no desenvolvimento de áreas urbanas. Apresenta-se organizada em cinco capítulos, onde se descreve de seguida cada um deles:

No primeiro capítulo – Introdução – é apresentada a motivação e enquadramento do tema, os seus objectivos, bem como a metodologia e estrutura adoptada.

No segundo capítulo – Estado da Arte – é exposto as bases de todo o trabalho, encontrando-se dividido em três pontos: a contextualização histórica e respectivos elementos constituintes da cidade, a definição e enquadramento do desenvolvimento sustentável, bem como a identificação da necessidade de eficiência energética em meio urbano.

No terceiro capítulo – Ecologia em Meio Urbano – são definidos, primariamente, os princípios ecológicos em meio urbano e a identificação e caracterização do conceito de um modelo de ocupação de território energeticamente eficiente. Ainda neste capítulo é efectuado um levantamento e análise de benchmarking dos desenvolvimentos urbanos considerados exemplares e representativos no âmbito da sua sustentabilidade.

No quarto capítulo – Proposta do modelo de ocupação energeticamente eficiente – é proposto todo o processo metodológico para um modelo de ocupação energeticamente eficiente, assim como os métodos de auxílio a este modelo e os parâmetros que devem ser observados nas acções de planeamento nesta área.

No quinto capítulo – Conclusões – é apresentado as principais conclusões atingidas ao longo da dissertação, bem como a proposta de orientações para futuras investigações que complementem a temática.

A metodologia implementada para a realização desta dissertação foi conseguida através de uma pesquisa bibliográfica relevante sobre o tema, a qual inclui a consulta de diversos trabalhos e estudos de investigação realizados anteriormente sobre os vários temas referidos ao longo da dissertação, bem como fontes disponíveis na internet, garantindo a sua fiabilidade e a credibilidade da informação.

2. Estado de Arte

2.1. A cidade

"Uma cidade é como um animal,
possui um sistema nervoso, uma cabeça, ombros e pés.

Cada cidade é algo de diferente de todas as outras,
de tal forma que não há duas cidades iguais."

John Steinbeck em "A Pérola"

2.1.1. Origem e Desenvolvimento

O entendimento da origem e evolução da forma urbana, toma como essencial uma importante, embora breve, ideia do conceito de cidade. Definir cidade torna-se uma tarefa difícil pela variedade de critérios que se pode considerar, sendo a sua definição um termo dinâmico, num mundo em constante movimento. A *definição estatística* de cidade que se exprime como o agrupamento mínimo de homens numa área restrita, é o critério mais simples que se pode aplicar. Porém, se o fundamento é evidente na realidade, apresenta disparidades ao nível de densidade espacial assim como diferentes imposições segundo as várias nações. São, assim, necessários outros critérios na qual se destaca como mais importantes os *critérios funcionais*. Estes enquadram-se na distribuição da população na cidade pelos sectores de actividades, secundários/terciários. Esta definição dá origem a outros critérios, na qual se destaca, entre outros, o *ritmo urbano* e o *conteúdo socio cultural* [1].

Deste modo, o claro conceito de definição de cidade ao ser pouco preciso, torna necessário utilizar de forma combinada os vários critérios e adaptá-los a diferentes situações.

Referência feita ao conceito de cidade, considera-se então, conveniente a abordagem à origem e evolução urbana. No momento de estabelecimento e desenvolvimento das cidades, a dependência do lado físico e natural do seu ambiente é inquestionável. No entanto, esta dependência nem sempre é imperativa, podendo o seu potencial não ser aproveitado pelo homem por causas de variada ordem. Pode-se, então, afirmar que a origem da cidade e o seu posterior desenvolvimento, não pode ser reduzida a factos ambientais ou especificidades relacionadas com o seu meio físico. O seu nascimento e desenvolvimento advém, também, de aspectos históricos, económicos, sociais e arquitectónicos [1].

A divisão de todos estes factores pode-se distribuir em três aspectos exteriores das cidades: *Localização, Sítio e Situação* [1].

Na *Localização* destaca-se um elemento primordial: a centralidade. A localização central da cidade permite a realização das funções de troca de maneira mais fácil, de acesso mais directo e, conseqüentemente, menos caro. Tornando-se assim um elemento importante na sua localização. Outra componente bastante influente é a situação de contacto, que ocasiona as trocas e complementaridade

entre dois meios ou economias diferentes como é o caso dos limites montanhosos e de todo o litoral de contacto terra-mar. Importa ainda ressaltar na *Localização* a sua essencial constituição em locais próximos de cruzamentos e nós de circulação, o que fez com que muitas cidades se desenvolvessem sobre pontos ferroviários ou nós de comunicação [1].

Quanto à componente de *Sítio* da cidade ao considerar-se como o “conjunto de factos físicos, geológicos, morfológicos, climáticos e hidrológicos que constituem as bases de uma cidade”, permite-se fazer uma avaliação objectiva do impacto sobre o estabelecimento e desenvolvimento da cidade. Considera-se: factores geológicos como a capacidade de carga da camada superficial na sustentação de construções de maiores dimensões, assim como a presença de materiais de construção no subsolo; factores morfológicos e climáticos como, respectivamente, a forma como se apresenta o relevo do sítio e ao impacto do clima sobre a forma e disposição espacial da cidade; e factores hidrológicos como a influência que o regime e o curso dos rios desempenham na origem da localização das cidades [1].

Por fim, relativamente à componente de *Situação* a sua interpretação torna-se um processo essencial para compreender o nascimento e crescimento da cidade. Na maioria dos casos, só analisando retrospectivamente é que se consegue explicar o que levou ao desenvolvimento da cidade actual. As circunstâncias históricas, as eventualidades económicas ou, até mesmo, a casualidade são factores que originaram determinadas localizações. Muitas são as cidades que devem o seu desenvolvimento a factos sociais, religiosos, assim como a factos administrativos e políticos [1].

Actualmente, enquanto as nações de todo o mundo continuam a desenvolver-se, os seus Sítios e Situações irão continuar a determinar um papel importante no sucesso do seu crescimento. A integração contínua dos meios de transportes assim como das novas tecnologias conferem uma relação de proximidade bastante superior entre as várias nações promovendo, deste modo, o desenvolvimento das cidades a nível global [2].

2.1.2. Contexto Histórico Urbano

A vida só se desenvolve na medida em que se conciliam os dois princípios contraditórios que regem a personalidade humana: o individual e o coletivo. Surge, assim, através da necessidade do homem de viver em comunidade, a cidade.

Desde as primeiras aglomerações urbanas, as cidades sofreram transformações ao longo dos séculos sob o seu aspecto morfológico, que vieram a modificar a relação entre os elementos que a configuravam. Independente destas mudanças, elementos fundamentais permaneceram como parte integrante das estruturas urbanas até aos dias de hoje – as ruas, os quarteirões ou até mesmo os edifícios [3].

Para uma melhor compreensão da análise morfológica da transformação das cidades, é construída uma linha de tempo que destaca para cada um dos históricos períodos, os seus elementos morfológicos característicos.

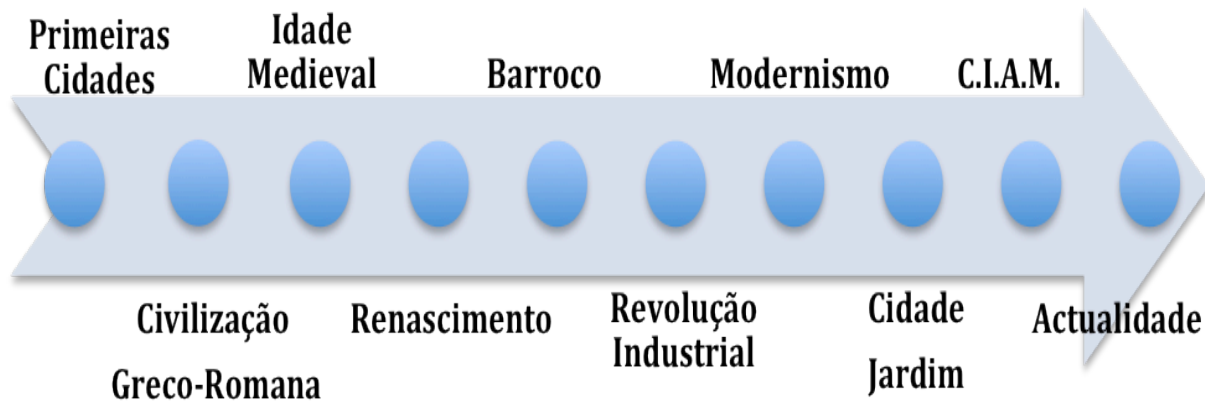


Figura 2.1 - Linha de tempo com a evolução da Cidade

Embora a história urbana remeta na sua origem, o nascimento das primeiras formas e de alguns traçados urbanos para remotos períodos da pré-história, assiste-se somente mais tarde a uma aproximação do conceito de cidade. Nos Urbanismo destes primeiros tempos, como o Urbanismo Mesopotâmico, Egípcio ou Persa, já se verificava definições precisas de espaços construídos e vias de circulação em malhas ordenadas, onde se destaca a retícula de vias ortogonais, com espaços focais destinados às presenças mais importantes da cidade, como o palácio ou o templo. Demonstrando-se assim que a existência das cidades no médio-Oriente antecede por vários milénios a existência das cidades ocidentais como Atenas e Roma, cidades da Antiguidade clássica [3].

Na Antiguidade clássica tem-se como referência o tempo da Grécia Clássica assim como do império Romano. No urbanismo greco-romana assistiu-se a cidades amuralhadas constituindo-se, também, em fortalezas a fim de que pudessem defender o estado e a população. Tinham o sistema viário e plano regular com desenho ortogonal, onde muitas delas apresentavam uma organização perfeita, defendendo o dimensionamento das ruas segundo a intensidade do seu uso. Assiste-se então, neste período a uma relação dos monumentos como peças fortes da estrutura urbana com o tecido habitacional envolvente, regular e uniforme e a uma utilização da combinação de geometrias orgânicas com quadrículas regulares [3].

Na Idade Média por imposição do feudalismo, iniciou-se um processo de regressão nas cidades. Esta política de auto-sustentação, induziu aos habitantes voltarem ao campo, reduzindo o comércio de troca de mercadorias e a importância da urbanização. Devido à localização, por motivos de defesa, em colinas ou sítios abruptos, o traçado das cidades medievais seguia um padrão radiocêntrico. O traçados das ruas era irregular e sinuoso, onde as ruas importantes partiam radialmente em geral do centro para as portas do recinto fortificado e as secundárias, frequentemente em círculo à volta do centro, ligavam as primeiras entre si [3].

Já no Renascimento com início no Séc. XV assiste-se, acima de tudo, a um movimento intelectual. O pensamento utópico vigente à época elabora cidades geométricas ideais, com predominância dos traçados regulares e apresentando simetria e proporção rígida na execução das vias

e praças. Seguem assim, um modelo uniforme: um tabuleiro de ruas rectilíneas, que definem uma série de quarteirões iguais, quase sempre quadrados; no centro da cidade, suprimindo ou reduzindo alguns quarteirões, consegue-se uma praça, sobre a qual se debruçam os edifícios mais importantes como a igreja ou o paço municipal [3].

Nos séc. XVII e XVIII, a transição do período renascentista para o barroco é caracterizada pelo aumento da importância das cidades, principalmente das capitais de Estados e aquelas ligadas ao grande comércio, com destaque para as portuárias. O traçado das cidades deste período não apresenta diferenças significativas em relação às cidades clássicas, são herdeiras dos estudos teóricos do renascimento onde os esquemas se baseavam na harmonia geométrica com independência da percepção visual [3].

Ao analisar-se a configuração urbana Europeia entre o Séc. XV e XVIII, verifica-se que uma grande metrópole envolvia, regularmente, um conjunto de pequenas cidades que se desenvolviam em volta da primeira em formato circular. Numa época de uma débil mobilidade espacial, a curta distância da cidade principal surgiam as cidades satélite [3].

Até ao Séc. XIX a dimensão das cidades era reduzida. Até que neste período se gerou uma complexidade de acontecimentos a que se denominou "Revolução Industrial". A industrialização alterou profundamente as cidades, permitindo um processo de rápida urbanização e assistindo-se deste modo a que uma significativa parcela de um dado país vivesse em áreas urbanas com o nascimento dos grandes bairros industriais. O adensamento e extensão sem precedente dos bairros operários, inicia o processo de suburbanização periférica que através da necessidade de convergência da população nas cidades, ocupa todo o espaço disponível, incluindo jardins e espaços verdes, tornando assim as condições sanitárias das cidades num estado verdadeiramente lastimável e caótico [3].

Assiste-se assim até final do Séc. XIX, a uma cidade à qual o seu espaço central se revestia de vital importância, para se verificar já na primeira metade do Séc. XX a um repúdio relativo à noção tradicional de cidade com a elaboração de modelos que permitissem reencontrar uma ordem perturbada pelo maquinismo. É deste movimento que nasce a principal corrente urbana, o Modernismo. A cidade do séc. XX devia ser de seu tempo, afirmar a contemporaneidade de tudo aquilo que se traduz como o avanço da técnica, introduzindo os transportes colectivos, o que gerou um desenho precoce das ligações entre o centro e a periferia [3].

Nos primeiros anos deste período, até à Primeira Guerra Mundial em 1914, ressalta-se as propostas de Ildefonso Cerdá em 1859 com o Plano de Expansão de Barcelona, a cidade linear de Arturo Soria y Mata em 1892 e o modelo culturalista da Cidade-Jardim por Ebenezer Howard em 1902 [3].

Embora a base do plano de Cerdá consista numa malha ortogonal que forma quarteirões regulares, é preconizado que estes tomem várias formas, transformando o interior dos quarteirões em espaço público, permitindo a formalização do sistema de espaços verdes que também propõe, já como elemento da cidade [3].

O modelo de cidade linear apresentado por Soria y Mata pretende "urbanizar o campo e ruralizar a cidade, juntando num mesmo espaço, campo, indústria, serviços e residências" (Alonso, s/d:160). O modelo conceptual da cidade consiste num eixo viário central, que no conjunto com as restantes vias formam uma malha ortogonal, promovendo o crescimento da cidade ao longo desse eixo através da facilidade de acessos entre a cidade e o campo e da sucessiva adição de quarteirões ao longo da mesma via [3].

A Cidade-Jardim, posição anti-urbana que se opõe à industrialização e que, segundo Ebenezer Howard, consistiria em todo um modelo de crescimento por adição de células numa complexa aglomeração de cidades, tendo como pano de fundo o campo. Howard chamou a "este assentamento policêntrico de 'Cidade Social'". As cidades seriam envolvidas por um cinturão verde, de forma a evitar o desenvolvimento da cidade em 'mancha de óleo', e teriam ligações rápidas entre si e com a cidade central, através de caminhos-de-ferro e eléctricos, facilitando a mobilidade dos habitantes de todo o conjunto de cidades. Nas cidade-jardim observava-se então, uma integração da casa com o campo [3].

A nova corrente urbanística moderna consolida-se na criação, em 1928, dos C.I.A.M., Congressos Internacionais de Arquitectura Moderna, dando origem em 1933, à Carta de Atenas. Este documento, influenciado por muitas ideias de Le Corbousier, assenta numa das suas principais premissas em que a cidade é parte de um conjunto económico, social e político, que constitui a Região e onde constam os ideais progressistas, e cujos princípios assentam no sol, verde, e espaço e em quatro funções: habitar, trabalhar, circular e recrear-se [3].

Na segunda metade do Séc.XX com o aparecimento e massificação do transporte individual, permite-se o preenchimento dos espaços entre os eixos radiais, originando uma configuração urbana concêntrica [3].

A cidade dos tempos actuais está em constante transformação com novas formas e estilos de vida e embora se apresente heterogénea no seu conjunto através de formas dispersas e fragmentadas, nas suas partes denota-se uma configuração homogénea e regular nas suas partes. O desenvolvimento económico-social, associado às aspirações de melhor qualidade de vida e de modernização, com o aumento da mobilidade e da especulação imobiliária, levaram a um desenvolvimento urbano disperso, muitas vezes não planeado, apoiado numa rede de infra-estruturas e serviços que se satura rapidamente. A cidade contemporânea já não apresenta assim a imagem das cidades concentradas e discretas, a era actual foi alcançada pela evolução técnica a nível de comunicações e transportes promovendo a enorme extensão territorial em forma de mancha de óleo que caracteriza a dispersão urbana actual.

O grande desenvolvimento das cidades e das formas de vida urbana é um dos fenómenos que melhor caracteriza a civilização contemporânea. A cidade não é um feito recente: é o resultado de um processo histórico [3].

2.1.3. Morfologia, Funções e Sistemas Urbanos

Quando se fala de uma cidade, o primeiro elemento que se evoca é a sua forma. A morfologia urbana é um conceito ambíguo e multidimensional, visto que inúmeros elementos são utilizados para caracterizar as zonas urbanas.

Segundo Cervero e Kockelman (1997), a forma urbana pode ser analisada através de elementos como: a densidade, a diversidade de usos do solos e o desenho das vias. Acrescentam ainda, além das referidas, variáveis como: a qualidade das infra-estruturas e características do sistema de transportes [4].

Numa corrente conceitual diferenciada da forma urbana está Lamas (2004), segundo o autor, a forma da cidade é o “aspecto da realidade, ou modo como se organizam os elementos morfológicos que constituem e definem o espaço urbano, relativamente à materialização dos aspectos de organização funcional e quantitativo e dos aspectos qualitativos e figurativos. A forma, sendo o objetivo final de toda concepção, está em conexão com o desenho, quer dizer, com as linhas, espaços, volumes, geometrias, planos e cores, a fim de definir um modo de utilização e de comunicação figurativa que constitui a arquitetura da cidade”. Cria-se, assim, através da forma da cidade, uma relação entre pessoas e lugares, natureza e indústria, movimento e forma urbana [5].

Deste modo, e tendo em conta a bibliografia pesquisada, considera-se como elementos que podem caracterizar a forma da cidade e que influenciam o desempenho energético da mesma, as seguintes variáveis: densidade, diversidade de uso do solo, desenho das vias, mobilidade e sistema de transportes e qualidade do edificado.

A cidade aglutina entre si um conjunto de funções que pode ser dividida no espectro social, económico e institucional, não se verificando em nenhum caso a utilização exclusiva para habitação, comércio ou indústria. Assim, a existência e eficiência de infra-estruturas urbanas integra o sustento essencial para o correcto funcionamento da vida em sociedade, assim como do desenvolvimento das mencionadas funções, através da qualidade, sustento e conforto que proporciona a toda a população [5].

A infra-estruturação urbana corresponde, então, a um factor de competitividade das cidades e das sociedades, assim como a um elemento de diferenciação entre as mesmas. Os sistemas de infra-estruturas que importa considerar como factores fundamentais para o funcionamento urbano, no que respeita à gestão eficiente do uso dos recursos naturais, são pois as redes de abastecimento de água, as de energia e saneamento, as redes viárias e sistemas de transportes públicos, assim como as redes de espaços públicos e zonas verdes [5].

Assim, entre as várias escalas urbanas, estes sistemas de infra-estruturas tornam-se componentes de elevada importância na formação e ordenamento da estrutura das cidades. Entre estes factores existe uma necessidade evidente de interligação, dado que a sua interacção resulta em significativos impactos urbanos, como é o caso da exclusão e marginalização de algumas secções da

população no acesso ao sustento essencial para o funcionamento e desenvolvimento da vida em sociedade [5].

Embora a oferta e implementação dos sistemas de infra-estruturas urbanos se destinasse a seguir o ordenamento do território, apresentando-se eficaz na maioria dos países desenvolvidos, observou-se significativos problemas em muitos outros. Na maioria dos contextos coloniais, o planeamento urbano e infra-estruturas fornecidas pelo sector público foi destinado apenas para uma fracção elitista da população, dado que o plano previsto para a implementação dessas infra-estruturas foi rapidamente ultrapassado pelo desmedido crescimento populacional nos territórios colonizados [5].

Assim e de modo a que fosse alcançado um real impacto positivo sobre a maneira pela qual as cidades se desenvolveriam na sua abrangência, sustentabilidade e eficiência, tornou-se evidente a partir destas experiências, que o planeamento urbano necessitaria de uma interacção bastante mais estreita e intensa com o desenvolvimento dos sistemas de infra-estrutura, tanto a nível local como global.

2.2. Desenvolvimento Sustentável

“As cidades surgem hoje aos nossos olhos como algo impossível de mudar. Tal não será verdade se for aplicado o processo correcto para a sua mudança.”

Miguel Amado

2.2.1. Enquadramento

Ao longo da história urbana, a incessante procura do Homem por melhores condições de vida constituiu um dos principais factores de migração dos habitantes de regiões consideradas de menor sustentabilidade, como as áreas rurais, em direcção aos centros urbanos. A abordagem relativa à melhoria de qualidade de vida do Homem, está intimamente ligada, ao modelo de desenvolvimento económico onde este está inserido. O consumo excessivo dos recursos naturais em conjunto com a evidente degradação ambiental, amplamente verificada no período industrial e das grandes guerras mundiais, originou desmesurados problemas ambientais a diversos níveis, comprometendo, assim, a sustentação do Homem no presente e no futuro das suas próximas gerações [6].

A confrontação com estas problemáticas despertou a necessidade de direccionar o futuro global da sociedade em torno de um caminho alternativo, o desenvolvimento sustentável [6].

Deste modo, é indispensável pensar e actuar, a nível global e local, conciliar esforços a nível dos poderes locais e dos governos para que sejam esclarecidos objectivos ambientais e sociais alcançáveis em torno de uma política de sustentabilidade [6].

2.2.2. Conceito

A essência dos termos “sustentabilidade” e “desenvolvimento sustentável” são usualmente designados, na literatura relacionada ao tema, como expressões de igual significado. Contudo, no campo da precisão e rigor, “sustentabilidade” trata-se da qualidade do que é sustentável, de um sistema que se mantém ao longo do tempo, isto é, que apresente uma dimensão de continuidade. Indica então, que qualquer que seja o factor de uma comunidade que se demonstre insustentável, não irá subsistir por muito tempo e deixará de operar num período mais tarde. O termo “sustentabilidade” terá sido mencionado pela primeira vez no relatório da IUCN – International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources, em 1980, que sugeria o seu conceito na preocupação da quantidade e da forma de consumo dos recursos naturais de maneira a preservar a integridade e funcionamento dos diversos sistemas. Outros conceitos e concepções foram concretizados no mesmo período, na qual se faz referência às diferentes abordagens: sustentabilidade forte e fraca, onde as diferenças entre os dois princípios são atribuídas, maioritariamente, à possibilidade ou não de substituição de capital natural por capital manufacturado. A concepção de sustentabilidade forte assenta na conservação dos diferentes tipos de capitais separadamente. Isto implica a não aceitação de substituição, quase, perfeita do capital natural por capital manufacturado. Em sentido oposto, no critério de sustentabilidade fraca, uma economia é reconhecida sustentável mesmo quando o capital natural diminui, porém, em compensação, a sua utilização deve proporcionar o aumento de capital manufacturado, mantendo constante o capital total [7].

A sustentabilidade embora se relacione directamente com a preservação dos recursos naturais, é um princípio comum a todos os sistemas, o que deste modo permite a sua aplicação em contextos sociais, económicos, ambientais e culturais da sociedade.

O desenvolvimento sustentável será então, o procedimento dinâmico que possibilita a mudança na economia e na sociedade com o objectivo de alcançar a sustentabilidade na sua composição e progresso.

2.2.3. Contexto e Aplicação

O conceito de desenvolvimento sustentável tem a sua origem no conceito de desenvolvimento económico. A discussão em torno da conciliação do desenvolvimento económico e da preservação ambiental não é recente, tornando-se assim, um conceito largamente disseminado que sofreu diversas alterações ao longo do tempo [7].

Já no final dos anos 60, uma organização não governamental, o Clube de Roma, surge com o objectivo de discutir e promover um conjunto de temas relacionados com a realidade económica da época tendo em conta o seu crescimento e desenvolvimento sob o prisma ambiental. Até que em 1972 origina o relatório, “Os Limites do Crescimento”, que tem como princípios a tomada necessária de acções tecnológicas e sociais profundas com o sentido de um estado global de equilíbrio demográfico,

tendo em conta os limites de crescimento populacional devido à sobreutilização dos recursos naturais e energéticos [8].

Ainda em 1972, realizou-se a Conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente e desenvolvimento, em Estocolmo, onde os Estados-membro foram orientados para uma implementação da vertente ambiental como condicionadora dos modelos de negociações internacionais de crescimento económico e de uso dos recursos naturais [20].

A adopção formal do conceito de desenvolvimento sustentável surgiu no relatório da Comissão Mundial sobre Ambiente e Desenvolvimento da ONU designado por “Our Common future”, também conhecido como o relatório de Brundtland. Este relatório defende que “O Desenvolvimento Sustentável é o que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades”. Este documento enfatizou claramente a necessidade de obtenção de um estado de equidade social e de crescimento económico em simultâneo com a preocupação, constante, de preservação dos recursos naturais e prevenção da degradação ambiental, o que iria corresponder a uma melhoria da qualidade de vida no presente e no futuro. O relatório de Brundtland embora não apresente medidas de acção concreta, aborda vários conceitos considerados fundamentais a serem tomadas pelos diversos estados-membro, entre eles: a limitação do crescimento demográfico, redução do consumo de energia, desenvolvimento de tecnologia que promova o uso de fontes energéticas renováveis, satisfação das necessidades básicas e o aumento da produção industrial nos países não-industrializados com base em tecnologias ecologicamente adaptadas [9].

Embora o conceito e concepção de desenvolvimento sustentável tenha sido até então, um tema abundantemente difundido, não existia transparência e clareza sobre os procedimentos de acção quer a nível de planeamento quer a nível administrativo.

É então após o Relatório de Brundtland que surgem um conjunto de conferências a nível mundial que seguem os conceitos e directivas mencionadas neste documento. Entre elas, está a Conferência Eco-92, também designada como “Cimeira Mundial da Terra” realizada em 1992 no Rio de Janeiro que estabeleceu o reforço de um desenvolvimento socioeconómico através de um planeamento da preservação dos recursos naturais. Desta Cimeira destaca-se a elaboração de dois documentos: a Declaração do Rio e Agenda 21. Enquanto a Declaração do Rio refere um conjunto de princípios pelos quais deve ser orientada a interacção do ser humano com o planeta, a Agenda 21 é um plano de acção estratégico que estabelece a importância do comprometimento de reflexão global, nacional e localmente, por organizações do sistema das Nações Unidas, governos e pela sociedade civil em todos os sectores em que a acção humana tenha impacte sobre o meio ambiente. Torna-se assim claro que o o esforço de planear o futuro tendo como base os princípio da Agenda 21 deve originar produtos concretos, exequíveis e mensuráveis que irão garantir a sustentabilidade do futuro. Foi então, durante esta Cimeira que foi definitivamente integrado como um princípio, o conceito de desenvolvimento sustentável [9].

Na sequência da Agenda 21, surge a Agenda Habitat II em 1996 na cidade de Istambul, na Segunda Conferência das Nações Unidas que pretende responder a temas de igual e global relevância como: "abrigo adequado para todos" e "desenvolvimento sustentável dos aglomerados humanos num mundo em urbanização", assumindo assim, que se torna peremptório melhorar a qualidade dos aglomerados humanos, uma vez que estes podem afectar a vida diária e bem-estar da sociedade [9].

Até que uma década após a Cimeira do Rio, se realiza a Conferência de Joanesburgo, em 2002, onde se reafirma a importância da envolvimento dos princípios associados ao desenvolvimento sustentável nos diversos campos da política internacional e de que esta cimeira teria de conceber um plano de actuação mais específico e global. Incentivou-se assim, as autoridades relevantes a envolver o desenvolvimento sustentável na tomada de decisões e a promover políticas de desenvolvimento que respeitem o meio ambiente [9].

Este conjunto alargado de conferências e cimeiras contribuiu assim para um desenvolvimento continuado de todas as actividades humanas atendendo ao ecologicamente suportável, economicamente viável, socialmente justo e culturalmente aceite. Deste facto, pode-se afirmar que o modelo de desenvolvimento sustentável é alicerçado em três dimensões essenciais: dimensão ambiental, dimensão social e dimensão económica [10].



Figura 2.2 - Componentes do desenvolvimento sustentável [11].

O desenvolvimento sustentável só pode ser atingido se estas componentes evoluírem harmoniosamente e se articularem de forma sistémica entre si, pelo que é necessário equilibrá-lo, ao equacioná-los ao nível político.

A sustentabilidade no desenvolvimento global requer então, uma abordagem integrada das autoridades nacionais e regionais para uma eficaz realização a nível local, incluindo uma gestão estratégica dos impactos ambientais a curto e longo prazo e ligações políticas de diferentes níveis administrativos com o sentido de um processo de maior coerência. Deste modo, está implícito um

compromisso de solidariedade com as gerações do futuro, no sentido de assegurar a transmissão do património capaz de satisfazer as suas necessidades através de uma integração equilibrada de todos os sistemas e seus componentes [12].

Ficou assim claro, num processo gradual ao longo do tempo através das diversas conferências realizadas, que os objectivos do desenvolvimento sustentável passam por [9]:

- Apresentar e consciencializar a população para modelos de preservação do ambiente;
- Garantir a satisfação das necessidades básicas, o que inclui aspectos como a saúde, alimentação, habitação, emprego, entre outras;
- Salvaguardar os recursos naturais através de uma utilização de recursos de energia renováveis;
- Desenvolver e proteger a biodiversidade;
- Limitar o crescimento demográfico;
- Melhorar a qualidade de vida da população;

2.2.4. Planeamento Urbano Sustentável

Difícilmente se conseguirá alcançar a sustentabilidade a nível global sem se tornar as cidades sustentáveis, visto que a maioria dos problemas ambientais globais têm origem nos espaços urbanos e nos seus estilos de vida [13].

Assim sendo, como é que se pode definir uma cidade sustentável?

De acordo com a definição desenvolvida na Conferência URBAN21, em Berlim, alicerçada no conceito de desenvolvimento sustentável da Comissão Brundtland, esta definição realça uma dimensão de qualidade de vida das cidades que englobe os aspectos fundamentais a nível de equidade, ecologia, cultural, económico, social, político e institucional, com respeito pela qualidade de vida das gerações futuras, mantendo um equilíbrio global agora e no futuro [14].

Entre as definições de Cidade Sustentável abordadas até hoje, existem aspectos comuns como, a protecção e valorização dos ecossistemas e dos recursos naturais, a participação e o consenso entre os actores, a preocupação com a qualidade de vida das gerações futuras e o estabelecimento de uma relação duradoura entre o crescimento económico, protecção do ambiente e bem-estar social. Salienta-se, entre estas, a definição do ISC, Institute for Sustainable Communities, pela originalidade da abordagem do conceito: comunidades sustentáveis são aqueles centros urbanos e cidades que tomaram medidas para se manterem saudáveis por um longo período de tempo. São comunidades dotadas de uma visão, partilhada por todos os actores, que partindo dos recursos endógenos, têm capacidade para inovar. A estratégia sustentável enfatiza a comunidade como um todo, a protecção do ecossistema, uma participação pró-activa dos seus habitantes e uma confiança na actividade económica local [14].

É então possível estabelecer uma inter-ligação entre o ambiente e a cidade segundo três variantes: a cidade como ameaça para o ambiente, tendo em conta que é nos espaços urbanos que está o foco dos problemas ambientais a nível global; e o ambiente como ameaça para a cidade, visto que os

problemas ambientais originados pela cidade se sentem de modo acentuado nesse respectivo espaço [15].

Assim, torna-se indispensável que as cidades sejam pensadas, orientadas e planeadas em conformidade com um modelo de desenvolvimento sustentável para se poder analisar qual o modelo de desenvolvimento que estas devem adoptar para que o seu modelo de funcionamento não contribua para a insustentabilidade nas cidades [15].

O desenvolvimento e planeamento urbano nos tempos actuais não se regem pelos conceitos de sustentabilidade embora seja um tema amplamente divulgado até então. Prova evidente deste facto é o consumo desmesurado de recursos naturais, o elevado ritmo de consumo do solo e a evidente predominância da dimensão económica sobre a dimensão social e ambiental [15].

O desenvolvimento sustentável nunca será funcional nem terá resultados práticos visíveis caso não exista uma articulação entre desenvolvimento e ambiente, proporcionado pela integração das dimensões de âmbito social e ambiental no planeamento urbano tradicional [16].

Torna-se assim claro, que o planeamento urbano é um “veículo” de vital importância para a obtenção de um desenvolvimento urbano sustentável. Deste facto, o planeamento urbano deve funcionar como um processo orientador e organizado de acções que vá de encontro às premissas do desenvolvimento sustentável, proporcionando uma melhoria da qualidade de vida da população. O planeamento urbano sustentável preconiza então, uma nova atitude que, no âmbito do conceito de desenvolvimento sustentável, se articula como o meio de assegurar que o desenvolvimento se processa de modo equitativo face aos objectivos de grandeza ambiental, social e económica. Deste modo e tendo em conta que no sistema de desenvolvimento actual, a dimensão ambiental se apresenta como elemento de maior negligência em prol da dimensão económica, este novo processo de planeamento deverá certificar que a componente ambiental assumirá uma posição fundamental nas acções futuras para a obtenção de uma equidade de tratamento [16].

Para garantir o cumprimento e execução dos objectivos do desenvolvimento sustentável torna-se imprescindível que o processo de planeamento urbano sustentável possua uma estrutura simples, objectiva e de fácil aplicabilidade [16].

Um factor relevante para o planeamento é o de este considerar no seu processo a análise particular e distinta das dimensões ambientais e sociais, com o objectivo de destacar a relevância da sua acção, integrada na discussão dos objectivos e estratégias de desenvolvimento, sendo exigido um maior envolvimento e empenhamento dos agentes económicos e políticos no processo. A possibilidade efectiva de participação e acompanhamento da população local durante o processo de evolução dos trabalhos, assim como uma diferenciada etapa de implementação que garante a execução dos objectivos do desenvolvimento sustentável definidos na fase de projecto, são factores que tornam todo o processo de planeamento dotado de uma maior viabilidade e eficiência [16].

Todo este processo deve ter sempre como objectivo a distribuição equitativa do conjunto de vantagens e desvantagens para com as gerações futuras [16].

2.3. Eficiência Energética

“Espero que a indústria veja a eficiência energética como uma oportunidade e não como algo que vamos impor”.

Andris Piebalgs,
Comissário da UE para a Energia

2.3.1. Enquadramento

A energia confere conforto pessoal, mobilidade e torna-se fundamental na produção de riqueza, visto que, na ausência deste elemento não há desenvolvimento económico nem melhoria da qualidade de vida. A energia ao ser uma medida da capacidade de interacção de um sistema, pode-se manifestar em diversos tipos e formatos: luz, calor, mecânica, eléctrica, química, nuclear [17].

Deste modo, é possível e relevante classificar a energia como primária e final. A energia primária será a energia que pode ser aproveitada directamente ou que vai ser submetida a processos de transformação, e que abrange fontes energéticas não renováveis como é o caso do carvão, petróleo, gás natural ou nuclear, como também fontes energéticas renováveis tais como a radiação solar, vento, biomassa, geotérmica ou hídrica. A energia final será a energia que é aproveitada directamente pelo consumidor final após os mecanismos de transformação, como é o exemplo da electricidade e dos combustíveis [18].

Ao longo da evolução humana, os tipos de energia utilizados foram-se alterando. Primitivamente, o Homem dependia única e exclusivamente de energias renováveis, onde o sol se constituía como a única fonte de energia, para uns séculos mais tarde começar a utilizar também, a energia originada pelo vento. O papel essencial desempenhado nas economias rurais pelas energias renováveis manteve-se até ao início do séc. XIX, período este que marcado pela revolução industrial se assistiu à origem da utilização de energias não renováveis, em que a fonte de energia transformada dominante se tornou o carvão. A crescente industrialização verificada nos tempos seguintes despertou um aumento intenso e desmedido nos consumos energéticos, tornando-se assim necessário recorrer a outros tipos de matéria-prima para a produção de energia. Desde então, o petróleo e o gás natural estabeleceram-se como as fontes de energia transformada predominantes [19].

2.3.2. Necessidade de Eficiência Energética

A energia representa um papel fulcral nos modelos de desenvolvimento socioeconómico actuais. Os países desenvolvidos atingiram um estado em que dependem totalmente da energia e os países em desenvolvimento pretendem crescer e atingir estados idênticos de desenvolvimento que sem energia não será possível. Muito provavelmente, a energia continuará a ser o principal factor

condicionante dos possíveis modelos de desenvolvimento futuro à escala global, nacional e regional [20].

Um dos principais reptos com que a sociedade é confrontada a alcançar no início do séc. XXI é de satisfazer a procura de energia no momento e no local em que é necessária e sob a forma mais adequada. Num Mundo justo, o ideal seria que todos tivessem acesso ao desenvolvimento e a uma boa qualidade de vida, pois são direitos que assistem a todos os indivíduos [20].

Contudo, sabendo que cerca de 80% da energia utilizada a nível mundial provém dos recursos não renováveis de combustíveis fósseis, maioritariamente o petróleo, o actual paradigma de desenvolvimento apresenta-se insustentável a médio prazo devido ao fosso crescente entre o consumo humano de recursos não renováveis e a capacidade da Terra para fornecer esses recursos bem como para absorver os resíduos resultantes. As fontes energéticas são assim, um dos recursos que se têm demonstrado primordiais quando se trata de sustentabilidade [20].

A veemente utilização de combustíveis fósseis proporcionou uma melhoria decisiva na qualidade de vida das sociedades industrializadas, revolucionou o seu estilo de vida, criou novos padrões de consumo e de comportamento, e as condições que possibilitaram o enorme crescimento da população e da economia nos últimos dois séculos [20]. No entanto, esta dependência energética não teve somente efeitos positivos. Se a médio e longo prazo não forem implementadas medidas de mitigação, a severidade dos efeitos das alterações climáticas do cenário actual irão permanecer, prevendo-se que as emissões de CO₂ causadas pelo uso de combustíveis fósseis, aumentarão perto de 45% até 2030 [21].

Tal como é apresentado na Figura 1.3, o total de emissões de gases com efeito de estufa em 2004 distribuiu-se do seguinte modo: 57% de emissões de CO₂ proveniente dos combustíveis fósseis, 20% são também de CO₂ mas proveniente de alterações de uso do solo e 23% são resultantes da combustão estacionária, de outros cinco gases com efeito estufa não-CO₂ emitidos durante o processo de combustão [22].

