



Contributo do Biomimetismo para o desenvolvimento de Eco-bairros

José Carlos de Henriques Salgado

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia do Ambiente

Júri

Presidente: Professor Doutor Ramiro Joaquim de Jesus Neves

Orientador: Professor Doutor Manuel Guilherme Caras Altas Duarte Pinheiro

Vogal: Professor Doutor Duarte Miguel de França Teixeira dos Prazeres

Maio 2013

Agradecimentos

Gostaria de agradecer em primeiro lugar ao Professor Manuel Pinheiro pela ajuda fornecida durante a realização desta dissertação, pelo apoio providenciado e pela oportunidade de poder explorar estes conceitos.

Quero agradecer aos meus amigos Mailis Carrilho, Bruno Costa, Ângela Salgado, Filipe Nunes, João Sobrinho, Celso Gonçalves, Inês Rodrigues, Ana Cipriano, Fábio Grego e Joana Pena pela excelente companhia e pela ajuda que sempre estiveram disponíveis a dar durante esta aventura.

Deixo um enorme obrigado à Marta Silva por toda a motivação, paciência e ajuda imprescindíveis durante a realização deste trabalho, e um obrigado muito especial à Leonor Pratt por me apoiar em todos os bons e maus momentos e por ser uma verdadeira amiga que sempre me contagiou com a sua bondade e boa disposição.

Por fim quero agradecer à minha família. Mãe e pai pelo apoio incondicional, a oportunidade de poder concretizar este meu objetivo e toda a ajuda que me providenciaram durante este período complicado e exaustivo. Ao meu irmão Hugo pela companhia, ajuda e pela alegria que me fez desanuviar e acalmar em períodos mais cansativos e enervantes.

Resumo

O mundo continua a enfrentar a problemática questão da sustentabilidade, sendo que uma das áreas mais influenciadoras neste desafio é a área do urbanismo que envolve o consumo de grandes quantidades de recursos e produz impactes ambientais significativos à medida que uma crescente parte da população mundial reside em zonas urbanas.

O presente trabalho foca-se em dois conceitos que visam melhorar o nível de sustentabilidade observados nas zonas urbanas e nas zonas em processo de urbanização, o eco-bairro e o biomimetismo. O objetivo principal desta dissertação é explorar estes dois conceitos, identificando as principais vantagens e desvantagens, assim como os principais desafios que enfrentam. Após esta exploração é avaliado o potencial contributo do biomimetismo para o desenvolvimento do conceito de eco-bairro.

Para permitir esta avaliação foi desenvolvida uma aplicação com base em duas abordagens distintas: a primeira envolve a aplicação de princípios biomiméticos aos desafios mais gerais identificados nos eco-bairros; e a segunda implica a aplicação de uma metodologia desenvolvida que devolve fenómenos biológicos relevantes para o estabelecimento de analogias entre mundo biológico e engenharia que potenciam a criação de soluções biomiméticas adequadas para a resolução de problemas mais específicos dos eco-bairros.

Constatou-se através da aplicação a título exemplificativo do biomimetismo que este conceito tem o potencial para, através da formação de analogias entre domínio da biologia e engenharia, permitir o desenvolvimento de soluções criativas contribuindo para a resolução dos problemas complexos que o eco-bairro enfrenta actualmente e assim melhorar o seu bom desempenho ambiental e potencialmente sócio-económico.

Palavras-chave: biomimetismo, eco-bairro, urbanismo, sustentabilidade, fenómenos biológicos relevantes, analogia

Abstract

The world continues to face the problematic question of sustainability. Urbanism is one of the main challenges due the huge consumption of resources and significant environmental impacts as the percentage of world population that inhabits urban areas increases.

The present research focuses on two concepts, eco-neighbourhood and biomimetics, aimed at improving the levels of sustainability in urban areas and areas undergoing the process of urbanization. The main objective of this dissertation is to explore these concepts, identifying the major advantages and disadvantages, as well as the main challenges they face. Following this exploration it is assessed the potential contribution of biomimetics for the development of the concept of eco-neighbourhood.

To allow this analysis it was developed an application based on two distinct approaches: the first involved the application of biomimetic principles to more general problems identified on eco-neighbourhoods; the second involved the application of one methodology developed in this study which return relevant biological phenomena for the establishment of analogies between the biological domain and engineering which enhance the creation of appropriate biomimetic solutions to solve more specific problems of eco-neighbourhoods.

It was found that the concept of biomimetics has the potential to contribute for the development of eco-neighbourhoods, enabling the achieving of higher levels of efficiency and sustainability and the solving of its main challenges of better environmental and socio economic performance.

Key-words: biomimetics, eco-neighbourhood, urbanism, sustainability, relevant biological phenomena, analogy

Índice

1	Introdução.....	1
1.1	Enquadramento.....	1
1.2	Objetivos.....	3
1.3	Metodologia	3
1.4	Organização da Dissertação.....	4
2	Como melhorar o Urbanismo? A hipótese dos Eco-bairros e o potencial da Natureza.....	7
2.1	O Urbanismo e os Eco-bairros.....	7
2.1.1	Contributos pertinentes na procura por um Urbanismo com preocupações ambientais.....	7
2.1.2	O dilema da Sustentabilidade e as novas vertentes do Urbanismo	9
2.1.3	Eco-bairros: Origem e evolução do conceito.....	10
2.2	Biomimetismo.....	12
2.2.1	A origem do conceito de Biomimetismo.....	12
2.2.2	Vantagens e características do Biomimetismo.....	13
2.2.3	Metodologias de aplicação desenvolvidas.....	14
3	Os Desafios do Urbanismo.....	17
3.1	Origem e evolução do conceito.....	17
3.2	Negligência da vertente social	18
3.3	Expansão suburbana.....	19
3.4	Expansão coalescente da urbanização.....	20
3.5	Influência de interesses e políticas desajustadas.....	21
3.6	Impossibilidade de nova construção	21
4	Perspetivas do Urbanismo úteis aos Bairros para bom desempenho ambiental	23
4.1	<i>Cidades-jardim</i> e equilíbrio urbano-rural	23
4.2	Planeamento polinucleado	24
4.3	Metabolismo urbano circular.....	24
4.4	Acupuntura urbana	25
4.5	Planeamento biofílico	25
4.6	Urbanismo verde.....	26
4.7	Os Eco-bairros	26
4.7.1	Origem do conceito.....	26
4.7.2	Definição e objetivos	27
4.7.3	Casos de aplicação do conceito	29
4.7.3.1	Vesterbro, Dinamarca.....	29
4.7.3.2	Vauban, Alemanha.....	30
4.7.3.3	Hammarby Sjöstad, Suécia	32
4.7.3.4	Eco-Viikki, Finlândia	34
4.7.3.5	BedZED, Reino Unido	34
4.7.4	Diferença entre o modelo de Eco-bairro do Norte e do Sul da Europa	36
4.7.5	Vertente social dos Eco-bairros.....	38
4.7.6	Divisão dos Eco-bairros segundo o metabolismo urbano.....	39
4.7.6.1	Água e as águas residuais.....	40
4.7.6.2	Energia e as emissões atmosféricas.....	41
4.7.6.3	Alimentos, materiais e os resíduos orgânicos e inorgânicos.....	42
4.7.7	Principais críticas ao conceito	44
4.7.8	Resumo de vantagens e desvantagens dos Eco-bairros.....	47
5	Biomimetismo	49
5.1	Origem do conceito	49
5.2	Definição e objetivos considerados.....	49
5.3	Vantagens do Biomimetismo	50