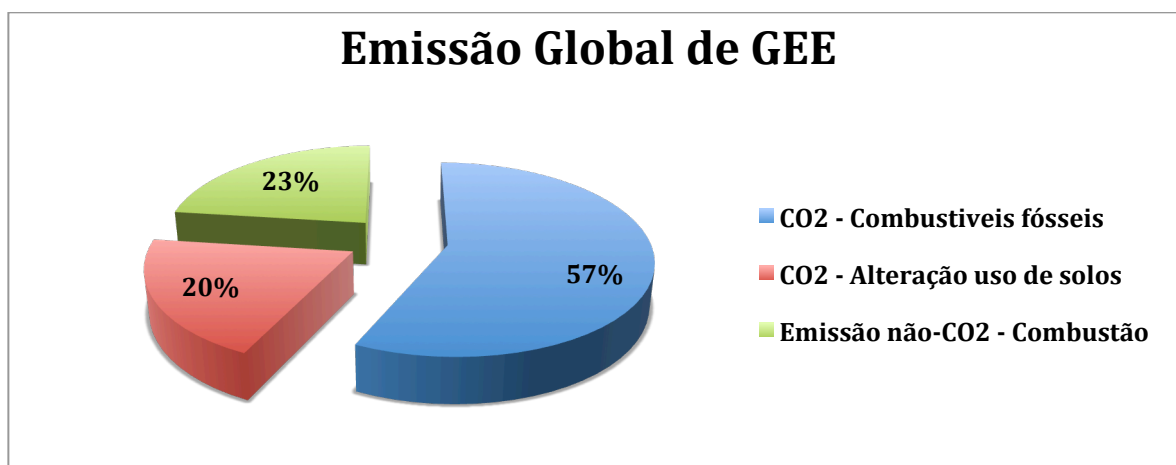


Figura 2.3 - Distribuição das emissões globais de GEE em 2004 [22].

Com a segurança e a emissão de GEE no topo das agendas políticas dos países desenvolvidos e em desenvolvimento, começa a haver uma forte tendência a nível mundial para os países diminuírem a dependência do petróleo. Esta tendência é determinada pela necessidade de controlar as emissões de CO₂ para a atmosfera e pela sustentabilidade resultante duma maior segurança ao nível do abastecimento e da acessibilidade [20].

Um aspecto revelador da insustentabilidade actual dos sistemas energéticos é o obstáculo à competição internacional na economia global e às novas políticas energéticas causado pelas ainda dispendiosas soluções tecnológicas que possibilitam a redução de emissões de GEE e de outros impactos ambientais. Estes impactos advêm, como já referido, das necessidades de procura energética devido a um aumento do consumo energético. Portugal é um dos países que, ao longo dos últimos anos, se tem verificado um maior aumento no consumo de energia final [23].

Portugal é um país com uma elevada dependência do exterior, a nível energético devido à escassez de recursos energéticos não-renováveis escassos. Em 2009, a taxa de dependência energética situou-se nos 81,2%, onde grande parte corresponde à importação de petróleo, que se conserva como base da estrutura de abastecimento de energia primária do país, com um aumento na utilização do gás natural e uma leve diminuição no uso do carvão. Esta diminuição deve-se à redução progressiva prevista na utilização deste na produção de electricidade, devido ao seu impacto na qualidade do ar. A taxa de dependência energética tem vindo a decrescer desde 2005, apesar de ter sofrido um ligeiro agravamento no ano de 2008 relativamente a 2007 [23].

Para além dos consumos enquanto referência de utilização, a intensidade energética é também um factor preponderante na avaliação do sector energético. Um dado interessante na avaliação da eficiência energética de um país, é a variação de intensidade energética. Estes dois componentes apresentam uma relação de oposição, visto que, quanto maior a intensidade energética, pior será a eficiência energética do país, ou seja, é necessária uma maior quantidade de energia para criar uma unidade de riqueza. Portugal é o país da união europeia que apresenta piores resultados, denunciando assim um cenário ineficiente e de baixa produção contrastando com altos níveis de consumo, o que implica custos para a economia nacional [24].

Assim, considerando a insustentabilidade a médio e longo prazo do cenário energético actual, não só devido à elevada dependência dos escassos combustíveis fósseis mas também devido aos impactos económicos e ambientais resultantes do aumento da produção e do consumo de bens e serviços, torna-se necessários medidas para a alteração deste cenário comprometedor. Estas medidas passam então, por uma redução no consumo e diversificação nas fontes, destacando-se uma importante aposta num ciclo de eficiência energética que reduza substancialmente os gastos de energia [25].

A eficiência energética é uma poderosa ferramenta em termos de custo-benefício, que dissocia o crescimento económico do consumo de energia, permitindo assim alcançar um futuro energético sustentável. A eficiência energética pode ser definida como a optimização das transformações, transporte e uso dos recursos energéticos, desde as suas fontes primárias até à sua utilização,

implicando a implementação de estratégias de consumo energético mínimo com o mínimo de prejuízo ambiental e que permitam proporcionar, simultaneamente, o mesmo nível de qualidade de vida. Assim, o desafio com que nos deparamos é o de utilizar menos energia para manter o mesmo nível de conforto e sem prejuízo de todas as necessidades e tarefas diárias [26].

Em termos de benefícios ambientais a eficiência energética vai contribuir para a redução das emissões GEE e para a melhoria da qualidade do ar. Havendo maior eficiência energética haverá menor dependência de combustíveis fósseis importados e conseqüentemente uma maior segurança energética [26].

Este sistema de eficiência não deve ser visto como um fim, mas sim como um meio, um instrumento privilegiado para a promoção da sustentabilidade energética e actualização interactiva e participativa dos serviços, cidadãos e dos próprios equipamentos urbanos.

Assim, ao se estabelecer um sistema energético regional, a implementação das acções locais deverão ser consideradas tendo em conta os objectivos de melhoria da eficiência energética na produção; da redução do consumo energético nos diversos sectores com a melhoria da eficiência e da utilização dos sistemas e um aumento significativo da exploração de fontes renováveis de energia local [27].

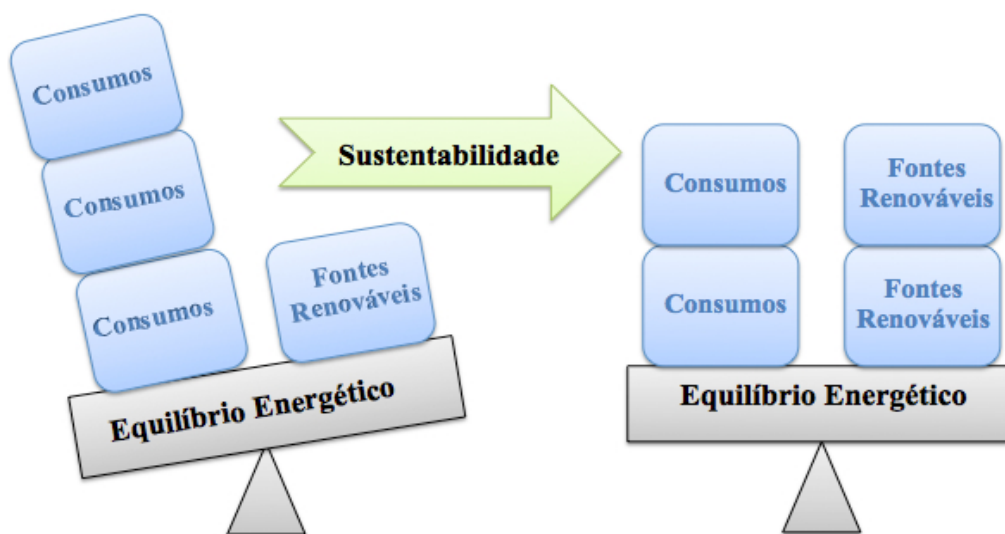


Figura 2.4 - Peso das acções para um equilíbrio energético.

O paradigma energético parece estar a caminhar, cada vez mais, para a direcção da eficiência devido a uma multiplicidade de programas, medidas e planos que nos últimos 10 anos têm tido uma evolução sem precedentes.

2.3.3. Fontes de Energia Renovável aplicável em Meio Urbano

Perante a necessidade de um panorama energético urbano que se pretende sustentável, a questão que se coloca é: que outras fontes primárias de energia, com uma relação custo/benefício

comparável à dos combustíveis fósseis, são capazes de satisfazer o aumento da procura, motivado pelo crescimento da população mundial e pelas crescentes expectativas de desenvolvimento?

Na mudança do paradigma energético, o grande estímulo para que a substituição dos combustíveis fósseis ocorra é necessário a necessidade de utilizar recursos energéticos mais limpos e que não libertem CO₂ para a atmosfera, em vez do prenunciado esgotamento dos combustíveis fósseis [28].

Os investimentos em investigação, desenvolvimento e inovação de novas tecnologias para captar a energia das fontes renováveis têm resultado em sistemas cada vez mais eficientes, por exemplo, projectos onde várias fontes renováveis se complementam, e se utiliza tecnologias mais desenvolvidas [28].

Torna-se assim condição necessária, o sucesso da implantação das tecnologias renováveis.

Deste modo, entre as fontes de energia renováveis existentes, e com aplicação particular ao nível urbano, destaca-se as seguintes [28]:

- Energia Solar;
- Energia Eólica;
- Energia Geotérmica;
- Energia Biomassa, Biogás e Biocombustíveis;
- Energia Hídrica;

No entanto, para o presente estudo importa focar a atenção nas fontes de energia renováveis com aplicação particular em meio urbano, são eles a energia solar e a energia eólica.

Os processos de captação de energia renovável tanto podem ser através de sistemas passivos como sistemas activos. Estes sistemas são utilizados para suprir as principais necessidades energéticas num edifício, onde estão normalmente associadas ao aquecimento/arrefecimento/ventilação do ambiente e também à iluminação, que resultam das necessidades de conforto térmico e visual. Os sistemas passivos têm como objectivo o aproveitamento das fontes energéticas renováveis para as diversas necessidades utilizando processos naturais (passivos) para funcionarem. Nos sistemas activos de energia renovável, a energia proveniente de fontes renováveis é transformada através de dispositivos mecânicos, em energia de aquecimento, arrefecimento ou electricidade e utilizada como fonte de energia [29].

2.3.3.1. Energia Solar

A maior fonte de energia disponível no Planeta Terra é o sol e perante tal facto, o sol pode ser considerado como fonte de energia ilimitada e viável tendo em conta a perspectiva da existência humana neste planeta.

A energia solar é na realidade a origem da maior parte das energias renováveis e actualmente, pode ser aproveitada de duas maneiras: sendo convertida directamente em electricidade – solar

fotovoltaica - e aproveitada em iluminação e energia térmica – solar activa ou passiva [28].

Sistema Solar Passivo

A orientação do edifício que promove o aquecimento/arrefecimento passivo e o aproveitamento da iluminação natural são os principais conceitos solares, que decorrem da penetração ou absorção da radiação solar nas edificações, reduzindo-se, com isso, as necessidades de iluminação e aquecimento.

Orientação do edificado

Um sistema de aquecimento solar passivo absorve e armazena o calor do sol directamente dentro das casas, procurando maximizar este tipo de ganhos energéticos e aproveitando ao máximo a radiação solar disponível, tanto nos meses frios como nos meses quentes. Os edifícios cuja forma e orientação não são correctas, consomem grandes quantidades de energia para o seu aquecimento e arrefecimento. Torna-se assim importante, conhecer os diferentes percursos do sol ao longo do dia para as diferentes estações do ano no sentido de [28]:

- Aproveitar da melhor forma os ganhos solares para o interior do edifício nos casos em que o contributo da radiação se afigura necessário;
- Restringir a sua entrada, nos casos em que o mesmo efeito se afigura inconveniente.

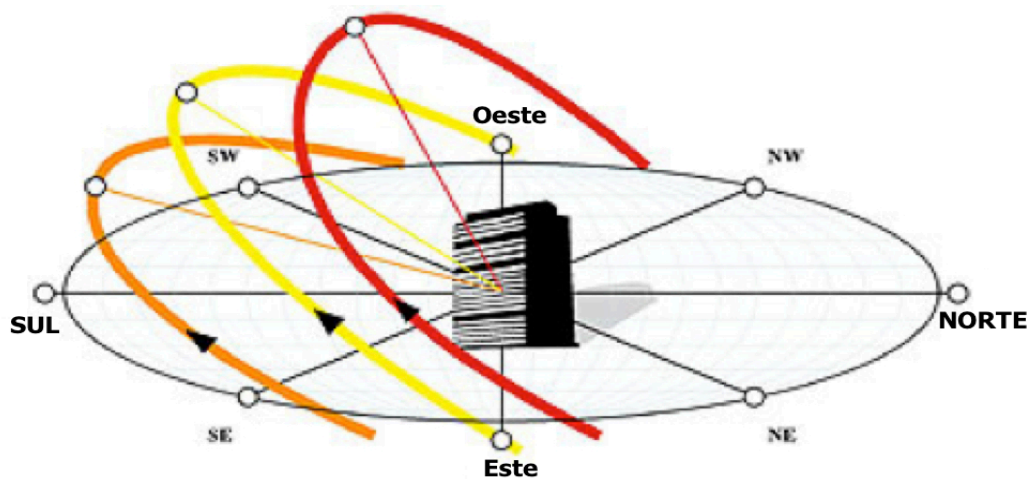


Figura 2.5 - Percurso solar ao longo do dia para Inverno (cor laranja), Primavera (cor amarela) e Verão (cor encarnada) [28].

Iluminação

A eficiência da iluminação natural proporciona uma redução das necessidades energéticas relacionadas com o conforto visual dos ocupantes na medida em que diminui – e, em casos extremos, elimina – a necessidade de aparelhos de iluminação artificial durante o dia, o que resulta, por outro lado, numa redução dos ganhos térmicos indesejados resultantes do calor libertado pelos sistemas de luz artificial no interior dos compartimentos [30].

Um bom sistema de iluminação natural leva em consideração vários factores, tais como:

- A orientação geral e planeamento de locais a serem iluminados.
- A localização, forma e dimensões das aberturas e as aberturas através das quais passam a luz do dia.
- O posicionamento estratégico e a orientação das superfícies internas que podem ser capaz de refletir a luz do dia.
- A localização de elementos que assegurem a protecção da luz excessiva ou brilho.

Estima-se que cerca de 25% do consumo energético de edifícios pertença aos sistemas de iluminação, daí a importância da aplicação de estratégias que melhor aproveitem a luz natural como a utilização directa da luz diurna [30].

Sistema Solar Activo

Nos sistemas solares activos, a energia solar é transformada em energia de aquecimento, arrefecimento ou electricidade através de dispositivos térmicos e de conversão.

Painéis Solares Térmicos

No primeiro grupo, encontram-se os painéis solares térmicos de aquecimento de águas, são dispositivos utilizados para converter a energia do sol, através da radiação solar, em energia térmica armazenada num fluido, podendo ser água ou ar. Estes sistemas absorvem a energia através da bombagem dum fluido que absorve o calor facilmente através dum sistema de colectores especial, instalado na cobertura e orientado para o sol. Parte do calor recolhido é usado directamente, enquanto que o restante pode ser armazenado e utilizado conforme seja necessário. Existe uma variada tipologia e formatos no que diz respeito a painéis solares térmicos, existindo mesmo, actualmente, painéis flexíveis que podem ser utilizados em qualquer tipo de cobertura [28].

Painéis Solares Fotovoltaicos

No segundo grupo, encontra-se a energia solar fotovoltaica que se trata da energia obtida pela conversão directa da radiação solar em electricidade – o efeito fotovoltaico. Esta conversão é conseguida através da implementação de painéis solares fotovoltaicos nos edifícios. Trata-se de um sistema onde já existe uma vasta gama de opções que se podem adoptar no edifício, consoante o tipo de rendimento e estética (por exemplo, em termos de acabamentos e cores disponíveis, caso se opte pela colocação dos painéis na fachada do edifício) que se deseja. Relativamente ao tipo de material, os painéis fotovoltaicos são constituídos, essencialmente, por silício, que é um material semi-condutor ideal para a produção de energia eléctrica. Independentemente do tipo de células fotovoltaicas utilizadas, os painéis apresentam uma eficiência eléctrica relativamente baixa. Para além disso, a eficiência é afectada pela orientação solar e pela temperatura do ar [28].

2.3.3.2. Energia Eólica

A energia produzida pelo vento – energia eólica - é um recurso energético natural que pode ser aproveitado através da instalação de um aerogerador, transformando a energia cinética do ar em energia eléctrica [31].

A direcção e intensidade do vento varia caso se trate de uma zona plana ou montanhosa ou, se a zona se encontra rodeada de edifícios ou outros obstáculos de grande tamanho. A energia cinética do vento é aproveitada utilizando turbinas eólicas ligadas a geradores, fazendo com que o movimento da turbina produza energia eléctrica no gerador. O conjunto constituído pela turbina eólica e pelo gerador é denominado por aerogerador [31].

A exploração desta energia pode ser efectuada em parques eólicos ou a partir de tecnologias integradas nos próprios edifícios, sendo este último o mais relevante no meio urbano. Os parques eólicos necessitam de grandes áreas para serem instalados, este impacto é minimizado através duma boa gestão do território, ao permitir o desenvolvimento dos solos para agricultura e pecuário, não se tornando obsoletos [31].



Figura 2.6 - Disposição de um parque eólico [32].

A grande vantagem deste tipo de produção de energia reside no facto de não necessitarem de abastecimento de combustível e requererem escassa manutenção. As emissões de CO₂ são baixas, ocorrendo principalmente durante as fases de produção, instalação e manutenção dos aerogeradores. O principal entrave à produção de energia eléctrica a partir da energia eólica é o facto dos ventos não serem sempre constantes, assim como o seu aproveitamento exaustivo irá povoar abundantemente a paisagem com aerogeradores, provocando impactos ambientais, assim como um impacto visual e estético, que pode ser considerado negativo pelos moradores das localidades mais próximas [33].

Segundo os analistas, a energia do vento tem mais benefícios e menos prejuízos que qualquer outra das energias renováveis, de tal forma que a energia eólica apresenta potencialidade de garantir uma parte significativa da produção de electricidade nos próximos 20 a 30 anos se forem realizados os investimentos necessários [33].

2.3.4. Situação Energética de Fontes Renováveis

O cenário energético português assemelha-se em muito ao cenário energético global. No panorama energético português, as fontes de energia utilizadas para consumo de energia primária são os combustíveis fósseis e as energias renováveis.

Em 2009, a fatia referente aos combustíveis fósseis correspondeu a 78,0%. Destes o petróleo tem um papel essencial na estrutura do abastecimento de energia representando 48,7% do consumo total de energia primária. Em seguida encontra-se o gás natural cujo abastecimento correspondeu a 17,5%, encontrando-se o consumo de carvão em último com 11,8% do consumo total de energia primária. Os restantes 22,0% correspondem à fatia das energias renováveis. Dentro deste ramo, a hídrica foi a que mais contribuiu para a produção de energia eléctrica em 2009 com 10,3%, seguida da eólica que contribuiu com 8,6%, da biomassa com 2,7%, da geotérmica com 0,22% e, por fim, da solar fotovoltaica com 0,18% [34].

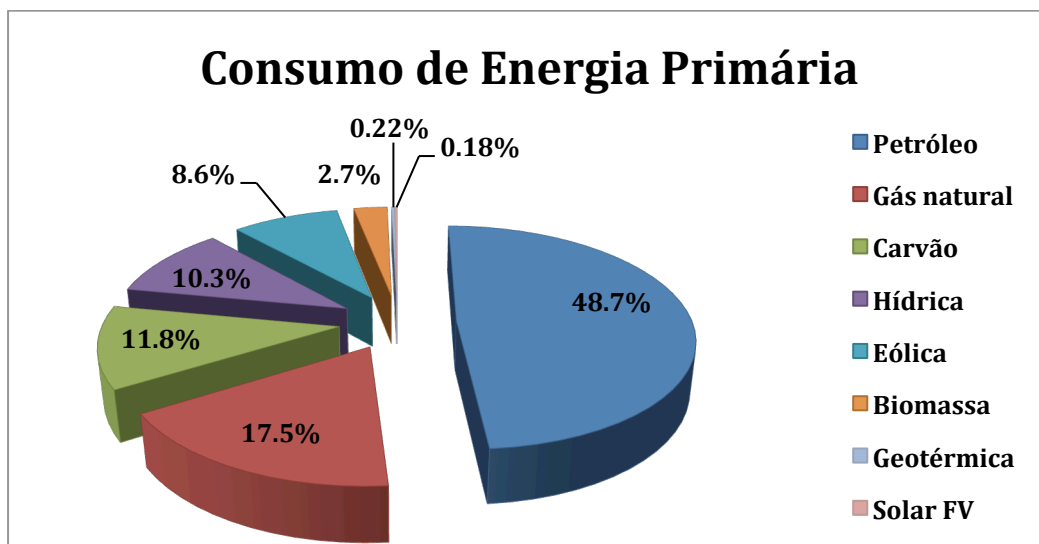


Figura 2.7 - Consumo de energia primária em 2009.[60]

O total de potência instalada para produção de energia eléctrica, no final de Junho de 2012, era de 10 389 MW. Este valor deve-se aos parques eólicos instalados e reforço dos já existentes com uma potência instalada de 4 332 MW, e às hídricas com 5 283 MW de potência instalada. Portugal tem apostado na implementação de instalações de produção de energia eléctrica com fontes renováveis, principalmente na eólica, no biogás, na solar fotovoltaica. O quadro 2.1 demonstra esta evolução [18].

A potência instalada tem vindo a sofrer aumentos graduais que resultam em valores cada vez mais elevados de energia eléctrica produzida com base em fontes renováveis. A produção de energia eléctrica a partir de fontes renováveis atingiu os 44,4% em 2011.

Quadro 2.1 – Evolução do total de potência instalada a partir de fontes renováveis em Portugal [34].

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Jun 2012	TCMA
Hídrica Total	4561	4752	4784	4787	4792	4821	4837	5280	5283	2,1%
Grande Hídrica (>30MW)	4043	4234	4234	4234	4234	4234	4234	4662	4662	2,1%
PCH (>10 e <=30MW)	251	232	263	263	263	263	263	275	275	1,3%
PCH (<=10MW)	267	286	287	290	295	324	340	344	346	3,7%
Eólica	537	1047	1681	2446	3037	3519	3863	4301	4332	34,6%
Offshore								2,0	2,0	
Microprodução							0,6	0,6	0,6	
Biomassa (c/ cogeração)	357	357	357	357	357	359	360	367	367	0,4%
Biomassa (s/ cogeração)	12	12	24	24	24	101	106	105	105	36,3%
Resíduos Sólidos Urbanos	88	88	88	88	88	88	88	88	88	0,0%
Biogás	7,0	8,2	8,2	12,4	12,4	20	28,0	40,2	53,3	28,4%
Fotovoltaica	2,7	2,9	3,4	14,5	58,5	104,1	122,9	155,3	161,4	78,4%
Microprodução								60,4	66,4	
Total	5564	6267	6945	7729	8369	9011	9405	10336	10389	9,2%

TCMA – Taxa de Crescimento Médio Anual (%)

A potência instalada tem vindo a sofrer aumentos graduais que resultam em valores cada vez mais elevados de energia eléctrica produzida com base em fontes renováveis. A produção de energia eléctrica a partir de fontes renováveis atingiu os 44,4% em 2011.

Quadro 2.2 - Evolução da energia eléctrica produzida a partir de fontes renováveis [34].

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Jun 2012
Hídrica Total	10053	5000	11323	10351	7102	8717	16249	11827	6651
Grande Hídrica (>30MW)	9065	4454	9897	9406	8190	7547	14306	10495	6880
PCH (>10 e <=30MW)	487	265	702	604	478	618	1045	646	356
PCH (<=10MW)	501	281	724	441	434	552	898	686	415
Eólica	787	1741	2892	4007	5720	7506	9078	9003	9509
Biomassa (c/ cogeração)	1206	1286	1302	1361	1381	1390	1579	1669	1696
Biomassa (s/ cogeração)	52	64	78	149	146	311	612	688	710
Resíduos Sólidos Urbanos	475	545	532	498	441	458	455	486	437
Biogás	14	31	33	55	67	80	97	152	182
Fotovoltaica	3	4	4	24	41	160	213	265	305
Total	12590	8671	16164	16445	14898	18622	28283	24089	19490
Total Corrigido	13734	14637	15618	17436	18647	20043	22315	23127	23278
% de Renováveis	27,5%	28,3%	29,6%	32,9%	34,6%	37,7%	40,7%	43,5%	44,4%

2.4. Síntese do Capítulo

Como componente relevante no desenvolvimento de modelos de ocupação urbana e para uma melhor compreensão da configuração morfológica das cidades contemporâneas, torna-se relevante analisar a origem e evolução dos meios urbanos. Embora se verifique que no momento de estabelecimento e desenvolvimento das cidades, a dependência do meio físico e ambiental desempenhe um papel primordial, aspectos históricos, económicos, sociais e arquitectónicos apresentam-se como elementos que também influenciaram significativamente este processo.

O que se constata no processo evolutivo da configuração das cidades é que a razão que difere os elementos morfológicos a cada período é a intencionalidade espacial e funcional para a qual estes foram propostos. É justamente em detrimento dessas diferenças que os resultados produzidos definem diferentes composições espaciais, onde cada qual caracteriza e distingue um determinado período. A natureza dos elementos morfológicos nas cidades até ao século XIX possuía inicialmente um carácter intuitivo, relacionado à própria sobrevivência humana. Posteriormente, com as novas formas de produção do edificado e as novas formas de mobilidade e transporte, assiste-se a uma densificação e sub-urbanização dos meios urbanos através de um crescimento tentacular e desarticulado com formato em mancha de óleo. Esta descentralização origina um fenómeno expansivo da cidade assente numa segregação funcional e uma intensificação dos movimentos pendulares por parte da população.

Deste modo, com o exponencial aumento da população urbana e o incessante processo de expansão dos centros urbanos, fica claro a evidência de um cenário de insustentabilidade que vai desde uma escala local até à escala global.

A confrontação com esta problemática desperta a necessidade de direccionar o futuro global da sociedade em torno de um desenvolvimento sustentável. Importa assim aprofundar a contextualização e aplicação deste conceito no âmbito do planeamento urbano. A adopção formal da definição de desenvolvimento sustentável surgiu no relatório de Brundtland designado por “Our Common Future” e que se apresenta como a satisfação das necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer as suas próprias necessidades. Após um conjunto alargado de conferência e cimeiras pode-se afirmar que o modelo de desenvolvimento sustentável é alicerçado em três dimensões essenciais: a dimensão ambiental, social e económica.

Para uma adequada e eficaz implementação deste conceito de sustentabilidade nas cidades modernas, o planeamento urbano apresenta-se como um factor de vital importância dado a possibilidade de funcionar como um processo orientador e organizado de acções que vá de encontro às premissas do desenvolvimento sustentável, proporcionando uma melhoria da qualidade de vida da população. O planeamento urbano sustentável baseia-se então, em uma nova atitude que se articula como o meio de assegurar que o desenvolvimento se processa de modo equitativo face aos objectivos ambientais, sociais e económicos.

Após uma clara referência a todo o conceito de desenvolvimento sustentável e à sua

contextualização e aplicação no planeamento urbano, importa mencionar a fundamental necessidade de implementação de eficiência energética nos centros e áreas urbanas. A eficiência energética apresenta-se como uma poderosa ferramenta que dissocia o crescimento económico do consumo de energia, permitindo assim alcançar um futuro energético sustentável. A eficiência energética pode ser definida como a optimização das transformações, transporte e uso dos recursos energéticos, desde as suas fontes primárias até à sua utilização, implicando uma redução do consumo energético que proporciona, simultaneamente, o mesmo nível de conforto global e qualidade de vida.

Perante a necessidade de um panorama energético urbano que se pretende sustentável, procede-se à descrição das fontes de energia renováveis existentes com aplicação particular ao nível urbano e que se apresentem como soluções válidas na substituição dos combustíveis fósseis. São elas: energia solar; energia eólica; energia geotérmica; energia biomassa, biogás e biocombustíveis; energia hídrica.

Em jeito final, refere-se o panorama energético português, verificando-se que o consumo de energia primária é ainda maioritariamente originado pelo recurso a combustíveis fósseis. Considerando a insustentabilidade a médio e longo prazo do cenário energético actual, não só devido à elevada dependência dos escassos combustíveis fósseis mas também devido aos impactos económicos e ambientais resultantes do aumento da produção e do consumo de bens e serviços, torna-se necessário a implementação de um conjunto de estratégias energeticamente eficientes que possibilitem a alteração deste cenário comprometedor.

3. Análise de Estudos de Caso

3.1. Princípios Sustentáveis em Meio Urbano

O desenvolvimento e a emergente consciência ecológica e ambiental, tornam a ecologia urbana como tema elementar e um factor de desafio e incitamento para as cidades contemporâneas [34].

A compreensão da ecologia no funcionamento de ecossistemas urbanos permite retirar ilações de como construir e desenvolver ecossistemas sustentáveis, dado que estes dependem da biodiversidade para manter o equilíbrio diante de desafios internos e externos [35].

Peter Berg cita a importância de construir uma cidade de acordo com um "fundamento ecológico" abrangendo a rede de actividades e sistemas que estão implícitas no sistema urbano. Destaca igualmente a inteligência herdada e estruturada que os sistemas ecológicos podem compartilhar no desenvolvimento de sistemas sustentáveis, tal como argumenta que os sistemas humanos são estruturalmente e funcionalmente inseparáveis da natureza [35].

Tal como um sistema natural, um ecossistema urbano transforma a energia e os materiais em produtos que depois são consumidos ou exportados. Enquanto que no sistema urbano actual, a maioria dos produtos não sejam concebidos para um processo de posterior reciclagem, num ecossistema natural tal caso não se verifica. Deste modo, o impacto da actividade humana no ambiente pode ser represento pelos fluxos de energia e mobilidade de pessoas e materiais, onde a energia é gasta ou armazenada e taxas de uso de resíduos são geradas e recicladas. É assim indispensável uma nova configuração de organização social que possibilite uma melhor integração destes sistemas naturais [36].

Beatley e Manning descrevem então, a necessidade de reduzir os impactos ambientais sobre o ecossistema urbano, promovendo a protecção e redução do consumo dos recursos naturais, bem como a minimização e redução de resíduos [37].

A forma urbana ideal vai depender da natureza, das opções de oferta de energia e da forma como se conseguem adaptar estas cidades a novas realidades. A solução passa por saber adaptar cada contexto com as políticas e tecnologias mais adequadas. A localização, densidade e forma do novo empreendimento devem assim ser definidos conjuntamente com programas de tecnologia de distribuição e eficiência energética. O que é demonstrado é que o 'padrão' de crescimento é mais importante que a 'quantidade' de crescimento para a determinação do nível e eficiência do uso dos recursos renováveis [38].

Para a aplicação de fundamentos ecológicos na reformulação das comunidades e desta forma fomentar a aproximação dos ecossistemas urbanos aos naturais, são necessários projectos ecológicos como meio de concretização dessa realidade. Uma morfologia urbana com fundamentos ecológicos retrata assim, os princípios de organização da natureza. Torna-se então necessário que as intervenções

urbanas progridam de um urbanismo em que prevalece o estabelecimento de índices de construção e morfologias para um urbanismo e configuração urbana que implementa estratégias e soluções mais atentas aos processos naturais, promovendo um desenvolvimento urbano sustentável.

3.2. Modelos de Ocupação Energeticamente Eficientes

3.2.1. Conceito

Definida a escala de interesse para a implementação de um modelo de desenvolvimento urbano sustentável e com a necessidade do cenário actual na execução premente destes princípios ecológicos, emerge a concepção de modelos urbanos energeticamente eficientes. Estes modelos apresentam-se como áreas urbanas que baseadas nos fundamentos de sustentabilidade adoptam por um meio eficiente e integrado as suas redes de equipamento, infra-estruturas, espaços públicos, técnicas, metodologias e boas práticas em direcção ao funcionamento da vida em comunidade de acordo com um processo de planeamento urbano sustentável. São então, desenvolvimentos munidos de um conjunto de estratégias que permitem rentabilizar a gestão e utilização dos diversos recursos necessários às diversas actividades diárias da população, nomeadamente a energia, água, resíduos, transportes, mobilidade e espaço público. Contribuem deste modo para uma melhoria do desempenho ambiental, promovendo, simultaneamente, a sustentabilidade ambiental e a resiliência social, económica e cultural da área de intervenção, tendo como objectivo primordial uma melhoria significativa da qualidade de vida da população [39].

Embora até à data, a implementação generalizada de estratégias de sustentabilidade tenha sido lenta, através da execução destes projectos torna-se possível extinguir estes obstáculos e criar um roteiro que acelere o processo de sustentabilidade à escala urbana. Deste facto, são considerados como um meio de ampla importância na estratégia regional para a criação de locais saudáveis e ambientalmente protegidos no crescimento sustentável da população [39].

3.2.2. Objectivos e Estratégias: Eco-eficiência energética

O sucesso, a nível geral e como já referido, presume que a implementação de um projecto deste índole proporcione uma melhoria significativa da componente ambiental e da qualidade de vida da população, através da garantia do fornecimento de recursos energéticos necessários para o seu completo funcionamento de tal forma que todos os impactos negativos associados à utilização de energia no local sejam eliminados [40].

As premissas necessárias de modo a ser reduzida a pegada energética em meios urbanos não passa apenas pela arquitectura e construção de edifícios de maior eficiência que através da sua localização se observe um favorecimento na adopção generalizada de soluções urbanísticas ambientalmente adequadas, tais como a boa exposição solar, a protecção dos ventos dominantes, entre

outros. Passa, igualmente, por uma melhor distribuição dos sistemas de energia de maneira a ser gerada eficazmente processos de aquecimento e/ou arrefecimento, como também por o desenvolvimento e produção de fontes de energias renováveis tanto à escala individual do edificado como à escala urbana [40].

Pode-se concluir então que, para que seja alcançada a eco-eficiência energética no âmbito de um modelo de ocupação urbana, torna-se fundamental a realização das seguintes acções [41]:

- Implementação de edificações eco-eficientes que permitam reduzir as perdas de energia e, conseqüentemente, o seu consumo específico, através da utilização de tecnologias, equipamentos, sistemas, formas de gestão e de materiais mais eficientes e de origem energética renovável;
- Adopção de sistemas de infra-estruturas públicas que contenham sistemas de aquecimento e arrefecimento dos espaços públicos de modo passivo (exposição solar, paredes acumuladoras, espécies arbóreas, elementos com água, sombreamentos e canais de ventilação subterrânea);
- Promoção da multifuncionalidade de usos no local como forma de permitir transferências de energia produzida para diferentes horários (dia/noite), otimizando os sistemas de produção de energia renovável e evitando o custo, económico e ambiental, do armazenamento de energia;
- Criação de plano de gestão e monitorização de consumos que induzam às boas práticas na gestão e à eficiência na utilização da energia.

Toda estas estratégias apontam para uma utilização preferencial dos recursos locais num contexto de eco-gestão visando assim a valorização social, uma efectiva redução da poluição atmosférica e um elevado desempenho de eficiência energética.

3.3. Análise de Casos considerados Exemplares

No decorrer deste capítulo, irão ser apresentados três exemplos de desenvolvimentos urbanos representativos e considerados como exemplares na implementação dos princípios de sustentabilidade. São eles:

- **Beddington Zero Energy Development, BedZED**, situado em Hackbridge no sul de Londres, é uma zona projectada de raiz, tendo já sido galardoada com variados prémios devido à sua abordagem holística a nível de sustentabilidade [42].
- **Hammarby Sjöstad**, uma extensão urbana de Estocolmo, Suécia, tratando-se, provavelmente, de um dos projectos urbanos de maior importância à escala europeia devido à sua dimensão e ambiciosos objectivos em torno da sustentabilidade. Na candidatura de Estocolmo aos Jogos Olímpicos de 2004, foi promovida como suporte de acolhimento [43].
- **Vauban**, localizado a sul da cidade de Friburg, Alemanha, é denominado como o *green*

streets district, fundamentalmente pelo desenho do sistema rodoviário implementado se apresentar como crucial no caminho para o alcance de um desenvolvimento sustentável. [44]

Na selecção de cada caso, procurou-se exemplos que já tenham alcançado um estado suficiente de consolidação de maneira a se verificar a obtenção de áreas substancialmente inovadoras, populares entre os seus residentes e onde as suas infra-estruturas permitam e acompanhem o desenvolvimento sustentável dos locais.

Embora existam variadíssimos casos que apresentem na sua composição, abordagens inovadoras na utilização de energia, nos exemplos seleccionados para análise, a abordagem efectua-se de modo mais profundo em todos os aspectos do desenvolvimento sustentável de uma comunidade. A selecção dos casos analisados decorre do critério de cada caso ter ou ser uma forma urbana diferenciada da dos demais, para que se possa avaliar o mais possível qual a forma que melhor se ajusta ao conceito de sustentabilidade e eficiência energética em meio urbano. O facto de terem sido escolhidos casos exclusivamente europeus prende-se, principalmente, com a observação de uma realidade mais aproximada da portuguesa.

3.3.1. BedZED, Reino Unido

3.3.1.1. Enquadramento

BedZED é considerada a primeira área urbana britânica que levanta um poderoso argumento na viabilidade de uma meta nula em produção de carbono em toda a sua fase de construção, manutenção e utilização, resultando numa rede que irá gerar tanta ou mais energia a partir de fontes renováveis do que a realmente consumida. Ao se verificar que apenas a energia proveniente de fontes renováveis é utilizada para satisfazer as necessidades energéticas, estão criadas as condições para a anulação dos impactos negativos sobre o meio ambiente [42].

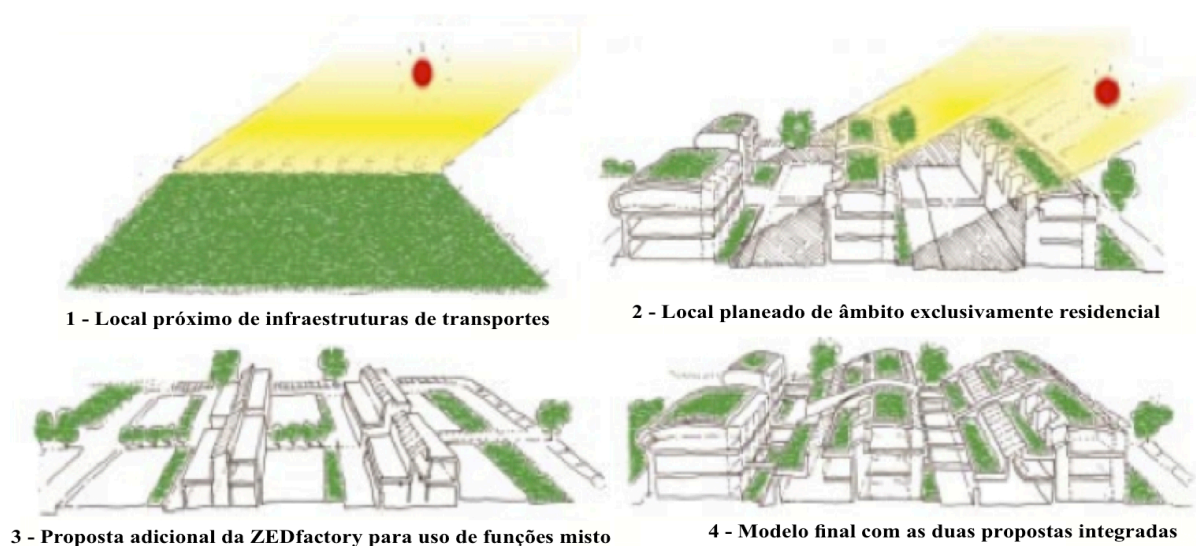


Figura 3.1 - Evolução do projecto BedZED [42].

Este projecto foi então capaz de demonstrar como as novas e já existentes tecnologias podem ser aproveitadas para produzir o que, à priori, possam parecer metas demasiado ambiciosas, irrealistas ou dependentes de avanços tecnológicos previstos. Embora o principal factor impulsionador do projecto BedZED fosse ambiental, o conceito enfatiza a possibilidade de uma comunidade local viver do consumo de produtos locais [42].