5.4	Casos de aplicação do conceito	52
5.5	Princípios biomiméticos	55
5.6	Metodologias de aplicação desenvolvidas	57
5.6.1	Pesquisa de analogias para Biomimetismo.....	57
5.6.2	Palavras-chave biológicas.....	59
5.6.3	Transferência efetiva das analogias	60
5.6.4	Método analógico composto.....	61
5.7	Desafios e dificuldades inerentes ao Biomimetismo.....	62
5.7.1	Pesquisa de fenómenos biológicos relevantes	62
5.7.2	Desenvolvimento correto de analogias	65
Capítulo 6 – Metodologia conceptual desenvolvida		67
6.1	Objetivos.....	67
6.2	Sequência de aplicação.....	67
Capítulo 7 – Aplicação do Biomimetismo aos Eco-bairros		75
7.1	Aplicação de princípios biomiméticos aos problemas gerais dos eco-bairros	75
7.1.1	Aplicação ao problema da inserção do eco-bairro no restante tecido urbano	76
7.1.1.1	Interconetividade	77
7.1.2	Aplicação ao problema de fortalecimento da vertente social	77
7.1.2.1	Estabelecimento de mutualismos.....	78
7.1.3	Aplicação ao problema da redução de custos.....	79
7.1.3.1	Funcionamento com base em ciclos de feedback	79
7.1.3.2	Proximidade e disponibilidade	80
7.2	Aplicação da metodologia a problemas mais específicos dos eco-bairros	80
7.2.1	Aplicação ao problema da eficiência energética na climatização de habitações nos eco-bairros.....	81
7.2.1.1	Definição do problema.....	81
7.2.1.2	Decomposição do problema em sub-problemas.....	81
7.2.1.3	Identificação das funcionalidades pretendidas respetivas a cada sub-problema criado.....	82
7.2.1.4	Identificação das palavras funcionais pertinentes a cada funcionalidade...82	
7.2.1.5	Tradução das palavras funcionais em palavras-chave biológicas e identificação de outras palavras-chave biológicas.....	82
7.2.1.6	Escolha da fonte inicial de informação biológica	84
7.2.1.7	Definição da ponte adequada que permita a pesquisa	84
7.2.1.8	Identificação de fenómenos biológicos relevantes para cada sub-problema e para as funcionalidades respectivas	85
7.2.1.9	Pesquisa de informação mais detalhada em fontes mais avançadas e específicas se necessário.....	86
7.2.1.10	Utilização do conhecimento reunido no estabelecimento de analogias que inspirem novas soluções e/ou decomposições eficazes	86
7.2.1.10.1	Obtenção de calor.....	87
7.2.1.10.2	Rede de distribuição	88
7.2.1.10.3	Retenção de calor.....	88
7.2.1.10.4	Regulação	89
7.2.1.10.5	Extração de calor.....	90
7.3	Sequência de aplicação do Biomimetismo a um Eco-bairro	92
7.4	Discussão da aplicação do Biomimetismo	95
7.4.1	Princípios biomiméticos.....	95
7.4.2	Metodologia desenvolvida.....	98
7.4.3	Sequência de aplicação do Biomimetismo.....	99
Capítulo 8 – Conclusão		101
8.1	Eco-bairros.....	101
8.2	Biomimetismo.....	102

8.3	Aplicação do Biomimetismo ao Eco-bairro.....	102
8.4	Contributo do Biomimetismo para os Eco-bairros.....	103
8.5	Desenvolvimentos futuros	104
	Referências bibliográficas	105

Índice de Figuras

Figura 1 – Metabolismo urbano linear e circular (Rogers & Gumuchdjian, 2001).....	25
Figura 2 – Eco-bairro Vauban, Friburgo.....	31
Figura 3 – Modelo de Hammarby Sjöstad (Energie Cités; ADEME, 2008).....	32
Figura 4 – Hammarby Sjöstad antes e após implementação do eco-bairro	33
Figura 5 – Modelo de funcionamento do BedZED (Energie Cités; ADEME, 2008).....	35
Figura 6 – Metabolismo urbano de um eco-bairro com respetivos pares <i>input/output</i>	39
Figura 7 – Metabolismo urbano de um eco-bairro respetivo aos recursos hídricos.....	40
Figura 8 – Metabolismo urbano de um eco-bairro respetivo à energia e emissões.....	41
Figura 9 – Metabolismo urbano de um eco-bairro respetivo aos alimentos, materiais e resíduos	43
Figura 10 – Estrutura detalhada das patas que permitem ao <i>Gecko</i> a adesão a seco.....	53
Figura 11 – Produto biomimético de obtenção de água inspirado nos escaravelhos do deserto da Namíbia	54
Figura 12 – Estádio Nacional de Pequim, China, designado de <i>Ninho de Pássaro</i>	54
Figura 13 – Modelo de reformulação de descrições biológicas (Cheong & Shu, 2009).....	60
Figura 14 – Metodologia de aplicação composta: caso simples (a) e caso complexo (b) (Vattam <i>et al.</i> , 2007).....	62
Figura 15 – Ilustração do desfiladeiro existente entre domínio da engenharia e biologia (Foto de base respetiva a White Bridge Canyon, Lake Powell, Utah).....	63
Figura 16 – Modelo de reformulação de descrições biológicas (adaptado de Cheong e Shu 2009)	70
Figura 17 – Aplicação da metodologia desenvolvida em um caso simples (adaptado de Vattam <i>et al.</i> , 2007).....	72
Figura 18 – Aplicação da metodologia desenvolvida em um caso complexo (adaptado de Vattam <i>et al.</i> , 2007).....	73
Figura 19 – Inserção adequada do eco-bairro no restante tecido urbano (à esquerda) e difusão das vantagens pelas áreas urbanas adjacentes (à direita).....	77
Figura 20 – Mutualismo entre empresas fornecedoras de serviços aos eco-bairros	78
Figura 21 – Decomposição do problema definido e respetivos sub-problemas.....	81
Figura 22 – Decomposição do problema nas diferentes funcionalidades pretendidas	87
Figura 23 – Aplicação da metodologia desenvolvida ao problema definido (adaptado de Vattam <i>et al.</i> , 2007).....	92

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Principais vantagens e desvantagens identificadas através da exploração do conceito de eco-bairro.....	47
Tabela 2 – Exemplificação do resultado esperado do passo 3.....	68
Tabela 3 – Exemplificação do resultado esperado do passo 5.....	69
Tabela 4 – Exemplificação do resultado esperado do passo 8.....	71
Tabela 5 – Resultado da aplicação do passo 3.....	82
Tabela 6 – Resultado da aplicação do passo 4.....	82
Tabela 7 – Resultado da aplicação do passo 5. ao sub-problema do aquecimento.....	83
Tabela 8 – Resultado da aplicação do passo 5. ao sub-problema do isolamento térmico.....	84
Tabela 9 – Resultado da aplicação do passo 5. ao sub-problema do controlo da temperatura.....	84
Tabela 10 – Resultado da aplicação do passo 5. ao sub-problema do arrefecimento.....	84
Tabela 11 – Fenómeno biológico relevante para o fornecimento de calor.....	85
Tabela 12 – Fenómeno biológico relevante para a retenção de calor.....	85
Tabela 13 – Fenómeno biológico relevante para a regulação.....	86
Tabela 14 – Fenómeno biológico relevante para a extração de calor.....	86
Tabela 15 – Fenómeno biológico relevante para a rede de distribuição.....	88
Tabela 16 – Fenómeno biológico relevante para a regulação.....	89
Tabela 17 – Fenómeno biológico relevante para a extração de calor.....	90
Tabela 18 – Verificação da prática dos princípios biomiméticos nos eco-bairros explorados.....	96

Lista de abreviaturas

CO ₂	Dióxido de Carbono
NO _x	Óxidos de Azoto
CH ₄	Metano
CFC	Clorofluorcarboneto
PM	Particulate Matter
TRIZ	Theory of Inventive Problem Solving
NIMBY	Not In My Back Yard
EUA	Estados Unidos da América
PDF	Portable Document Format
AC	Ar Condicionado
ATP	Trifosfato de Adenosina
SWOT	Strenghts, Weaknesses, Opportunities and Threats

*“Continuous effort,
not strength or intelligence,
is the key to unlocking
our potential.”*

Winston Churchill

Capítulo 1 – Introdução

O mundo continua a enfrentar um problema de sustentabilidade devido ao impacto humano sobre o meio-ambiente, potenciado pela continuidade de certas práticas irresponsáveis e por uma fraca consideração pelo ambiente. Caso não se verifiquem mudanças significativas nas tendências de crescimento da população mundial, industrialização, poluição e da taxa de obtenção de recursos naturais, os limites de crescimento do planeta serão atingidos com graves consequências sociais, económicas e ambientais (Meadows *et al.*, 1972).

Uma das áreas de maior influência e impacto sobre os recursos naturais é o complexo conceito de urbanismo que possui o potencial de mudar a face do planeta. O urbanismo é um dos desafios considerados no “*Relatório de Brundtland*” pois a civilização humana é cada vez mais uma civilização urbana, com grande percentagem da população a residir em zonas urbanas. Os pólos urbanos representam uma elevada percentagem mundial da utilização de recursos, consumo de energia e poluição emitida, sendo responsáveis por graves impactos ambientais numa grande variedade de ecossistemas devido ao seu longo alcance. O urbanismo possui assim um papel fundamental no estabelecimento de um desenvolvimento sustentável (The World Commission on Environment and Development, 1987).

Uma das abordagens que visa tornar o urbanismo mais sustentável é o conceito de eco-bairros. Os bairros são uma unidade específica do urbanismo caracterizada pelas suas dimensões reduzidas e que se encontram inseridos em sistemas urbanos mais abrangentes como as cidades ou as regiões. Normalmente possuem características próprias ligadas à sua origem e história. Os eco-bairros são projetos à escala média urbana que visam estabelecer bairros que implementem e respeitem todos os princípios ambientais, sociais e económicos respetivos ao desenvolvimento sustentável permitindo assim alcançar a sustentabilidade (Boutaud, 2009).

Na pesquisa por diferentes fontes de informação e inspiração surge um conceito importante e enraizado na inteligência humana, o biomimetismo. Este consiste, segundo Otto Schmitt, na observação da Natureza e aprendizagem de certos fenómenos ou mecanismos, que conseqüentemente poderão ser utilizados como analogias no estabelecimento de sistemas físicos e biofísicos à imagem da vida e inspirar novas soluções criativas (Harkness, 2002).

A união destes dois conceitos surge como a força motriz desta dissertação que visa compreender as vantagens e desvantagens destes dois conceitos, e verificar o potencial contributo do biomimetismo ao desenvolvimento do conceito de eco-bairros.

1.1 Enquadramento

O urbanismo é uma área complexa com muitas influências. Tem ramificações com a indústria, a rede rodoviária, o ramo imobiliário e é a base da vida quotidiana das pessoas. É um pólo da atividade humana que funciona à base de inúmeros serviços que permitem o fornecimento de todas as necessidades essenciais à qualidade de vida das pessoas que nele habitam ou

trabalham. Como centro de atração das atividades humanas o urbanismo envolve a produção de externalidades negativas e de vários impactes ambientais significativos (The World Commission on Environment and Development, 1987).

O urbanismo tenta superar vários desafios complexos que dificultam o estabelecimento de um urbanismo eficiente e desenvolveram-se devido a décadas de práticas erradas, baseadas em expansões urbanas descontroladas onde não existe um planeamento claro (Mumford 1956).

Através de intervenções de vários pensadores o urbanismo foi sendo alvo de várias potenciais soluções. Desde Sir Ebenezer Howard, passando por Lewis Mumford e Ian McHarg, o urbanismo tem experienciado novas abordagens que tentam reverter esta situação e proporcionar ao urbanismo práticas mais eficientes e responsáveis.

Acontecimentos como a divulgação de “*Silent spring*” de Rachel Carson (1962) e a publicação do “*Relatório de Brundtland*” (1987) e posterior divulgação do conceito de desenvolvimento sustentável foram marcando a comunidade científica, tendo importantes consequências. Os problemas ambientais ganham dimensão, passando de meras suposições a realidades comprovadas. Desde a contaminação de recursos hídricos ao aumento do efeito de estufa, os impactes da ação humana sobre o ambiente vão obtendo maior destaque na sociedade humana, o que resulta no início de uma procura intensiva por soluções. Esta procura proporcionou novo impulso ao urbanismo potenciando o desenvolvimento de novas abordagens cada vez mais preocupadas com o respeito pelo ambiente e pelo alcance da sustentabilidade.

Progressivamente na procura de criar bom desempenho ambiental surgem os eco-bairros. Estes projetos visando a escala do bairro ambicionam transformar o urbanismo e assegurar características mais responsáveis e práticas mais eficazes. Os eco-bairros tiveram uma forte difusão a partir do Norte da Europa (Souami, 2009), estando agora presentes em várias partes do globo. Caracterizados por uma aposta forte em tecnologias ambientais e num respeito permanente pelos recursos naturais, os eco-bairros ambicionam alcançar a sustentabilidade nas vertentes ambiental, social e económica.

Apesar das suas várias vantagens e dos desenvolvimentos a que tem sido sujeito, o conceito de eco-bairro continua a apresentar certas desvantagens e problemas, nomeadamente nem sempre são adotados processos eficientes e que efetuem alterações significativas, que condicionam o alcance dos seus objetivos, o seu sucesso e a sua imposição no urbanismo. O aperfeiçoamento do conceito passa pela resolução destes problemas.

Um conceito que pode contribuir para esta procura por sustentabilidade e por processos mais eficientes é o conceito que mimetiza os princípios do mundo natural, isto é, o biomimetismo. Um conceito antigo atribuído a Schmitt que se baseia na observação de fenómenos biológicos e ecológicos relevantes que alcançam as funcionalidades desejadas de forma criativa e cujos mecanismos podem ser utilizados através de analogias (Harkness, 2002).

Este conceito devido às suas características revela-se como dispendioso de uma elevada potencialidade na solução de problemas atuais respetivos ao domínio da engenharia. Devido a esta razão o biomimetismo é uma lógica para suportar o desenvolvimento dos eco-bairros.

1.2 Objetivos

Os objetivos desta dissertação passam pela sistematização, revisão, exploração e conjugação de dois conceitos importantes: o eco-bairro e o biomimetismo.

A hipótese da tese é que o biomimetismo pode ser uma abordagem eficaz para desenvolver os eco-bairros e melhorar potencialmente as suas eficiências e níveis de sustentabilidade.

O objetivo principal da tese é a análise das abordagens e potencialidades da junção destes dois conceitos.

No conceito do eco-bairro explora-se o mesmo de forma a identificar as principais vantagens e desvantagens, bem como os problemas e desafios que este conceito enfrenta e que condicionam o seu sucesso. Relativamente ao biomimetismo pretende-se compreender melhor este conceito inovador através das suas vantagens e desvantagens, bem como as metodologias de aplicação já desenvolvidas que possuam o maior potencial de forma a reunir a informação necessária para se proceder à sua aplicação e identificação das principais dificuldades inerentes a esta.

1.3 Metodologia

A metodologia desenvolvida e explorada na realização desta dissertação passará por duas abordagens distintas. Primeiro através da revisão da literatura e exploração do conceito de eco-bairro e dos casos de aplicação existentes do mesmo são identificados os problemas mais pertinentes que necessitam de soluções adequadas. Depois consoante o tipo de problema aplica-se a abordagem adequada.

Caso o problema possua um carácter mais geral, mais relacionado com princípios ou ideais estabelecidos pelo conceito de eco-bairro, procede-se à aplicação de princípios biomiméticos estabelecidos com base na exploração das vantagens e principais aspetos do biomimetismo. Desta aplicação mais abstrata poderão não resultar soluções específicas mas sim sentidos ou direções sobre as quais devem ser desenvolvidas as soluções.

No caso de problemas mais específicos, normalmente relacionados com desafios mais técnicos do eco-bairro envolvendo desempenhos ou eficiências na utilização de recursos evidenciados pelo metabolismo urbano do mesmo, procede-se à aplicação da metodologia desenvolvida no decorrer desta dissertação. Esta metodologia mais precisa consiste numa série de dez passos que permitem a identificação de fenómenos biológicos relevantes para os problemas identificados nos eco-bairros, a sua correta compreensão e estabelecimento de analogias que poderão ser posteriormente utilizadas como fontes de inspiração no desenvolvimento de novas

soluções que permitam a resolução eficaz e eficiente dos problemas dos eco-bairros através do alcance das respetivas funcionalidades.

As etapas metodológicas desenvolvidas são as seguintes:

1. Definição do problema em estudo;
2. Decomposição do problema em sub-problemas;
3. Identificação das funcionalidades pretendidas respetivas a cada sub-problema criado;
4. Identificação das palavras funcionais pertinentes a cada funcionalidade;
5. Tradução das palavras funcionais em palavras-chave biológicas e identificação de outras palavras-chave biológicas;
6. Escolha da fonte inicial de informação biológica;
7. Definição da *ponte* adequada que permita uma pesquisa bem sucedida;
8. Identificação de fenómenos biológicos relevantes para cada sub-problema e para as funcionalidades respetivas;
9. Pesquisa de informação mais detalhada em fontes mais avançadas e específicas se necessário;
10. Utilização do conhecimento reunido no estabelecimento de analogias que inspirem novas soluções e/ou decomposições eficazes.