3.3.1.2. Descrição do Projecto

A sua construção iniciou-se em 1998, estando finalizada em 2001 e procedendo-se à sua habitação no ano seguinte, em Março de 2002 [42]. O desenvolvimento urbano BedZED encontra-se localizado em Hackbridge, uma área sub-urbana no concelho londrino de Sutton, aproximadamente a 15 quilómetros a sul do centro da cidade. O local foi escolhido por ser, na altura, uma área industrial abandonada e com boas ligações a nível de infra-estrutura de transportes [42]

O projecto consiste em 82 casas residenciais de diferentes tipologias, existindo adicionalmente uma área de 2500m² de espaço de trabalho e acção social, constituída por uma loja no local, café, instalações desportivas, centro de saúde, creches e ainda apartamentos de galerias para venda imediata [42].

O planeamento em BedZED é altamente otimizado e de funções de uso misto com uma abordagem de elevada densidade, o que reflecte a importância do aproveitamento até à sua exaustão do terreno disponível para construção, evitando o sacrifício de quaisquer outras áreas verdes. Este formato de alta densidade promove a criação de uma comunidade coesa, assim como proporciona melhores condições para infraestruturas de transporte e mobilidade [42]. Deste facto, a forma distinta dos edificios é um resultado directo deste planeamento de alta densidade, em conjunto com a sua exposição solar óptima, ar fresco e acesso a espaços exteriores privados em todas as unidades. Quando se refere ao projecto BedZED, Bill Dunster afirma que “é difícil constatar como uma infra-estrutura urbana de alta densidade consegue ser alcançada de maneira a não restringir qualquer tipo de insolação ou iluminação natural” [42].



Figura 3.2 - Modelo de orientação do edificado em BedZED [42].

3.3.1.3. Premissas orientadoras

Como já anteriormente mencionado, o projecto BedZED adoptou uma abordagem holística de sustentabilidade não só ao longo de todo o seu processo de concepção e construção, como também em todo o período após a sua finalização [43].

Segundo Bill Dunster, “Não há de maneira alguma, quer seja através de formas, modelos ou orientações, oportunidade de haver suficiente produção de energia através de fontes renováveis que consiga corresponder aos padrões actuais de consumo energético da sociedade – nunca, nunca, nunca. O caminho passa, em primeiro lugar, por uma redução de 70 a 80% dos consumos de energia, através de processos de microgeração e eficiência energética, e só então, a *rede verde* poderá operar toda a sua potencialidade.” Dentro desta ideia de que a sustentabilidade só pode ser alcançada através duma redução acentuada do consumo de energia, no projecto BedZED, todos os seus edifícios, infra-estruturas e dinâmicas urbanas foram analisadas e planeadas envolta deste propósito [43].

3.3.1.4. Estratégias Implementadas e Níveis de Desempenho

De modo a que os objectivos propostos fossem alcançados, um conjunto de estratégias e iniciativas foram incluídas no projecto BedZED. Procedeu-se assim a uma análise integrada a nível das estratégias implementadas no âmbito energético e elaborou-se uma apreciação aos níveis de desempenho nas diferentes categorias, como também às possíveis ilações que se possa retirar para melhores aplicações futuras.

Eco-eficiência energética

A forma, orientação e composição dos edifícios em BedZED ganham contornos de extrema importância pelo papel preponderante que desempenham em toda a estratégia energética do projecto. O objectivo da forma do edificado passa então por explorar inteiramente a sua composição e orientação actuando como catalizadores primários da mudança do clima interior, tornando assim possível a omissão de sistemas mecânicos para processos de aquecimento ou arrefecimento [42].

Os espaços residenciais por possuírem uma densidade ocupacional mais baixa que os espaços sociais e de trabalho, dão origem a menos ganhos de calor a nível interno. Interessa deste modo promover a sua orientação para sul, a fachada de maior insolação no hemisfério norte, o que permitirá significativos ganhos de calor por insolação. Nestas áreas solares, as fachadas foram concebidas como varandas fechadas em vidro duplo não aquecido, tornando-as verdadeiras estufas de armazenamento de calor. É importante que este calor se propague para as restantes divisões da habitação, de modo a que seja possível o seu aproveitamento para uma maior sensação de conforto. No Verão, como mecanismo de ventilação natural, as janelas laterais exteriores abrem, dando origem a varandas ao ar livre [42].

Já os espaços de trabalho, por terem níveis de ocupação potencialmente mais elevados e ganhos de calor significativos devido ao seu equipamento, são melhor orientados para norte. Desta

forma evita-se ganhos excessivos de calor por luz solar, evitando a tendência de sobreaquecimento e uma consequente necessidade de um sistema mecânico de ventilação ou ar condicionado. Através da sua orientação a norte, permite-se também uma maximização de luz natural, reduzindo assim a necessidade de iluminação artificial durante o dia [42].

Esta cuidada orientação dos edifícios que possibilita beneficiar de quantidades úteis de ganho solar passivo, iluminação natural e espaço exterior, são integradas de modo a que um edifício não cause qualquer tipo de obstrução a nível de insolação, e consequentemente uma diminuição do aproveitamento de energia solar passiva, aos demais conjuntos vizinhos [42].

Tendo como principal meta de todo o empreendimento, o consumo de energia ser gerado localmente através de fontes renováveis, várias soluções foram implementadas. Entre elas estão:

- *Sistema de cogeração bio-abastecida CHP*

Uma das soluções encontrada foi a utilização de uma central de cogeração bio-abastecida, chamada de CHP (Combined Heat and Power). Este sistema gera eletricidade e distribui água quente para todo o edifício através de um sistema de aquecimento de tubos isolados. É alimentado na forma de recursos renováveis, resíduos de árvores locais, em que através de um sistema gaseificador, a lenha é convertida num gás adequado que permite alimentar e proporcionar o funcionamento do motor de todo o sistema. O excesso de produção de electricidade é introduzido na rede, tornando-se possível a sua posterior utilização sempre que se verifique um pico no consumo de electricidade [43].

De forma a aumentar a consciencialização dos ocupantes do seu consumo de electricidade, medidores de energia eléctrica foram montados num local de destaque na cozinha, com os resultados alcançados pelos residentes a serem expostos no Centro BedZED [43].

- *Sistema de Ventilação Natural*

As fachadas dos edifícios ao se tornarem estanques na redução de perdas de calor, tornam particularmente importante o fornecimento mínimo de ventilação. No entanto, a introdução de ar fresco no inverno, como por exemplo através de pequenas brechas em janelas, exigiria um aquecimento suplementar em cada divisão [43]. De modo a evitar que tal aconteça, foram instalados nas coberturas dos edifícios, elementos em formato de capuz com a finalidade de proporcionar um sistema de ventilação passivo com recuperação de calor. Funcionando como um leme para o sistema, o tubo de maior dimensão automaticamente posicionado para a captação do vento, aquando da sua mudança de direcção, leva ar fresco pré-aquecido para o interior das unidades. Simultaneamente no lado oposto, o tubo menor expõe o ar quente e já viciado para o exterior [43].

Através deste sistema, 70% do calor que seria perdido através de ventilação é recuperado e alimentado novamente para o edifício. Isto possibilita que seja atingido uma ventilação certificável e um desempenho de recuperação de calor, possibilitando a ausência de ventiladores e controlos eléctricos de aquecimento nas habitações [43].

- *Painéis Fotovoltaicos*

A energia proveniente dos painéis fotovoltaicos foi inicialmente considerada como um meio de proporcionar a todos os edifícios as mais variadas necessidades eléctricas. No entanto, depois de uma análise de custos e com um período de retorno elevado, a alternativa do sistema CHP apresentou-se bastante mais rentável [43].

Com 95% de todas as viagens urbanas a menos de 40 quilómetros, este cenário apresentou-se como uma oportunidade para a implementação de painéis fotovoltaicos de modo a carregar e proporcionar o uso de carros a energia eléctrica. O sistema de painéis fotovoltaicos encontra-se instalado nas fachadas orientadas a sul, tendo uma dimensão de aproximadamente 800m², tornando assim possível alimentar 40 carros eléctricos. Pontos de carregamento foram instalados e os ocupantes podem ter estacionamento gratuito caso possuam carros eléctricos [43].

A implementação de painéis fotovoltaicos além de se apresentarem como um sistema de fornecimento de energia para o carregamento de viaturas eléctricas, apresenta-se, em conjunto com o sistema CHP, como um método complementar de produção de energia eléctrica para as necessidades diárias da comunidade nas suas habitações [43].

Eco-eficiência energética: Nível de Desempenho

Após vários anos de utilização, verifica-se diversas contrariedades causadas tanto por circunstâncias de teor comportamental por parte dos residentes como por ineficácia das tecnologias implementadas.

Aos poucos, as unidades comerciais passaram a ser utilizadas como habitacionais e actualmente, praticamente, não há escritórios em funcionamento. Esta mudança de usos trouxe desequilíbrio a todos os cálculos feitos durante o projecto inicial, no âmbito da necessidade e utilização de energia. As unidades de trabalho ao estarem orientadas para norte, não foram favorecidas pelo sistema passivo de aquecimento, tornando-as mais frias durante a noite quando supostamente não teriam uso. A transformação de uso dos espaços aumentou a necessidade de aquecimento, alterando por completo a necessidade de energia prevista para o conjunto [42].

Num inquérito feito aos residentes com o propósito de avaliar a temperatura das suas habitações no verão e inverno, as respostas mostram que no inverno, a maioria das casas têm uma temperatura confortável no inverno, com um peso de 84% de respostas favoráveis. No entanto, apenas 10% sentem que a temperatura no verão é a correcta. Possivelmente, os residentes não utilizam os elementos arquitectónicos para processos de arrefecimento, tal como era suposto. Com esta dúvida presente, foi também efectuado um inquérito com o objectivo de apurar se os residentes teriam cortinados e persianas nos espaços de incidência solar, e em caso afirmativo se seria por razões de calor, frio, privacidade, decoração ou outros motivos. Embora 71% tenha respondido afirmativamente, apenas 10% dessas famílias citaram o controle de temperatura como a principal razão, enquanto 80%

mencionou a privacidade como a sua principal razão [42]. Fica assim bem patente a má utilização dos elementos arquitetónicos por parte dos habitantes, demonstrando como a arquitectura sustentável responde, através das mais variadas formas, às necessidades de conforto dos habitantes.

Nos problemas observados causados pelas tecnologias implementadas, o sistema de cogeração bio-abastecido, CHP, ganha especial destaque. Este equipamento trabalhava regularmente em desequilíbrio, nunca tendo alcançado consistentemente o desempenho previsto de 120 kWe de energia eléctrica e 250 kW de calor. Este sistema encontra-se inoperável desde 2005, resultando na utilização da rede energética pública, visto que a energia produzida pelos painéis fotovoltaicos não se aproxima das necessidades energéticas dos edifícios [42].

O sistema de Ventilação Natural não apresentou nenhum inconveniente de maior, permitindo evitar a necessidade de utilização de aparelhos eléctricos de arrefecimento, o que corresponde a uma redução de 139kWh/ano no balanço de consumo energético anual [42].

Na referência aos painéis fotovoltaicos, este sistema possibilita anualmente a produção de 108,000 kWh energia eléctrica e simultaneamente uma redução de 46 toneladas de emissões de CO₂. Estes valores correspondem a um peso estimado de 30% nas necessidades de consumo energético da comunidade e a 20% no que às emissões de CO₂ diz respeito. Embora nos planos iniciais estivesse previsto a sua utilização para o carregamento de aproximadamente 40 carros eléctricos, a adesão a este tipo de veículos por parte dos residentes em BedZED é bastante inferior à prevista. Desta forma, actualmente a energia eléctrica produzida por este sistema é utilizada por toda a área em geral, com os excedentes de produção a serem fornecidos à rede energética [42].

Com todos estes factores em devida consideração, os níveis de desempenho revelados no relatório da BioRegional em 2007, apresentavam valores satisfatórios embora estivessem aquém dos valores inicialmente previstos. Os resultados no Quadro 3.1 mostram que, apesar de longe das condições ideais, o consumo total de energia é aproximadamente 30% dos valores apresentados no Reino Unido.

Quadro 3.1 - Total de energia consumida e emissões de CO₂/m² [43].

		BedZED 2007	BedZED2007 (se CHP em uso)	Valor Padrão no Reino Unido
Processos de Aquecimento	kWh/m²/ano	48.0	48.0	231.8
	CO₂/m²/ano	9.3	1.2	45
Processos eléctricos	kWh/m²/ano	34.4	34.4	45.5
	CO₂/m²/ano	10.6	-8.9	18.4
Total de energia consumida	kWh/m²/ano	82.4	82.4	275.3
	CO₂/m²/ano	19.9	-7.7	63.3

Para processos de aquecimento em BedZED os valores apresentados são de 48kWh/m²/year, o que corresponde a 22% das necessidades energéticas para processos de aquecimento de uma habitação típica no Reino Unido. A ausência da necessidade de utilização de dispositivos eléctricos para processos de aquecimento/arrefecimento, resulta numa redução de 11,1 kWh/ano, em comparação com os valores médios do Reino Unido. Isto equivale a uma redução anual de 7,8 toneladas de emissões de CO₂ [43].

Todas as medidas de eficiência energética descritas anteriormente resultaram então numa redução total de 88%, o que inclui necessidades de aquecimento, consumo de água quente, contas de combustível, entre outras.

Em todo o caso, verifica-se um desfazamento nos valores apresentados em emissões de CO₂ relativamente aos objectivos estipulados inicialmente, constatação esta causada maioritariamente devido à parcial inoperância do sistema CHP. Demonstra-se assim que se o sistema CHP se encontrasse operacional e tivesse alcançado o desempenho inicialmente projectado, o empreendimento BedZED seria energeticamente positivo, isto é, produziria mais electricidade a partir de fontes renováveis do que às que consumiria.

3.3.1.5. Conclusão

Os resultados mostram que a pegada ecológica de um residente BedZED é 4,67 hectares globais, o que corresponde a 87% do estado inicial. Este valor seria reduzido a 4,32 hectares globais se a energia utilizada fosse totalmente nula em emissões de carbono. Em todo o caso, se o cenário previsto tivesse sucesso na sua realização, isto é, no caso do CHP estar em total funcionamento, poderia-se ter alcançado uma pegada ecológica de 3,0 hectares globais, que corresponde a 57% do estado prévio ao projecto [44]

No entanto, BedZED alcançou níveis de desempenho satisfatórios, com reduções nas emissões de carbono nas mais variadas áreas. Os resultados são apresentados de acordo com as aspirações iniciais e metas estabelecidas aquando do início do projecto BedZED em 1997 [45].

Quadro 3.2 - Resultados alcançados em BedZED [45].

	Resultados alcançados	Metas Previstas
Aquecimento de espaços	73%	90%
Aquecimento de águas	44%	33%
Electricidade	25%	33%
Consumo de água	50%	33%
Redução das emissões em processos de mobilidade	65%	50%

Um dos factores limitativos para um forte impacto do projecto na sustentabilidade global, é de a comunidade BedZED não ter dimensão suficiente para reduzir os impactos dos serviços públicos e investimentos de capital que compõem 21% da pegada ecológica do Reino Unido. Este é um dos principais factores motivadores para que as comunidades sustentáveis sejam concebidas em projectos de desenvolvimento maior que o de BedZED [45].

Após vários estudos, observou-se que com apenas 20% dos investimentos, 80% dos objectivos poderiam ter sido alcançados, dado que algumas infraestruturas são demasiado complexas, acabando portanto por ser subutilizadas ou mal utilizadas. Fica assim demonstrado que as infraestruturas devem ser estudadas para uma utilização mais facilitada [45].

Em todo o caso, apesar das críticas que sofreu o projecto, a área BedZED é actualmente o maior campo de investigação em termos de sustentabilidade no Reino Unido. Foi preciso proceder à sua realização para perceber como as práticas sustentáveis, na arquitectura e no seu estilo de vida, podem trazer resultados. E como esses resultados, positivos ou negativos, podem influenciar a nova geração de edifícios e empreendimentos sustentáveis que estão por vir.

3.3.2. Hammarby Sjöstad, Suécia

3.3.2.1. Enquadramento

Hammarby Sjöstad encontra-se localizado no limite sudoeste de Estocolmo, ao longo do lago de Hammarby, elemento separador entre a periferia urbana da cidade e a reserva natural de Nacka [46].



Figura 3.3 - Localização do bairro de Hammarby Sjöstad [46].

O plano inicial foi elaborado por volta de 1991 quando Estocolmo se candidatou para os Jogos Olímpicos de Verão de 2004. Embora a candidatura não tenha sido escolhida, a comissão responsável de levar a proposta e investimentos efectuados adiante, propôs o desenvolvimento de uma nova extensão para a cidade, convertendo o antigo porto industrial num moderno bairro sustentável

projectado em torno de um programa global de sustentabilidade social e ambiental, com uma abordagem adequada a nível de infraestruturas [46].

O Masterplan de todo o projecto foi concebido pelo arquitecto Jan Inghe-Hagström e dividido em doze sub-bairros, implementados em várias fases de desenvolvimento, tendo a cidade de Estocolmo ficado responsável pela nomeação e atribuição de consórcios para o desenvolvimento de cada uma das doze áreas.

O desenvolvimento do projecto Hammarby Sjöstad ergueu-se assim no início dos anos 90, estando prevista a sua conclusão para o ano de 2015.

3.3.2.2. Descrição do Projecto

Hammarby Sjöstad é um dos maiores e vastos projectos de desenvolvimento urbano implementado em Estocolmo, dado que ocupa 200Ha e alberga cerca de 25.000 pessoas em 11.000 unidades habitacionais. Foi igualmente construído 200.000 metros quadrados de espaço comercial proporcionando postos de trabalho para 10.000 pessoas, e uma ampla gama de programas de âmbito educacional, cultural e recreativo. Dito isto, um total de cerca de 35.000 pessoas vivem e trabalham na área urbana de Hammarby Sjöstad [47].

Embora esta nova área urbana esteja localizada na parte exterior do que é tradicionalmente considerado o perímetro do centro de Estocolmo, o seu desenho não se rege por traçados suburbanos, sendo a sua forma intencionalmente urbana. O projecto alcança assim uma ligação física e estrutural com o interior da cidade, e por ser uma continuação natural da mesma, se denota uma influência clara nos moldes de planeamento, projecção e infra-estrutura do edificado. A sua forma urbana reflecte também a configuração do centro de Estocolmo a nível de densidade, configuração de quarteirões, tipologia urbana e uso do solo. Esta estrutura tipicamente urbana, combinada com um novo estilo arquitectónico que promove o melhor da tecnologia sustentável contemporânea e que segue princípios modernos de arquitectura assentes na maximização da luz natural com vista para a água e espaços verdes, dá lugar à configuração urbana de Hammarby Sjöstad [47].

Uma componente bem presente no formato urbano deste projecto é o desejo de altas densidades, o que proporciona uma boa base para serviços locais e animada vida urbana. A morfologia urbana em Hammarby Sjöstad encontra-se maioritariamente assente numa malha ortogonal que segue e se molda segundo a periferia do lago Hammarby. A principal e larga avenida conjuntamente com o seu corredor de transportes actua como a espinha dorsal deste novo bairro, na qual se cria uma ligação entre os nós de transportes públicos e os principais pontos focais urbanos. Estão assim criadas condições para a existência de um foco natural para as mais variadas actividades de serviço e comércio, onde ao longo deste trecho os pisos térreos do edificado se encontram com os espaços naturais para tal efeito. Entre os vários espaços e actividades localizadas no local, estão: espaços de moda, saúde, livrarias, galerias de arte, supermercado, cafés, restaurantes e bares [47].

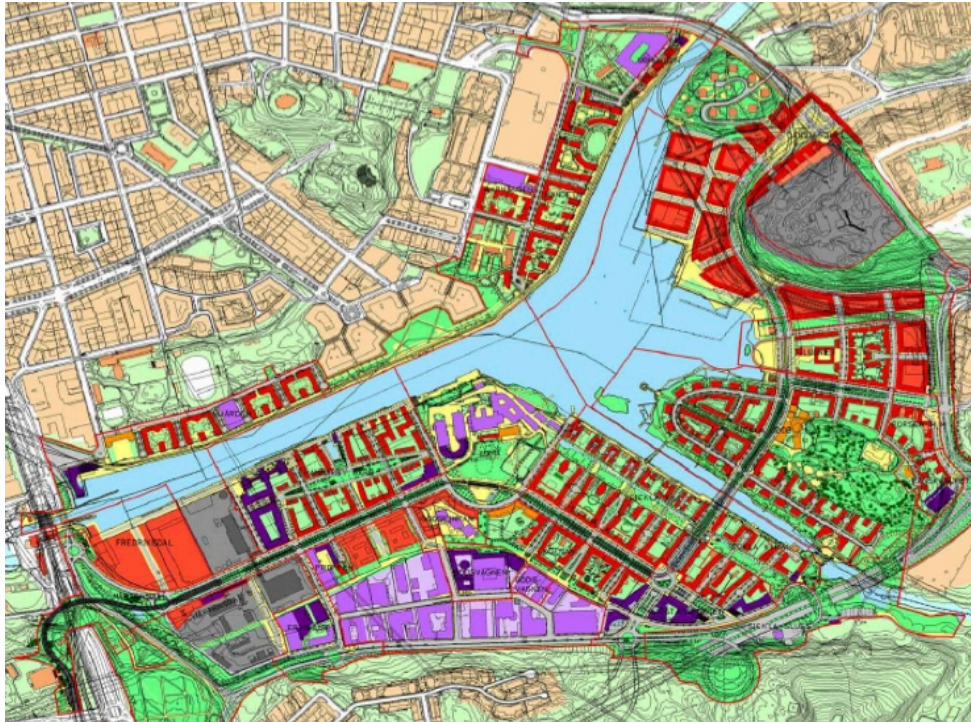


Figura 3.4 - Planta representativa do desenho urbano de Hammarby Sjöstad [48].

O ambiente ao longo dos canais aquáticos é de maior intimidade e de menor escala, em tais situações, os blocos habitacionais ao possuírem a forma de “U” promovem para a maior parte das residências, uma agradável paisagem sobre o lago, exposição à luz solar, como também o acesso livre aos pátios ali construídos. Existe, no entanto, um conflito entre a densidade inerente dos blocos habitacionais e a necessidade de insolação nos apartamentos e terraços. Este conflito seria resolvido através da imposição de blocos residenciais com 5 pisos de altura máxima e ruas com 18 metros de largura, de modo a permitir luz solar nos apartamentos ao nível térreo e nos parques infantis periféricos [47].

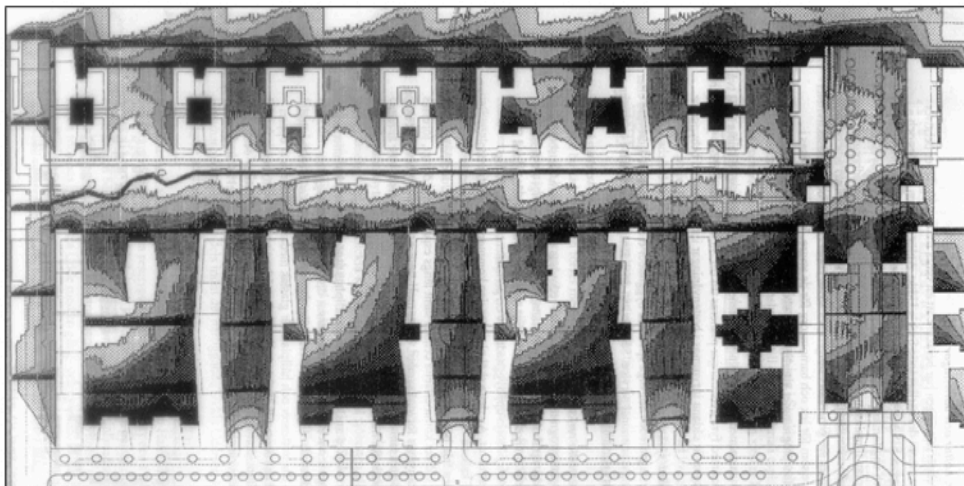


Figura 3.5 - Exemplo demonstrativo do formato edificado em Hammarby Sjöstad, demonstrando o número médio de horas de insolação, onde as partes mais escuras se consideram como insolação nula [47].

3.3.2.3. Premissas Orientadoras

O objetivo global do projecto Hammarby Sjöstad apresenta-se como a criação de uma área urbana que comparada a um típico projecto de desenvolvimento urbano, seria duas vezes melhor em termos de impactos ambientais por metade da quantidade de energia consumida. O programa ambiental ao servir como uma directriz e ferramenta de planeamento para o desenvolvimento do projecto, assume que estes padrões de elevado carisma ambiental sejam integrados em todos os aspectos e etapas do mesmo [49].

Assim, de forma a que fossem atingidas as elevadas metas estabelecidas, uma rigorosa política ambiental foi projectada para Hammarby Sjöstad. Um aspecto importante desta política é um modelo ecológico que propõe reduzir consideravelmente as emissões de CO₂ e é preconizado para a organização de várias componentes, como o tratamento de águas residuais, reciclagem, uso de energia, entre outras. Este modelo foi especialmente concebido para este projecto, sendo actualmente conhecido como o Modelo de Hammarby. Na sua essência, o modelo Hammarby tem como objectivo integrar os sistemas de infraestrutura num circuito fechado. Segundo Dastur, este modelo funciona como uma "abordagem holística para a prestação de serviços infra-estruturais e a sua integração conjunta, a fim de cumprir os objectivos ambientais estabelecidos pelo parlamento local" [49].

3.3.2.4. Estratégias Implementadas e Níveis de Desempenho

Embora os objectivos mencionados não sejam de elevada especificidade, indicam a direcção das acções ambientais desejadas. De modo a que estes objectivos fossem efectivamente alcançados, estratégias para a sua execução foram concebidas. Para uma análise facilitada e clara das diversas estratégias realizadas, decidiu-se proceder à sua divisão pelos grupos coincidentes com os já referidos anteriormente.

Eco-eficiência Energética

Ao longo do tempo, a cidade de Estocolmo alcançou um estatuto de destaque na temática de sustentabilidade e utilização de energias renováveis em meio urbano. Em Hammarby Sjöstad, elevou-se esse estatuto a um nível superior com a implementação de vários tipos de produção e fornecimento de energia. Como já mencionado anteriormente, quando todo o trabalho de construção em Hammarby Sjöstad se encontrar concluído, os residentes desta área produzirão metade de toda a energia de que necessitam. Tal cenário torna-se possível através de processos como o maior aproveitamento de energia solar, recuperação de calor a partir de materiais residuais ou a garantia que todas as necessidades energéticas de aquecimento sejam satisfeitas por meio de fontes renováveis [47].

A oferta total de energia que servirá as 35.000 pessoas que residem e trabalham em Hammarby Sjöstad será sustentada apenas por fontes renováveis.

O fornecimento de electricidade será sustentado por painéis solares, fotovoltaicos e um sistema bioabastecido CHP. Os painéis fotovoltaicos que possuem a capacidade de capturar a energia solar e convertê-la em energia eléctrica, foram instaladas nas fachadas sudoeste e na coberturas dos vários edifícios existentes, perfazendo um total de 212 módulos de painéis fotovoltaicos. Os painéis solares foram igualmente colocados nos telhados dos edifícios, estando assim criadas condições para a captação dos raios solares para posterior utilização nos processos de aquecimento de águas [47].

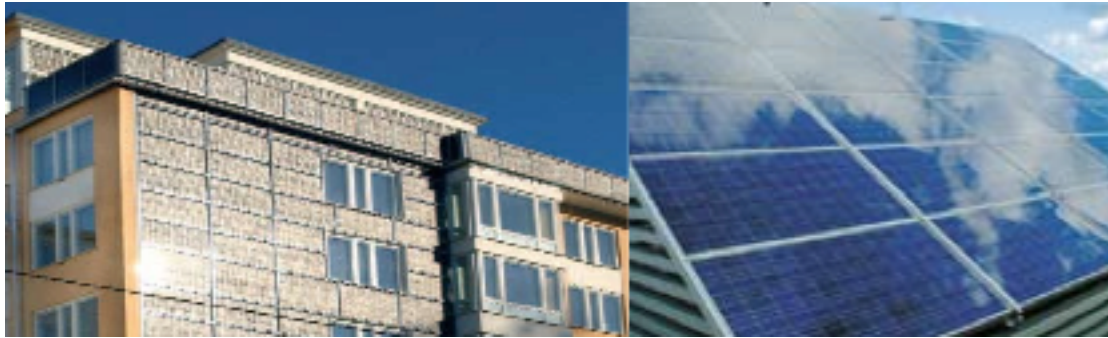


Figura 3.6 – Células e painéis solares implementados nos edifícios [50].

Além dos sistemas de células e painéis solares, foi implementado um mecanismo de tecnologia biocombustível que assenta num sistema de cogeração bioabastecido CHP que fornece 70% das necessidades de aquecimento, sendo os restantes 30% fornecidos pelo calor produzido na recuperação de águas residuais [47].

O interesse e desenvolvimento da cidade de Estocolmo na produção centralizada em processos de aquecimento e arrefecimento, torna a cidade um líder mundial neste campo.

O processo de arrefecimento é, simplesmente, um sub-produto do sistema de produção de aquecimento, visto que o calor que sai da bomba do sistema CHP é convertido numa massa de ar fresco pela água que circula na rede de arrefecimento local de Hammarby.

Com a execução adequada e eficaz dos sistemas mencionados, a meta de utilização de energia foi fixada num ambicioso valor de 60kWh/m²/ano, comparado ao valor padrão sueco de 270kWh/m²/ano. Destes 60kWh/m², o conteúdo de energia eléctrica não excederia os 20 kWh/m², sendo o total a soma do consumo de energia habitacional, o que inclui a energia proveniente das células e painéis solares [47]

Eco-eficiência Energética - Nível de Desempenho

De forma a quantificar os benefícios das medidas de sustentabilidade implementadas, é importante olhar para o desenvolvimento no contexto da sua localização. Hammarby Sjöstad está localizado numa das cidades mais progressistas do mundo no que à sustentabilidade diz respeito, exemplo disso é a designação da cidade de Estocolmo como a Capital Verde Europeia de 2010.

Muitos parques e espaços verdes foram implementados, assim como uma boa paisagem sobre o lago Hammarby foi importante para o desenho e morfologia de grande parte dos edifícios. Janelas de grandes dimensões foram portanto orientadas de frente para o lago proporcionando um elevado nível de iluminação e captação de energia solar. Embora o uso de envidraçados em apartamentos modernos seja comum e janelas de grandes dimensões sejam regularmente desejadas pelos residentes, neste projecto de habitação sustentável, as janelas. Apesar de proporcionar uma agradável paisagem sobre o lago, tem também o efeito negativo de afectar consideravelmente a temperatura nos apartamentos [51].

Se bem que os objetivos iniciais estivessem assentes num total de energia fornecida não superior a 60 kWh/m², os valores seriam ajustados para um limite de 105kWh/m²/year. No entanto, uma avaliação posterior concluiu que o consumo real estaria próximo de 120 kWh/m²/ano, ou seja o dobro da meta inicial, ficando demonstrado que nenhum dos edifício terá conseguido atingir o objectivo inicialmente previsto. O consumo de energia varia em grande medida entre os diferentes edifícios, com os de menor consumo de energia a registar 95 kWh/m², dos quais 48 kWh / m² é referente a eletricidade, e os de maior consumo a registar 220 kWh/m², dos quais 43 kWh / m² é de eletricidade [51].

Dito isto, uma combinação de factores levou a um consumo de energia superior à previsto, entres eles está o diferente comportamento dos residentes relativamente ao que havia sido previsto, observando-se uma prioridade quase total do seu conforto sobre a redução do consumo de energia.

3.3.2.5. Conclusão

Embora na análise efectuada à area de Hammarby Sjostad se tenha apresentado maioritariamente os seus aspectos positivos, como qualquer novo projecto de desenvolvimento urbano, obstáculos de maior dimensão acabaram por surgir.

A elaboração do programa ambiental após o processo de planeamento urbano em Hammarby, levou a algumas contradições entre os objetivos estabelecidos.

O que claramente se pode notar como o maior obstáculo no projecto para o alcance da sustentabilidade desejada, é o conflicto entre os objetivos ambientais pretendidos e o estilo de vida dos seus habitantes. Um exemplo demonstrativo deste conflicto, foi a disposição os envidraçados das habitação orientados para norte de modo a que fosse previligiado a vista para o lago de Hammarby, causando assim perdas de calor desnecessárias nos períodos mais frios do ano. Do ponto de vista energético, teria sido aconselhável orientar os envidraçados para sul de modo a que houvesse um maior aproveitamento da exposição solar, no entanto isto não teria sido o cenário ideal do ponto de vista dos residentes. Este exemplo é suficientemente justificativo de que o estilo de vida da comunidade, colide regularmente com os ambiciosos objetivos ambientais estabelecidos [47].

Assim, o programa ambiental afirma que "alterações no estilo de vida são necessárias para o alcance dos objetivos inicialmente previstos", visto que apesar do perfil ambiental de Hammarby

Sjöstad ser bastante apreciado pelos seus habitantes, "eles não se encontram preparados para fazer sacrifícios relativos ao seu conforto em prol do alcance das metas ambientais". Deste modo, torna-se evidente que uma grande parte da comunidade que reside em Hammarby Sjöstad não tenha escolhido o bairro pelos seus inovadores aspectos ambientais, mas sim pelo desejo de habitar numa atractiva área perto do centro da cidade de Estocolmo [47].

Em geral, pode-se afirmar que este conflito ganha contornos de especial importância e consideração, obrigando os agentes responsáveis pelo planeamento e concepção de projectos sustentáveis a modificar a sua abordagem em futuros desenvolvimentos urbanos.

Ainda que os objetivos iniciais tenham sido ligeiramente alterados, tal não significa que Hammarby Sjöstad tenha perdido o seu impressionante carácter ambiental. No entanto, fica demonstrado que os passos a tomar para a construção de uma área urbana ambientalmente sustentável tenham de ser efectuados de forma gradual. Assim, o cumprimento das metas ambientais não devem terminar aquando da finalização dos trabalhos de construção, devendo o planeamento a longo prazo da área em desenvolvimento incluir nos seus processos, informações e incentivos que exercam uma influência positiva sobre o comportamento dos residentes.

Embora por vezes os modelos e teorias iniciais pareçam de simples e directa execução, a realidade mostra-se bastante mais complicada.

3.3.3. Vauban, Alemanha

3.3.3.1. Enquadramento

Freiburg é uma cidade universitária que alberga aproximadamente 30.000 estudantes, e encontra-se localizada na extremidade sudoeste da Alemanha, onde Suíça e França se encontram. Também no quadrante sudoeste mas da cidade de Freiburg, se localiza um novo desenvolvimento urbano designado por bairro de Vauban [52].

No ano de 1994, uma organização não governamental de voluntariado designada *Forum-Vauban* foi criada por cidadãos locais que queriam que Vauban fosse desenvolvido a partir de princípios sociais e ambientalmente sustentáveis. Deste modo, o *Forum Vauban* não se iria limitar apenas a processos organizativos mas também ao desenvolvimento de sugestões próprias para o planeamento e construção de toda a área. Através desta organização foi então criado o projecto "Modelo Sustentável para o bairro de Vauban" que definiu um esquema que permitiu implementar, de forma cooperativa e participativa, um conceito de desenvolvimento que respondesse às exigências ecológicas, sociais, económicas e culturais da comunidade. A proposta consistia num conceito de desenho urbano de elevada densidade, habitações de baixo consumo energético, plano de redução de automóvel privado, proximidade de áreas verdes e parques infantis e estabelecimento de variados serviços num local central do desenvolvimento [52].

3.3.3.2. Descrição do Projecto

O projecto foi concebido para o desenvolvimento de uma área residencial de 5.000 habitantes, abrangendo 2.000 habitações de baixo consumo energético e postos de trabalho que empregam 600 pessoas. A construção foi iniciada em meados da década de 90, com o processo de planeamento do bairro a ser estruturado em 1993, o que levou, após três fases de desenvolvimento, à sua conclusão no ano de 2006 [44].

Como referido, o projecto foi desenvolvido por etapas através de um processo de planeamento adaptativo, onde as diversas fases por variarem na sua natureza e características, originaram uma área habitacional de considerável variedade e tipologia arquitectónica [44].

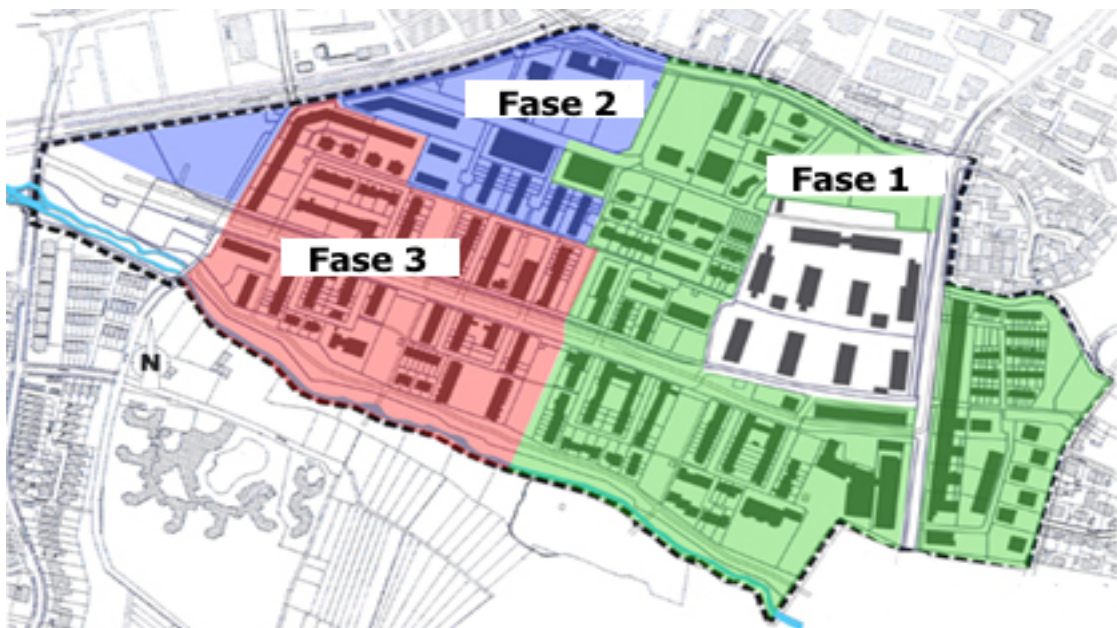


Figura 3.7 - Esquema representativo das diferentes etapas do projecto [44].

Da área incluída no plano de uso de solo, aproximadamente 19Ha foram dedicados para a construção de edifícios habitacionais, 5.4Ha para áreas mistas e actividade comercial, e 1.7Ha para edifícios de serviços. O zonamento no referido plano é simplesmente utilizado como uma ferramenta de planeamento, não tendo qualquer intenção de segmentar diversas áreas do bairro. Encontrando-se assim todas as áreas funcionalmente bem distribuídas e integradas, visto que todas elas se encontram ligadas a uma infraestrutura de mobilidade e onde cada bloco residencial possui uma variedade de serviços próximo. Deste modo, a área de Vauban pretende constituir-se como um bairro de curtas distâncias, onde não seja necessário para os seus residentes saírem do local na procura de serviços ou nas deslocações aos seus postos de trabalho, dada a sua já existência na área desenvolvida [44].