1.4 Organização da Dissertação

No presente capítulo realiza-se uma introdução à dissertação, bem como um breve enquadramento que relaciona o urbanismo, o conceito de eco-bairro e o biomimetismo. Por fim a metodologia utilizada na dissertação é exposta muito resumidamente.

No Capítulo 2 apresenta-se a revisão da literatura pertinente à dissertação. Esta revisão encontra-se dividida em duas partes distintas, a primeira referente ao urbanismo e os eco-bairros, e a segunda respetiva ao conceito de biomimetismo. Cada uma destas encontra-se dividida em partes mais específicas que possibilitam reunir o conhecimento necessário à compreensão de cada conceito.

No Capítulo 3 analisa-se sumariamente a origem e evolução do conceito de urbanismo, considerando posteriormente alguns dos principais desafios do urbanismo.

No Capítulo 4 aborda-se as soluções desenvolvidas no urbanismo. Começa-se por referir de forma muito breve algumas soluções que surgiram no urbanismo, explorando na restante parte do capítulo o conceito de eco-bairro de forma mais detalhada, identificando a sua origem, definição e casos de estudo existentes. Por fim, identifico as principais vantagens, desvantagens e os problemas mais relevantes dos eco-bairros que serão posteriormente utilizados.

O Capítulo 5 incide sobre o conceito de biomimetismo. Começa-se por expor a sua origem, possível definição e objetivos considerados. De seguida apresentam-se as várias vantagens do

biomimetismo e os vários casos existentes de aplicação do biomimetismo. Posteriormente identificam-se os princípios biomiméticos, exploram-se metodologias de aplicação do biomimetismo pertinentes e finaliza-se o capítulo com a identificação das dificuldades inerentes à aplicação do biomimetismo.

No Capítulo 6 apresenta-se a metodologia desenvolvida para aplicação do biomimetismo. Durante este são apresentados os objetivos da metodologia, a sequência da mesma e a descrição detalhada dos vários passos que a constituem para uma melhor compreensão do processo de aplicação.

A aplicação do biomimetismo a problemas dos eco-bairros decorre no Capítulo 7. Este capítulo encontra-se dividido em duas partes distintas, a aplicação de princípios biomiméticos e a aplicação da metodologia desenvolvida no Capítulo 6. É desenvolvido no final do capítulo uma discussão relativa a ambas as aplicações onde são expostas vantagens e dificuldades identificadas, bem como uma possível sequência de aplicação do biomimetismo ao eco-bairro.

No último capítulo da dissertação, Capítulo 8, são apresentadas as conclusões obtidas ao longo da dissertação. Esta conclusão encontra-se dividida por partes, abordando primeiro os eco-bairros, seguido do Biomimetismo, expondo depois as conclusões respetivas à aplicação do biomimetismo ao eco-bairro e finalizando com as conclusões relativas ao principal objetivo da dissertação, o contributo do biomimetismo para os eco-bairros.

Capítulo 2 – Como melhorar o Urbanismo? A hipótese dos Eco-bairros e o potencial da Natureza

Antes de se dar início ao desenvolvimento dos conceitos em estudo nesta dissertação é importante desenvolver uma revisão de literatura com base num levantamento exaustivo da investigação científica sobre as áreas de estudo em causa. Desta forma foi identificado e analisado material pertinente, o que permite contextualizar e criar uma base sólida para auxiliar o desenrolar desta investigação.

2.1 O Urbanismo e os Eco-bairros

O urbanismo é um conceito muito abrangente e caracterizado por uma grande complexidade. Desde que surgiu que tem sido alvo de muita investigação pois é parte essencial de qualquer sociedade e tem implicações importantes sobre o ambiente, a economia e a vertente social. Utilizado corretamente pode ser considerado como um verdadeiro promotor da ordem e da qualidade de vida, incorretamente um incitador da pobreza e da exclusão social.

2.1.1 Contributos pertinentes na procura por um Urbanismo com preocupações ambientais

Para compreender as últimas vertentes do urbanismo mais responsáveis e preocupadas relativamente ao ambiente e ao fator social importa de forma sucinta compreender as suas origens através dos conceitos que surgiram no passado e que permitiram o seu desenvolvimento.

Importa começar por referir o trabalho inovador de Sir Ebenezer Howard nos finais do séc.XIX, cuja investigação concentrou-se à volta de um conceito para o qual muito contribuiu e pelo qual muito lutou, o conceito de *Cidades-Jardim*. Howard (1902) aponta no seu livro “*Garden Cities of To-morrow*” que este tipo de planeamento urbano distingue-se pela harmonia entre a sociedade humana e a Natureza e os seus recursos, onde atuava uma política eficiente para a manutenção do equilíbrio social.

Patrick Geddes é outro pioneiro do planeamento urbano. No seu trabalho “*Cities in Evolution*” (Geddes, 1915) introduz algumas questões pertinentes no planeamento urbano, como o conceito de coalescência urbana (potencialmente traduzível por conurbanização) a partir da constatação da coalescência de cidades em expansão no Reino Unido. Estabelece ainda um novo tipo de planeamento, onde as necessidades dos cidadãos são contempladas e reconhecidas previamente à execução de intervenções. Assim realça a inutilidade do método baseado no design e efeito, e a necessidade de explorar as condições existentes numa certa zona de forma a identificar as várias vantagens, desvantagens e dificuldades inerentes a esta, ou seja, considerar as características de contexto da zona em questão antes de iniciar um planeamento urbano.

Posteriormente, na década dos anos 30, surge um importante contributo para a vertente social do Urbanismo. Wirth (1938) aponta no artigo “*Urbanism as a Way of Life*” a falta de conhecimento do processo de urbanização e estuda como o urbanismo, um dos conceitos mais

importantes dos tempos modernos, influencia o modo de vida das pessoas, denotando uma verdadeira mudança social à medida que a urbanização se expande.

Um outro grande contributo para o urbanismo deve-se ao importante trabalho de investigação de Lewis Mumford, considerado um dos últimos grandes pensadores públicos, com um trabalho notável na área da filosofia social e de forma mais proeminente na história das cidades e da prática do planeamento urbano. Mumford (1961) explora no seu livro “*The City in History*” como o urbanismo tem evoluído ao longo do desenvolvimento da civilização humana, realçando as várias características que foi apresentando e as suas principais vantagens e desvantagens. Neste livro apresenta a origem de alguns dos principais problemas que ainda hoje são enfrentados pelo urbanismo, como por exemplo a expansão suburbana. Mumford expõe a necessidade por uma redescoberta de princípios que fortaleçam a enfraquecida relação entre a humanidade e o ambiente que a rodeia.

Em “*What is a City?*”, Mumford (1937) considera a cidade como um *teatro de acção social* e considera os responsáveis pelo planeamento urbano como incapazes na criação destes. Esboça ainda a necessidade de um planeamento *polinucleado*.

Importa ainda referir “*The Natural History of Urbanization*” no qual Mumford (1956) aborda de forma resumida a origem do planeamento urbano e das cidades, bem como algumas das questões mais problemáticas desta área.

Um importante estudo realizado nesta procura por um urbanismo com fortes considerações ambientais foi estabelecido por Ian McHarg. McHarg (1969) estabelece em “*Design with Nature*” um dos primeiros trabalhos a definir os problemas do desenvolvimento moderno e a apresentar uma metodologia com soluções compatíveis para a resolução destes de forma adequada. Estabelecendo uma clara falta de ligação entre Homem moderno e Natureza, McHarg afirma a necessidade de uma conexão do design com a Natureza cujo resultado seria bastante vantajoso para todos os envolvidos.

McHarg ao longo do trabalho afirma ainda que o desenvolvimento é impossível de controlar e parar, pois é uma necessidade da vida. No entanto este pode ser previsto pelos designers, que criando espaços funcionais hoje, amanhã e no futuro permitem investimentos bastante mais rentáveis e duradouros. McHarg é um pioneiro na exploração da relação entre ambiente construído e ambiente natural e foi responsável pelo desenvolvimento de uma série de passos que demonstram como podem ser usados para alcançar o máximo potencial de cada um sem se prejudicarem mutuamente.

Outro importante contributo para a procura por um urbanismo mais responsável partiu da mente criativa e futurista de Buckminster Fuller. Na obra dedicada ao seu trabalho e abordagens, “*A Fuller View*” (Sieden, 2011), é referido como Fuller assim que constatou o benefício na forma da Natureza realizar as suas tarefas, adotou os seus princípios como

aspectos primários da sua obra. A chave para o seu sucesso era descobrir como a Natureza respondia a uma ideia ou ação e seguir a estratégia por ela delineada.

Utilizando os princípios da Natureza como a sua ação persistente e exata, e a sua estratégia de como sistema perfeitamente equilibrado nunca depender de uma única unidade para resolver um problema crítico ou satisfazer uma importante necessidade, Fuller foi criador de uma série de inovações, entre as quais destaca-se na área do urbanismo a cúpula geodésica em Montreal, Canadá. Fuller desenvolveu o princípio do deflector (*trimtab*) com base na Natureza, princípio de criar soluções bem sucedidas com o mínimo de esforço e recursos. Para tal afirma que apenas é necessário descobrir como fazer mais com menos.

Fuller considera cada pessoa como capaz de realizar mudanças significativas no mundo e afirma que se mais atenção fosse direcionada à Natureza e ao seu design seria possível transformar significativamente a sociedade global.

2.1.2 O dilema da Sustentabilidade e as novas vertentes do Urbanismo

No decorrer dos últimos 60 anos a sociedade científica bem como o público em geral despertaram para uma nova realidade, uma realidade difícil e que se apresentava como uma ameaça à sustentabilidade do mundo e o colapso ecológico. Com o surgir deste dilema e mais tarde com a divulgação do conceito de desenvolvimento sustentável desenvolveram-se novas abordagens no urbanismo que visam práticas mais responsáveis e sustentáveis.

Um dos conceitos essenciais a este estudo é o *Metabolismo Urbano*. Wolman (1965) afirma no seu artigo “*The Metabolism of Cities*” que a cidade pode ser reconhecida como um ecossistema urbano cujo funcionamento é um processo metabólico, designado então por metabolismo urbano. Analisando os inúmeros fluxos de entrada e saída que constituem este metabolismo é possível compreender de forma mais aprofundada estes ecossistemas urbanos.

Mais recentemente, Herbert Girardet (Rogers & Gumuchdjian, 2001) tendo conhecimento do aumento dos metabolismos das cidades modernas afirma que a solução a este problema passa pela procura de um metabolismo urbano circular, ao invés do metabolismo linear que ainda caracteriza o planeamento de qualquer cidade moderna. Kennedy *et al.* (2007) contribuem afirmando no seu artigo “*The Changing Metabolism of Cities*” que os metabolismos das cidades seleccionadas no seu estudo apresentam metabolismos crescentes que diferem consoante as características contextuais em questão.

Outro conceito pertinente e que ‘empresta’ alguns dos seus princípios a conceitos na área do urbanismo é o conceito de *Biofilia*. Conceito criado e divulgado por Wilson (1984) através do livro “*Biophilia*”, pretende designar uma necessidade biológica do Homem pelo contacto com a Natureza.

Uma das vertentes mais divulgadas nesta busca por um planeamento urbano sustentável foi a designada de *Urbanismo Verde* que Beatley (2011) descreve no livro “*Biophilic Cities*” como o

desenvolvimento urbano ecologicamente sustentável que desafia a abordagem usual do design e gestão das cidades baseados nos negócios e em factores económicos apresentando soluções alternativas nas diferentes áreas de interesse do urbanismo.

Lerner (2003), um arquiteto e urbanista brasileiro, traz uma nova perspectiva sobre esta área, contribuindo com o livro “*Acunpuntura Urbana*” em que expõe uma prática que visa corrigir certos problemas urbanos trabalhando apenas sobre algumas áreas específicas, fazendo com que essa área melhore e crie reações positivas em cadeia, melhorando assim as áreas em redor.

Beatley (2011) contribui ainda com o conceito de *ciudades biofílicas*. Inspirado pelo conceito de *biofilia*, aborda a escassez de componentes naturais nas zonas urbanas, como tal poderá estar relacionado com a ilusão de uma sociedade humana independente da Natureza e a ligação comprovada entre saúde mental, capacidades cognitivas e qualidade de vida e a exposição a elementos e paisagens naturais.

2.1.3 Eco-bairros: Origem e evolução do conceito

Através da base criada pelos estudos referidos anteriormente começam a surgir outras práticas que visam alcançar um equilíbrio delicado entre as necessidades humanas e os recursos naturais, por meio de melhores desempenhos ambientais, sociais e económicas, dotando as zonas urbanas resultantes de uma qualidade de vida invejável. Este é o caso do conceito de eco-bairros que atualmente encontra-se envolto numa mistura de incerteza e potencial.

A abordagem a bairros que procuram o equilíbrio e bom desempenho ambiental tem existido ao longo dos séculos, embora mais recentemente o conceito aparece com contornos mais específicos.

No artigo “*De la sostenibilidad a los eco-bairros*” Verdaguer (2000) explica como o problema de deterioração dos ecossistemas naturais se encontra fortemente relacionado com questões de planeamento urbano. A partir desta base define os critérios base de um urbanismo sustentável e identifica como traços essenciais ao desenvolvimento de um verdadeiro eco-bairro a *densidade, a mistura de usos ou funcionalidades e o predomínio do transporte público, ciclista e pedonal sobre a mobilidade baseada exclusivamente no veículo privado*. Verdaguer aponta ainda uma série de dificuldades à implementação de um verdadeiro urbanismo sustentável.

Em “*Éco-quartiers en Europe*” (Energie Cités; ADEME, 2008) para além de serem apresentados vários eco-bairros desenvolvidos na Europa e suas características, é apontado o problema da tendência das autoridades locais conhecerem qual a direção correta a tomar e continuarem no entanto a trabalhar o planeamento urbano através de estratégias herdadas do passado, conformando-se com hábitos antigos ao invés de considerarem o futuro.

Uma vertente a ter em conta nos eco-bairros e que na generalidade das aplicações urbanas é esquecida é a vertente social. Relativamente a esta vertente, os eco-bairros atraíram a atenção

da sociologia pois são produtos urbanos que devem resultar de uma interação social eficiente entre os vários residentes. Só assim é que o eco-bairro terá a vida e atividade necessária para se fortalecer e resistir aos vários desafios e adversidades que qualquer zona urbana enfrenta.

Rudolf (2007) foca-se na vertente social dos eco-bairros e aponta duas grandes competências que estes devem possuir para evoluírem e realizarem os seus objetivos: a formação de sinergias efetivas entre os diferentes recursos e entre recursos humanos e não humanos; e a comunicação eficaz tanto no interior dos eco-bairros como com o exterior. A autora afirma que estes dois fatores *alimentam-se* um do outro para conferir a robustez e a consistência necessárias.

Outro contributo a mencionar parte de Kasper (2008) que atribui como raiz da maior parte dos problemas ambientais a divisão que tem vindo a desenvolver-se entre a sociedade humana e a Natureza. Define o sentido de comunidade e a ética que a acompanha como partes fundamentais e distintivas dos eco-bairros.

Devido à incerteza que ainda paira sobre o termo de eco-bairro muitas críticas ao conceito têm surgido. Devido a esta indefinição existem vários projetos que se auto-denominam por eco-bairros e que fazem uso desta definição e desta publicidade gratuita por interesses económicos, não existindo um rigor na classificação deste tipo de projetos nem de quais os níveis mínimos dos desempenhos ambientais, sociais e económicas que têm necessariamente de ser alcançados.

Em “*Quartier durable ou eco-quartier?*” Boutaud (2009) afirma existir uma nebulosidade relativa em torno dos termos bairro sustentável e eco-bairro. Considera a tecnologia como um elemento necessário mas insuficiente na criação de um bairro realmente sustentável e o termo eco-bairro como sugestivo e sedutor, que satisfaz a *néomanie* atual, ou seja, o fascínio da sociedade por tudo o que é novo. Conclui que devido à falta de uma definição clara possui propriedades elásticas e que foi devido a este facto que se tornou tão popular e utilizado.