O plano de desenvolvimento para Vauban incluiu algumas regras no desenho urbano e disposição das habitações, o que levou à implementação de uma tipologia de construção habitacional compacta e de densidade considerável [44].

A nível de orientação do edificado apenas alguns dos edifícios mantêm a orientação original do projecto militar, que se encontra disposta segundo o eixo Norte-Sul. A maioria dos novos empreendimentos estão orientados no eixo Este-Oeste, pelo conhecido motivo de possibilitar nas fachadas de maior área um maior aproveitamento de energia solar para processos de aquecimento e iluminação natural [44].

Embora a área de Vauban seja totalmente acessível por transportes motorizados através do quadrante Este do bairro, o estacionamento de automóveis não é permitido nas ruas assinaladas como áreas de lazer, ruas estas que possuem um formato de “U” com 4 metros de largura e estão representadas pelos blocos cor-de-laranja na Figura 3.7 [44].

Sendo este novo desenvolvimento projectado de acordo com a premissa essencial da não utilização do automóvel privado, aquando do seu na área do bairro, estes deverão circular a ritmo bastante reduzido, relegando a prioridade a peões, ciclovias ou transportes públicos, e podendo apenas parar para fins de recolha ou largada de passageiros ou mercadorias. As mesmas regras se aplicam nas ruas ao redor dos blocos residenciais representados a cor castanha na Figura 3.7, à qual é facultado um estacionamento local subterrâneo. Com a ausência de carros estacionados, estas ruas são assim utilizadas como espaços sociais, especialmente utilizadas por crianças nas suas actividades de lazer [44].

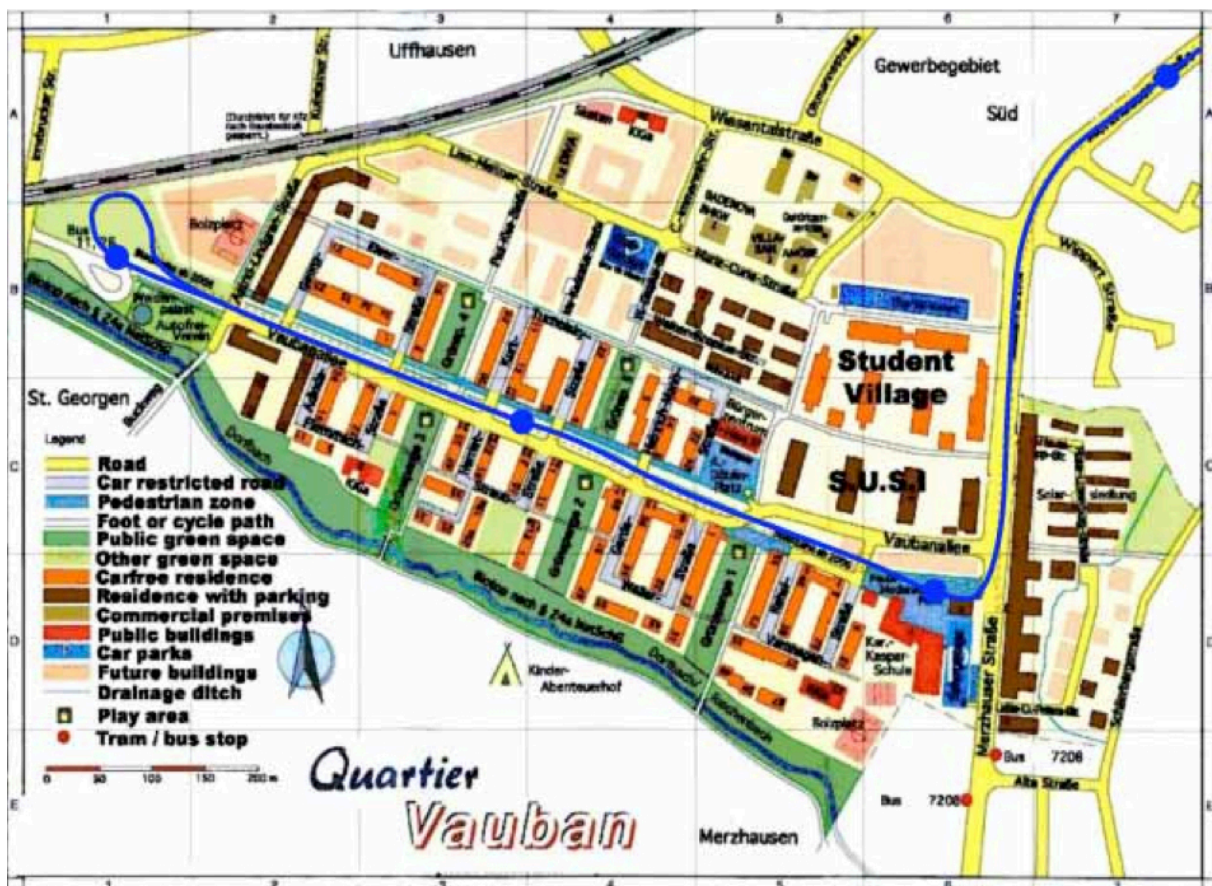


Figura 3.8 - Esquema representativo das diferentes tipologias de funções na área de Vauban [44].

Várias áreas de espaços verdes localizadas tanto no quadrante sul como nas zonas intermédias dos blocos residenciais, contribuem para o arrefecimento urbano e proporcionam actividades de lazer para as várias famílias residentes, minimizando assim a necessidade de deslocações para o exterior do bairro na procura de áreas de lazer agradáveis [44].

A oferta de serviços no bairro de Vauban é variada e encontra-se totalmente localizada ao longo do corredor principal e embora exista unidades de saúde no local, o serviço de transporte eléctrico implementado estabelece a ligação ao centro da cidade de Freiburg na necessidade de serviços mais específicos [44].

3.3.3.3. Premissas Orientadoras

Um dos primeiros objetivos da cidade de Freiburg tem sido oferecer, dentro dos limites já definidos, edifícios e espaços urbanos de alta qualidade, de modo a que seja neutralizado o processo de expansão urbana. Devido à sua posição de destaque na vanguarda da agenda ambiental através de uma profissional e esclarecida liderança política, tornava-se inevitável que os novos desenvolvimentos tivessem um forte âmbito sustentável. O objetivo principal do projecto de Vauban era implementar um bairro de forma cooperativa e participativa de toda a comunidade e que respondesse às premissas de sustentabilidade ecológica, social, económica e cultural [53].

3.3.3.4. Estratégias Implementadas e Níveis de Desempenho

De acordo com os grupos coincidentes realizados nos casos anteriores, procede-se então a uma análise das iniciativas e estratégias implementadas na área em estudo.

Eco-eficiência Energética.

A nível europeu, esta recente área urbana acomoda uma das maiores concentrações de edifícios solares e de arquitectura passiva, sendo o seu consumo energético reduzido a valores nulos devido às suas singulares e inovadoras características. Entre estas características que permitem um elevado desempenho energético dos edifícios, estão: o agrupamento compacto das suas fachadas, elevado isolamento térmico, instalação de painéis solares e fotovoltaicos, e sistemas de ventilação inteligente com dispositivos de captura de calor. Em prol de um desempenho ideal no aproveitamento dos recursos renováveis disponíveis e dos dispositivos instalados, os residentes possuem todo o conhecimento e informação necessária para o sucesso de toda a operação [52].

Nos edifícios de arquitectura passiva não existe a necessidade de sistemas de produção de energia para processos de aquecimento, dado que as suas necessidades energéticas são inteiramente satisfeitas através dos ganhos de calor internos, ganhos solares passivos e de um simples sistema de recuperação de calor. Não existe assim qualquer necessidade de um sistema de aquecimento convencional. Só nas primeiras fase de desenvolvimento do projecto, 100 unidades habitacionais

foram construídas em quatro edifícios passivos com padrões energéticos de 15 kWh/m²a e, pelo menos, 150 unidades habitacionais designadas como *Plus Energy* ou habitações excedentes de energia, que em uma média anual produzem mais energia do que à que efectivamente consomem [52].

Vauban herdou da antiga base militar, um funcional sistema de aquecimento local. No entanto, a central de calor e de produção de energia não fornecia à comunidade do bairro, o ambicionado nível de sustentabilidade, particularmente no racio de fontes de energia de combustíveis fósseis e recursos renováveis. Deste facto, os agentes responsáveis e as autoridades locais foram pressionados para a implementação de um sistema específico de produção combinada de calor e energia de modo a que fosse possível um maior alcance no controlo e determinação da oferta e consumo de energia. Foi então decidido que em Janeiro de 2001, um sistema altamente eficiente de cogeração bioabastecido, CHP, que funcionasse 80% através de extractos de madeira e 20% através de gás natural, fosse implementado e ligado à rede de aquecimento local até ao ano de 2002. (www.vauban.de). O sistema CHP aproveita assim o calor gerado nos processos de produção de energia, captando essa energia térmica para eficientemente aproveitar e colmatar as necessidades de aquecimento locais [52].

Os painéis solares e células fotovoltaicas são comuns 'enfeites' nas coberturas dos edifícios de toda a área urbana. Perto de 450m² de colectores solares e 1200m² de painéis fotovoltaicos fornecem a toda a área urbana, o aquecimento de águas sanitárias e produção de energia eléctrica. É especialmente devido à pretensão de uma linha de abastecimento comum para a rede de aquecimento local que existem instalações de painéis solares de grandes dimensões, onde o excesso de energia gerado é alimentado de volta para a rede energética da área.

Entre as várias iniciativas efectuadas pelo Fórum Vauban, foi particularmente bem sucedida o processo de incentivo para a adopção de uma abordagem ecológica. Este processo foi conseguido através da organização de seminários práticos na preparação dos residentes com informações, técnicas de poupança e eficiência energética e implementação de uma tarifa que permite aos pequenos produtores vender energia eléctrica de volta para a rede local pelo dobro do preço normal. Através das sugestões do Fórum Vauban, a cidade de Freiburg tem incluído nos seus desenvolvimentos, toda a experiência deste projecto no que considera ecológicamente necessário, economicamente viável e tecnicamente possível a nível tecnológico de aproveitamentos passivos de energia [44].

Eco-eficiência Energética - Nível de Desempenho

Na Alemanha, o padrão médio de energia para habitações recém-construídas é de cerca 100 kWh/m²/ano, enquanto que o padrão de habitações mais antigas é de aproximadamente 200 kWh/m²/ano. Em Vauban, todas as habitações são construídas com padrões de baixa energia de 65 kWh/m²/ano e com muitas delas a conseguirem superar este registo. A redução média do consumo de energia por edifício foi assim registada em 35%, o que embora adicione cerca de 5% nos custos de

construção da habitação, a redução de energia verificada torna todo o processo compensatório num curto período de tempo. Em 2009 e 2011 uma revisão relativa aos padrões energéticos dos edifícios foi implementada, de forma a que as novas habitações fossem concebidas com um padrão energético ainda mais ambicioso de apenas 15 kWh/m²/ano. Tal como anteriormente, estes padrões apesar de acrescentarem um custo de 10% na construção, podem alcançar uma redução de 80-90% no consumo de energia [54].

No balanço energético da área de Vauban, o sistema CHP de cogeração bioabastecido contribuirá com uma redução anual de emissões de CO₂ na ordem dos 60%. Igualmente, 65% da energia eléctrica produzida localmente é concebida através do sistema CHP e painéis solares e fotovoltaicos, o que origina um aumento de eficiência energética entre os 60% - 80% [54].

Assim, com a referida estratégia de eco-eficiência energética implementada no bairro de Vauban e conseqüente aproveitamento para futuros desenvolvimentos urbanos na cidade de Freiburg, os seguintes impactos foram registados [54]:

- Redução anual de consumo energético: 28 GJ
- Redução de emissões de CO₂ por ano: 3000 ton.

3.3.3.5. Conclusão

Os aspectos técnicos na área de Vauban apresentam-se, em linhas gerais, bem sucedidos. Tudo isto foi facilitado pela capacidade e abertura da cidade de Freiburg em realizar novos projectos de desenvolvimento urbano, como também pela cultura empresarial sempre pronta a capitalizar oportunidades comerciais de tecnologias e práticas sustentáveis. No entanto, o factor de maior importância que permitiu que o modelo fosse desenvolvido e as metas de sustentabilidade fossem alcançadas, foi a parceria e participação pública de toda a comunidade através da organização não governamental do *Fórum Vauban*. As autoridades da cidade embora estivessem prontas para tomar em consideração as sugestões da comunidade, o conceito específico de mobilidade não teria sido estabelecido devido a obstáculos legais de significativa dimensão. No entanto, o *Fórum Vauban*, sendo o órgão oficial do processo de participação, conseguiu convencer os agentes responsáveis de outra forma, impedindo que estes ficassem presos em antigos padrões de pensamento, tornando novas soluções disponíveis através da utilização de ideias criativas com conhecimento jurídico. Este foi provavelmente o papel mais importante desta organização, visto que, em retrospectiva, a participação da comunidade foi um contributo de elevada importância para todo o projecto. Todo o processo de participação da população necessita assim de uma perspectiva a longo prazo [55].

As estratégias implementadas ao tornarem o bairro de Vauban numa área urbana eco-eficiente, exige igualmente que seja efectuada uma constante reavaliação da viabilidade a longo prazo das inovações de sustentabilidade implementadas, quer seja a nível governativo, técnico ou social [55].

3.4. Síntese do Capítulo

A abordagem da sustentabilidade urbana considera e centra o estudo da cidade como um metabolismo, considerando que é na análise do seu funcionamento que podemos corrigir, aproximar e minimizar as diferenças entre o ecossistema urbano e o natural, resultando um desenho urbano sustentável que reflecte os princípios de organização do meio ambiente. Deste facto, as intervenções urbanas evoluem de um urbanismo em que predomina o estabelecimento de índices de construção e morfologias para um desenho urbano que acrescenta estratégias e soluções mais atentas aos processos naturais, promovendo deste modo um desenvolvimento sustentável.

Como aplicação concreta de um urbanismo baseado em torno do paradigma de sustentabilidade e de um conceito que reclama a eficiência energética, surge a implementação de modelos de ocupação energeticamente eficiente como forma de atingir um desenvolvimento sustentável compatível com o meio ambiente. Estes modelos apresentam-se como áreas urbanas que baseadas nos fundamentos de sustentabilidade adoptam por um meio eficiente e integrado um conjunto de estratégias que permitem rentabilizar a gestão e utilização dos diversos recursos necessários às diversas actividades diárias da população, contribuindo desta forma para uma melhoria do desempenho energético e ambiental, e assegurando uma elevada qualidade de vida da população.

De forma a alcançar-se uma redução do consumo energético em meios urbanos é então necessário a implementação de uma arquitectura e construção de edifícios de maior eficiência que através da sua localização e concepção se observe um favorecimento na adopção de soluções urbanísticas ambientalmente adequadas. Torna-se igualmente necessário uma melhor distribuição dos sistemas de energia de modo a ser gerada eficazmente processos de aquecimento e/ou arrefecimento, e produção de fontes de energias renováveis. Estas estratégias apontam para uma utilização preferencial dos recursos locais num contexto gestão sustentável visando assim uma efectiva redução da poluição atmosférica e um elevado desempenho e eficiência energética.

Ao longo deste capítulo, foi ainda apresentado três exemplos de áreas urbanas representativas da presença de premissas de sustentabilidade a nível mundial. Os exemplos analisados incidiram em três regiões: Reino Unido, Suécia e Alemanha, sendo, respectivamente, os casos de BedZED, Hammarby Sjostad e Vauban. O facto de terem sido escolhidos casos exclusivamente europeus prende-se com a intenção de um enquadramento a

uma realidade mais aproximada da portuguesa e onde cada caso se apresenta como uma forma urbana diferenciada da dos demais, permitindo assim uma melhor avaliação de qual a configuração e estratégias que melhor se ajustam ao desenvolvimento de modelos de ocupação energeticamente eficientes.

Embora na análise efectuada aos casos seleccionados se tenha observado maioritariamente factores positivos, como qualquer novo projecto de desenvolvimento urbano, obstáculos de maior dimensão acabaram por surgir. Verificou-se que devido à ausência de uma adequada metodologia de

análise em todo o processo de planeamento urbano e à subutilização de complexos sistemas e infraestruturas, o potencial de concretização dos objectivos de sustentabilidade a alcançar se apresentam vulgarmente comprometidos, resultando em alguns casos num maior investimento financeiro. Outro aspecto que importa destacar na análise realizada é a existência de um conflito entre os ambiciosos objetivos ambientais pretendidos e o estilo de vida dos seus habitantes, dada à falta de preparação por parte da comunidade em efectuar sacrifícios relativos ao seu conforto e bem-estar em prol das metas ambientais desejadas.

Pode-se afirmar que este conflito ganha contornos de especial importância e consideração, obrigando os agentes responsáveis pelo planeamento e concepção de projectos sustentáveis a modificar a sua abordagem em futuros desenvolvimentos urbanos. Desta forma, na proposta a apresentar torna-se fundamental o desenvolvimento de uma nova metodologia que através do seu desenho urbano inspire todas as fases do planeamento com uma compreensão detalhada do sistema ecológico, exploração de energias renováveis e garantia de um eficaz cumprimento dos objectivos de sustentabilidade desejados.

4. Proposta Metodológica para um Modelo de Ocupação Energéticamente Eficiente

4.1. Necessidade de um novo modelo

Factores demográficos, ambientais, económicos, políticos e sócio-culturais pressionam o mundo urbano para a projecção e implementação de meios sustentáveis, podendo, a nível geográfico, ganhar forma em zonas de desenvolvimento económico, bairros, regiões ou cidades. Transpor tais premissas de sustentabilidade desde o seu amplo conceito teórico até ao real cenário contemporânea exige que as decisões nas primeiras fases de planeamento e de projecto sejam tomadas de forma correcta e rigorosa. Assim, a implantação de meios urbanos sustentáveis requer um transparente e inclusivo processo de planeamento urbano de forma a que seja eficazmente aproveitado o teor energético dos recursos naturais consumidos [56].

Embora sejam considerados elementos de elevada importância no paradigma energético, a não utilização de grande parte do potencial de eficiência energética e de aproveitamento de energia solar pelos edifícios e infra-estruturas existentes, é uma clara indicação de que as práticas do passado deverão ser substituídas por um novo processo colectivo de âmbito sustentável. Tal situação de não consideração deve-se, maioritariamente, à ausência de um procedimento metodológico nas etapas de planeamento e concepção de projecto que permita criar e manter um plano holístico de modelos urbanos, oferecendo assim eficientes infra-estruturas a nível energético, tornando todo o processo mais célere e produtivo. Verifica-se então que uma maior e melhor utilização deste elemento apresenta-se como um aspecto relevante no desenvolvimento futuro, sendo necessário ao tecido urbano aproveitar eficazmente os processos de ventilação e iluminação natural, ganhos solares passivos e permitir a integração de sistemas activos, quer a nível solar como eólico, por forma a alcançar uma diminuição do consumo energético [57].

Ao observar-se o papel preponderante desempenhado pelo planeamento urbano no sucesso dos diversos desafios urbanos, tanto na projecção de novas áreas assim como na renovação e reabilitação de meios urbanos já existentes, deverá ser adoptado uma postura de maior ponderação a nível da estratégia de gestão urbana. Torna-se assim necessário identificar e preservar práticas que contribuam para as metas sustentáveis pretendidas, procurando novas abordagens e tecnologias por forma a corresponder às necessidades de todas as partes interessadas [59].

Face ao financiamento limitado observado nos tempos correntes, a complexidade de todo um projecto urbano aumentou, elevando simultaneamente as exigências em torno da sustentabilidade, assim como o interesse na transparência e contenção de custos ao longo do seu desenvolvimento.

Um suporte vital no cumprimento destas fundamentais premissas de evolução urbana é a utilização dinâmica de sistemas de modelação informática de alto nível de sofisticação. Nos seus diversos formatos, tais modelos informáticos actuam como um guia de orientação política e

proporcionam uma visão crítica de como as variadas interações entre os elementos intrínsecos ao ambiente urbano podem ser melhor adaptados para enfrentar os desafios sociais e ambientais.

Deste facto, e com a possibilidade de a cada passo se proceder à visualização dos modelos pretendidos a partir de qualquer ponto de vista ou etapa no ciclo de vida do projecto, o processo de tomada de decisão torna-se mais eficaz, aumentando a sua capacidade de identificar problemas, avaliar parâmetros e monitorizar a eficiência das respostas obtidas. Estas ferramentas permitem ainda que as partes interessadas possam analisar as alterações efectuadas, procedendo à sua correcção ou aperfeiçoamento durante as etapas de simulação e análise, ao invés de ter que alterá-las posteriormente com um custo associado bastante superior [59].

No passado, os projectos de desenvolvimento urbano eram sujeitos a erros e falhas de coordenação efectiva através da utilização de desenhos simples a duas dimensões e bases de dados desarticuladas, tornando-se importante aos agentes responsáveis pelo planeamento, utilizar mecanismos adicionais para a explicar a sua intenção de projecto. Em contraste, os modelos urbanos contemporâneos empregam uma ampla gama de ferramentas de visualização, incluindo representações a três dimensões, relações espaciais e elementos como gráficos, mapas e diagramas que permitem relacionar dados e retirar rápidas conclusões de desempenho e viabilidade do projecto em estudo. Perante estes factos, uma contribuição inovadora em prol do desenvolvimento sustentável poderia ser obtida com a definição e adaptação do processo de simulação virtual a uma lista de princípios sustentáveis que levasse em consideração aspectos como o aproveitamento de recursos renováveis, sistemas de transporte de tráfego urbano, poluição sonora e atmosférica.

Reveste-se então de especial importância, o processo de selecção de softwares informáticos que possibilitem, com base em tais critérios de sustentabilidade, testar todos os parâmetros urbanísticos, intervenções e desempenho de determinados projectos antes mesmo de estes serem executados. Este factor combinado com a capacidade e habilidade técnica da equipa de trabalho na interpretação de resultados, garante uma elevada eficiência no processo de análise e avaliação, reflectindo-se consequentemente na sua implementação e distribuição espacial [60].

De acordo com o complexo cenário traçado, torna-se imprescindível desenvolver uma nova metodologia que através do seu desenho urbano inspire todas as fases do planeamento com uma compreensão detalhada do sistema ecológico, exploração de energias renováveis e garantia de segurança pública em todos os espaços abertos. Este novo processo juntamente com ferramentas de modelação computacional são então, elementos necessários para o estabelecimento do potencial de energia solar e eólica assim como também ao acesso do potencial arquitectónico e da forma urbana [60].

As cidades sustentáveis exibem-se como uma optimização da cidade actual num sistema tentacular de diversos sub-sistemas, onde se torna necessário aplicar as novas tecnologias e conhecimentos adquiridos em prol de uma realidade sustentável [56].

A mítica cidade de Roma pode ter exigido um processo de planeamento e concepção de

duração centenária, os meios urbanos sustentáveis do futuro, não.

4.2. Abordagens e Processos Existentes

Para um planeamento urbano sustentável, como já referido, considera-se essencial a integração de um cenário energeticamente eficiente através da aplicação e posterior expansão de estratégias e tecnologias baseadas em fontes de energia renovável. Deste facto, considera-se importante salientar processos e abordagens já existentes no que à temática da eficiência energética no planeamento urbano diz respeito.

Num estudo apresentado por Alcoforado (2008) na aplicação de orientações climáticas no planeamento urbano, é primariamente referido que no início de cada estudo se torna crucial que os objectivos e medidas a implementar sejam devidamente identificados e destacados. Só assim estarão implementadas as bases para a mitigação dos impactos negativos e maximização dos aspectos positivos do clima urbano local. Assim, considerar a importância da utilização de fontes de energia renovável através de estratégias de elevada eficiência energética e determinar os objetivos adequados nesta direcção, apresentam-se como etapas fundamentais em todo o processo de planeamento urbano sustentável [61].

Neste estudo, Alcoforado (2008) ao cruzar as informações alusivas às características físicas locais, ventilação natural e densidade de construção, elabora uma série final de orientações climáticas que traduzem o conhecimento do clima urbano em informações úteis para um processo de planeamento. Concluiu-se desta forma, que uma base de dados climática, geográfica e cartográfica adequadas ao contexto pretendido são ferramentas indispensáveis na obtenção de um planeamento urbano sustentável. O autor alega ainda que com o desenvolvimento significativo das técnicas de medição e recolha de dados urbanos, torna-se necessário contar com actualizadas e detalhadas base de dados assim como com a utilização de sistemas de informação geográfica, GIS, e imagens de satélite [61].

Tendo o conhecimento que o planeamento urbano envolve complexos procedimentos, é igualmente destacado que tanto os agentes responsáveis como a população em geral deverão ter em consideração que factores climáticos e físicos na seleção dos procedimentos adequados, pode também exercer uma série de consequências a nível económico e social. Deste modo, além da referência às características físicas do local, torna-se evidente e lógico que factores sócio-económicos sejam similarmente analisados para que todo o processo elaborado seja conduzido de forma realista [60].

Com a importância dos factores físicos e sócio-económicos fortemente presente, Baker e Steemers (2000) consideram como factores determinantes para um elevado desempenho energético de um edifício urbano, os seguintes parâmetros [62]:

- Desenho urbano
- Arquitectura do edificado

- Eficiência dos sistemas e infra-estruturas
- Comportamento ocupacional

De acordo com os mesmos autores, a arquitectura do edificado apresenta um peso de 2,5x na variação do consumo total de energia, enquanto que a eficiência dos sistemas e o comportamento ocupacional exibem um peso de 2x. O efeito cumulativo destes factores leva assim a uma variação total no consumo de energia na ordem das 10 vezes. Tendo em conta que em cenários reais, a variação do consumo de energia em edifícios de funções semelhantes apresenta valores em torno das 20 vezes, será o factor designado ao desenho urbano de 2x?[62]

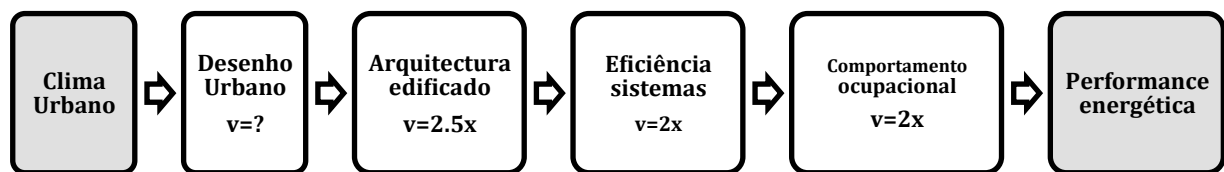


Figura 4.1 - Factores que influenciam o consumo energético de um edifício. [62]

Embora a nível energético, o desenho urbano esteja fortemente relacionado com a acessibilidade dos edifícios à radiação solar, existe igualmente efeitos indirectos na sua influência sob o microclima urbano através da temperatura exterior e velocidade do vento, factores estes que influenciam directamente uma alteração do consumo energético. Do mesmo modo, a poluição atmosférica e sonora são considerados parâmetros dependentes da forma e desenho urbano, afectando directamente o potencial de ventilação natural através de um mecanismo comportamental.

Apesar do evidente relacionamento entre o desenho urbano e os padrões de consumo energético, esta ligação encontra-se geralmente negligenciada, possivelmente, devido à complexidade dos processos ambientais envolvidos. No mesmo sentido, e embora os constantes avanços nas tecnologias de construção sustentável terem contribuído significativamente para um cenário de eficiência energética, os avanços relativos à morfologia urbana têm sido mais limitados e complexos [62].

Entre os vários estudos que analisaram a relação entre o desenho urbano e o consumo energético, importa destacar um trabalho assente num modelo energético urbano elaborado por Ratti, Baker e Steemers (2000). Este estudo explora os efeitos da textura urbana no consumo energético dos edifícios através de uma abordagem exclusivamente morfológica, ou seja, somente os parâmetros relacionados com a forma urbana foram devidamente analisados. Todo o processo é analisado através de modelos de elevação digital, DEMs, conjuntamente com um modelo informático designado por LT

(*lightning and thermal*). A metodologia LT sugere que a principal distinção energética a ser efectuada dentro de um edifício é a definição de zonas passivas e não passivas, o que possibilita a quantificação do potencial de cada parte do edifício na utilização de luz solar e ventilação natural. Desta forma, para a realização dos cálculos de consumo energético, requer-se a entrada de vários dados, são eles: a distância da fachada (condição passiva / não-passiva); orientação da fachada; ângulo horizontal urbano e factor de céu visível. A todos os outros parâmetros foram atribuídos valores padrão [62].

Apesar dos resultados relativos à variação do consumo de energia imposta pelo desenho urbano da simulação LT não terem sido os esperados, um valor de 10% apresenta-se ainda assim como uma importância assinalável. O facto de este estudo ter assumido a independência dos variados factores através da sua não influência sobre os valores de consumo energético, poderá ter desempenhado um papel fundamental na dimensão do resultado obtido. Na realidade, isto é apenas uma aproximação dado que o problema inclui uma ampla gama de variáveis e onde interações de distintas tipologias podem ocorrer. Assim, se estes mecanismos forem tomados em devida conta, um acréscimo substancial do peso do desenho urbano no consumo energético poderá ser observado, e por este se encontrar na parte superior da escala, pode, teoricamente, apresentar o impacto mais significativo entre todos os factores analisados [62].

Embora este estudo tenha explorado os efeitos da forma urbana no consumo energético dos edifícios, outras abordagens que importa salientar foram apresentadas na avaliação do acesso a fontes de energia renováveis como é o caso da energia eólica e solar.

Em referência a abordagens de âmbito solar, considera-se relevante os estudos efectuados por Wiginton, Nguyen e Pearce (2010) na quantificação do potencial de energia solar fotovoltaica em coberturas. Os autores classificam como crítica a compreensão do potencial fotovoltaico nas coberturas urbanas para um eficaz planeamento e elaboração de futuras políticas energéticas. O estudo fundiu uma amostra geográfica com um sistema de reconhecimento de imagem de modo a que fosse determinada a área de cobertura disponível para a implementação dos painéis fotovoltaicos. Tal como se pode observar na Fig. 4.2, um processo de cinco etapas foi desenvolvido para a estimativa total do potencial fotovoltaico nas coberturas urbanas, o que envolveu uma divisão geográfica da região e uma amostra de dados locais através do software de extracção Feature Analyst. Através de todo este processo foi possível determinar uma estimativa do potencial fotovoltaico através da consideração de variados factores como o sombreamento, orientação das coberturas, eficiência dos painéis fotovoltaicos e insolação média da região [63].

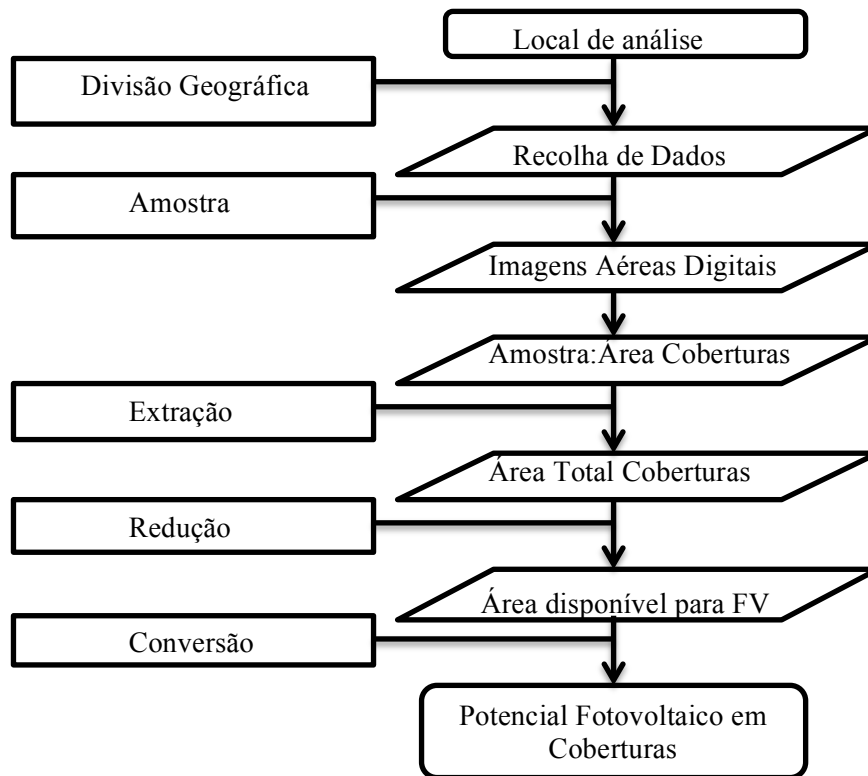


Figura 4.2 - Metodologia para a determinação da área de cobertura disponível para a instalação de painéis fotovoltaicos [63].

No seguimento deste último ponto, torna-se lógico mencionar os estudos realizados por Rylatt, Gadsden e Lomas (2000) sobre o sistema GIS como ferramenta de apoio à tomada de decisão para um planeamento solar urbano, assim como o trabalho produzido por Sliz-Szkliniarza e Vogta (2011) numa abordagem para a avaliação do potencial de energia eólica através do sistema GIS [64] e [65].

No estudo apresentado por Rylatt, Gadsden e Lomas (2000) é descrito o desenvolvimento de um método de planeamento de energia solar designado por *SEP - Solar Energy Planning System*, que consiste numa metodologia de suporte ao processo de tomada de decisão com a intenção primária de simular e analisar o potencial de energia solar à escala urbana. Esta metodologia forma assim a estrutura para o sistema pretendido, sistema este que se encontra apoiado numa aplicação relacional de um conjunto de dados interligada a um sistema de informação geográfico. Como resultado, no desenvolvimento deste processo procurou-se a criação de ferramentas especializadas e de fácil integração no sistema GIS, de maneira a permitir uma eficiente recolha e análise de toda a informação espacial. Três componentes de software foram então desenvolvidos, formando o sistema desejado: SEPdb, uma base

de dados relacional estruturada de modo a armazenar dados e informações espaciais; SEPdbapp, uma aplicação que incorpora as formas de acesso aos dados pretendidos, o modelo subjacente de energia, a disponibilidade de energia solar e o quadro de apoio à decisão e tabelas do sistema; e finalmente, o SEPgis como a aplicação GIS personalizada ao processo [64].

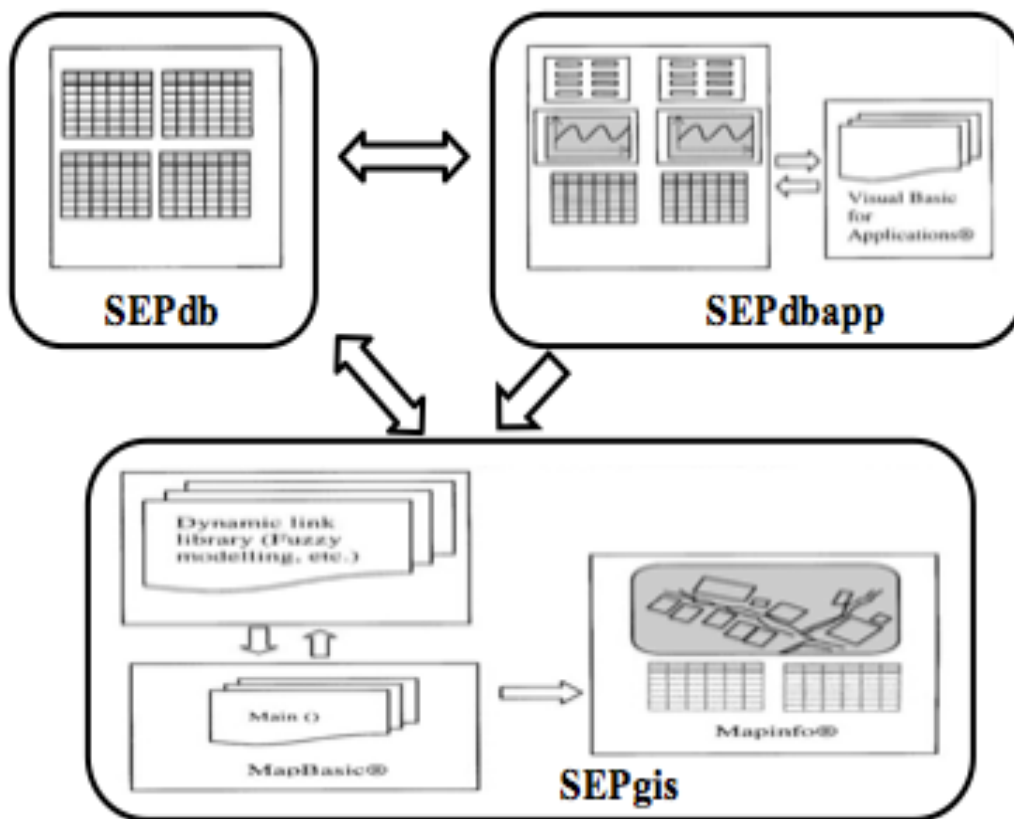


Figura 4.3 - Principais componentes de software e indicação do fluxo de dados no sistema SEP [64].

De forma similar mas no campo de acção eólico, Szkliniarza e Vogta (2011) propõem um método que serve, tal como o anterior, como uma ferramenta de apoio ao processo decisório e que contribui para a identificação das condições favoráveis na exploração do potencial de energia eólica através da utilização de um sistema GIS. A ausência de estratégias adequadas no processo de planeamento levou a que o método proposto se direccionasse em torno de um novo quadro de ordenamento do território com o envolvimento em todas as suas etapas de factores referentes à energia eólica, permitindo a sua integração sustentável nos sistemas sociais, económicos e ecológicos. Neste caso, a metodologia desenvolvida apresenta-se como um conjunto de etapas sequenciais que incorpora as características técnicas e geográficas da região que se apresentam como factores de potencialização ou restrição à utilização e exploração de energia eólica. O processo referido encontra-se apresentado na Fig. 3 [65].