Bonard e Matthey (2010) desenvolvem em “*Les éco-quartiers: laboratoires de la ville durable*” uma análise crítica do conceito de eco-bairro apontando um conjunto de lacunas. Afirmam que o conceito de eco-bairro se baseia numa lógica insular, ineficiente enquanto prosperarem políticas territoriais que favoreçam o alastramento suburbano, e que pode se tornar uma fonte de externalidades negativas. Concluem que apesar de ser considerado uma solução universal para o urbanismo, devido à sua lógica insular, poderá apenas aspirar alcançar uma reforma lenta e pontual.

Na última geração de investigações surge uma clara tendência no sentido de se estabelecer uma estruturação mais clara e rigorosa a este género de projetos, desenvolvendo os princípios e estratégias mais eficazes para o seu planeamento, aplicação e gestão, bem como explorar outras questões ainda não abordadas que se revelam bastante pertinentes e desafiantes.

Um dos contributos mais pertinentes da área dos eco-bairros provém do trabalho desenvolvido por Souami (2009) que estabelece uma importante distinção entre o que designa por *modelo* do Norte da Europa e os projetos desenvolvidos no Sul da Europa (países mediterrânicos). Conclui que no planeamento de um eco-bairro os aspetos ambientais são frequentemente privilegiados relativamente aos sociais e económicos, especialmente nos casos que seguem o *modelo* do Norte da Europa.

Kyvelou e Papadopoulos (2011) exploram o conceito de eco-bairro e em particular a questão da distinção entre os eco-bairros do Norte e do Sul da Europa, numa tentativa de desenvolver o que seria um modelo de eco-bairro adequado para os países mediterrânicos. Através da análise de projetos de eco-bairros nos países mediterrânicos tentam compreender as suas principais características, o tipo de planeamento necessário e quais as lacunas a resolver de forma a alcançar um possível modelo que se adeque à realidade e às necessidades destes países.

2.2 Biomimetismo

Biomimetismo é um conceito com raízes profundas no conhecimento humano e que contribuiu para o desenvolvimento cognitivo do Homem e das ciências tal como são conhecidas atualmente. Inúmeros estudos têm sido realizados com o objetivo de compreender melhor este conceito e qual será a melhor metodologia de aplicação para usufruir do máximo das suas capacidades e potencial.

2.2.1 A origem do conceito de Biomimetismo

O biomimetismo tem acompanhado o desenvolvimento da civilização humana muito antes de lhe ser atribuído este nome. No entanto apenas nas últimas décadas é que este tema foi desenvolvido e estudado ao ponto de lhe ser concedido uma designação.

Um dos primeiros e importantes contributos na direção da criação do conceito de biomimetismo partiu de Thompson (1945) que, não abordando diretamente o conceito, aponta em "*On Growth and Form*" a eficiência mecânica das estruturas naturais e afirma que muitos desenvolvimentos científicos tiveram a sua origem graças à observação da Natureza e dos seus feitos.

Anos mais tarde, em 1957, surge o primeiro de muitos contributos pertinentes do inventor norte-americano Otto Schmitt (Harkness, 2002). Numa intervenção realiza uma afirmação que daria mais tarde origem ao conceito de biomimetismo, constatando que a biofísica para além de ser uma abordagem aos problemas da biologia utilizando a teoria e as tecnologias da física é simultaneamente uma abordagem dos biólogos a problemas de ciências físicas e de engenharia.

Durante um encontro na base aérea Wright-Patterson de Dayton, Ohio, Otto Schmitt dá origem ao conceito de biomimetismo (*biomimetics*) e estabelece o objetivo explícito deste ou outros conceitos similares. Schmitt afirma que o principal objetivo do biomimetismo é analisar

fenómenos biológicos na esperança de obter conhecimento e inspiração para desenvolver sistemas físicos ou sistemas mistos biofísicos à imagem da vida (Harkness, 2002).

No trabalho “*Synectics*” de Gordon (1961) a biologia é apontada como uma excelente fonte de analogias, sendo reconhecido o facto de que o Homem tem ao longo da história imitado a Natureza de forma a conseguir satisfazer as suas necessidades. Em outro caso semelhante, Heinrich Hertel vê na neurofisiologia uma fonte de inovação para o mundo cibernético, com especial foco na relação Homem-computador (Papanek, 1984).

2.2.2 Vantagens e características do Biomimetismo

A partir do estabelecimento do biomimetismo várias têm sido as investigações científicas desenvolvidas em seu redor que visam explorar as suas características e estabelecer os seus aspetos vantajosos, bem como as limitações que ainda necessitam de ser corrigidas para o biomimetismo atingir todo o seu potencial.

Paturi (1976) realça em “*Nature, Mother of Invention*” o uso eficiente de materiais e energia por parte dos organismos biológicos através da utilização dos mínimos necessários à sua sobrevivência. Caracteriza a síntese biológica como um processo bastante preciso e afirma que os sistemas biológicos encontram-se sempre bem adaptados ao ambiente que os rodeia.

Papanek (1984) no seu livro “*Design for the real world*” aponta a biologia, o biomimetismo e todos os conceitos semelhantes como grandes fontes de criatividade e inovação para os designers. No capítulo intitulado “*The tree of knowledge: Bionics*”, Papanek explora como a Natureza tem inspirado o Homem ao longo dos tempos.

Galbraith *et al.* (1989) afirmam em “*Understanding Biology*” que uma das grandes vantagens dos sistemas biológicos é a sua capacidade de adaptação através de inúmeros processos, como por exemplo a evolução, e a auto-regulação. Realçam ainda a importância dos sistemas naturais funcionarem com base em ciclos de *feedback*.

French (1994) em “*Design in Nature and Engineering*” compara seres vivos com produtos produzidos pelo Homem, dando especial atenção à importância dos princípios de design relacionados com as propriedades dos materiais, os princípios físicos e a eficiência energética.

Bond *et al.* (1995) referem a importância da precisão dos processos de produção biológicos em “*Mimicry of Material Designs and Processes*”, caracterizando-os como bastante mais eficientes do que os processos de produção criados pelo Homem, e a capacidade designada por auto-montagem (*self-assembling*).

Através de “*Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*”, Benyus (1997) tornou-se uma das autoras mais importantes para fazer ressurgir o tema do biomimetismo na comunidade científica. Promove as principais características do modo de funcionar dos sistemas e organismos naturais e como o Homem pode procurar inspiração nesse vasto mundo para resolver os seus problemas.

Vogel (1998) em “*Cat’s Paws and Catapults*” incide na comparação de designs encontrados na Natureza e no mundo humano, e explora como as leis da física, o tamanho e a conveniência determinam os designs nestes dois mundos mecânicos distintos.

Affholter e Arnold (1999) exploram no seu artigo “*Engineering a Revolution*” as principais características encontradas nos sistemas naturais e referem a elevada tolerância destes sistemas, conseguindo funcionar num intervalo mais vasto de condições comparativamente aos sistemas criados pelo Homem.

David (1999) explora o conceito de biomimetismo e dá igual destaque à vantagem inerente à elevada tolerância dos sistemas naturais em “*Beastly Explorers*”.

Por fim, Bar-Cohen (2006) apresenta em “*Biomimetics-using nature to inspire human innovation*” uma série de cooperações entre a biologia e a engenharia que espelham bem o objetivo e o potencial do biomimetismo. Cohen realça a capacidade única da Natureza de produzir os seus materiais à temperatura ambiente e à pressão atmosférica, ao contrário dos sistemas criados pelo Homem, e das suas estruturas serem sempre dotadas da capacidade de realizar múltiplas tarefas.

2.2.3 Metodologias de aplicação desenvolvidas

Nos últimos anos as investigações na área do biomimetismo têm-se focado na elaboração de possíveis metodologias de aplicação deste conceito de forma a criar um método que reúna o conhecimento obtido no mundo Natural e o utilize de forma eficiente na criação de soluções inovadoras, especialmente para problemas na área da engenharia.