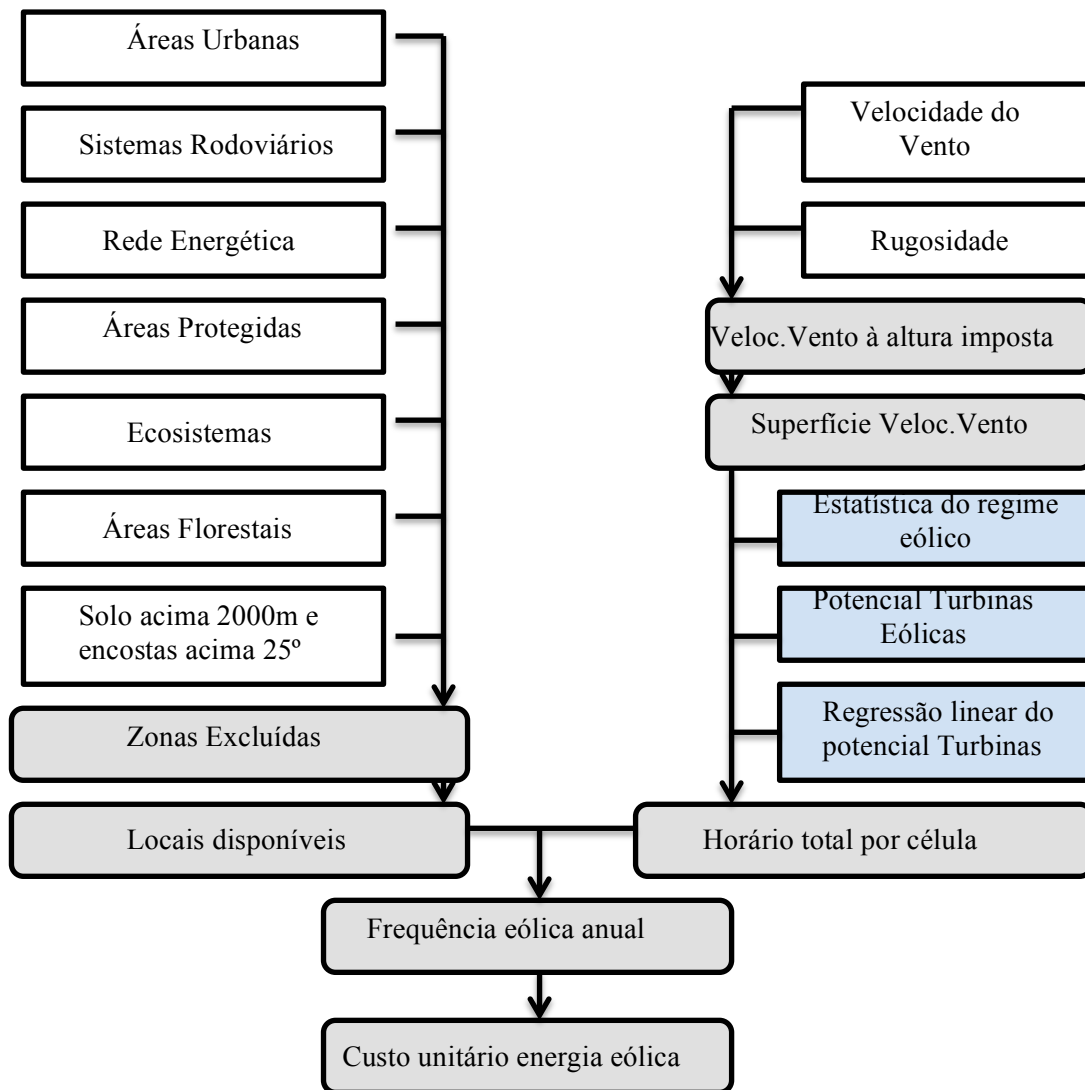


Figura 4.4 - Processo para a avaliação do potencial de energia eólica. Os diagramas a branco representam informação geográfica derivada de dados vectoriais; a azul as informações calculadas a partir do regime da velocidade do vento e a cinzento os respectivos resultados obtidos [65].

Em suma, o objetivo dos estudos mencionados assenta na contribuição para uma avaliação global do potencial de desenvolvimento de energias renováveis, de modo a servirem de incentivo às autoridades municipais na elaboração de planos comuns de urbanismo que possibilitem a harmonia entre projectos de elevada eficiência energética e outras iniciativas de âmbito sustentável. Trata-se assim de um tema vital e urgente, visto que se torna claro a diferença e possibilidade de mudança do sistema urbano de forma a permitir a utilização do potencial máximo das fontes de energia renováveis existentes.

Com isto em mente, apresenta-se seguidamente a proposta metodológica de um planeamento urbano sustentável com elevados padrões de eficiência energética.

4.3. Metodologia para um modelo de ocupação energeticamente eficiente

4.3.1. Definição do conceito, objectivos e estratégia

Conceito

Este estudo consiste no desenvolvimento de uma metodologia para um processo de planeamento urbano sustentável que pretende assumir um papel fundamental na fase de transformação e uso do território através do aproveitamento máximo do seu potencial energético. Desta forma procura-se garantir um elevado nível de eficiência energética e assegurar, simultaneamente, que todas as acções não tenham impactos destrutivos sobre o meio ambiente.

Para este estudo toma-se como foco principal o eficaz aproveitamento da energia solar, dado Portugal, devido às suas características geográficas, apresentar um elevado índice de radiação solar, constituindo-se como um caso de referência a nível europeu no que ao potencial de exploração desta energia diz respeito.

É assim proposta uma nova metodologia que demonstra que através de um planeamento urbano assente em premissas sustentáveis, articulado a uma plataforma de modelação informática, se apresenta como um instrumento fundamental na monitorização e optimização de uma panorama de eficiência energética.

Objectivos

A introdução deste estudo procura como objectivo principal, o alcance de um padrão de balanço energético nulo, onde seja possível retirar o máximo proveito dos recursos naturais existentes. Este objetivo é alcançado através da optimização e simulação da interacção entre os vários elementos do plano de projecto como a sua morfologia urbana, futuros edifícios e infra-estruturas locais, com o meio ambiente.

Procura-se, similarmente, uma solução urbana que responda às necessidades ambientais, sociais, culturais e económicas do local, de modo a contribuir para o encontro de um equilíbrio entre todos estes factores.

Estratégia

A estratégia elaborada para a metodologia proposta a apresentar parte da sistematização de alguns elementos mencionados nas abordagens e processos existentes.

Tal como no estudo de Alcoforado (2008) sobre a aplicação de orientações climáticas no planeamento urbano, inicia-se todo o processo com a identificação e definição dos objectivos e medidas a implementar como base para a mitigação dos impactos negativos e maximização dos aspectos positivos do clima urbano local. Ainda deste estudo segue-se como princípio, o desenvolvimento e implementação de técnicas de medição e recolha de dados urbanos através da

utilização de sistemas de informação geográfica, GIS, que permitem uma avaliação adequada do contexto geográfico pretendido apresentando-se assim como ferramentas indispensáveis na obtenção de um planeamento urbano sustentável.

Já referente ao trabalho assente no modelo energético urbano elaborado por Ratti, Baker e Steemers (2000) e tendo em conta todo o seu desenvolvimento, toma-se como premissa essencial e basilar de toda a proposta a apresentar, o significativo peso do desenho urbano no consumo energético, resultando assim num processo que torna toda a organização formal e funcional do tecido urbano como o principal foco de análise e desenvolvimento do estudo a efectuar.

No seguimento deste último ponto, segue-se igualmente a ideologia de sistematização e utilização de sistemas e softwares informáticos como ferramentas de apoio à tomada de decisão tal como foi apresentado no estudo para um planeamento urbano solar realizado por Rylatt, Gadsden e Lomas (2000), assim como no trabalho produzido por Sliz-Szkliniarza e Vogta (2011) numa abordagem para a avaliação do potencial de energia eólica.

Dito isto, a metodologia proposta é constituída por cinco etapas, apesar de o maior foco deste estudo se encontrar nas etapas intermédias onde cada qual se encontra suportada por diferentes softwares de modelação informática que possibilitam uma simulação virtual e monitorização contínua de todo o desenvolvimento.

Este processo metodológico tem como base fundamental de sustentação ao seu desenvolvimento, a consideração dos diversos factores determinantes para um cenário de eficiência energética no planeamento urbano. Embora todo o processo se encontre segmentado por cinco etapas, todo o modelo proposto funciona como um só processo sequencial, encontrando-se todas as etapas interligadas e dependentes entre si, o que obriga consequentemente a um rigor e validação de cada uma delas.

Para uma melhor compreensão da metodologia proposta, descreve-se de forma ordenada, a estratégia seguida:

1) Identificação e Definição

O ponto de partida lógico é a delineação de um programa preliminar sobre o que o projecto se propõe a atingir e como este deverá ser orientado em prol de um panorama energeticamente eficiente. Por conseguinte, uma definição clara das medidas e objectivos a ser implementadas em todo o processo de trabalho a considerar, são demarcadas na estratégia que engloba esta etapa preliminar. Tais medidas deverão ser fundamentadas em princípios gerais de sustentabilidade através de uma utilização sustentável dos recursos naturais, preservação e valorização do ambiente local, promoção e dinamização das actividades económicas, assim como também de uma realização das necessidades da população. Esta etapa reveste-se então de extrema importância uma vez que organiza e determina a orientação de todo o projecto de âmbito sustentável.

2) Planificação

A etapa de planificação envolve a base de todo o processo metodológico, e em especial da fase seguinte de *Plano de Desenho Urbano*. Nesta etapa preambular procede-se a uma análise do território segundo os factores considerados determinantes para a eficiência energética e aos seus elementos de referência, realizando-se desta forma um completo levantamento de dados referentes às condições existentes, características da área local e circundante, bem como à existência de restrições e potencialidades a explorar. Esta análise engloba características de ordem física, técnica, ambiental e socio-económicas, sendo já necessário para tal efeito a utilização de diversos softwares informáticos para uma avaliação rigorosa de todo este plano, dada a extrema importância que esta fase se apresenta para o alcance de um elevado grau de eficiência energética.

3) Plano de Desenho Urbano

A elaboração do plano de desenho apresenta-se como uma etapa crucial em todo o processo, dado que o trabalho de desenho criativo determina a natureza e a qualidade do desenvolvimento do projecto. Esta etapa envolve a elaboração de uma proposta preliminar de plano urbanístico que satisfaça a análise e premissas previamente definidas na etapa de *Planificação*, assegurando deste modo que o resultado final seja a concepção de um projecto de desenvolvimento sustentável.

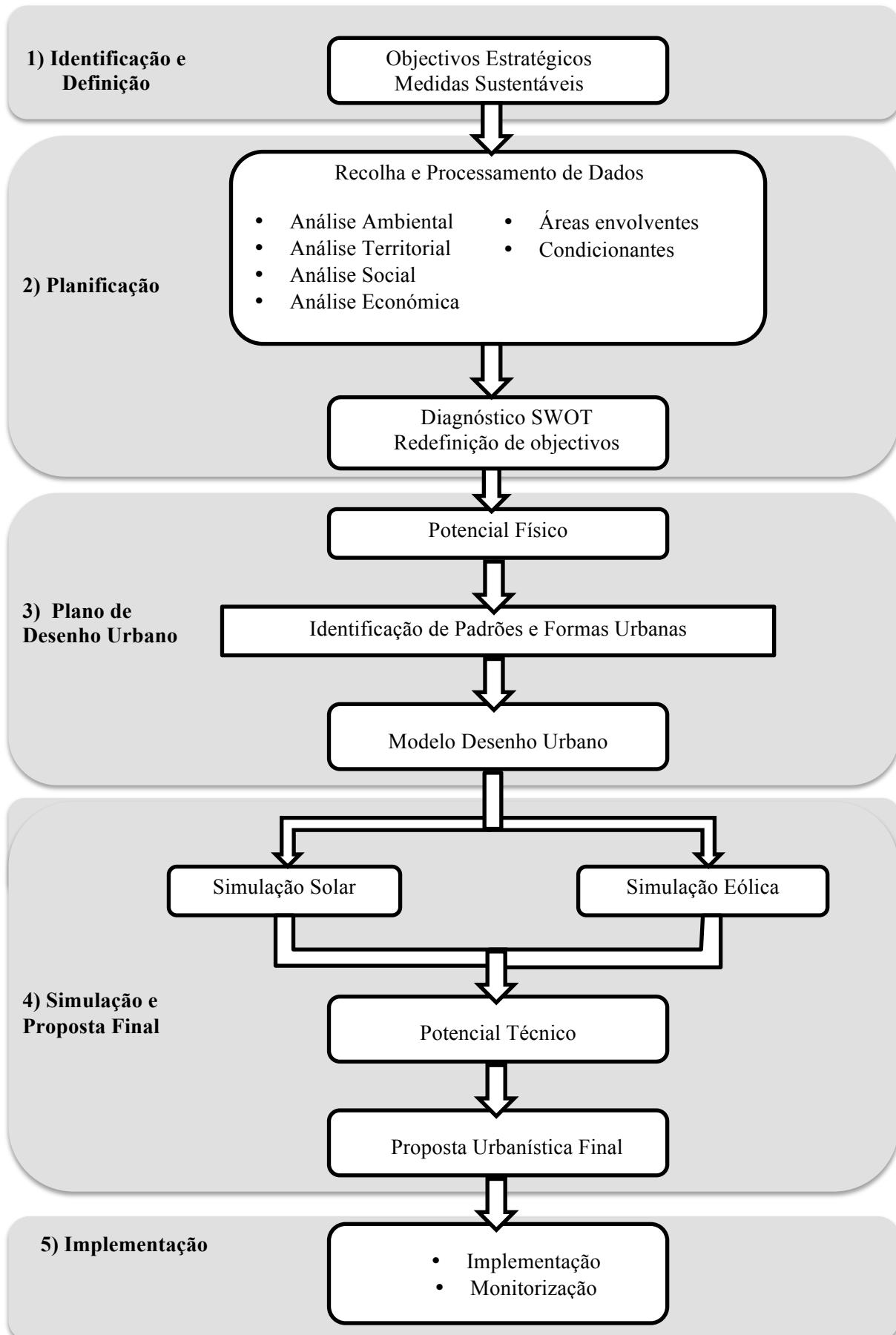
4) Simulação e Formulação da Proposta Final

Nesta etapa de contornos conclusivos procede-se a uma avaliação dos impactos físicos e ambientais do plano de desenho proposto através de um processo de simulação virtual assente na modelação de diversos cenários, permitindo deste modo antever as alterações territoriais traduzidas na implementação do projecto. Ao ser nesta etapa que o plano de desenho urbano ganha uma forma tridimensional e possibilita uma visão actualizada de todo o desenvolvimento, a comparação dos diferentes cenários simulados proporciona à equipa responsável pelo projecto um suporte técnico essencial na elaboração da proposta final.

5) Implementação

É nesta etapa final que todo o processo de planeamento urbano é colocado em moldes práticos, tornando-se assim essencial que seja garantido a eficiente concretização de todas as medidas e objectivos sustentáveis propostas. Esta garantia é efectuada através de uma rigorosa e constante monitorização de todas as acções a executar, por forma a que seja verificada uma perfeita articulação entre as etapas de planeamento e concepção.

Quadro 4.1 - Esquema geral da metodologia proposta para um modelo de ocupação energeticamente



4.3.1. Identificação e Definição

Uma vez que o processo de planeamento urbano se apresenta como um sistema facilmente extensível tendo em conta a complexidade dos seus mecanismos, torna-se fundamental a elaboração de um plano rigoroso que permita estabelecer uma clara resposta ao que se pretende efectuar no projecto a desenvolver [66].

Num cenário energeticamente eficiente, o ponto de partida fundamental para qualquer estratégia de planeamento urbano deverá ser a determinação de limites tanto a nível energético como ambiental, dentro do qual o sistema económico se poderá desenvolver de forma a que seja garantido a equidade social e uma elevada qualidade de vida [67].

É assim essencial a definição de uma visão que represente o ponto de partida e que defina o destino do que pode ser conseguido através dos princípios gerais a ser seguidos e descrição dos objectivos a ser alcançados. Nesta fase de identificação e definição, o envolvimento dos representantes da comunidade deverá ser preparado de modo a proporcionar um processo mais participativo e consensual.

Tornar a energia como uma componente de maior valia para aqueles que estão directamente envolvidos no planeamento, desenvolvimento e utilização dos espaços urbanos, apresenta-se como a principal premissa de toda a metodologia proposta. Deste facto, no âmbito energético e no caminho da acção imediata deste trabalho, três abordagens são identificadas [68]:

- **Redução da procura de energia** através de um aproveitamento energético sustentável utilizando estratégias e equipamentos de maior eficiência.
- **Produção local de energia** a partir de fontes renováveis contrariando o desperdício de recursos energéticos.
- **Partilha de energia** na criação de edifícios e estratégias que produzam um excesso energético, possibilitando a alimentação de uma rede inteligente de infra-estruturas.

Além destes princípios de âmbito energético, um processo de planeamento sustentável deverá integrar um conjunto de potencialidades na mobilização da articulação entre o ambiente e o espaço urbano, proporcionando a identificação e a operacionalização de estratégias ambientalmente sustentáveis a nível local. Torna-se então essencial englobar, para além da dimensão técnica a nível energético, dimensões ambientais, sociais e políticas. Neste sentido, apresenta-se como fundamental a consideração global de premissas inerentes a uma [68]:

- Preservação da diversidade natural, económica e cultural numa relação de qualidade;
- Promoção de actividades económicas e de emprego local;
- Promoção da utilização dos recursos naturais e das condições ambientais da zona, criando condições de maior conforto ambiental nos espaços públicos;

- Alteração do efeito comportamental através da redução dos consumos e desperdícios mantendo uma ligação com o meio natural;
- Potenciar, através do desenho urbano, as concentrações dos lotes, a eficiência das infra-estruturas, a libertação de solo natural e a segurança do espaço público.

A clara definição dos princípios mencionados possibilita uma intervenção mais integradora do ambiente através de um melhor aproveitamento dos mecanismos existentes, resultando numa maior eficiência nos procedimentos relativos ao planeamento urbano e uma maior aceitação pelos agentes locais da solução apresentada. Já identificados os princípios gerais na qual se baseia todo o desenvolvimento, é então promovido uma planificação dos objectivos de forma a ser definido o que o projecto pretende alcançar ao longo da metodologia proposta. A definição de objetivos na fase de preparação de qualquer tipo de desenvolvimento urbano exhibe uma ampla gama de funcionalidades, como é o caso da identificação de barreiras a ser superadas, orientação na adequabilidade de locais e soluções ou no esclarecimento do que deve ser evitado na procura de uma solução particular [69].

Deste modo, esta etapa além de conter o plano preambular que delimita a acção de desenvolvimento, inclui ainda as estratégias e objectivos de sustentabilidade a ser executadas nas etapas seguintes do processo apresentado. Com a definição meticulosa dos objectivos tende-se a garantir um maior enquadramento nos padrões de desenvolvimento sustentável e na perspectiva da maximização do potencial de eficiência de toda a acção.

Esta etapa de identificação e definição das medidas sustentáveis a considerar apresenta-se de elevada importância dado que pressupõe a satisfação das necessidades das populações actuais, considerando a importância das futuras gerações poderem usufruir do resultado da mesma através das estratégias de carácter sustentável e de eficiência energética a ser aplicadas [70].

4.3.2. Planificação

4.3.2.1. Análise do território num planeamento energeticamente eficiente

Somente com um conceito de sustentabilidade bem presente e alicerçado na conveniente utilização dos recursos ambientais, humanos e socio-económicos, se torna possível alcançar um elevado padrão de eficiência energética. Assim, no desenvolvimento de um projecto energeticamente eficiente, todo o plano estudado e projectado deverá se adequar às conjunturas dadas pela geografia local, tornando-se necessário uma plena compreensão das condições existentes por forma a avaliar a capacidade do local na maximização do potencial energético [71].

Neste ponto do processo, a equipa responsável pela proposta de desenho urbano pode, após o delineamento explícito dos objectivos e identificação devida do território, iniciar a recolha de informação relevante do local e da sua área circundante, compilando-o num formato de fácil

visualização. Esses dados recolhidos são então analisados em função das implicações para o desenvolvimento local e de acordo com os efeitos pretendidos. Estas são na verdade duas fases distintas, onde primeiramente é necessário identificar os factores determinantes e em seguida analisar o potencial impacto energético de cada um no desenvolvimento urbano proposto [71].

Deste facto, a análise local afigura-se, em casos gerais, como a primeira etapa na elaboração e reestruturação de projectos urbanos. Componentes como a sua localização e a interacção de dados espaciais se apresentam tanto no seu sentido absoluto, a nível de coordenadas geográficas, como no seu sentido relativo, de disposição espacial, como factores centrais no estudo da modelação espacial [72].

Os resultados inerentes à análise efectuada desempenham um papel preponderante no desenvolvimento da fase de desenho de todo o projecto, fornecendo uma base informativa rigorosa para a sua concepção. Uma boa análise local será assim uma combinação e interligação de diversos factores, identificando os variados elementos que influenciam a elaboração da proposta de desenho urbano, e considerando ainda todas as oportunidades e restrições existentes no local, por forma a proporcionar, em harmonia com o meio ambiente, uma elevada qualidade de vida. Embora a interpretação cuidadosa dos dados referentes à análise espacial e a necessidade de uma cooperação multidisciplinar se apresentarem como essenciais na qualidade do resultado final, são elementos regularmente subestimados pelos agentes responsáveis [72].

Conclui-se deste modo que a informação espacial pode apoiar de modo eficaz a tomada de decisão no processo de planeamento urbano e ajudar os decisores políticos na identificação de possíveis alternativas para as acções de carácter insustentável.

4.3.2.2. Sistema GIS como ferramenta essencial na análise do território

A análise espacial de um território tem sido gradualmente desenvolvida ao longo das últimas décadas apresentando amplos formatos tais como mapas, fotografias aéreas e por satélite, trabalhos no terreno, entre outras. Estas fontes de análise espacial são extremamente úteis na caracterização de todo o território e paisagem envolvente dado que qualquer variação na imagem está relacionada com variações efectivas no terreno.

A plena integração dos Sistemas de Informação Geográfica, GIS, na análise de dados locais é considerado como uma componente indispensável no desenvolvimento da pesquisa, exploração e análise das diversas relações espaciais. A poderosa capacidade do processo de análise espacial através do sistema GIS fornece o rápido e eficaz cálculo de variadas características territoriais, surgindo como uma ferramenta preponderante na concepção de estratégias de planeamento urbano e análise de diversos parâmetros. Com a simples sobreposição e relação entre diferentes plataformas, o GIS ajuda a localizar e descrever o comportamento dos diferentes recursos locais, verificando-se uma facilitada avaliação conjunta de todos os problemas se os dados estiverem espacialmente interligados. A

plataforma GIS pode assim ser descrita como uma tecnologia informática direccionada na recolha, gestão, análise, modelação e apresentação de dados geográficos para uma vasta gama de aplicações [73].

O sistema GIS contribui para um processo criativo fortemente assente na análise rigorosa e científica de todos os parâmetros locais, reunindo os mundos do design e análise sob um quadro comum de informação. Inclui-se desta forma uma análise geográfica no processo de desenho, onde os esboços iniciais do projeto são imediatamente analisados através duma ampla gama de dados que descrevem uma variedade de factores físicos e sociais na extensão espacial do projecto. Esta análise adequada fornece uma estrutura para o projecto, dando aos planeadores, engenheiros e outros profissionais envolvidos, as ferramentas que permitem aproveitar as informações geográficas nas suas dinâmicas habituais de trabalho. Alavancar os parâmetros geográficos durante a fase de desenho resulta então num projecto de desenvolvimento que fomenta as melhores características e funções dos sistemas naturais, beneficiando tanto o homem como o meio ambiente através de uma convivência mais pacífica e sinérgica [73].

Embora esta integração de ferramentas de design com o sistema GIS seja importante, é apenas o primeiro passo.

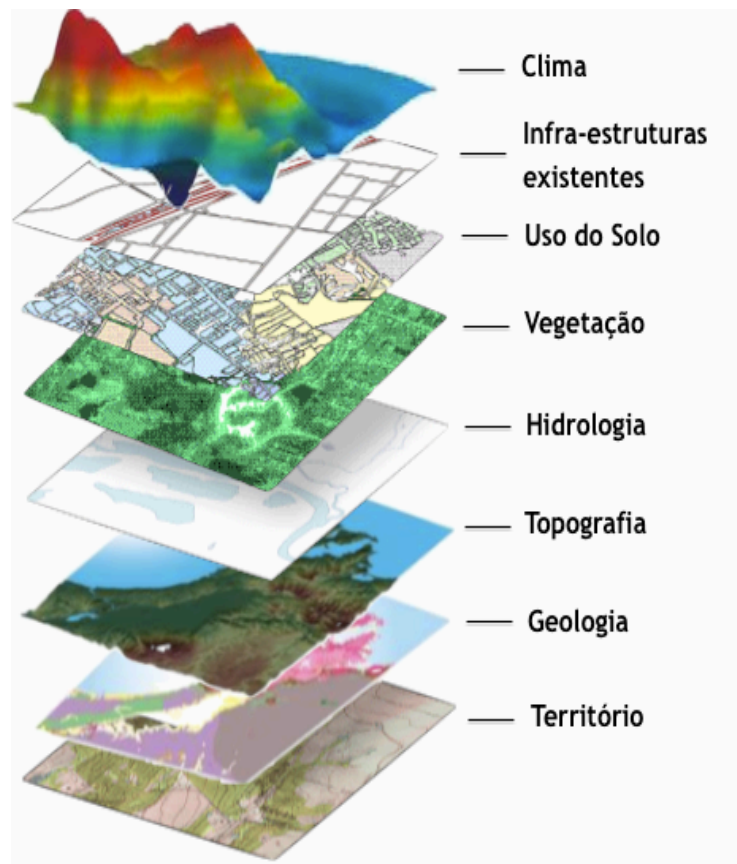


Figura 4.5 - Utilização do sistema GIS na análise do território.

4.3.2.3. Processo - Análise do Território

A gestão ambiental tem se centrado predominantemente nos ecossistemas individuais, mas é cada vez mais confrontada com o problema de gestão e planeamento de inteiras paisagens que na maioria das vezes consistem em complexos e diferentes ecossistemas. O conceito para um cenário de desenvolvimento sustentável não deve apenas se centrar no sustento dos recursos naturais, deve igualmente garantir uma elevada qualidade de vida da comunidade. Embora os dados climáticos sejam maioritariamente medidos por pontos ou áreas como é o exemplo da análise de precipitação, temperatura, altitude, exposição solar ou poluição do ar, a dimensão espacial das implicações sociais, heranças culturais ou do bem estar da população apresenta-se como uma tarefa mais difícil de parametrizar. Deste modo e apesar dos impactos das forças económicas e políticas sociais serem mais complexas de prever espacialmente, e não ser do âmbito deste estudo a sua ampla consideração, diversos estudos demonstram a possibilidade de as combinar com a análise climática, através duma perspectiva local e da utilização de uma estrutura espacial. Esta integração é necessária, dado o dever da análise local ser considerada de modo holístico, relativista e dinâmico [74].

Importa assim estudar no processo de análise do território quais os factores determinantes para a promoção de um elevado padrão de eficiência energética no planeamento urbano, elaborando-se uma análise local predominantemente física e ambiental.

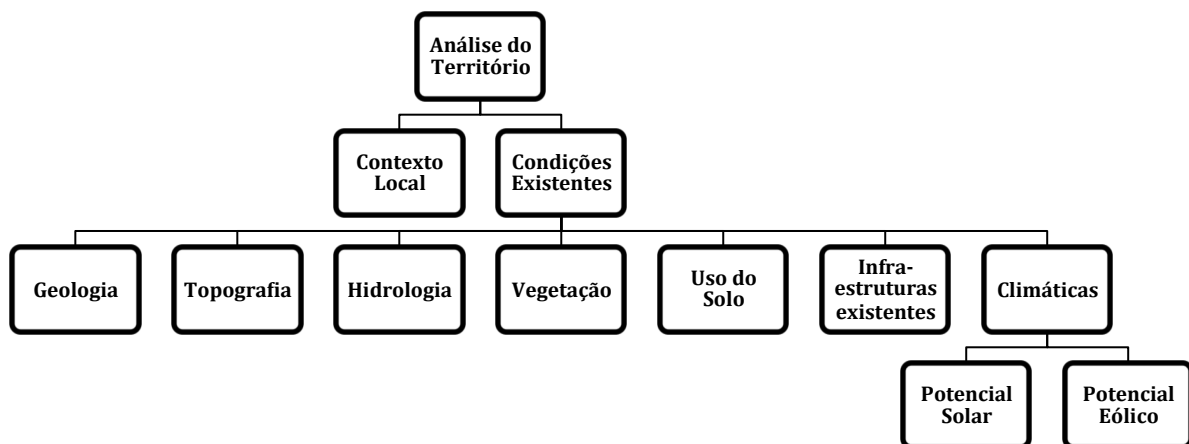


Figura 4.6 - Representação esquemática da análise de território.

Contexto Local

Na análise à conjuntura espacial, o local deve ser situado dentro do seu contexto geográfico, político e funcional, importando não descurar que a situação de referência de uma intervenção urbana inclui igualmente uma contextualização social e económica. Entre os vários elementos a analisar, interessa ressaltar alguns que se podem considerar como garantia de uma preservação histórica, visual

e cultural do local e da sua relação com a envolvente, devendo estes elementos ser complementados com dados recolhidos entre a população residente. Esta análise contextual permite assim fixar o local relativamente ao uso do solo perante as áreas adjacentes, aos padrões de transporte da comunidade, à utilidade e disponibilidade de infra-estruturas, empregos, actividades comerciais, culturais e recreativas [74].

Cada uma das componentes descritas que formam o contexto local apresentam uma considerável influência sobre o potencial de desenvolvimento energético.

Pontos de análise:

- Localização geográfica, padrão de uso de solos, acessibilidades, serviços e destinos próximos.
- Estratégia política, estrutura social e dados populacionais.
- Natureza económica da área, outras propostas ou projectos nas proximidades.



Figura 4.7 - Contextualização local [75].

Condições existentes

Para o estudo das condições existentes convém salientar que num processo de análise local se deve proceder a uma divisão entre os variados componentes determinantes para um planeamento energeticamente eficiente, e que embora cada um deles represente uma acção de análise específica, desempenham uma função complementar entre os demais.

No interesse do presente estudo irá-se então identificar os principais componentes e discutir simultaneamente as suas implicações.

Geologia

A análise geológica constitui-se como a base de todo o projecto a desenvolver. No estudo das condições geológicas locais procede-se a uma análise geral do solo e aos seus elementos constituintes através de dados provenientes dos mapas de serviço geológico e, no caso de ser necessário

informações mais detalhadas, ensaios e análises de campo. A análise geológica das condições do subsolo podem beneficiar o processo de elaboração do projecto dado que se torna possível identificar as camadas e fundações de solo preferenciais, assim como os elementos no mesmo que permitem a maximização do uso de recursos naturais. Outras implicações evidentes são as particularidades a nível de engenharia, tais como a capacidade de carga do solo que determina os locais adequados para estruturas e outros elementos pesados, bem como a restrição das opções de construção baseadas nos custos e impactos do desenvolvimento [76].

Pontos de análise:

- Geologia do subsolo, perfil rochoso, profundidade e linhas de falha.
- Tipos de solo e profundidade, valor como perspectiva das engenharias, presença de produtos químicos perigosos ou contaminantes.

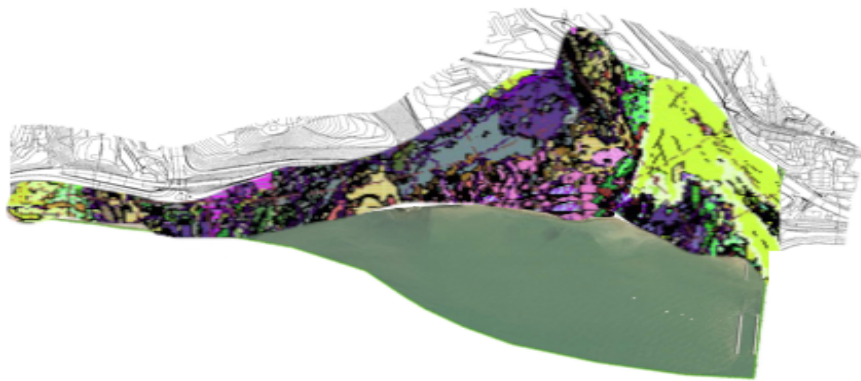


Figura 4.8 - Análise geológica local [74].

Topografia

Na análise de um território, as características topográficas influenciam mais do que qualquer outra componente as condições microclimáticas locais devido às suas especificidades, apresentando-se como um factor fundamental na determinação do aproveitamento de energia solar. A variação na elevação do terreno, o declive e orientação das encostas, assim como o seu sombreamento, possibilitam criar fortes gradientes locais que afectam o potencial de exploração de eficiência energética. Torna-se de especial importância identificar e evitar áreas com encostas instáveis e factores locais que possam causar essa instabilidade como é o caso das condições de água subterrânea, precipitação, actividade sísmica, ângulos de inclinação e estrutura geológica [76].

Embora a informação topográfica a partir de mapas geológicos possa ser adequada, o tratamento destes elementos requer informação de base sob um grau de precisão apropriado, efectuando-se deste modo uma análise detalhada e riosous é efectuada através do sistema GIS.

Pontos de análise:

- Padrão de elevação do terreno.
- Tipologia das encostas.
- Possibilidades de circulação, existência de barreiras e visibilidade.

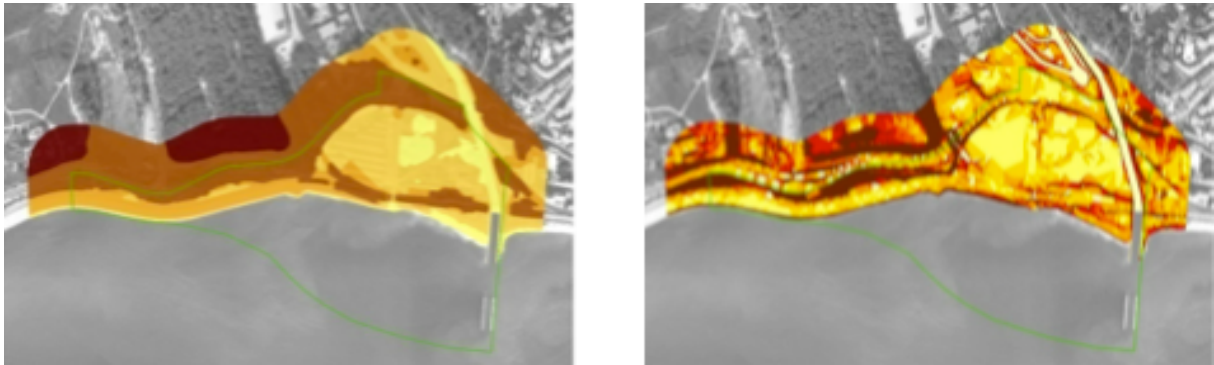


Figura 4.9 - Análise hipsométrica do terreno (figura da esquerda) e análise tipológica das encostas (figura da direita) [74].

Hidrologia

O estudo das condições hidrológicas locais é uma parte integrante das análises anteriores como é o caso da estabilidade das encostas e dos sistemas de drenagem subterrânea. Os tipos de informações normalmente indicados e analisados no âmbito hidrológico incluem a determinação de bacias hidrográficas através de um sistema de vales, padrões de drenagem, duração e volume de fluxos hidrológicos, níveis de permeabilidade, águas paradas e definição de áreas de inundação [74].

Uma das aplicações mais poderosas do sistema GIS relativamente à análise hidrológica, é a capacidade de analisar parâmetros de bacias hidrográficas, a fim de prever o escoamento da água de superfície, como também a identificação rigorosa das áreas de risco para fenómenos de inundação. Através deste sistema torna-se possível determinar os locais em que a construção, manutenção ou melhoramento de projectos urbanos seja consideravelmente cara ou perigosa em toda a bacia hidrográfica analisada [76].

Pontos de análise:

- Ecossistemas hidrológicos existentes - Variação e pureza.
- Fluxos de drenagem – capacidade e pureza.
- Padrão de drenagem de superfície - quantidade, direcções, áreas de erosão contínua e permeabilidade.
- Lençóis freáticos - elevação e flutuação, direcções de fluxo, presença de aquíferos profundos.
- Abastecimento de água - quantidade, localização e qualidade.

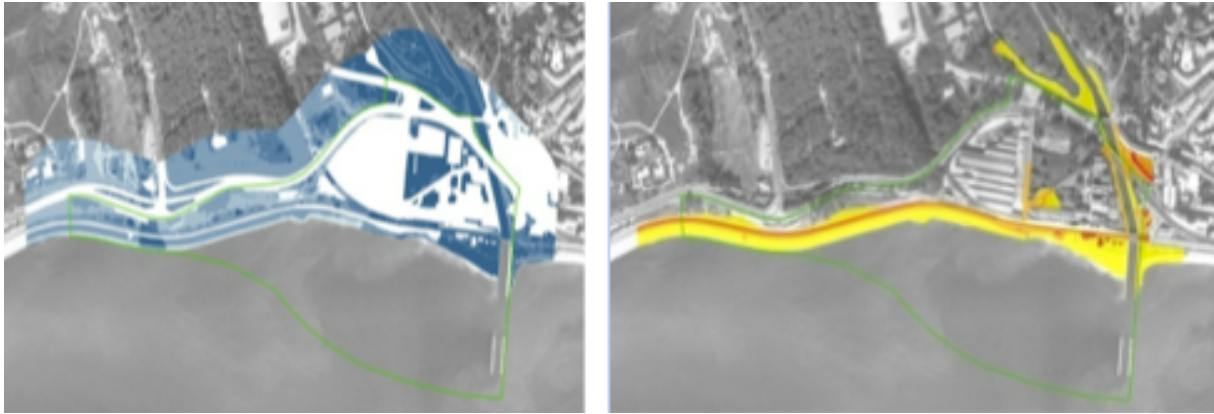


Figura 4.10 - Análise aos níveis de permeabilidade (figura da esquerda) e áreas de risco de inundação (figura da direita) [74].

Vegetação

A informação relativa às condições de vegetação existente, quer a nível quantitativo ou tipológico, tem uma relevante implicação nas diversas questões intrínsecas ao desenvolvimento urbano, como é o exemplo do carácter visual e definição espacial de um território. Apesar de não ser possível controlar a temperatura, vento e outros elementos de recursos naturais, a vegetação quando localizada e aplicada correctamente pode ajudar a modificar e moldar a componente climática local. Tem assim a capacidade de permitir a redução de energia necessária à manutenção do conforto habitacional durante as estações críticas de inverno e verão, ajustando significativamente as temperaturas e iluminação através de processos de sombreamento e protecção à acção dos ventos. Além disso, a vegetação apresenta-se como um mecanismo altamente eficaz na redução da poluição sonora e ambiental, criando condições propícias ao desenvolvimento de ambientes calmos e zonas de lazer [76].

Pontos de análise:

- Vegetação dominante e comunidade animal - localização, estabilidade e vulnerabilidade.
- Padrão geral da cobertura vegetal, qualidade de áreas arborizadas e potencial de regeneração.
- Espécies de árvores - espécie, localização e dispersão.



Figura 4.11 - Análise à vegetação existente [74].

Uso do Solo

A esquematização do uso de solo e restantes informações relacionadas são utilizadas para analisar o actual padrão de distribuição e exploração do território, servindo assim de referência para a formulação de como este será aproveitado e desenvolvido no futuro. De forma a se compreender os processos e padrões de mudança em qualquer área, é crucial compreender as transformações de habitats naturais em ambientes dominadas pelo homem e vice-versa [16].

De um modo geral, a análise de uso do solo é então um meio de classificar como o território é utilizado, onde cada tipo de utilização possui características singulares que podem determinar a localização, compatibilidade e preferência para outras zonas mais apropriadas.

Pontos de análise:

- Distribuição de ocupação e uso do solo.
- Identificação de padrões de distribuição.

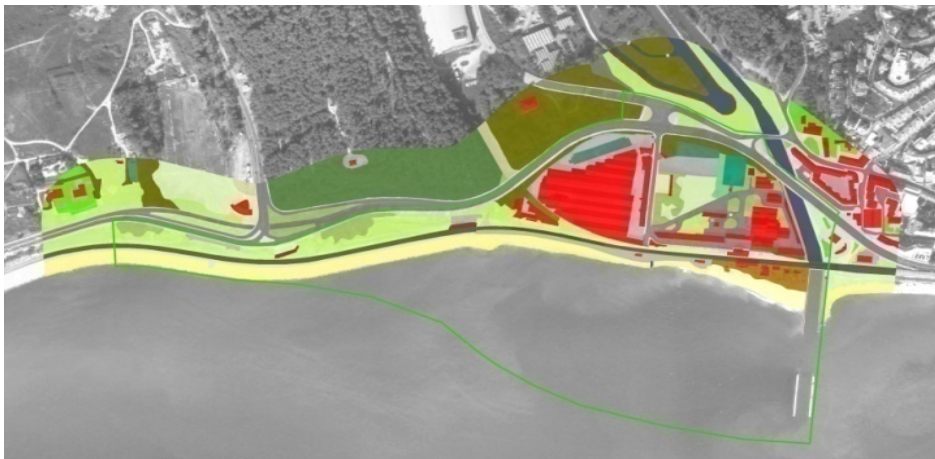


Figura 4.12 - Análise à ocupação e uso do solo [74].

Infra-estruturas existentes

A disponibilidade de serviços públicos essenciais – como as infra-estruturas de água, resíduos, energia, serviços etc - é crucial para o potencial de desenvolvimento local do ponto de vista económico, social e ambiental. A nível global, se alguma das infra-estruturas referidas não estiverem disponíveis, as opções para o desenvolvimento urbano podem ser severamente comprometidas [16].

Pontos de análise:

- Edifícios existentes: localização, tipologia e condição.
- Infra-estruturas e redes rodoviárias: Infra-estruturas de serviços públicos, rede de estradas, caminhos e linhas de trânsito.

Clima

Diversos métodos de análise destacam dois elementos climáticos como componentes de considerável influência no potencial de eficiência energética, são eles: a radiação solar e a acção do vento. Estes factores sugerem a possibilidade de implantação de várias estratégias de transformação urbana quando as condições climáticas não se adequam à zona de conforto pretendida.

Radiação Solar

A radiação solar é um factor fundamental a retirar da análise climática, cuja relevância é essencial para um estado de elevada eficiência energética.

A insolação, fenómeno designado à incidência de radiação solar, é a fonte primária de energia que impulsiona muitos dos processos físicos e biológicos do planeta Terra. O conhecimento da quantidade de insolação em localizações geográficas específicas e a compreensão da sua importância na análise local é fundamental para a determinação dos diversos processos naturais e actividades humanas. É o caso da sua marcante influência nos consumos energéticos e conforto ambiental tanto no interior e exterior dos edifícios como também nos espaços públicos urbanos. Estes valores de insolação são utilizados no cálculo do potencial de produção de energia solar, onde quanto maior for o valor presente num determinado local, maior o potencial para a produção de energia [78].

A quantidade total de radiação calculada para um local específico é designada como radiação global, característica esta que desempenha a responsabilidade maior na exploração do potencial de produção de energia solar. A radiação global interfere no meio urbano sob as formas de radiação solar directa, indirecta e difusa, com uma gama de valores bastante distinta entre os períodos de Verão e Inverno. A radiação directa tem uma influência determinante na definição das orientações dos edifícios, dos espaços livres e na criação de condições para a poupança energética tanto lumínica como térmica. A radiação indirecta ao ser um factor com origem em áreas edificadas e dependente da cor e textura das suas superfícies, apresenta-se como uma componente de controlo mais complexo. A radiação difusa é um elemento a ter em consideração nos locais em que os valores referentes ao nº de dias/ano nublados é elevado e onde se torna necessário calcular e avaliar o nível de iluminação no interior dos edifícios e no exterior [78].

Constata-se então que a radiação solar é afectada por diversas condições atmosféricas, onde na grande maioria dos casos, o processo de insolação é o resultado de interacções entre todos esses factores. Como caso exemplar tem-se a análise das encostas relativamente à sua orientação e incidência de radiação solar, factor fundamental na determinação do aproveitamento de energia solar numa área específica.

Os modelos de radiação solar integrados em sistemas de informação geográfica, GIS, foram concebidos de forma a ser eliminada a complexidade na análise solar de um território, proporcionando cálculos rápidos e precisos em vastas regiões, considerando-se ainda o efeito da geografia local sobre

a radiação solar verificada. Os dados resultantes da análise efectuada podem assim ser facilmente avaliados de forma a permitir a melhor abordagem no âmbito da exploração do potencial solar [78].

Deste facto, procedendo-se a uma análise de radiação solar, a insolação global (WH/m²) é calculada para toda a região, apresentando-se os pontos onde as maiores quantidades de radiação são verificadas.

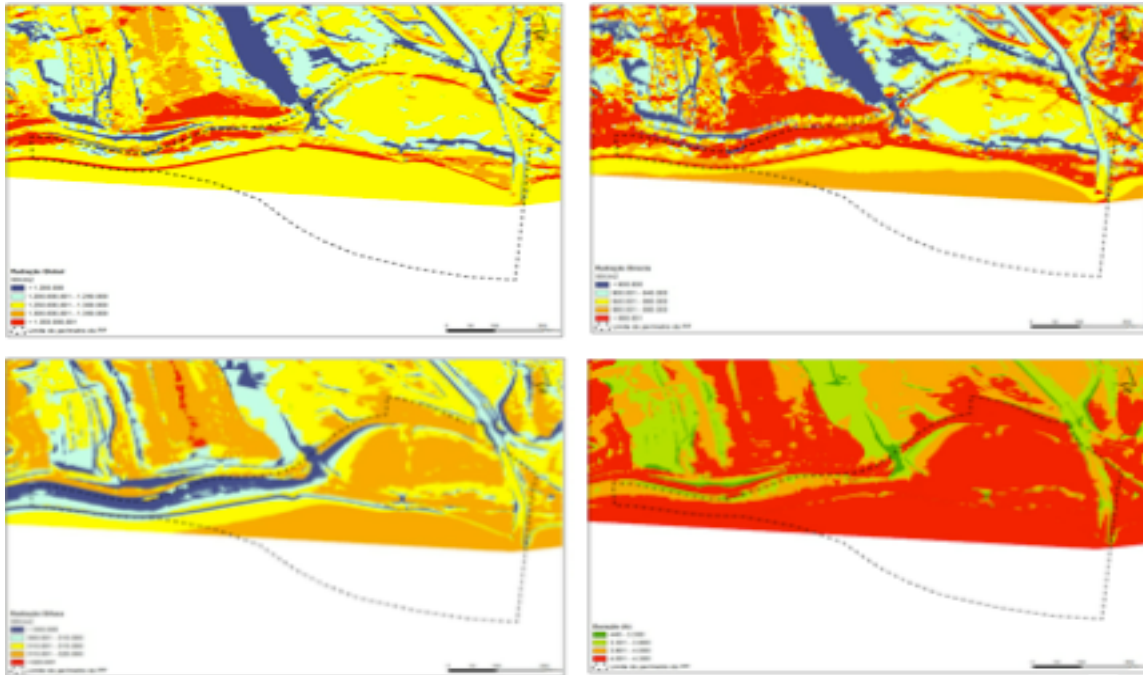


Figura 4.13 - Mapas de radiação solar - Radiação directa, difusa e global [74].

Acção do Vento

No processo de exploração de energia através da acção do vento, os factores mais importantes a analisar numa determinada localização ao longo de um período de tempo, são: a força do regime do vento caracterizado pela sua velocidade e a sua distribuição e direcções predominantes. O potencial de energia eólica não é facilmente estimado visto que depende fortemente da sua velocidade, factor este que é consequentemente influenciado pelas características topográficas locais. A classificação e caracterização de uma área relativamente ao seu potencial eólico, exige um esforço significativo dado que a velocidade e direcção do vento apresenta variações e transições extremas na maioria dos locais, exigindo-se assim um estudo detalhado com as variações espaciais e temporais dos factores mencionados [79].

Numa escala de maior dimensão, e tal como na análise da exposição solar, a velocidade do vento e a sua direcção podem ser modeladas através da utilização de softwares informáticos que permitem descrever os efeitos dos variados parâmetros sobre a acção do vento, tal como é o caso da topografia, altitude ou ocupação da superfície do solo. Estes modelos computacionais complementados com alguns dados meteorológicos sobre a acção dos ventos locais, permitem a visualização de um formato gráfico relativo à velocidade média do vento e sua direcção, possibilitando

desta forma uma análise local do potencial eólico [79].

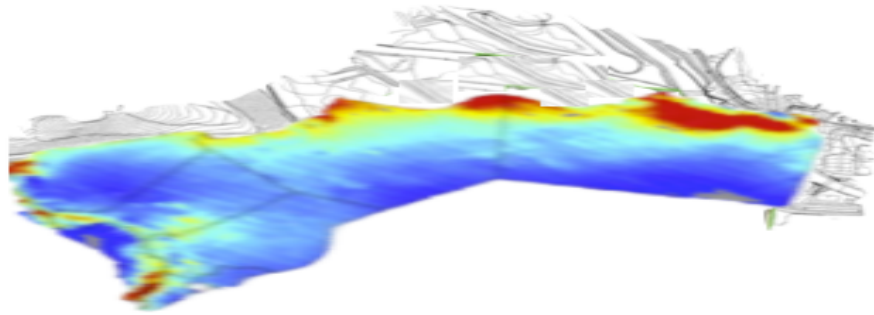


Figura 4.14 - Análise da acção do vento [74].

Pontos de análise:

- Níveis de temperatura, humidade, precipitação, ângulos solares, nebulosidade, velocidade e direcção do vento.
- Microclimas locais: encostas “quentes” e “frias”, sombreamentos e desvios de vento.
- Qualidades do ar ambiente e níveis sonoros.

Esta informação global relativa ao contexto e condições existentes através de uma análise local objetiva é fundamental para os agentes responsáveis visto que possibilita o conhecimento e familiarização de todos os importantes elementos do território. O próximo passo após a catalogação e apreensão dessa informação, é analisar as suas implicações para o desenvolvimento urbano pretendido. Assim, o inventário e análise das características locais irá proporcionar contornos determinantes na forma, oportunidade e restrições para a localização de estruturas urbanas e conservação de espaços públicos.

4.3.3. Plano de Desenho Urbano

4.3.3.1. Desenho Urbano Passivo – Passo para a sustentabilidade

O impacto que uma estratégia de desenho urbano tem na melhoria do desempenho energético do desenvolvimento a projectar, depende inteiramente do conhecimento das condições, recursos e restrições físicas, ambientais, sociais, culturais e económicas do contexto local. De modo geral, o desenho urbano considera a morfologia holística local, tal como a largura, forma, configuração e orientação das vias rodoviárias e edificações, densidade urbana, espaços públicos, uso do solo, entre outros aspectos condicionantes no desempenho energético global [80].

A presença destas premissas de carácter sustentável e energeticamente eficientes tem como resposta um plano de desenho urbano passivo. Este conceito consiste assim num flêxivel e atraente processo de aproveitamento dos recursos renováveis existentes através de uma eficiente organização

da disposição do tecido urbano de modo a que se verifique um aumento significativo dos benefícios energéticos tanto em processos de aquecimento ou arrefecimento como de iluminação e ventilação natural, verificando-se assim uma redução do consumo de combustíveis convencionais. Além dos evidentes benefícios relacionados com a performance energética, o objetivo do conceito passivo é permitir que os agentes responsáveis possam desenhar edifícios energeticamente eficientes e de elevado conforto térmico e lumínico, rodeados por agradáveis espaços públicos, o que permite aos seus ocupantes poderem desfrutar de um maior contacto com o exterior através do acesso permanente de luz natural e ar fresco [80].

4.3.3.2. Elementos a considerar no desenho urbano passivo

Elementos como o factor de céu visível, densidade populacional, uso e ocupação do solo e estrutura do edificado possibilitam a criação de diversas oportunidades e diferentes estratégias que influem na melhoria do desempenho energético global do edifício. Definir essas diferenças e entender a sua importância relativa aos critérios de sustentabilidade estabelecidos permitem à equipa responsável do projecto seleccionar a melhor combinação de estratégias e alternativas que irão satisfazer os proprietários e ocupantes da área urbana em questão [81].

Factor de Céu Visível

O factor de céu visível, corresponde à secção existente e geralmente viária que se encontra limitada pelas edificações adjacentes. A sua configuração no que diz respeito à relação entre a altura do edificado e a largura viária afecta a temperatura superficial, o fluxo de ar, a radiação e a iluminação solares de modo distinto conforme as diversas zonas existentes ao longo da altura das edificações. As formas do edificado apresentam igualmente uma forte influência na determinação do factor de céu visível, visto que para uma determinada forma do edificado, o factor de visão do céu diminui com o aumento da densidade e ocupação do solo devido ao lógico aumento da densidade de construção que cria um maior obstáculo a nível de obstrução e sombreamento [82].

Este elemento demonstra, portanto, efeitos directos no clima urbano e nas condições térmicas e energéticas da área urbana local. Verifica-se assim que o factor de céu visível condiciona o significativamente o desempenho energético das edificações [82].

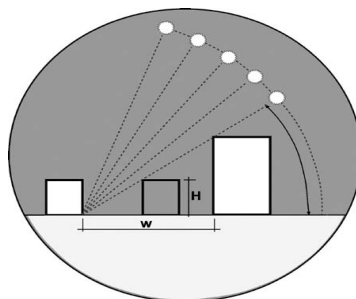


Figura 4.15 - Consideração do factor de Céu Visível para acesso da radiação solar aos edifícios [82].

Densidade Populacional, Uso e Ocupação do solo

Os parâmetros e directrizes relativos à densidade populacional, uso e ocupação do solo correspondem aos principais elementos urbanísticos de definem a morfologia urbana e que combinados com as características climáticas locais, resultam em diferentes níveis de conforto e de desempenho energético, tal como na própria dinâmica sócio-económica da área [83].

Com a expansão das áreas urbanas, a sectorização de usos urbanos tem se apresentado cada vez menos viável, tanto pelo maior tempo de viagem envolvido em vencer longas distâncias como também pelos constantes congestionamentos na circulação e transportes urbanos. Assim e conforme explica Walton (2007), o desenvolvimento urbano baseado em densidades moderadamente elevadas providenciando uma variedade de densidades construídas e diferentes tipologias de edificações de uso misto, através da aproximação da oferta de bens e serviços de carácter quotidiano e disponibilidade de empregos, tem demonstrado reconhecidos benefícios. Entre esses benefícios importa ressaltar a maior eficiência no uso da energia, do espaço público e edificações; Vitalidade urbana e um maior e conveniente acesso às diversas actividades económicas e sociais [83].

Campo Edificado

Os edifícios por serem considerados elementos centrais do consumo energético nas áreas urbanas, necessitam de uma pormenorizada identificação e seleção de estratégias que resultem em elevados níveis de eficiência energética e cujas características e resultados sejam passíveis de estimar ao nível do macroplaneamento de áreas de desenvolvimento urbano. Segundo Santamouris (2001), as principais intervenções para uma redução do consumo energético verificam-se na sua adequação a nível do seu formato e configuração às características, e onde a sua função passa por explorar as influências positivas, como é o caso do aproveitamento de iluminação e ventilação natural, e reduzir as negativas, como é o exemplo do excesso de radiação solar. Deste modo, o desempenho energético da edificação depende principalmente da localização, orientação, forma e volumetria do espaço urbano edificado e público [84].

4.3.3.3. Estratégias energeticamente eficientes

Na presente fase importa detalhar as principais estratégias identificadas como relevantes à elaboração do plano de desenho e que abrangem a configuração e estruturação do tecido urbano geral da área a projectar através de soluções passivas com o objectivo global de proporcionar um conforto ambiental e uma redução do consumo energético total. A adequação das principais características dos diversos elementos que compõe o tecido urbano, de acordo com os critérios de eficiência energética e qualidade ambiental, exhibe-se como um aspecto fundamental do planeamento urbano sustentável. Apenas na fase seguinte de simulação e formulação da proposta final, é que se encontram mencionadas as estratégias de soluções e sistemas passivos relativas ao planeamento de edificações a

construir, elaborando-se apenas nesta fase um plano geral e preliminar do modelo de desenho urbano. Deste facto, menciona-se as principais estratégias energeticamente eficientes relacionadas à morfologia urbana de acordo com os elementos considerados como essenciais à sua implementação em meio urbano.

Malha Urbana

Uma escolha adequada da malha urbana representa uma condicionante fundamental em novos projectos de desenvolvimento dadas as consequências directas na eficiência energética da cidade. A extrema relevância deste elemento verifica-se no processo de planeamento e organização de novas áreas urbanas, na medida em que propõe formas que não inviabilizam a exposição solar na estação de Inverno e, simultaneamente, actuam na prevenção dos ganhos solares excessivos na estação de Verão [83].

A disponibilidade e aproveitamento, a nível local, dos recursos naturais existentes é condicionado por componentes internos à malha urbana, como é o caso do ângulo de obstrução do factor de céu visível ou orientação, altura e disposição dos edificios. Para uma orientação a nível climático do desenho urbano tendo em vista a promoção do conforto e eficiência energética, é apresentado várias recomendações relativas à formas urbana mais favorável ao desempenho energético global aproveitando ao máximo a sua exposição solar e capacidade natural de ventilação [83].

Stemers (2009), sugere que uma disposição aleatória do tecido urbano é, geralmente, benéfica. Em prol de uma maximização de visão do céu aberto a partir do solo, a aleatoriedade horizontal da malha urbana apresenta-se como um factor de maior influência do que a aleatoriedade vertical. No que à exposição solar diz respeito, embora o significativo impacto da aleatoriedade horizontal dependa de elevadas densidades ocupacionais, o seu efeito é negligenciável em casos de densidades reduzidas. Assim, na configuração da malha urbana, uma importante recomendação é a implementação da aleatoriedade horizontal do espaço edificado, isto é, dada a mesma quantidade de área útil, é mais desejável proceder à disposição de blocos de construção em formato disperso do que em matrizes uniformes. É recomendado ainda disposições com edificios de maior altura, menor ocupação do solo e maior quantidade de espaços abertos, contrariando uma configuração assente em edificios de menor altura e maior ocupação do solo. Na figura seguinte observa-se-se a situação mencionada [82].

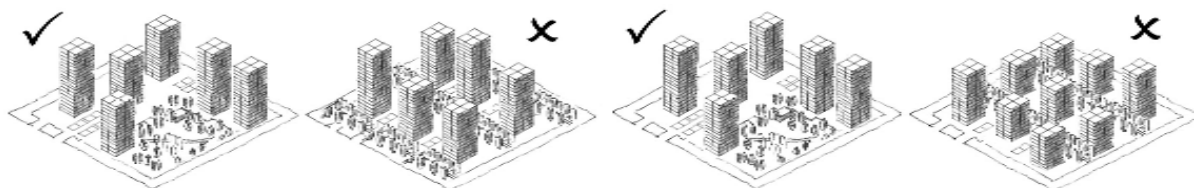


Figura 4.16 - Exemplo de aleatoriedade horizontal no caso do lado esquerdo e reduzida ocupação do solo no caso do lado direito [82].

Relativamente às vias rodoviárias, a definição da sua largura tem influência significativa sobre a exposição e acesso total de radiação, isto é, quanto maior largura se verificar, maior será o valor de radiação global a incidir. Para limitar o aquecimento excessivo no período de verão, pode-se optar por ruas mais estreitas conjuntamente com um tecido urbano de maior densidade. No entanto, do ponto de vista de maximização dos ganhos solares no inverno, quando as exigências de calor se demonstram maiores, o aumento da largura de ruas é preferível. Isto é especialmente evidente para edificações situadas em ruas de direcção este-oeste, já para casos situados na direcção norte-sul, a largura da rua apresenta-se como um factor de muito menor influência sobre os ganhos solares passivos. Embora a direcção pela qual as ruas estão orientadas dificilmente se apresente como um factor de influência na incidência total de radiação solar, verifica-se uma relação directa na distribuição da mesma sobre a superfície urbana, afectando consequentemente o potencial de aquecimento solar passivo do espaço habitacional. No período de verão, ruas direccionadas no sentido este-oeste produzem grandes valores de radiação solar tanto ao amanhecer como ao anoitecer, enquanto que comparativamente aos casos orientados segundo Norte-Sul, estes fornecem várias opções de sombreamento durante as horas mais quentes do dia [85].

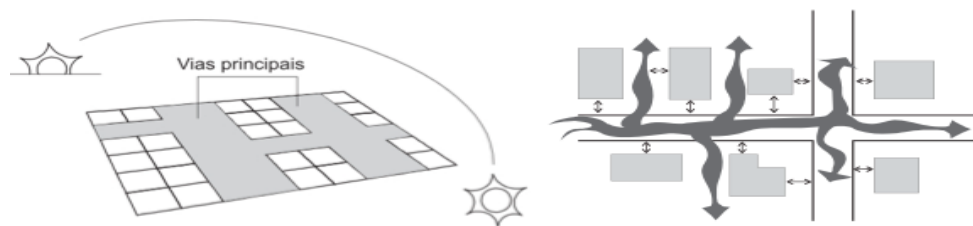


Figura 4.17 - Exemplo de orientação das ruas em função da exposição solar (figura da esquerda) e exemplo de afastamento dos lotes (figura direita) [68].

Destes factos, pode-se afirmar que uma malha urbana energeticamente eficiente teria ruas direccionadas segundo o eixo este-oeste com uma largura de dimensão considerável e alinhada com edificações orientadas para sul. Transversalmente a estas seriam projectadas ruas estreitas segundo a direcção norte-sul, o que proporcionaria ganhos solares interiores equilibrados e conforto térmico nas áreas exteriores [85].

Distribuição de Áreas Verdes

A vegetação é um factor importante na alteração do micro-clima local, dado que a sua adequação se apresenta como uma excelente opção na protecção para diversos processos do ecossistema urbano. Embora pouco utilizado, as áreas verdes são, no âmbito energético, um elemento de referência, pois a sua implementação permite mecanismos de sombreamento selectivo durante as estações mais quente, reduções de temperatura urbana por processos de evapo-transpiração, redução da velocidade dos ventos e filtragem de poluentes. Os elementos verdes presentes nos espaços livres têm uma contribuição activa elevada sobre o nível de conforto ambiental e social. A variável social no

conforto ambiental proporcionado por estas unidades arbóreas, é um dos aspectos do estado de integração e adaptação à vida urbana para a população que ocupa o recente local [81].

Para evitar o sobreaquecimento no Verão, é aconselhado a implementação de árvores de folha caduca na zona norte das ruas de direcção este-oeste, possibilitando-se desta forma um mecanismo de sombreamento para as fachadas e áreas rodoviárias mais expostas ao sol. No inverno, com as árvores mais despidas é permitido um maior acesso e exposição solar [81].

4.3.3.5. Processo – Plano de Desenho Urbano

Esta proposta assente em estratégias energeticamente eficientes, possibilita através da elaboração de diversas opções, a concepção de uma proposta preliminar de desenho relativo à morfologia e edificação urbana.

Em torno deste objectivo torna-se essencial a constante utilização de precisas ferramentas computacionais que forneçam à equipa responsável o auxílio e a informação ao desenvolvimento de um conceito de desenho urbano que minimize os consumos energéticos e os respectivos custos associados desde a sua fase inicial. Assim, a modelação computacional pode ajudar a lidar eficazmente com a complexidade das questões intrínsecas ao desenho urbano passivo, identificando e resolvendo problemas de conforto e maximizando a performance energética do edifício, proporcionando assim um processo de análise e aperfeiçoamento do projeto [86].

Dito isto, torna-se fundamental na elaboração do projecto a identificação da plataforma ideal para o seu desenvolvimento no âmbito do planeamento energético urbano. De acordo com isto, é importante que o software escolhido consiga fundir no plano de desenho urbano as características relevantes dos distintos mas importante grupos: CAD e GIS [86].

Assim, o objectivo da ferramenta computacional é: em primeiro lugar, ler os dados relacionados ao potencial geográfico local através de uma plataforma GIS para a formulação e descrições de programas adequados; posteriormente possibilitar a produção de soluções alternativas de concepção que satisfaçam os objectivos pretendidos; e, finalmente, avaliar as soluções de desenho existente por forma a obter resultados satisfatórios e determinar o valor intrínseco de cada solução em relação aos indicadores de sustentabilidade [86].

Na aplicação da proposta metodológica através da utilização constante de ferramentas computacionais de desenho urbano estão previstas as seguintes fases principais:

- 1) A primeira fase a ser considerada é a identificação e a análise do potencial geográfico local efectuada anteriormente através dos elementos condicionantes como a radiação solar e orientação das encostas, ventos, geomorfologia, vegetação e espécies arbóreas, actividades económicas, sociais e culturais, entre outras. Com base nesses dados procede-se à definição dos factores estratégicos de sustentabilidade a implementar em todo o projecto e na qual todo o plano de desenho urbano se irá basear. Após esta análise e devida avaliação encontram-se reunidas as condições para o início do esboço de desenho urbano.

- 2) Interessa inicialmente nesta fase, analisar os padrões básicos de formato urbano e indicadores morfológicos, de forma a posteriormente se proceder à concepção e direcção do plano na sustentabilidade desejada e correspondente às características locais. À luz do potencial geográfico e das directrizes climáticas para as condições locais, estes dados são utilizados para a definição e composição das tipologias da malha urbana, no que se refere à sua forma, orientação e densidade para a área em questão. A previsão de diferentes tipologias de malhas urbana, seja em relação à sua geometria ou densidade, contribui para a elaboração de várias opções de tecido urbano, possibilitando a sua comparação quanto às condições de insolação, ventilação e aproveitamento do solo.
- 3) Após estas definições preliminares relacionadas à morfologia urbana, é pré-dimensionada a rede viária que serve os sistemas de transportes urbanos (passeios públicos, ciclovias, faixas gerais e faixas exclusivas). As relações que importa realçar na sua definição são os pontos de ligação já existentes, a topografia, orientação e exposição solar, ventos predominantes, fluxo de mobilidade e localização das diversas actividades locais. A largura viária é calculada com base nas premissas do ângulo de obstrução de céu visível e comparada com parâmetros de largura mínima do sistema viário, resultando nas secções viárias preliminares. Assim sendo, além da referência da largura mínima da secção viária, é possível definir uma configuração inicial com base na associação de elementos viários, tendo em conta várias capacidades e aplicações. A secção viária final corresponderá, portanto, ao maior valor entre a largura viária mínima e a largura mínima imposta pelo ângulo de obstrução de céu visível, de modo a que ambas as funcionalidades referentes à iluminação/ventilação natural e circulação/ transporte sejam satisfeitas;
- 4) Com base na definição anterior, procede-se à elaboração geral e preliminar da disposição e forma das edificações, entendidas como elementos básicos e condicionantes do projecto urbano a desenvolver. Dados relativos ao clima, tais como a disponibilidade de luz solar, fluxo de ventos e temperaturas externas e internas nos períodos de aquecimento e arrefecimento são tidos em conta para a sua definição preliminar. A oferta de diferentes padrões residenciais e comerciais, seja em volumetria ou em área, possibilitam o enriquecimento da dinâmica urbana local devido à multiplicidade dos interesses sociais e económicos da população. Conjuntamente a estes aspectos, são definidas também as dimensões e características gerais dos lotes a projectar.
- 5) Em seguida, as tipologias da malha urbana são relacionadas à orientação geográfica e à relação prevista da altura das edificações e largura viária, tendo em vista obter o melhor desempenho relativo ao factor de céu visível.

- 6) Após a elaboração dos diversos aspectos referentes à morfologia urbana e sistema rodoviário, procede-se à definição da localização dos serviços e espaços públicos. Considerando as diferentes características a que os espaços se podem destinar, os principais condicionantes na sua definição são: dimensão, forma, localização, orientação solar, tipo de solo e vegetação existente ou a implementar.

Ao proceder-se ao aproveitamento dos resultados e indicadores produzidos até então, resultam diversas opções de tecido urbano já compatíveis com os diversos condicionantes urbanos, e respectivos quantitativos gerais relativos a áreas ocupadas e número de edificações. As características do tecido urbano resultante apresenta-se como um modelo preliminar que consiste no somatório das diferentes opções produzidas nas etapas anteriores, o que produzindo um desenho flexível e eficiente relativo ao desempenho global das infra-estruturas, edifícios, rede viária e espaços públicos. Deste modo, os principais resultados desta etapa abrangem a proposta preliminar de uma configuração urbana da área em estudo, no que diz respeito à estruturação do tecido urbano, à quantificação e distribuição geral de edifícios e à definição do sistema rodoviário de acordo com as estratégias de eficiência energética empregues.

4.3.4. Simulação e Formulação da Proposta Final

4.3.4.1. Simulação Computacional como componente fundamental

Esta etapa de simulação e análise do plano de projecto é conduzida e elaborada através da modelação de diversos cenários que permitem prever as mudanças territoriais causadas pela implementação do desenho urbano já estabelecido. Este processo possibilita a tradução da proposta preliminar do plano desenvolvido em um modelo final de desenho urbano completo e preciso.

O paradoxo conflictuoso de interesses entre o desejo de modernização urbana e a vontade de protecção do meio ambiente pode ser atenuado com um planeamento adequado e elaboração de um desenho urbano inovador através de estudos e análises de origem computacional. Para o desenvolvimento sustentável das cidades no futuro, os estudos sobre o acesso solar e eólico deverão ser parte integrante do planeamento urbano moderno. Caso contrário, não só se transgride o princípio da igualdade de acesso a recursos naturais, como também se compromete as premissas básicas de conforto urbano para desfrute das futuras gerações [86].

Assim, em torno deste objectivo, torna-se essencial desde a sua fase inicial a constante utilização de precisas ferramentas computacionais que forneçam à equipa responsável o auxílio ao desenvolvimento de um conceito de desenho urbano que minimize os consumos energéticos e os respectivos custos associados. Através destas ferramenta possibilita-se a manipulação e controlo do zonamento do conjunto edificado, dando-lhe forma, localização, volumetria e orientação,

possibilitando ainda identificar e destacar áreas de especial interesse em termos do potencial de redução energética. Deste modo, a modelação computacional pode ajudar a lidar eficazmente com a complexidade das questões intrínsecas ao desenho urbano passivo, proporcionando então um processo de análise e aperfeiçoamento do projeto. A utilização paralela e constante de ferramentas computacionais irá ainda acelerar o processo de desenho urbano, ajudando na restrição da gama de soluções práticas, racionalizando neste sentido tempo e dinheiro. A utilização destes modelos na simulação e previsão do desempenho térmico, lumínico e energético dos edifícios torna-se cada vez mais eminente, apresentando-se a sua modelação cada vez mais como uma exigência condicional. Embora estas ferramentas possibilitem uma visão do potencial energético do edificado, é igualmente utilizado como uma ferramenta de optimização e comparação de diferentes modelos de desenho urbano. Todo o desenvolvimento urbano irá assim operar de forma mais eficaz dado que a equipa responsável terá na sua posse um maior número de informações sobre a interação entre as características locais e elementos constituintes do desenho urbano. O valor da simulação computacional no alcance de um edifício de significativa qualidade com um elevado potencial de eficiência energética, está a tornar-se bem estabelecido [87].

O objectivo da utilização constante destas ferramentas é, através da produção de soluções alternativas de concepção que satisfaçam os objectivos pretendidos elaborados na etapa anterior, avaliar as soluções de desenho existente por forma a obter resultados satisfatórios e determinar o valor intrínseco de cada solução em relação aos indicadores de sustentabilidade. Deste modo, a ferramenta deverá ser capaz de suportar um fluxo de trabalho iterativo para a obtenção de uma solução final do projecto [87].

4.3.4.2. Processo - Simulação e Formulação da proposta final

Para a presente etapa, entende-se ainda que a cada análise efectuada, se tenha presente a importância das estratégias para um modelo de ocupação energeticamente eficiente, permitindo a sua apresentação através de um conjunto de soluções passivas que visam a optimização do aproveitamento de recursos renováveis para um elevado conforto ambiental. De acordo com estas soluções pretende-se a concretização de um desenvolvimento de baixo consumo energético através da maximização das zonas passivas e minimização das zonas activas existentes.

Deste facto, apresenta-se as fases pertencentes à estrutura geral do processo de simulação e formulação da proposta final [60]:

- 1) Morfologia Urbana – Análise volumétrica**
- 2) Acesso Solar – Análise de sombreamento e factor de céu visível**
- 3) Iluminação Natural – Análise dos níveis de iluminação externa**
- 4) Potencial Solar – Análise da orientação e forma dos edifícios**

5) Potencial Eólico – Análise da orientação e forma dos edifícios

6) Consumo Energético – Análise do desempenho energético

7) Emissão de Carbono – Análise da emissão de poluentes

8) Formulação da Proposta Final

1) Morfologia Urbana

O estudo da volumetria do campo edificado é um instrumento que possibilita gerir o volume e, sobretudo, a área de superfície externa de troca térmica e lumínica com o ambiente exterior. É nas etapas iniciais de um planeamento urbano que se torna necessário a definição das directrizes de volumetria para que uma edificação não seja barreira a outra adjacente. Esta garantia de incidência solar nas edificações, exige dos agentes responsáveis a necessidade evidente de manuseamento de ferramentas computacionais, verificando-se métodos desenvolvidos para o controlo da volumetria construída em função da desejabilidade ou não de radiação solar e ventilação natural [83].

O potencial da volumetria do edificado em relação à maximização do seu desempenho energético depende de características urbanísticas favoráveis, principalmente nos aspectos relacionados à climatologia e morfologia urbana, apresentando um importante impacto nas condições de exposição solar e ventilação natural [83].

Quando se dá início ao estudo volumétrico já se possui uma base conceptual e um modelo preliminar de desenho urbano, elaborando-se posteriormente uma modelação tridimensional da proposta preliminar através de simulações volumétricas para o estudo dos edifícios propostos. Na elaboração de um projecto onde existam restrições volumétricas, a adequação da volumetria das edificações para a redução de ganhos de calor e aproveitamento de luz natural, é efectuada mediante a altura da condição topográfica existente e a orientação eficiente das fachadas [83].

Assim sendo, recomenda-se evitar configurações urbanas que barrem o acesso solar e ventilação natural com extensos e elevados blocos construídos da mesma altura e perpendiculares à direcção predominante dos ventos. Aconselhando-se então, uma aleatoriedade na disposição vertical e volumetria do edificado, dando-se primazia a edifícios isolados com alturas distintas e fachadas orientadas de forma oblíqua em relação à direcção dos ventos [82].

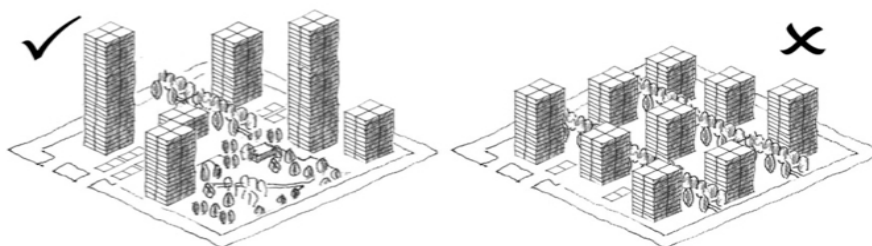


Figura 4.18 - Exemplo de aleatoriedade vertical como estratégia recomendada [82].

Através da análise volumétrica é construída automaticamente, e à medida que se avança no projecto, uma estrutura paramétrica em torno das suas formas mais complexas, oferecendo-lhe maiores níveis de controlo criativo, precisão e flexibilidade.

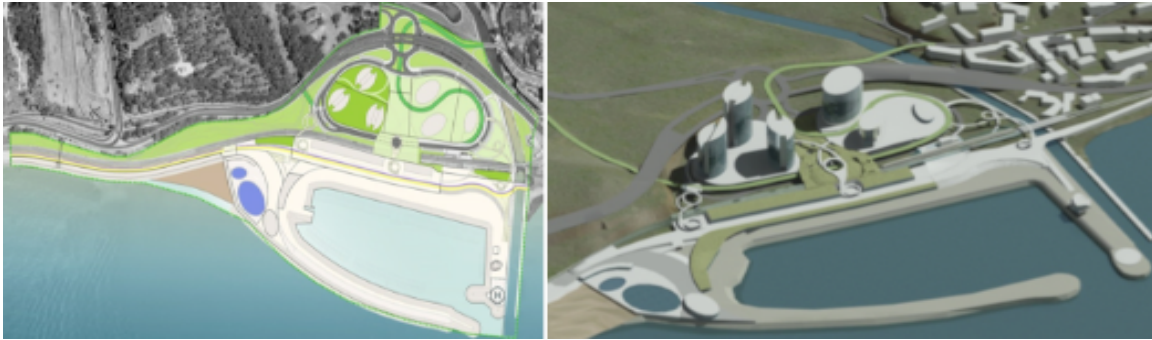


Figura 4.19 - Ferramenta computacional na análise volumétrica [74].

2) Acesso Solar

A disponibilidade e acesso solar tornou-se um desafio ambiental significativo em meio urbano, já que há um considerável interesse em estudar formas urbanas que maximizem a utilização e aproveitamento de energia solar, seja por meios passivos ou activos. É um indicador importante para a sustentabilidade energética em comunidades locais. O método tradicional na procura da melhor configuração urbana é parametrizar as variáveis relevantes e relações espaciais que descrevem o campo do edificado, determinando qual a melhor combinação destes parâmetros na maximização do potencial de utilização de energia solar.

Entre as características presentes no desenho solar passivo, a orientação do campo edificado apresenta-se como um factor de elevada importância, principalmente no que diz respeito ao acesso solar e iluminação natural. Pequenas mudanças nas decisões em torno da orientação do edificado com base nas condições climáticas e regionais, pode ajudar significativamente na optimização e maximização da utilização de energia renovável produzida pelo ambiente local [88].

Para o plano de desenho urbano desejado, é recomendado que a orientação dos edificios seja diposta segundo os eixos de direção Este-Oeste, de modo a que as fachadas de maior dimensão se encontrem orientadas para Norte-Sul e as fachadas de menor dimensão orientadas segundo Este e Oeste. Deste modo, a orientação Sul receberá radiação solar máxima durante os meses de inverno e as fachadas Este e Oeste estarão expostas à radiação solar máxima durante o verão. Nos períodos mais quentes, a face voltada a Sul deve ser complementada com um sistema de sombreamento para que os ganhos não sejam excessivos, o que pioraria o conforto interior ao invés de o melhorar. Deste modo, permite-se melhorar o balanço térmico, baixando os consumos energéticos dos sistemas de aquecimento e arrefecimento [88].

Já no que diz respeito ao formato dos edificios, a sua forma exhibe-se como um elemento urbano de considerável impacto no acesso à exposição solar, assim como na taxa de perda ou ganho de

calor através da fachada exterior. O volume do espaço interior que necessita de ser aquecido ou arrefecido e a sua relação com a área da fachada afecta o desempenho térmico do edifício e determina de igual modo o padrão de fluxo de ar em torno de si mesmo, afectando directamente toda a ventilação natural do local. No que á compacidade do edificado se refere, e de acordo com Baker e Steemers (2000), o consumo de energia para efeitos de iluminação poderia ser reduzido para metade se plantas mais compactas fossem adoptadas, possibilitando deste modo uma maximização dos ganhos de calor e radiação solar [89].

É possível abordar os problemas de acesso solar a partir do ponto de vista oposto, examinando a radiação solar que é bloqueada e o respectivo sombreamento provocado pelo edifício / topografia adjacente. Este tipo de estudo pode ser útil na análise do impacto de um novo desenvolvimento com edifícios ou espaços abertos circundantes, sendo amplamente utilizado na configuração e disposição dos conjuntos habitacionais, por forma a evitar processos de sobreamento em casos de sobreposição. Assim, através da análise da latitude e clima local como também pela consideração cuidada do cálculo do ângulo de obstrução relativo ao factor de céu visível, possibilita-se uma avaliação dos níveis de sombreamento existentes, de modo a que se obtenha informação suficiente para a devida orientação dos edifícios urbanos [88].