Começa-se por referir Vakili e Shu (2001) que esboçam uma potencial metodologia baseada numa série de questões/passos que visam ajudar na pesquisa de analogias viáveis entre o mundo biológico e a engenharia. Esta procura é realizada em livros de referência da biologia através de pesquisas nos glossários utilizando palavras-chave ou sinónimos destas.

Shu (2006) volta a realizar outro estudo relevante no qual volta a explorar a pesquisa de conhecimento biológico sob o formato natural (livros) através de palavras funcionais que descrevem o problema a enfrentar na engenharia. Shu realça o facto de muitos conceitos anómalos surgirem devido a uma incorreta compreensão do fenómeno biológico de interesse.

Cheong *et al.* (2011) contribuem para o progresso da metodologia de pesquisa de analogias em formato natural através do desenvolvimento de um algoritmo que traduz termos funcionais da *base funcional* (termos utilizados para representar funcionalidades de produtos em engenharia) em palavras-chave biológicas.

Kaiser *et al.* (2012) comparam as metodologias de pesquisa em bases de dados e de pesquisa de palavras funcionais em formato natural, dando vantagem à última. Os autores sugerem ainda a utilização de sinónimos, hiperónimos e outras relações semânticas para permitir pesquisas por analogias mais eficientes.

Cheong e Shu (2009) abordam o passo seguinte após a identificação da analogia no mundo biológico respectivo à transferência efetiva da analogia de interesse encontrada de forma a resolver o problema em causa. É mencionada a importância para esta transferência efetiva da presença de relações causais nas descrições biológicas dos fenómenos de interesse e as analogias inter-domínios são apontadas como as grandes promotoras de soluções criativas.

Uma metodologia alternativa para a busca de analogias é apresentada por Vincent *et al.* (2006) que sugerem a utilização do sistema de resolução de problemas russo *TRIZ* como um instrumento eficaz para identificar as funções de interesse e transferi-las da Natureza para a engenharia.

Vattam *et al.* (2007) apresentam o desenvolvimento de uma metodologia dita como capaz de criar e lidar com a complexidade de soluções compostas através de uma interação oportunista dos processos de transferência de analogias e de decomposição do problema. A decomposição do problema nesta metodologia é feita de forma dinâmica e gradual, intercalada com o processo de analogia.

Nagel e Stone (2011) exploram uma metodologia que definem como sistemática, baseada num modelo que facilita o acesso e a compreensão de informação biológica e a sua posterior utilização na elaboração de designs inspirados no mundo biológico, afirmando que a funcionalidade é a ponte ideal capaz de unir os mundos da biologia e da engenharia.

Wilson *et al.* (2009) analisam o impacto de exemplos biológicos no decorrer do processo de geração de ideias e consideram as analogias entre domínios mais distantes como as que exigem maior esforço cognitivo, devido ao grau de abstração implícito, mas que representam as principais forças motrizes do pensamento criativo, superando os efeitos negativos da fixação.

Ueda *et al.* (2011) expõem métodos que suportam o design biomimético e analisam vários passos do processo de identificação e aplicação de analogias relevantes na resolução de problemas. Finalizam o artigo com uma série de conclusões e dificuldades pertinentes ao estudo do biomimetismo.

Para finalizar, Lenau *et al.* (2011) exploram outras possíveis abordagens que visam a criação de soluções através de analogias e afirmam devido à quantidade e à qualidade das ideias geradas através destas metodologias que fica provada a utilidade do biomimetismo em todas as áreas industriais.

Capítulo 3 – Os Desafios do Urbanismo

O urbanismo é reconhecido como uma área de dimensões vastas com inúmeras relações com outras áreas e como tal bastante influenciadora. Pensar no urbanismo torna-se então numa tarefa complexa, que exige uma visão transversal e não enviesada, tendo sempre o objetivo do estudo bastante claro. Devido às suas dimensões e à influência que exerce sobre vários fatores como a qualidade de vida e a degradação dos ecossistemas naturais, vários são os problemas que têm surgido ao longo do tempo e continuam sem uma solução eficaz (Mumford, 1961).

3.1 Origem e evolução do conceito

Identificar a origem exata de um conceito vasto e antigo como o urbanismo pode ser considerado como difícil. No entanto, estudos na comunidade científica apontam que a primeira grande civilização desenvolveu-se na Mesopotâmia, a civilização Suméria, pois foi a primeira a estabelecer o que se pode considerar uma cidade, ou seja, os primeiros a estabelecerem um planeamento urbano.

O que realmente importa reter dos primeiros casos de urbanismo é o estabelecimento de uma relação entre os povoados e o ambiente em seu redor. A possível razão pelo qual os primeiros Homens começaram a estabelecer as primeiras residências fixas deve-se em muito às vantagens da co-habitação mas também às condições providenciadas por esses locais, como a disponibilidade de recursos naturais essenciais à sobrevivência como produtos alimentares, água e madeira. Tendo em conta estas necessidades os primeiros povoados estabelecidos respeitavam e compreendiam a importância deste equilíbrio, desta *relação simbiótica*. Existe assim um historial de um equilíbrio estável entre os povoados humanos e o ambiente em seu redor (Mumford, 1961).

As primeiras grandes cidades da humanidade estabeleceram-se assim não de uma forma caótica mas sim devido à presença de um conjunto de condições específicas. Estas condições ditavam o crescimento urbano, a atração da cidade e a qualidade de vida dos cidadãos. As cidades eram locais onde o Homem vivia com uma relativa qualidade de vida, mas como nunca existia um excedente de alimentos e de mão-de-obra este mantinha o respeito pela Natureza sabendo que dependia dela para sobreviver (Mumford, 1956).

O urbanismo sofre uma importante alteração aquando da introdução da metalurgia, especialmente durante a revolução industrial. Com esta capacidade o Homem desenvolveu ambientes urbanos cada vez maiores e mais resistentes aos fenómenos naturais e à imprevisibilidade da Natureza. Os pólos urbanos tornaram-se assim locais onde se reunia pela primeira vez um excedente significativo de mão-de-obra e uma confiança ilimitada na capacidade humana (Mumford, 1956).

Com o desenvolvimento tecnológico e conseqüente desenvolvimento da mobilidade através da criação de meios de transporte mais autónomos, as cidades deixaram de depender unicamente

dos recursos locais e o que não podia ser produzido localmente podia ser obtido em regiões mais longínquas, eliminando assim qualquer tipo de limites horizontais (Mumford, 1956).

De entre estes fatores surge uma das prováveis raízes dos problemas de sustentabilidade ainda hoje enfrentados, um desafio crescente pela Natureza. Através deste desafio e dos fatores que lhe deram origem, o Homem continuou a expandir o seu manto urbano através dos terrenos naturais essenciais em redor das cidades e tornou as cidades vastos sistemas artificiais com poucos elementos naturais, criando assim uma ilusão de independência da Natureza.

A consequência é clara. Ao desafio pelos recursos naturais segue-se uma utilização destes a um ritmo mais acelerado, ao ponto de tornar os recursos outrora abundantes em recursos escassos. Esta escassez dá origem a uma situação de insustentabilidade apenas suportada por uma expansão ainda maior do manto urbano e do alcance da cidade, obtendo os recursos a distâncias cada vez superiores com o conseqüente aumento dos custos e impactes. Ao continuar a saciar as necessidades da cidade a qualquer custo a ilusão de independência da Natureza torna-se cada vez mais profunda, o que apenas leva a mais desafio por parte dos cidadãos, no que pode ser considerado como um ciclo vicioso negativo.

Este desafio entre Homem e Natureza influenciou a forma como o urbanismo evoluiu dando origem a práticas independentes dos ecossistemas naturais, em que os recursos naturais eram meros meios para alcançar os fins, meios que se julgavam infinitos e que poderiam ser obtidos através de uma expansão do raio de intervenção das cidades. Esta evolução do urbanismo permitiu o desenvolvimento de problemas complexos, muitos ainda não solucionados atualmente (Mumford, 1961).

3.2 Negligência da vertente social

O urbanismo sempre teve um fator inerente de extrema importância que por vezes é ignorado perante outros aspetos, o fator social. O urbanismo é muito mais do que o simples fruto de um planeamento físico, dependendo de uma incrível rede de interações sociais que mantêm não só a vida nas zonas urbanas como também mantêm estas zonas vivas.