Esta fase tem como objectivo simular e avaliar o acesso de radiação solar no modelo de desenho proposto tridimensional. O estudo topográfico associado às análises volumétricas e sua modelação apropriada é extremamente importante para a precisão e exactidão dos resultados esperados. A fim de analisar as variações de acesso solar, em termos da sua direcção, dimensão e duração relativa a mecanismos de sombreamento, o método de simulação divide-se em duas fases fundamentais: domínio de sombreamento do campo edificado e avaliação da disponibilidade solar.

Domínio de Sombreamento do campo edificado

O domínio de sombreamento pode ser definido como o limite de área total sombreada durante todo o ano, sendo avaliado através de análises de comprimento e diagramas de sombreamento. Em relação ao estudo do seu comprimento, o curso solar é simulado no período de verão e inverno, apresentando dados numéricos para a determinação dos limites de área sombreada e valores mínimo e máximos de comprimento de sombreamento. Os diagramas de sombreamento são produzidos a fim de compreender as suas dimensões em termos de forma, direcção e extensão total. O mesmo método é aplicado aqui, calculando os seus valores para as datas mencionadas [90].

Avaliação da disponibilidade Solar

Embora os diagramas de sombreamento exibam as dimensões e limites da área afetada, para a uma avaliação dos efeitos de sombreamento de uma forma holística, deve-se também analisar a quantidade total de radiação solar bloqueada durante um ano. A quantidade total de sombreamento sobre a superfície durante um período de tempo dá um valor cumulativo da redução no acesso solar de

uma superfície. A zona de estudo é então analisada através de percentagens de sombreamento (%) por forma a determinar as áreas mais afectadas pela obstrução de radiação solar. Verifica-se assim a importância dos mecanismos de sombreamento na análise e avaliação do acesso solar em meio urbano [90].

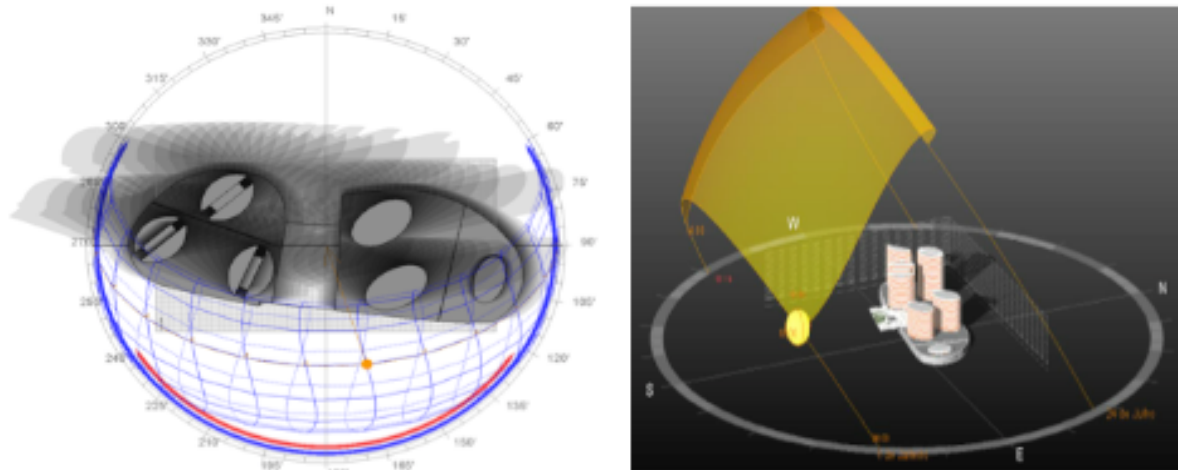


Figura 4.20 - Ferramenta computacional na análise ao acesso solar [74].

3) Iluminação Natural

A eficiente utilização da iluminação natural é uma característica importante de um desenho urbano sustentável, visto que além de ajudar a criar um ambiente visualmente estimulante e produtivo, pode tornar o edifício menos dependente de energia elétrica normalmente consumida por mecanismos de iluminação artificial, permitindo assim a redução dos custos totais associados até um terço. Uma estratégia de iluminação natural bem delineada depende maioritariamente da orientação das superfícies do campo edificado, devendo ser cuidadosamente projectada de forma a obter os benefícios máximos de iluminação disponível no local do projeto [87].

A análise relativa à iluminação natural é então medida através da quantidade de luz natural do céu (iluminância) e quantidade reflectida pelas superfícies (luminância) no ambiente externo. Geralmente, há duas componentes comuns nos processos de simulação e análise de iluminação natural, são eles o factor de luz do dia e os níveis de iluminâncias sob céu aberto. O factor de luz do dia é definido como a relação entre a iluminação num ponto de superfície sujeito a radiação solar e a iluminação externa horizontal sob céu nublado CIE. A análise do factor luz do dia auxilia as decisões relacionadas com a geometria e funcionalidade do edifício, como também as suas propriedades e materiais de superfície (cor, transmitância e refletância). Ambos os indicadores são devidamente calculados através de ferramentas computacionais [91].

Através da simulação e análise de iluminação natural será possível à equipa responsável pelo projecto, uma maior e mais clara compreensão e avaliação das medidas de iluminação natural, tais como factores de luz natural, níveis de iluminação natural, iluminância e luminância, assim como

também uma otimização dos recursos e estratégias de desenho urbano para a melhoria da iluminação natural a implementar no projecto.

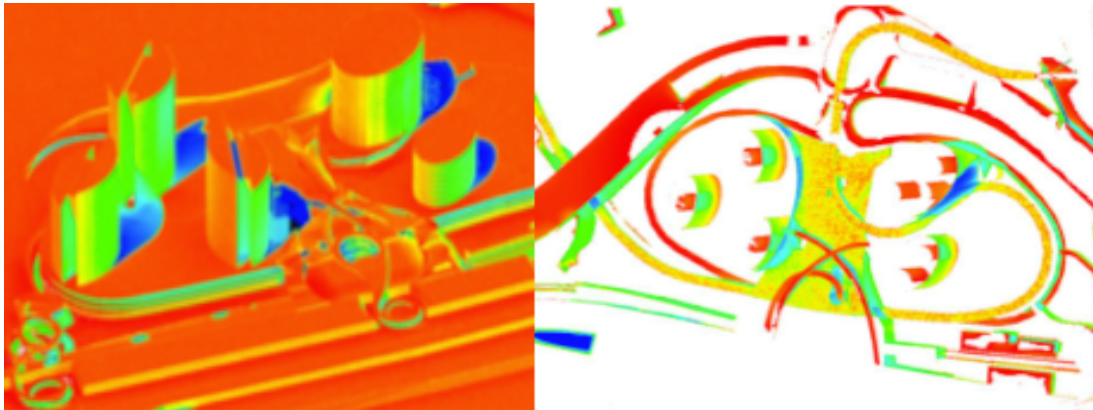


Figura 4.21 - Ferramenta computacional na análise à iluminação natural [74].

4) Potencial Solar

No projecto a desenvolver, a análise do potencial solar auxilia no processo de localização e implementação de painéis solares e fotovoltaicos bem como na quantidade de energia produzida através destes mecanismos. Os painéis fotovoltaicos são uma excelente fonte de produção de energia através de recursos renováveis e onde a quantidade de energia produzida depende significativamente dos níveis de insolação locais e eficiência do painel a implementar [28].

Os detalhes da análise mostra o potencial de cada superfície exterior do projecto na produção de energia eléctrica através da utilização destes painéis, assumindo-se a sua implementação em superfícies inclinadas, horizontais ou verticais. Através da simulação computacional podem ainda ser analisados três níveis distintos de eficiência que reflectem a capacidade do sistema fotovoltaico na conversão de luz solar em energia eléctrica. Estes valores de eficiência são assumidos como sendo de 5%, 10% e 15% para sistemas de baixa, média e alta eficiência. Esta análise possibilita assim a otimização de estratégias de desenho urbano passivo e sistemas solares fotovoltaicos, por forma a maximizar o potencial de produção de energia [92].

O potencial de produção de energia através destes sistemas pode ser calculado através da multiplicação dos valores de radiação solar incidente pelo nível de eficiência e área do painel, tornando-se possível estimar o potencial de produção de energia. Os valores de radiação cumulativa a verificar no processo de análise irá fornecer informações sobre o montante total que pode ser produzido por um determinado período e a quantidade de energia que pode ser poupada durante esse mesmo período. Os valores de pico de radiação solar irão transmitir os valores máximos que se pode esperar a nível de produção energética, parâmetro este que se apresenta útil no conhecimento da maior parte de energia que vai ser possível extrair do sistema em tempo real [92].

Deste modo, as ferramentas de análise de potencial solar permitem avaliar o potencial solar de

toda a superfície externa do modelo de construção, possibilitando a escolha de quais as superfícies ideais para a instalação de painéis solares e fotovoltaicos.

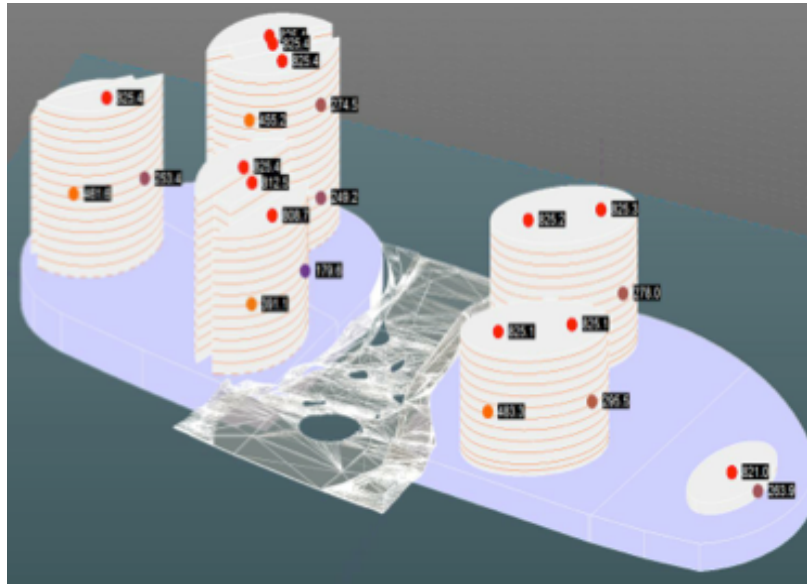


Figura 4.22 - Ferramenta computacional na análise ao potencial solar [74].

5) Potencial eólico

A ventilação natural é um fluxo livre reconhecido como um recurso passivo que possibilita o arrefecimento ambiental nas estações quentes e ar fresco nos demais períodos. A utilização de estratégias passivas de ventilação natural elimina a necessidade de utilização de sistemas mecânicos podendo proporcionar um controlo sobre o conforto térmico dos ocupantes, aproveitando as condições climáticas naturais através de pouco ou nenhum custo adicional associado. A estratégia de ventilação natural vai depender, logicamente, da velocidade e direcção do vento presente no local designado ao projecto. Compreender os padrões de ventos predominantes exhibe-se útil quando se trata de conceber formas de aproveitamento e maximização da ventilação natural ou na protecção de desconfortáveis condições do vento. O tamanho e forma do volume edificado e a sua relação com o modelo geométrico pode ter um impacto significativo sobre o fluxo de ar calculado [93].

Uma boa estratégia de ventilação natural requer a localização de adequadas aberturas em zonas de pressão opostas. O mecanismo de troca de ar entre as duas camadas é uma função entre o espaçamento relativo do edifício (altura / espaçamento) e a sua largura relativa (largura / altura). As ruas poderão então ser orientadas segundo a direcção dos ventos predominantes de forma a fornecer um caminho de ventilação constante e de baixa velocidade. Embora o alinhamento das ruas com vento predominante melhore o processo de ventilação, numa grande malha de formato ortogonal, as ruas perpendiculares à direcção do vento têm menores taxas de ventilação. Para melhorar a ventilação nas ruas perpendiculares às direcções do vento predominantes, ruas mais largas de inferior relação altura/largura do edifício poderão ser implementadas [94].

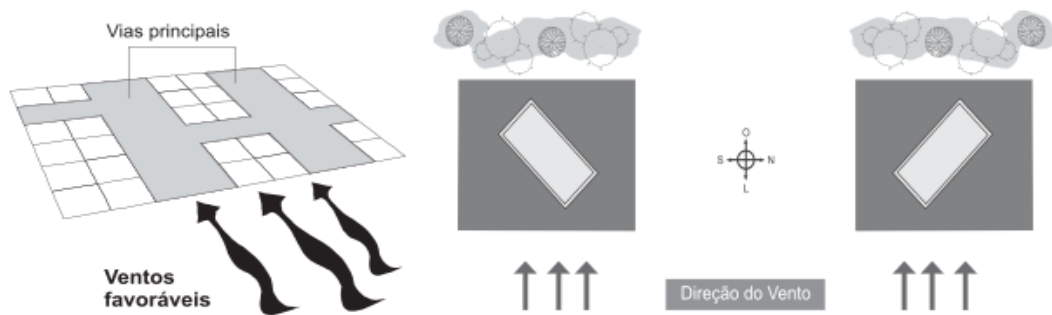


Figura 4.23 - Exemplo de melhor aproveitamento dos ventos (figura esquerda) e casos de implantação do campo edificado com inclinação máxima de 45° da direcção dos ventos predominantes [68].

As ferramentas de simulação permitem estudar de forma dinâmica as condições de vento locais e simular as suas interações físicas com o projecto a desenvolver, como é o caso do impacto da velocidade do vento, direcção e frequência relativa. Os principais dados a retirar da análise de ventilação natural são então:

- **Fluxo de ar exterior:** ferramentas bidimensionais e tridimensionais que fornecem uma elevada compreensão visual de como o ar flui no desenvolvimento urbano a projectar.
- **Conforto relativo a peões:** simulações tridimensionais das principais vias de circulação e fluxo de ar fornecendo assim uma indicação do potencial impacto sobre o conforto dos peões.
- **Optimização do desenho urbano:** maximização da energia produzida pela acção do vento
- **Cálculos energéticos:** cálculos preliminares da quantidade de energia produzida por sistemas eólicos.

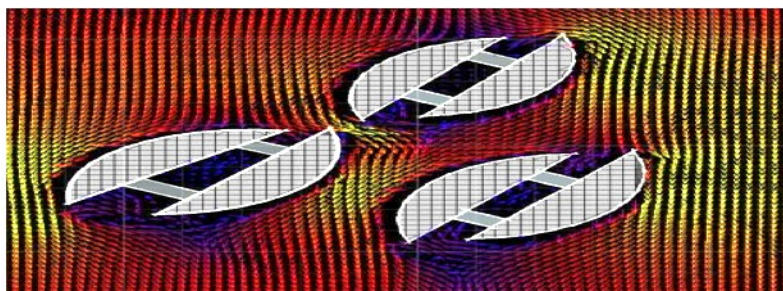


Figura 4.24 – Ferramenta computacional na análise do potencial eólico [74].

6) Consumo Energético

No desenvolvimento de projectos urbanos com elevados padrões de eficiência energética torna-se fundamental a compreensão do consumo energético dos edifícios e fazer o seu melhor na redução e correspondência desses consumos por meio de estratégias de desenho passivo.

A análise energética de um projecto urbano é uma ferramenta que oferece uma compreensão preliminar de como o modelo criado responde ao contexto e clima local. Uma das componentes que importa notar é a capacidade de analisar os pressupostos e resultados energéticos do modelo

desenvolvido em um organizado e conciso formato gráfico. Além de possibilitar a fácil visualização dos parâmetros que influenciam os resultados obtidos, existem também a clara capacidade de comparação dos diferentes resultados. Pode-se destacar algumas das comparações mais significativas a partir desta análise [95].

Utilização / Custo do Ciclo de Vida Energético

Geralmente, comparar o custo de ciclo de vida é uma métrica importante no equilíbrio do desenho ambiental, dado que resume o consumo de energia estimado e o custo associado ao longo da vida dos edifícios assumindo-se uma vida útil de 30 anos. No âmbito da análise energética, este gráfico compara o uso de energia estimada por meios de combustíveis fósseis e eléctricos. O custo de energia anual e informações sobre o consumo energético podem fornecer comparações de custos energéticos extremamente importante nas decisões iniciais do projeto [95].

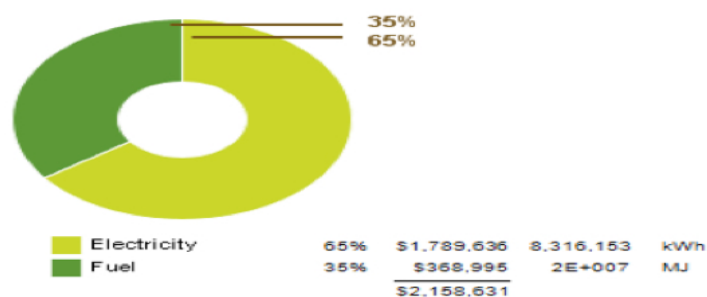


Figura 4.25 – Ferramenta computacional na Utilização / Custo anual de Energia [95].

Intensidade de utilização de energia

A intensidade de uso de energia, IUE, é uma unidade de medida que descreve e representa o uso de energia consumida por um edifício, em relação ao seu tamanho podendo, como tal, ser informativo na comparação de opções de diferentes tamanhos [93]. A IUE referente a combustíveis fósseis representa a quantidade total de combustível que é necessário para operar o edifício, comparando o seu uso para processos de aquecimento, ventilação, ar condicionado e uso de água quente sanitária. O gráfico mostra os valores percentuais de uso total de combustível e custos associados para cada uso final [95].

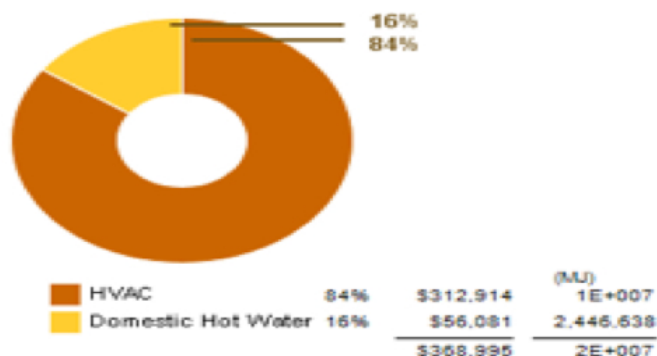


Figura 4.26 – Ferramenta Computacional na Utilização de energia - Combustíveis fósseis [95].

A IUE referente a eletricidade representado gráficamente refere-se à quantidade total de energia elétrica necessária para a operacionalidade dos edifícios, demonstrando o seu uso para mecanismos finais de climatização, iluminação e equipamentos. Para cada uso final, o gráfico mostra os valores percentuais de uso total de energia elétrica, custos associados e de quilowatts-hora[95].

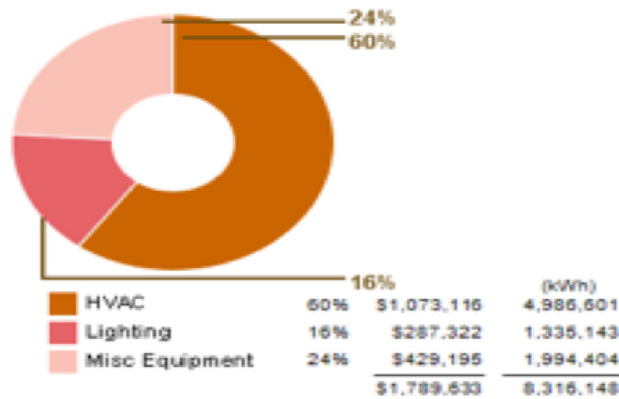


Figura 4.27 – Ferramenta computacional na Utilização de energia – Electricidade [95].

O IUE Total resume as duas análises, incorporando toda a transmissão, entrega e perdas de produção, permitindo assim uma avaliação completa da eficiência energética.

Consumo energético Mensal

Para a redução do consumo energético nas necessidades de arrefecimento e aquecimento em operações futuras do projecto a desenvolver, é possível a concepção de gráficos mensais para a identificação dos componentes críticos no uso de energia do campo edificado. Na interpretação destes resultados de carácter mensal, é possível apreender onde se procedem os maiores e menores valores energéticos quer seja por mecanismos de origem eléctrica ou para processos de aquecimento e arrefecimento [95].

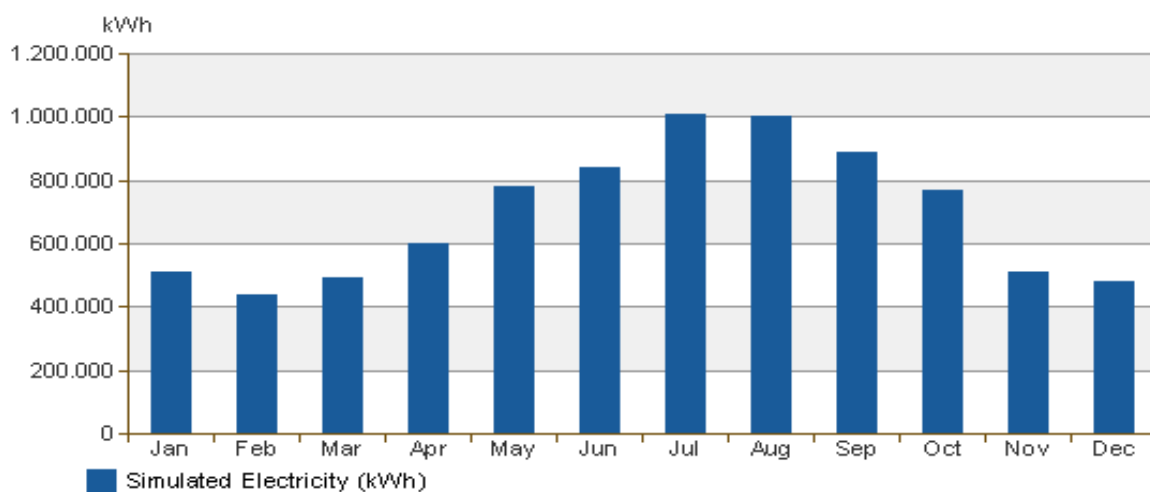


Figura 4.28 - Consumo eléctrico mensal [95].

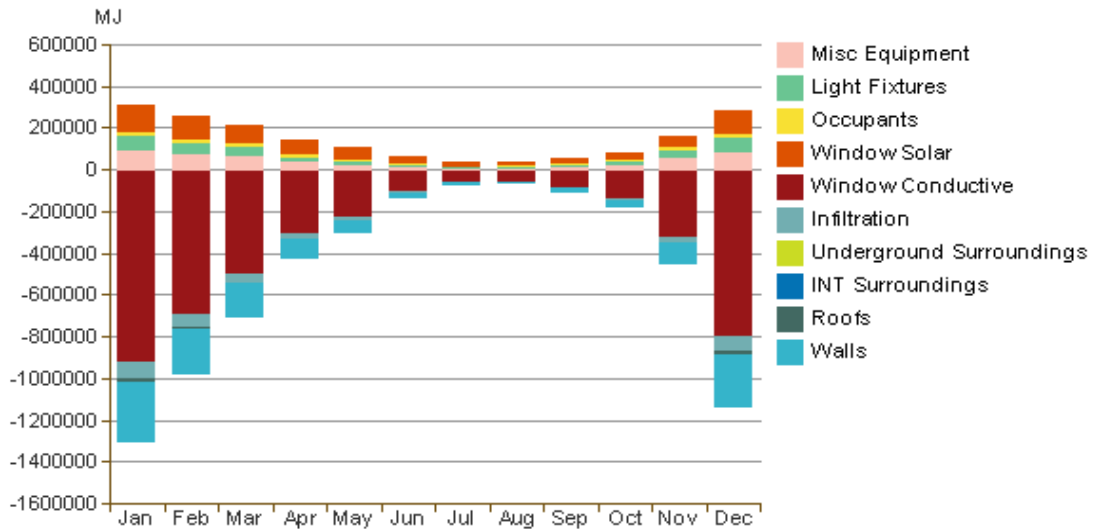


Figura 4.29 - Consumo energético para processos de aquecimento [95].

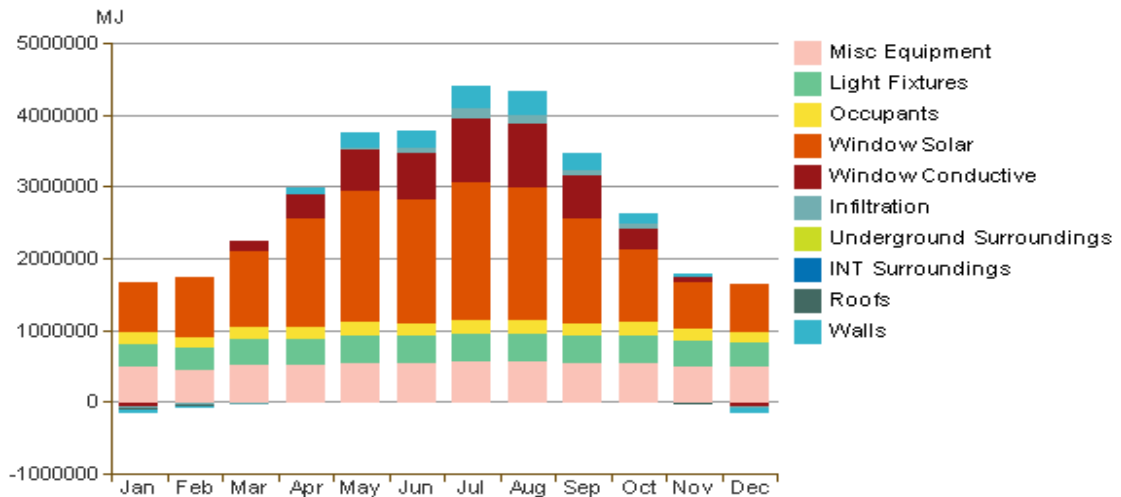


Figura 4.30 - Consumo energético para processos de arrefecimento [95].

Esta simulação e análise do consumo energético do projecto urbano a desenvolver permite a compreensão dos fluxos e mecanismos energéticos a ocorrer no campo edificado. Trata-se assim duma análise vital na validação do projecto de desenho urbano elaborado.

7) Emissões de Carbono

Nesta etapa de simulação, torna-se ainda importante a apresentação de informação que resuma as emissões estimadas de carbonos associadas ao consumo de energia para o modelo urbano em análise. Com esta metodologia, procura-se métodos de redução das emissões de carbono através de estratégias energeticamente eficientes. Detalhes desta análise indicam a quantidade total de emissões de carbono através do diferencial entre o consumo energético do projecto e o seu potencial de produção [95].

Uso de Energia CO₂ – Potencial de produção de Energia CO₂ = Total de CO₂

- **Uso de energia CO₂** - Estimativa anual de emissões de CO₂ para a eletricidade e consumo de combustível para o modelo analisado.
- **Energia potencial de geração de CO₂** - O número negativo representa toneladas de carbono que potencialmente podem ser removidas do projeto através da utilização de energia renovável em vez de energia elétrica. Este valor inclui o potencial renovável dos painéis fotovoltaicos e o potencial de energia eólica com base no clima local e morfologia urbana.
- **Total de CO₂** - Total de emissões de CO₂ provenientes do diferencial entre o consumo energético do projecto e o potencial de produção de energia.

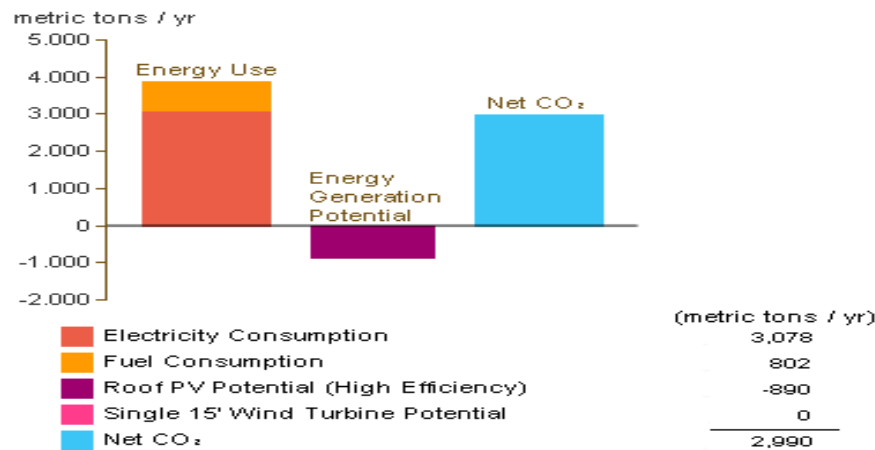


Figura 4.31 - Quantidade total de emissões de carbono calculada através do diferencial entre o consumo e potencial de produção energética [95].

8) Formulação da proposta final

Nesta fase final, ao proceder-se ao aproveitamento dos resultados e indicadores produzidos até então, resulta uma opção de tecido urbano já compatível com os diversos condicionantes urbanos, e respectivos quantitativos gerais relativos à maximização do aproveitamento e desempenho energético. As características do tecido urbano resultante apresentam-se como o somatório das diferentes opções produzidas nas etapas anteriores, produzindo um desenho flexível e eficiente relativo ao desempenho energético das infra-estruturas, edifícios, rede viária e espaços públicos. No que à componente de avaliação e decisão diz respeito, esta etapa oferece mecanismos de análise e recursos de visualização que se exibem como métodos essenciais no apoio ao processo de avaliação e decisão da proposta final. Estas características podem ser usadas na produção de uma ampla variedade de análises e respectiva decisão para a formulação da proposta final entre as diversas opções de concepção.

4.3.5. Implementação

4.3.5.1. Processo Geral

Um dos maiores desafios com que o desenvolvimento de projectos sustentáveis se depara é a articulação e transição do processo de planeamento para a etapa de implementação. Esta etapa constitui-se como essencial na execução dos objectivos de sustentabilidade definidos no plano e alcançáveis pela estratégia utilizada no desenvolvimento do projecto. Geralmente, o processo de implementação apresenta-se complexo devido ao largo envolvimento de diversos agentes durante um longo período de tempo, tornando-se necessário um rigoroso processo de gestão, coordenação, monitorização e revisão. Esta última fase é uma característica fundamental do dinamismo do processo visto que admite retroalimentações constantes, possibilitando ajustar reciprocamente o estado real e o modelo básico adoptado, por forma a se atingir a qualidade ideal preconizada. É então nesta etapa que, idealmente, todas as intervenções a implementar no meio urbano deverão cumprir com as restrições e procedimentos já definidos, concentrando-se assim na criação de um processo pela qual as estratégias poderão ser desenvolvidas, monitorizadas e modificadas em torno de uma base contínua [96].

4.3.5.2. Envolvimento da Comunidade

A participação da sociedade civil na etapa de implementação constitui, em primeiro lugar, uma exigência de âmbito sustentável. Pretende-se que todos os parceiros sociais se envolvam na elaboração da presente estratégia e do seu plano de implementação, assumindo que, se o envolvimento efectivo dos cidadãos não for assegurado, a implementação do projecto urbano será claramente prejudicada. Um desenvolvimento de carácter sustentável e de elevados padrões de eficiência energética tem necessariamente de resultar num amplo debate público e de um envolvimento dos cidadãos na sua discussão.

Esta participação apresenta-se assim essencial visto que quando a comunidade não se encontra envolvida nos detalhes da implementação do projecto, esta poderá facilmente se desviar de um dos objectivos maiores do planeamento urbano: o conforto ambiental e social da comunidade local. Este envolvimento é igualmente importante para o sucesso e alcance das metas estabelecidas, uma vez que após um processo de planeamento complexo e intensivo, poderá haver um ligeiro tendenciosismo por parte dos agentes responsáveis para uma rápida implementação e concretização do projecto em desenvolvimento [97].

4.3.5.3. Fichas de implementação

De acordo com a afirmação "o que é medido tende a ser feito", o contínuo acompanhamento e avaliação de toda a etapa de implementação do projecto, auxilia a equipa responsável no entendimento do quão perto o desenvolvimento se encontra dos princípios e metas sustentáveis definidas. No acompanhamento e avaliação do fluxo de trabalho torna-se importante a elaboração de uma lista de

actividades de modo a se conseguir priorizar e conduzir eficazmente todas as acções essenciais ao projecto [97].

Deste modo, considera-se imprescindível a introdução de um instrumento que certifique a operacionalidade adequada e competente da implementação da proposta. Miguel Amado (2009) definiu na constituição da etapa de implementação do seu processo de planeamento urbano sustentável a preparação de fichas de implementação que aglutinam em si todas as acções a realizar dentro de cada uma das premissas de sustentabilidade. Para avaliar o processo de implementação do plano de acções e verificar o cumprimento dos objectivos e metas estabelecidos no âmbito da eficiência energética, são estabelecidas fichas de implementação das tarefas a executar para cada uma das acções do processo em função da dimensão e âmbito da proposta. Em prol de uma maior sensibilidade na adequação da sua aplicação, as mesmas fichas deverão possibilitar a indicação do nível de importância de execução entre as diferentes acções e o objectivo pretendido no âmbito dos elementos constituintes de sustentabilidade. Estas fichas, correspondentes a cada acção, deverão ainda promover e garantir uma concepção geral dos tópicos e conteúdos a observar durante a sua implementação. A gestão e orientação da aplicação deste instrumento deverá ser certificado por um agente responsável titular de uma concepção holística de todo o processo. Apresenta-se na figura seguinte a ficha de implementação, proposta por Miguel Amado (2005), a adoptar para cada uma das áreas a desenvolver nesta etapa final do projecto [16].

FICHA DE IMPLEMENTAÇÃO

≡ ACÇÃO

≡ LOCAL

≡ DATA

≡ DESCRIÇÃO

≡ NÍVEL DE IMPORTÂNCIA 1 2 3

≡ PROCEDIMENTOS

≡ OBJECTIVOS

.....
NÍVEL AMBIENTAL

.....
NÍVEL SOCIAL

.....
NÍVEL ECONÓMICO

Figura 4.32 - Proposta de ficha de implementação elaborada por Miguel Amado (2005) [16].

4.3.5.4. Monitorização

Apesar de todo o processo de planeamento, o ambiente e clima urbano encontra-se em constante transformação como resultado das actividades executadas ou de actividades não planeadas. Na etapa de implementação os agentes responsáveis deverão saber dominar, reagir e adoptar medidas emergentes aquando de situações prejudiciais ao sucesso do projecto. Esta etapa apresenta-se assim como um processo continuamente activo, onde a monitorização constante é essencial na identificação e avaliação de alterações no espaço urbano [67].

O progresso em torno da sustentabilidade requer uma avaliação sistemática da adequação e sucesso das estratégias e planos de acção através de relatórios de desempenho e progresso. A monitorização será elaborada periodicamente através de um balanço energético e inventário de emissões de carbono, de modo a verificar a evolução dos indicadores relativos aos objectivos e metas estabelecidos, e a avaliar o resultado das acções implementadas [67].

Por último torna-se forçoso destacar a acção de concretização legal do processo do plano de modo a ser criada uma base legal de apoio à constitucionalidade legislativa do projecto [16].

4.4. Crítica

"O sistema energético apresenta um grau de inércia substancial na difusão e implementação de energias renováveis a nível mundial. Mesmo que se verifique um rápido desenvolvimento neste âmbito até 2020, existe apenas uma pequena chance de que a sua importância corresponda a um valor superior entre 5 e 10% do fornecimento energético mundial", disse John Mogford, vice-presidente de energias renováveis e alternativas da BP, terceira maior empresa de petróleo mundial. Tal afirmação é essencialmente baseada nos elevados custos dos sistemas activos de produção energética e nos interesses económicos e políticos envolta do paradigma global da utilização de petróleo [98].

Embora o sector financeiro desempenhe um importante papel na implementação das energias renováveis no sector energético e infra-estruturas relacionadas, um dos pontos que se afigura de maior importância no que toca à implementação de novos desenvolvimentos em qualquer sector da indústria é certamente a análise da relação custo/benefício dessa implementação. O nível de compromisso com as questões ambientais, é condicionado pelas suas preocupações no que toca à sua relação custo/benefício [98].

A adopção de estratégias energeticamente eficientes através da integração de sistemas activos de utilização da energia solar como é o caso dos painéis solares térmicos e dos painéis fotovoltaicos, pode apresentar-se como um investimento considerável e avultado na sua implementação. Isto é tanto mais verdade se se considerar o período relativamente longo de retorno de alguns investimentos, que pode-se apenas verificar ao fim de 6 a 9 anos. Nos dias que correm, a despesa efectuada hoje tem efectivamente um peso muito maior no processo decisório do que a poupança obtida nos próximos anos, pela redução da factura energética. Assim, mesmo a existirem ganhos monetários na adopção de

medidas energeticamente eficiente, não é líquido que estas venham a ser adoptadas pela generalidade dos proprietários dos desenvolvimentos urbanos [98].

A eficiência relativamente baixa dos painéis solares, na ordem dos 8 a 14%, e o seu custo elevado torna assim esta forma primária de energia ainda pouco competitiva. Apresentando-se pouco provável que este tipo de energia possa substituir os combustíveis fósseis nas próximas décadas. Um factor associado ao elevado custo de implementação de energias renováveis é que, comparativamente ao apoio que os combustíveis fósseis receberam durante décadas, este tipo de energia recebe um muito menor apoio dos governos em termos de benefícios fiscais e subsídios, assim como também menos fundos para o desenvolvimento e investigação de sistemas de conversão e abastecimento. Aliado a estes elevados custos inerentes a estas tecnologias e à inviabilidade de investimento sem apoios estatais, encontra-se também o facto do preço actual de electricidade não reflectir os custos de escassez dos recursos utilizados. Com este tipo de política o investimento na microgeração é inibido [26] e [28].

Espera-se assim que nas próximas décadas as energias renováveis se tornem cada vez mais competitivas a nível económico através da redução de custos, inovação tecnológica e novos valores de mercado.

Outra razão fundamental por detrás da inércia verificada no desenvolvimento e propagação das energia renováveis, encontra-se os interesses das mais variadas ordens ligadas à utilização de petróleo.

A escalada do preço do petróleo a que se tem vindo a assistir nos últimos anos levantou o problema da existência de reservas suficientes para dar resposta à crescente procura desta matéria prima. Conforme já referido, mesmo admitindo a aceleração da utilização de fontes de energias renováveis, o petróleo conjuntamente com outros combustíveis fósseis deverá continuar a marcar o panorama geopolítico, geoestratégico e geo económico mundial e representar uma fatia importante da energia primária total [99].

Noventa por cento da indústria global é dependente de petróleo, e, portanto, este assume uma posição indiscutível na definição e curso da história mundial. O petróleo é alvo de muitos interesses económicos, já que é considerada a principal fonte energética actual e a sociedade ainda se apresenta muito dependente deste recurso para a produção de energia. Deve-se salientar o facto de que o petróleo não é somente um fonte energética. Devido à sua fundamental importância na economia e desenvolvimento mundial, e à sua inexorável escassez e conseqüente término, apresenta-se como um produto altamente cobiçado, que cria tensões nos locais onde se encontra, sendo motivo para guerras, cooperação, golpes políticos, contestação de fronteiras, lobbys e repressões económicas e políticas [99].

As características inerentes à sua formação tornam a sua distribuição no globo extremamente irregulares, proporcionando aos países que detém reservas significativas, um considerável peso económico e geopolítico nas suas relações internacionais. À medida que o consumo aumenta, o seu

interesse aumenta e o que se verifica são políticas energéticas adequadas ao seu grau de dependência externa [100].

Um dos principais problemas subjacentes à dependência do petróleo radica no facto de 65% das reservas mundiais se encontrarem localizadas em apenas 1% dos poços, dos quais a esmagadora maioria se situa no Médio Oriente.

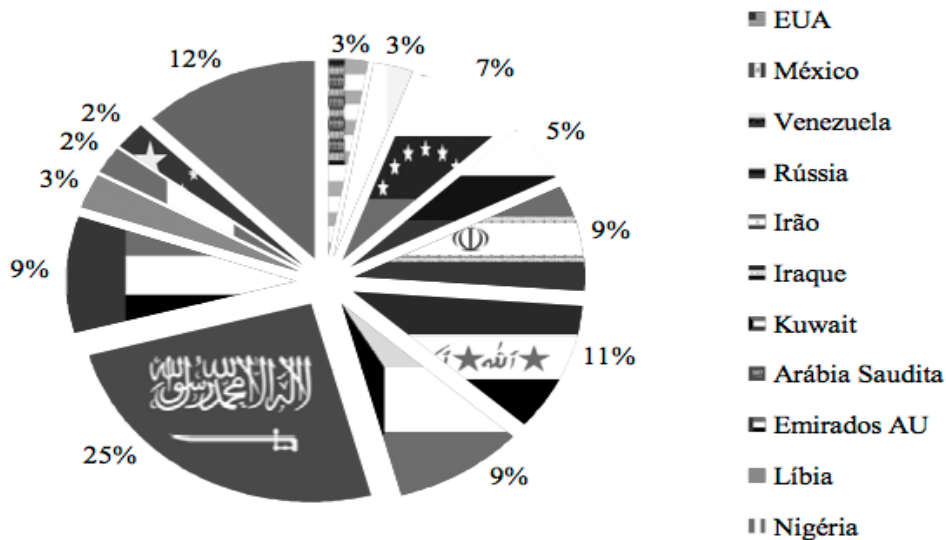


Figura 4.33 - Localização das reservas mundiais de petróleo [100].

Tal facto faz com que os países localizados nesta área sejam os principais exportadores de petróleo do planeta, e os países que não sejam autosuficientes na sua produção procurem reduzir ao máximo sua dependência externa [100].

Geralmente é difícil resistir à tentação de concluir que praticamente tudo é relacionado, condicionado e justificado pela existência de petróleo. Daí a "teoria da conspiração" difundida, ainda simplista e, essencialmente errada, segundo a qual o 'ouro negro' é o único valor que interessa.

Embora pelos motivos acima expostos, a utilização generalizada de tecnologias assente em energias renováveis apresente entraves significativos ao seu desenvolvimento, as grandes empresas do sector energético tem consciência da mitigação dos prejudiciais recursos energéticos actuais que se apresentam cada vez mais limitados. É com o vertiginoso aproximar desta limitação que, mais tarde ou mais cedo, a sociedade mundial dará o passo definitivo em direcção ao desenvolvimento e utilização de energia a partir de fontes renováveis e à firme aposta na eficiência energética.

4.5. Ferramentas Aplicáveis ao Processo

Actualmente existem diversos softwares de simulação energética, física e ambiental, tendo cada um diferentes características com as mais distintas finalidades e destinados às mais diversas áreas profissionais. No âmbito do planeamento urbano estes destinam-se, entre outros aspectos, à concepção de estruturas e projectos, mecanismos de simulação, assim como à elaboração de desenhos urbanos a

duas dimensões (plantas, cortes, fachadas e detalhes) e três dimensões (volumetrias).

Deste facto, pretende-se fazer uma selecção de alguns desses softwares, tendo sido escolhidos os mais pertinentes e tendo em conta o posterior e esperado alcance de uma elevada performance energética no projecto urbano a desenvolver. Elabora-se então de seguida, uma breve descrição dos programas de simulação utilizados para o desenvolvimento do processo metodológico já exposto. A sua apresentação é efectuada de acordo com a sua possível aplicação nas etapas descritas anteriormente e que paralelamente, e de forma constante, utilizam ferramentas computacionais. São elas, as etapas de *Identificação*, *Plano de Desenho Urbano* e *Simulação e formulação da proposta final*.

Identificação

Nesta etapa, duas ferramentas computacionais podem ser referidas para uma adequada utilização: o ArcGIS® e o Microsoft® Excel.

Sugere-se a utilização do ArcGIS® para uma rigorosa análise local através de diversos estudos no âmbito da topografia, hidrologia, vegetação, infra-estrutura existente, exposição solar e eólica, entre outras. Já o software Microsoft® Excel importa a sua utilidade na inclusão e organização das informações e observações realizadas junto à comunidade local por forma a se proceder a uma fácil visualização e comparação dos resultados inferidos.

- **ArcGis®** - produzido pela Environmental Systems Research Institute (ESRI) é uma das ferramentas mais comuns de aplicações informáticas em sistemas de informação geográfica, SIG. É um software que utiliza a sua combinação na apresentação, edição e análise de dados relacionados a um específico ponto geográfico, produzindo relatórios ou gráficos da avaliação do território local. A ferramenta ArcGIS® é utilizada por profissionais em diversas áreas, como é o exemplo da ciência ambiental e biológica, engenharia, arqueologia, planeamento urbano, entre outras. O sistema fornece assim uma infra-estrutura de elaboração de mapas e informação geográfica local de fácil análise em toda a sua organização [101].
- **Microsoft® Office Excel** - é um software mundialmente conhecido e vulgarmente denominada como folha de cálculo. Enquanto folha de cálculo dominante no mercado, dispõe de inúmeras ferramentas para tratamento, cálculo, simulação, análise e partilha de dados. No âmbito do planeamento urbano a sua utilização apresenta-se útil na transposição informática das pesquisas realizadas no local com a população, permitindo a sua clara leitura e comparação através de tabelas e gráficos. Assim, através desta ferramenta torna-se possível a análise, gestão e partilha de informações de forma mais diversificada, ajudando a controlar e realçar tendências importantes no fluxo de dados [102].

Plano de Desenho Urbano

Esta etapa, como já referido, visa alcançar uma proposta preliminar de plano urbano que satisfaça as metas de âmbito sustentável previamente definidas. Deste facto, entre as várias opções de escolha a nível de software informático, o Autodesk® AutoCAD Civil 3D apresenta-se como uma ferramenta de elevado potencial na elaboração e definição de um modelo de desenho urbano energeticamente eficiente.

- **Autodesk® AutoCAD Civil3D** - é uma ferramenta Microsoft Windows baseada no popular pacote de desenho assistido por computador, CAD, da Autodesk®. É assim um software que fornece um foco mais estrutural e de maior escala nas diferentes características do desenho urbano, permitindo uma detalhada tipologia urbana e estendendo maioritariamente as suas características para a elaboração do desenho urbano e rodoviário. Esta plataforma foi claramente desenvolvida para a elaboração de projectos urbanos, com um modelo e recursos de análise específicos para essas tarefas. Esta ferramenta tem a vantagem de fundir o sistema CAD e GIS, oferecendo o melhor dos dois mundos, com a utilização de diversos recursos de GIS que permite incorporar diversos componentes como a topografia local em um elemento importante da sua ontologia. O AutoCAD Civil 3D demonstra-se desta forma como uma ferramenta de grande utilidade no potencial de aplicação dos diferentes módulos do desenho urbano [103].

Simulação e Formulação Proposta Final

Nesta etapa, a proposta preliminar desenvolvida no *Plano de Desenho Urbano* é traduzida num preciso e completo modelo paramétrico tridimensional, o que permite uma visão actualizada de todo o projecto e a possibilidade de exportar componentes individuais para outros softwares de simulação. Para esta funcionalidade de criação do modelo e exportação da vasta gama de formatos entre os diversos sistemas, o Autodesk® 3Dstudio Max apresenta-se como a ferramenta adequada. No estudo e análise do plano preliminar proposto, considera-se conveniente a utilização do Autodesk® Revit no processo de simulações volumétricas, como também dos softwares Autodesk® Vasari, Radiance® e Autodesk® Ecotect, nas análises de acesso e potencial solar, iluminação natural, potencial eólico, desempenho energético e emissão de poluentes.

- **Autodesk® 3Dstudio Max®** - fornece poderosas e integradas ferramentas na modelação tridimensional de desenvolvimentos urbanos, permitindo aos seus utilizadores um maior foco de concentração na componente criativa do projecto. Apresenta-se extremamente compatível na iteração e interoperabilidade eficiente dos diversos softwares como é o caso do Autodesk® AutoCAD e Autodesk® Revit, permitindo deste modo uma maior ligação e proveito dos fluxos de trabalho entre os diversos sistemas [104].

- **Autodesk® Revit®** - concebido para o auxílio dos agentes responsáveis na construção de desenvolvimentos urbanos através de mecanismos de projecção, concepção e manutenção de edifícios. O Autodesk® Revit constrói automaticamente e à medida que avança no projecto, uma estrutura paramétrica em torno das suas formas mais complexas, ajudando na transformação das suas formas conceptuais em projectos totalmente funcionais. Suporta assim análises volumétricas e morfológicas do projecto a desenvolver, coordenando automaticamente as alterações em todas as fases e apresentações, à medida que o seu projecto se desenvolve e evolui. Através destas características, a equipa responsável pode tomar decisões com uma maior base de informação desde as fases iniciais do desenvolvimento urbano [105].
- **Autodesk® Vasari®** - ferramenta de desenho urbano de fácil utilização que possibilita uma análise integrada de radiação solar, desempenho energético e emissões de carbono, fornecendo deste modo uma visão alargada de onde as decisões e soluções mais importantes foram efectuadas. A interface desta ferramenta assenta na mesma linha lógica de modelação do Autodesk® Revit, apresentando-se estruturada e focada para a modelação geométrica e análise energética do campo edificado. A sua interoperabilidade é elevada uma vez que apresenta características flexíveis de modelação geométrica, permitindo uma significativa importação de uma alargada variedade de formas e modelos tridimensionais provenientes de outros sistemas. A ferramenta exhibe-se assim como um software adequado na análise e comparação de diferentes cenários no âmbito do potencial solar, desempenho energético e emissão de poluentes [106].
- **Radiance®** - software de alta precisão, originalmente desenvolvido por Greg Ward para a plataforma UNIX. O seu principal objetivo é analisar os efeitos da iluminação natural sobre a performance energética nas primeiras fases do projecto a fim de evitar decisões inadequadas e permitindo dessa forma que os agentes responsáveis à concepção de novos desenvolvimentos urbanos construam edifícios energeticamente eficientes. O seu sistema permite simulações de iluminação e luz solar precisas e fisicamente válidas. A principal vantagem do Radiance® sobre ferramentas mais simples de cálculo de iluminação, é que não possui limitações de geometria ou de materiais que possam ser simulados. Este software é assim utilizado na análise de processos de iluminação e conforto visual de projectos inovadores, de modo a avaliar novas tecnologias de iluminação artificial e natural [107].
- **Autodesk® ECOTECH®** - ferramenta de projecto ambiental desenvolvido pela SQUARE ONE, combinando uma interface intuitiva de modelação tridimensional com diversas funções físicas e ambientais. Este software é uma solução de análise sustentável com ferramentas que ajudam a calcular a influência das componentes físicas e ambientais sobre o desempenho

energético do projecto a desenvolver. O Autodesk® Ecotect® abrange uma diversidade de análises, podendo-se considerar satisfatoriamente completo, existindo ainda a opção de exportação para outros softwares de simulação energética e ambiental para um análise mais rigorosa a nível de cálculo. Assim esta ferramenta tem como os seus principais processos de análise: o Potencial eólico, Desempenho e Conforto Térmico, Análise Acústica, Acesso à radiação solar, Níveis de Sombreamento e Iluminação natural [108].

4.6. Síntese do Capítulo

Neste capítulo pretendeu-se apresentar uma proposta metodológica que contribua para que toda a temática do planeamento urbano se torne num processo sustentável, possibilitando deste modo a concepção de um modelo de ocupação energeticamente eficiente.

De acordo com o cenário de insustentabilidade actual, torna-se imprescindível em meio urbano a procura de novas abordagens que possibilitem um aproveitamento máximo do potencial energético. Surge assim o propósito de desenvolvimento de uma nova metodologia que, conjuntamente com a utilização de ferramentas de modelação computacional, consiga através do seu desenho urbano inspirar todas as fases do planeamento com uma compreensão detalhada do sistema ecológico e exploração de energias renováveis. Face à necessidade de implantação de um novo modelo, considerou-se importante referenciar abordagens e estudos já existentes, visto que possibilitam a determinação de claros indicadores de sustentabilidade a ser adoptados. Entre os vários estudos mencionados, diversas conclusões foram destacadas. Ressalta-se a importância de identificação dos objectivos e medidas a implementar na fase inicial do projecto, o essencial conhecimento das características físicas e sócio-económicas existentes, assim como a consideração do desenho urbano como um dos factores de maior grandeza e determinância na performance e consumo energético dos edifícios. Outras abordagens foram salientadas na avaliação do acesso a fontes de energia renováveis, mencionando o sistema GIS como uma ferramenta de apoio essencial no processo de tomada decisão.

Assim, e como objectivo principal do presente capítulo, desenvolveu-se a proposta metodológica pretendida, assentando fundamentalmente o seu desenvolvimento nos diversos factores considerados como determinantes para um planeamento urbano energeticamente eficiente. A metodologia proposta é assim constituída por cinco etapas que operam como um único processo sequencial, encontrando-se relacionadas e dependentes entre si, e impondo deste modo a um rigor e validação em cada uma delas.

Perante estes factos, a contribuição inovadora em prol do desenvolvimento sustentável é obtida com a definição e adaptação do processo de simulação virtual a uma lista de princípios sustentáveis que leva em consideração o aproveitamento máximo dos recursos renováveis.

Após a elaboração da proposta, explora-se ainda dois dos factores que representam um significativo entrave para a realização de projectos sustentáveis, são eles: os elevados custos dos

sistemas activos de produção energética e os interesses económico-políticos envolta do paradigma global da utilização de petróleo. Posteriormente, procedeu-se a uma sucinta apresentação de diversos softwares de simulação energética, tendo sido escolhidos os que se consideram mais adequados para cada etapa do processo pretendido.

5. Conclusões

5.1. Conclusão

A presente dissertação considera a ideia comum e amplamente aceite de que a sinergia de esforços leva à obtenção de melhores resultados. Nesse sentido, procurou-se aprofundar o tema do planeamento urbano sustentável, investigando quais os factores determinantes que contribuem para um cenário de eficiência energética nos modelos de ocupação urbana.

Embora a correlação entre o desempenho energético do campo edificado e do desenho urbano tenha sido anteriormente objecto de estudo, apresenta-se como um campo raramente explorado na sua componente prática. Em geral, é reconhecida a importância de uma abordagem integrada, no entanto grandes dificuldades são apresentadas na hora de colocá-la em prática.

No estudo efectuado aos casos considerados como exemplares na implementação dos princípios de sustentabilidade verificou-se que embora por vezes os modelos e teorias iniciais pareçam de simples e directa execução, a realidade demonstra-se bastante mais complexa, resultando na verificação de que com um menor investimento ao realmente efectuado, os mesmos objectivos poderiam ter sido concretizados. Vale ainda ressaltar a existência de um eminente conflito, no processo do desenvolvimento urbano sustentável, entre os ambiciosos objetivos ambientais pretendidos e o estilo de vida dos seus habitantes, resultando em opções menos adequadas no que à sustentabilidade diz respeito.

O sistema energético urbano apresenta-se, portanto, complexo. Lidar com essa complexidade de forma segmentada e individual como tradicionalmente os diversos elementos urbanos são abordados e tratados, constitui uma estratégia pouco eficiente a nível energético, já que o seu grau de relacionamento e dependência é elevado.

Deste facto, torna-se necessário em futuros desenvolvimentos urbanos, uma nova abordagem no planeamento e concepção de projectos sustentáveis.

Este trabalho objectivou assim definir uma lógica de integração, desenvolvimento e sistematização de uma metodologia que inter-relaciona os factores condicionantes da morfologia urbana, campo edificado e meio ambiente, com o intuito de projectar um desenvolvimento urbano assente em elevados padrões de eficiência energética. Trata-se de um processo metodológico constituído por uma rigorosa análise em cada uma das suas etapas e que em utilização paralela e constante de adequadas ferramentas computacionais permite simular os resultados e desempenho energético correspondentes. São diversos os parâmetros resultantes das análises efectuadas que interagem e se completam, produzindo um determinado padrão de desempenho e analisando os níveis e formas nos quais os mesmos são interdependentes relativamente ao seu consumo energético. Importa referir as análises que se apresentam como fundamentais e que foram elaboradas durante todo o processo metodológico, são elas: a análise do território e clima local; morfologia urbana e volumétrica

do parque edificado; acesso e potencial solar; potencial eólico e iluminação natural.

Deste modo, esta proposta permitirá através da sua estrutura e funcionamento, a transposição das premissas de sustentabilidade e eficiência energética desde o seu conceito teórico até ao cenário real de execução, inculcando que as decisões nas fases de planeamento sejam tomadas de forma criteriosa e correcta.

A utilização de softwares informáticos através da modelação de sistemas urbanos nas etapas de desenho, simulação e análise de projecto apresenta-se como o modo mais preciso para assegurar a eficácia destes mecanismos de avaliação durante o processo de tomada de decisão, assim como também na oportunidade de antecipar os efeitos globais aquando da concretização do projecto através de sistemáticas simulações e análises que permitem uma rápida correcção e optimização de qualquer solução. A utilização destas ferramentas torna-se como um factor de ainda maior grandeza, visto que possibilita a criação e desenvolvimento de um modelo urbano que oferece eficientes infra-estruturas a nível energético, assim como uma maior transparência e contenção de custos ao longo do seu desenvolvimento, tornando todo o processo mais célere e produtivo. Este processo metodológico ao ser suportado por uma plataforma de modelação informático proporciona ainda uma melhor integração e funcionamento entre toda a equipa responsável pelo projecto, evitando possíveis conflitos entre agentes de diferentes especialidades.

A proposta elaborada apresenta-se então como um elemento necessário, dado que torna claro a possibilidade de mudança do sistema urbano na exploração do potencial máximo das fontes de energia renováveis existentes, pretendendo ser útil em todos os estudos, projectos e iniciativas integradas que apresentem como objectivo, através de um elevado padrão de sustentabilidade e eficiência energética, tornar as áreas urbanas mais funcionais, saudáveis e agradáveis para se viver.

5.2. Desenvolvimentos Futuros

Na presente dissertação e no desenvolvimento da metodologia proposta, procurou-se considerar os factores fundamentais e condicionantes no planeamento energético de áreas urbanas. Para tal efeito, focou-se o seu estudo no potencial de integração de iniciativas e estratégias para a produção de opções de tecidos urbanos com os melhores níveis de desempenho energético. Trata-se, portanto, de um processo metodológico, com o seu foco central na integração de estratégias passivas e soluções activas no exclusivo campo da eco-eficiência energética.

No entanto, o desenvolvimento do presente trabalho abre perspectivas para outros estudos, de modo a completar o presente.

A actual proposta não tem a pretensão de reunir todos os elementos importantes e condicionantes no âmbito da eficiência energética dado que iria proporcionar um trabalho de elevada extensão.

Deste facto, permite-se recomendar que num próximo passo seria importante a consideração

de outro conjunto de estratégias que permitiriam rentabilizar a gestão e utilização dos diversos recursos necessários às diversas actividades diárias da população, e que impactariam a nível local na capacidade e composição do consumo e eficiência energética. Este conjunto de estratégias pode incluir outras componentes da sustentabilidade como é o caso da:

- **Utilização racional da água** - torna-se fundamental que a água seja considerada um recurso estratégico e estruturante, tendo necessariamente de se garantir uma elevada eficiência e reutilização do seu uso, correspondendo a uma gestão e produção sustentável através de projectos compenetrados no fecho do ciclo da água.
- **Reciclagem e reutilização de resíduos** - Como prioridade de qualquer política de gestão, deve ser considerada a sua actuação ao nível da minimização e redução da produção de resíduos na fonte por forma a evitar consequências nefastas para o ambiente. Torna-se assim imperativo, uma política 3R baseada na gestão de resíduos segundo a aplicação da Redução, Reutilização e Reciclagem. No entanto, actualmente, já se referencia a aplicação da política dos 4R, ou seja, Redução, Reutilização, Reciclagem e Recuperação Energética.
- **Eficiência na mobilidade da população** - um território bem ordenado e bem construído será um território mais eficiente do ponto de vista dos consumos energéticos, dado que estimula atitudes e comportamentos de maior responsabilidade. A eficiência energética em áreas urbanas depende, essencialmente, de uma maior racionalidade na organização das suas actividades e na ocupação do território, o que origina fundamentalmente a decisões no âmbito da gestão territorial.
- **Ação Social e Comportamental** - O actual paradigma social, baseado em princípios de privacidade, individualismo, propriedade e de direitos exercidos através de leis e poderes, apresenta-se desfuncional e ineficaz. O problema é assim, o que lhe falta: responsabilidade, mutualismo, fraternidade, companheirismo, sentido de comunidade e cidadania. A relação entre as infra-estruturas físicas e sociais e o seu modo de intra-funcionamento perante a população, está então na base da vitalidade e qualidade de vida da comunidade

A inclusão de estratégias sustentáveis na utilização adequada dos referidos recurso poderia deste modo proporcionar um processo de planeamento urbano bastante mais eficaz e rigoroso em todos os seus recursos, elevando significativamente os padrões de desempenho energético de todo o projecto. Embora a consideração destes recursos possibilitassem uma elevada probabilidade na concretização dos objectivos pretendidos, tornariam todo o presente estudo claramente mais extenso e complexo. Deste facto, recomenda-se a sua vantajosa aplicação em desenvolvimentos futuros da

proposta elaborada nesta dissertação.

Bibliografia

- [1] Pelletier, J. (2000). *Cidades e Urbanismo no Mundo*. Instituto Piaget.
- [2] CIAM. (1933). Carta de Atenas. *Congresso Internacional de Arquitectura Moderna*.
- [3] Delfante, C. (2006). *Gran Historia de la Ciudad*. ABADA, Madrid.
- [4] Cervero, R.; Kockelman, K. (1997). Travel Demand and the 3ds: Density, Diversity and Design. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Volume 2, Issue 3, p. 199-219.
- [5] Lamas, J. (1993). *Morfologia urbana e desenho da cidade*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian.
- [6] Afonso, L. (2007). *Consumo responsável em Portugal: uma escolha ética para o desenvolvimento sustentável*. Organização Não Governamental de Desenvolvimento.
- [7] Bartlett, A. (2007). Reflections on Sustainability, Population Growth and the Environment. *Renewable Resources Journal*.
- [8] Meadows, D. (1972). *The Limits to Growth*. Universe Books, New York.
- [9] Khalfan, M.M. (2002). *Sustainable Development and Sustainable Construction*. C-SanD Working Paper, Loughborough University.
- [10] Daly, H.E. (1990). *Toward some operational principles of sustainable development*
- [11] REIGADO, F. (2000) – *Desenvolvimento e Planeamento Regional*. Lisboa, Editorial Estampa.
- [12] Walker, H.; Jones, N. (2007). *Sustainable procurement: lessons from the private sector*; University of Bath School of Management Working Paper Series.
- [13] Comissão Europeia. (2007). *Life in the City: Innovative solutions for Europe's urban environment*; Brussels.
- [14] Ultramari, C. (2005). *Da viabilidade de um desenvolvimento sustentável para as cidades*. *Boletim Desenvolvimento Urbano & Meio Ambiente*, ano 7, n. 33.
- [15] Hall, P. (1996). *Cities of tomorrow: An Intellectual History of Urban Planning and Design in the Twentieth Century*, Blacwell Publishing, Oxford.
- [16] Amado, M. (2005). *Planeamento Urbano Sustentável*. *Caleidoscópio*_Edição e Artes Gráficas, Casal de Cambra.
- [17] Goldember, J.; Lucon, O. (2007) - *Energia e meio ambiente no Brasil*. *Estud. av.* , São Paulo, v. 21, n. 59, . Disponível em:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142007000100003&lng=pt&nrm=iso
- [18] Instituto Nacional de Estatística, INE (2008). *Anuário Estatístico da Região Lisboa*.

- [19] Mendonça, P. (2007). Desempenho Energético dos Edifícios – Manual de Acompanhamento das Acções de Formação da Ordem dos Arquitectos; 2007.
- [20] Duarte Santos, F. (2007). *Que futuro? Ciência, Tecnologia, Desenvolvimento e Ambiente*, Lisboa: Gradiva.
- [21] Contreras, A.; Yigit, K.; Veziroelu, T. (1997). *Spanish Energy Planning Towards a Sustainable Future*, Madrid.
- [22] World in Transition: Climate Change as a Security Risk. (2007). WBGU baseado no IPCC.
- [23] DGEG - DIRECÇÃO GERAL DE ENERGIA E GEOLOGIA, *Renováveis*. (2012) - *Estatísticas rápidas – no52*, LISBOA: DGEG, obtido em Agosto de 2012, de <http://www.dgge.pt/>
- [24] Schmidt, L. (2008). País (IN)Sustentável – Ambiente e Qualidade de Vida em Portugal, Esfera do Caos Editores Lda, Lisboa.
- [25] Tahara, K.; Kojima, T.; Inaba, A. (1997). Evaluation of CO2 payback time of power plants by LCA.
- [26] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. (2008). *Key World Energy Statistics*, obtido em Julho de 2012, de www.iea.org
- [27] Dream. (2004). Draft of Regional Energy Master Plan. Dipartimento di Recherche Energetiche e Ambientali, University of Palermo.
- [28] Miller, G. (2006). *Environmental Science*, United States of America: Thomson Learning, Inc.
- [29] IEA– Energy Efficiency Requirements in Building Codes. (2008). *Energy Efficiency Policies for New Buildings*. IEA.
- [30] Carvalho, L. (1987) - *A envolvente dos edifícios e a iluminação natural*. Lisboa. Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).
- [31] Everett, B. (1996). *Solar Thermal Energy*, in Boyle, G. (ed); *Renewable Energy Power for Sustainable future*; Oxford University and Open University; Oxford.
- [32] Newsoxaca. (2012). obtido em 18 Setembro, 2012, disponível em <http://newsoxaca.com/index.php/regiones/2429-ventilan-falso-permiso-para-parque-eolico>
- [33] POLÍTICAS PARA AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS. (2009). Ministério do Ambiente, do Ordenamento do território e do desenvolvimento regional, Lisboa.
- [34] DGEG - DIRECÇÃO GERAL DE ENERGIA E GEOLOGIA. (2012). *Política Energética - Síntese*, obtido em Agosto de 2012, de <http://www.dgge.pt/>
- [35] Berg, P. (2009). *Envisioning Sustainability*. San Francisco, California: Subculture Books.

- [36] Kennedy, C. (2007). “The Changing Metabolism of Cities”, *Journal of Industrial Ecology*, Massachusetts Institute of Technology and Yale University, Vol. 11, no 2.
- [37] Beatley, T.; Manning, K. (1997). *The Ecology of Place: Planning for Environment, Economy, and Community*. Washington, D.C.: Island Press.
- [38] Owens (1990). *CitiesPlus*, 2003 in *Roseland*, 2007:21.
- [39] Gomes, R. A. (2010). *Eco-Bairro - um conceito para o desenho urbano*. Bubok Publishing Lda.
- [40] Institute, P. S. (2010). *Accelerating Sustainable at district scale. The EcoDistricts Initiative*.
- [41] Amado, M.P. (2010). *Cidades Sustentáveis. CINCO 10 – Congresso de inovação na Construção Sustentável*, 4-6 Novembro 2010.
- [42] Peabody (2002). *BedZed Best Practice Report*.
- [43] Group, B. (2000). *BedZED Total Energy Strategy and Green Transport Plan*
- [44] Fabrizio, L. (2011). *Vauban: District of the "green streets"*.
- [45] Hodge, J. (2007). *BedZed Monitoring Report*. Peabody.
- [46] Inge-Hellström, J.; Bjurström P. (1997). “Hammarby Sjostad, Stockholm.” *Arkitektur: The Swedish Review of Architecture* vol. 97, no. 7 32-39.
- [47] Gaffney, A. (2007). *Hammarby Case Study*.
- [48] Swedish Association of Architects (2005). Disponível em <http://www.arkitekt.se/s17149>
- [49] Commission for Architecture and the Built Environment. (2007). “Hammarby Sjostad, Stockholm: Case Study.” London: England.
- [50] Househunting.ca (2009), Disponível em <http://www.househunting.ca/eco/story.html?id=03dd786a-2d5c-45a5-8038-87b915fec370>
- [51] Svane, O. (2005). *Situation of Opportunity – Hammarby Sjostad and Stockholm City’s Process of Environmental Management*.
- [52] Droege P. (2006). *The renewable city- A comprehensive guide to an urban revolution*, Wiley-Academy, Chichester, Great Britain.
- [53] Forum Vauban (1999). *A Journey through the model district Vauban*, brochure published in occasion of the Conference UrbanVision in Freiburg in the month of October.
- [54] Peterson C. (2006). “Auto-ban: German town goes car-free”, in *The Guardian*, June 26th, disponível em www.eddyburg.it
- [55] Weiss K.D. (2005). “Quartier Vauban in Freiburg”, in *Baumeister*, October V.102 n.10,

pages 57-61.

- [56] Walsh, C.L.; Dawson, J.; Hall, W.; Barr, L.; Batty, M.; Bristow, L.; Carney, S.; Dagoumas, A.; Ford, A.; Tight, R.; Watters, H.; Zanni, M. (2008). A systems approach to assessment of climate change mitigation and adaptation at the scale of whole cities, Proceedings ICE: Urban Design and Planning, accepted for publication in special issue on Urban Development and Sustainability.
- [57] Vonk, G.; Geertman, S.; Schot, P. (2007). A SWOT analysis of planning support systems", *Environment and Planning A*, Vol. 39, No. 7, pp. 1699-1714.
- [58] Waddell, P.; Sevcikova, H.; Socha, D.; Miller, E.; Nagel, K. (2005). Opus: An Open Platform for Urban Simulation", paper presented at the Computers in Urban Planning and Urban Management Conference, London, UK, www.urbansim.org/papers
- [59] Ball, M. (2011). *SensysMag*. Disponível em: <http://www.sensysmag.com/spatialsustain/autodesk-discusses-the-tool-for-designing-sustainable-cities.html>
- [60] Amado, M. P.; Poggi, F. (2011). Oeiras Masterplan: A Methodology to Approach Urban Design to Sustainable Development. CISBAT 2011. Lausanne, Switzerland: EPFL, Lausanne, Switzerland.
- [61] Alcoforado, M. J. (2008). Application of climatic guidelines to urban planning . *Science Direct*. Vol. 90, issues 1-2, pp. 56-65.
- [62] Ratti, C.; Steemers, K.; Backer, N. (2004). Energy Consumption and urban texture. *Science Direct. Energy and Buildings - ENERG BLDG* , vol. 37, no. 7, pp. 762-776.
- [63] Wiginton, L.; Nguyen, H.; Pearce, J. (2010). Quantifying rooftop solar photovoltaic potential for regional renewable energy policy. *Science Direct. Computers, Environment and Urban Systems*, Vol. 34, pp. 345-357, 2010.
- [64] Rylatt, M.; Gadsden, S.; Lomas, K. (2000). GIS-based decision support for solar energy planning in urban environments. *Science Direct. Computers, Environment and Urban Systems* , vol. 25, no. 6, pp. 579-603.
- [65] Sliz-Szkliniarz, B.; Vogt, J. (2011). GIS-based approach for the evaluation of wind energy potential: A case study for the Kujawsko–Pomorskie Voivodeship. *Science Direct. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2011, vol. 15, issue 3, pages 1696-1707.
- [66] Marins, K. (2006). Balanced Assessment of Energy Systems: Integrating Energy Usage & Supply. PLEA2006 - The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture, Geneva, Switzerland, 6-8 September 2006.
- [67] Planning for Sustainable Canadian Communities Roundtable (2005). Integrated community sustainability planning: A background paper. Ottawa, ON: Planning for Sustainable Canadian Communities Roundtable organized by Prime Minister’s External Advisory on Cities and Communities.
- [68] DE RABI, Albesa. (1999) Planeamento urbano e o uso eficiente de energia elétrica:

- plano diretor, perímetro urbano, uso do solo, parcelamento. Rio de Janeiro. IBAM; 83 p. Ilus. (Guia técnico).
- [69] Maruna, M. (2007). Elements of urban planning methodology based on rational unified process. CUPUM paper.
- [70] Amado, M.; Poggi F. (2012) "Towards Solar Urban Planning: a new step for better energy performance." In press Energy Procedia: SAC 2012, Elsevier.
- [71] Wood, R.; Handley, J., (2001). Landscape dynamics and the management of change. Landscape Research Vol. 26, Iss. 1, 2001.
- [72] König, H.; Muggenhuber, G. (2009). Spatial Information for Urban Areas – Case Study Vienna. Paper presented at International Workshop on Spatial Information for Sustainable Management of Urban Areas. FIG Commission 3, Mainz, Germany, 2 – 4 February 2009.
- [73] Xiaohuan, Z.; Shuming, B.; Baijun W. (2010). Urban and regional analysis with spatial statistics and GIS: A case study of Yangtze River Delta, China, Geoinformatics, 18th International Conference on Geoinformatics, 18-20 June 2010, 1-8.
- [74] Smith, T.; Nelischer, M.; Perkins, N. (1997). Quality of an urban community: a framework for understanding the relationship between quality and physical form. Landscape and Urban Planning 39 (2-3): 229-241.
- [75] Amado, M., Poggi, F.; Freitas, J. (2012). Oeiras Master Plan - Detailed Plan of the right bank of the river mouth Jamor. IEA-SHC Task 41. <http://geotpu.dec.fct.unl.pt/>
- [76] Koomen, E. (2008). Spatial analysis in support of physical planning. PhD-thesis, VU University, Amsterdam.
- [77] Tanguay, G.A.; Rajaonson, J.; Lefebvre, J.; Lanoie, P. (2010): Measuring the sustainability of cities: An analysis of the use of local indicators, Ecological Indicators, 10, 407-418.
- [78] Ramachandra, V.; Subramanian, K. (1997). Potential and prospects of solar energy in Uttara Kannada, district of Karnataka State, India. Energy Sources;19:945–988.
- [79] Süzek F. (2007). Determination of wind potential of Turkey. Master thesis, Istanbul Technical University, Institute of Science and Technology, Istanbul, Turkey.
- [80] Bilgili, M.; Sahin, B.; Yasar, A. (2007). Application of artificial neural networks for the wind speed prediction of target station using reference stations data. Renewable Energy, vol. 32, no. 14, pp. 2350-2360.
- [81] ASSIS, A. (200). Impactos da Forma Urbana na Mudança Climática: método para previsão do comportamento térmico e melhoria de desempenho do ambiente urbano - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo.
- [82] Cheng, V.; Steemers, K.; Montavon, M.; Compagnon, R. (2006). Urban Form, Density and Solar Potential. Paper presented at the 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture, Geneva, Switzerland.

- [83] Walton, D. (2007). *Urban Design Compendium*. Reino Unido: English Partnerships e The Housing Corporation.
- [84] Santamouris, M. (2001). *Energy and Climate in the Urban Built Environment*. London: Earthscan/James & James.
- [85] Crosbie, M. J. (1998). *The Passive Solar Design and Construction Handbook*, John Wiley & Sons, New York.
- [86] Gil, J.; Duarte, J.P. (2010). 'A review of urban design sustainability evaluation tools', DDSS, Eindhoven, The Netherlands: Eindhoven University of Technology.
- [87] Robinson, D.; Stone, A. (2004). Solar radiation modelling in the urban context. *Solar Energy* 3 (77), 295–309.
- [88] Hawkes, D. (1996). In 1st Edition, *The Environmental Tradition, Studies in the Architecture of Environment*, p. 14, E&FN Spon, London.
- [89] Herzog, T. (1996). In *Solar Energy in Architecture and Urban Planning*, p. 3, Prestel, Munich.
- [90] Steemers, K.; Raydan, D.; Ratti, C.; Robinson, D. (2000). *PRECis: Assessing the Potential for Renewable Energy in Cities. Final Report*. Cambridge.
- [91] Kensek, K. (2011). University of Southern California - Daylight Factor (overcast sky) versus Daylight Availability (clear sky) in Computer-based Daylighting Simulations. *Journal of Creative Sustainable Architecture & Built Environment, CSABE*.
- [92] Beckers, B. (2012). *Solar Energy at Urban Scale*, Hardback.
- [93] Eskin, N.; Artar, H.; Tolun, S. (2008). Wind energy potential of Gokceada Island in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- [94] Huang, Y.; Musy, M.; Hegron, G.; Chen, H.; Li, B. (2008). Factors of urban forms that impact building energy consumption, in: *Proceedings of the World Renewable Energy Congress WREC*.
- [95] Autodesk Wikiphelp (2012). Disponível em http://wikiphelp.autodesk.com/Vasari/enu/B1/Help/0559-Analyze_559/0658-Autodesk658/0669-Results_669/0670-Energy_A670
- [96] Department of the Environment. (2003). *Environmental Appraisal of Development Plans: A Good Practice Guide*, HMSO, London.
- [97] Barton, H. (1995). *Sustainable settlements. A guide for planners, designers and developers*. Bristol, University of the West of England and London, Local Government Management Board.
- [98] ITIC (2008). *O Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior dos Edifícios - Oportunidades para o sector da Construção - Segmento Residencial, Sumário Executivo*, Instituto Técnico para a Indústria da Construção, Lisboa.

- [99] Klare, M.T. (2001) *Resource Wars: The New Landscape of Global Conflict*, Metropolitan Books, New York.
- [100] Caleia Rodrigues, J. (2000) *A Geopolítica do Petróleo: anatomia dos Conflitos. Diplomacias, Seguranças, Soberanias*, Atelier de Livros, Lisboa.
- [101] ESRI, Arcgis. (2011). Disponível em: <http://www.esri.com/software/arcgis>
- [102] Microsoft, Microsoft Excel. (2011). Disponível em: <http://office.microsoft.com/pt-pt/excel/>
- [103] Turkienicz, B.; Scheidegger, C.; Grazziotin, P. (2001). Multipurpose computational environment for the simulation of built form models', CUPUM 2001 - Computers in Urban Planning and Urban Modelling
- [104] Autodesk, Autodesk 3dsmax studio. (2011). Disponível em: <http://usa.autodesk.com/3ds-max/>
- [105] Autodesk, Autodesk Revit. (2011). Disponível em: <http://usa.autodesk.com/revit/architectural-design-software/>
- [106] Autodesk Vasari Workshop 2012, Disponível em: <http://wikihelp.autodesk.com/Vasari/>
- [107] Radiance. (2011). Disponível em: [http://en.wikipedia.org/wiki/Radiance_\(software\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Radiance_(software))
- [108] Autodesk, Autodesk Ecotect Analysis. (2011). Disponível em: <http://usa.Autodesk.com/adsk/servlet/pc/index?id=12602821&siteID=123112>