A cidade é considerada por Mumford (1937) como um *teatro de ação social*, onde o fator social é primário e o planeamento físico desta tem de ser subserviente às suas necessidades sociais. Dito isto, Mumford aponta que os responsáveis pelo planeamento e gestão das cidades não possuem as capacidades necessárias para realizar esta tarefa visto que não têm noção das funções sociais que esta deve desempenhar. Wirth (1938) também aponta esta falta de conhecimento do processo de urbanização e realça a importância de formular uma definição social da cidade de forma a identificar as características peculiares que a tornam numa associação única e distinta de pessoas.

Seja nas cidades, vilas ou mesmo nas urbanizações de pequenas dimensões como os bairros, a vertente social possui uma grande importância. É a eficiência em manter uma rede de

interações sociais saudável que torna a continuidade destas entidades possível. Com a degradação desta rede, ou na sua ausência, as zonas urbanas não passam de um conjunto de infraestruturas sem funcionalidades, um *teatro sem atores*.

Importa também mencionar que o urbanismo pode ser considerado como uma influência no modo de vida das pessoas, e sendo assim poderá ser considerado como um instigador de uma mudança social. Wirth (1938) considera-o como um modo de vida, afirmando que o processo de urbanização já não denota apenas o processo pelo qual as pessoas são atraídas para as zonas urbanas, como também o processo de adoção do estilo de vida considerado como urbano e acentuação das características que o distinguem.

O urbanismo pode assim ser considerado simultaneamente como um produto e um produtor de interações sociais, visto que só é possível criar um espaço urbano funcional graças às inúmeras e complexas interações sociais dos seus habitantes, e como modo de vida influencia o estilo de vida adotado pelas pessoas e conseqüentemente as interações sociais que estabelecem entre elas. Durante muito tempo o urbanismo experienciou um estado de negligência social, durante o qual a vertente social era simplesmente esquecida ou ignorada. No entanto é de todo interesse para os responsáveis pelo planeamento urbano compreender esta vertente social, as suas necessidades e os benefícios do seu cumprimento, pois o planeamento urbano é no fundo a expressão humana da sua vontade e dos valores sociais que preza enquanto comunidade.

3.3 Expansão suburbana

A expansão suburbana, ou alastramento suburbano, revela-se uma questão problemática que nasceu de uma solução para o problema do enclausuramento que alguns cidadãos sentiam nas cidades. Devido a este e devido à falta de acesso a elementos naturais e recreativos, grupos de pessoas dos níveis mais altos das sociedades começaram a procurar um refúgio ao stress e ao ritmo alucinante dos centros urbanos em zonas suburbanas mais distantes destes centros.

Com o desenvolvimento do sistema de transportes, da tecnologia dos veículos unitários e de uma maior facilidade em adquirir veículos próprios, os subúrbios deixam de ser exclusivos às classes altas e começam a ser o alvo do *exodus* de famílias com rendimentos reduzidos. Os terrenos mais baratos e as baixas exigências construtivas fizeram destes uma oportunidade bastante rentável para o mercado imobiliário (Mumford, 1956).

Mumford (1956) aponta uma particularidade bastante relevante deste problema, que este *exodus* de residentes não é acompanhado por uma descentralização equivalente da indústria dos centros urbanos. O que indica que este padrão de desenvolvimento das zonas urbanas e esta distribuição populacional não foi o produto de políticas sociais, mas sim de iniciativas privadas com fins lucrativos. Mumford refere no entanto que tal não seria possível sem o imprescindível investimento público em infraestruturas que facilitaram o sucesso económico destas iniciativas privadas como autoestradas, pontes, túneis, entre outros. Como resultado

final observamos um alastramento desenfreado que impossibilita o objetivo inicial que deu origem a este movimento urbano.

Com este alastramento verifica-se uma ocupação do território essencial à agricultura e ao lazer e um desalojamento da Natureza para territórios cada vez mais longínquos, como se de um inquilino indesejado se tratasse. Aliado a este alastramento suburbano tem-se uma expansão rodoviária que contribui para uma intensificação da esterilização dos terrenos recém-ocupados.

Através do aumento do espaço ocupado por este ecossistema urbano expandido e do aumento populacional que se segue, as necessidades totais deste aumentam consideravelmente. Com este aumento constata-se um aumento da obtenção de recursos naturais e um aceleração do ritmo de degradação dos ecossistemas naturais que os providenciam, agravado pela urgência na obtenção dos recursos devido à competição entre as diferentes zonas urbanas em expansão.

3.4 Expansão coalescente da urbanização

A expansão da urbanização numa lógica de interligação de várias zonas urbanas (*conurbation*), por vezes designada de mancha de óleo ou coalescência urbana, é um conceito relativamente antigo e considerado um dos problemas mais desafiantes. Este conceito foi desenvolvido por Patrick Geddes que analisando mapas populacionais de diferentes épocas da Grã-Bretanha verificou um novo tipo de processo de urbanização onde áreas urbanas distintas através do seu desenvolvimento coalescem, formando uma vasta massa densa populacional (Geddes, 1915). Este tipo de urbanismo pode ser considerado como pouco diferenciado e pobre a nível social, e ilimitado em dimensão pois não possui nenhum limite eficiente que impeça a sua voraz expansão (Mumford 1956).

Este processo é possível devido à expansão de uma área urbana, através da conversão dos terrenos agrícolas que normalmente rodeiam os pólos urbanos em zonas de residência ou industriais, até que esta alcance o mesmo processo de uma zona urbana vizinha, estabelecendo desta forma um manto urbano contínuo onde os limites de cada zona urbana tornam-se impossíveis de identificar (Mumford, 1956). Os grandes responsáveis por este tipo de urbanismo *parasita* são a expansão suburbana, a indústria, o desenvolvimento da rede rodoviária e uma ausência clara de políticas capazes de gerir e limitar este tipo de expansão descontrolada.

As consequências são óbvias, à medida que a coalescência urbana se desenvolve maiores são os impactes ambientais devido à utilização crescente de recursos naturais e de energia que levam a maiores níveis de degradação dos habitats e de emissões atmosféricas, acompanhado por uma crescente produção de resíduos e poluição de recursos hídricos e de solos, o que pode levar a graves problemas de continuidade dos ecossistemas naturais e de saúde humana. O acesso à Natureza é dificultado, o que cria mais desafeto por parte das pessoas, dando assim origem ao ciclo vicioso negativo já mencionado.

3.5 Influência de interesses e políticas desajustadas

Tal como Mumford aponta, por vezes a despoletar um planeamento urbano incorreto encontram-se um conjunto de interesses privados cujos únicos objetivos identificados são os benefícios económicos. O território é um bem muito valioso, explorado por inúmeras entidades, como por exemplo o mercado imobiliário e a indústria automóvel (Mumford, 1956).

Através de políticas desajustadas o território tem sido utilizado com base na 'lei' do maior rendimento e não em prol de uma melhoria da qualidade de vida dos habitantes e na continuidade e respeito dos ecossistemas naturais. Esta nítida falta de conhecimento em planeamento urbano eficiente por parte dos responsáveis pela administração do território cria o ambiente perfeito para esta utilização errada do solo.

3.6 Impossibilidade de nova construção

Um outro desafio a qualquer tipo de solução é a indisponibilidade de novos terrenos para acomodar novas construções, especialmente nas zonas urbanas já sobrelotadas. Em breve, e caso não se pretenda agravar os problemas da coalescência urbana e da expansão suburbana, não estarão disponíveis quaisquer terrenos virgens para construir e experimentar novos tipos de planeamento, como tal o urbanismo do futuro passa pela renovação e reutilização de espaços em desuso ou espaços que tenham sido identificados como ineficientes ou em risco.

O ramo da construção e do mercado imobiliário ainda não está preparado para esta mudança de paradigma, sendo uma transformação que não lhes entusiasma particularmente pois renovar envolve mais esforço e capacidade técnica do que utilizar terrenos virgens e construir de raiz através de práticas antigas bastante mais experimentadas. O problema é uma questão de prioridades e até agora a sustentabilidade não é uma prioridade das entidades responsáveis pela gestão do território mas sim a rentabilidade, e infelizmente estas não conseguem ver a relação próxima existente entre ambas.

Cabe então aos investigadores na área do urbanismo procurarem não só soluções que permitam construir zonas urbanas eficientes e sustentáveis, como também procurarem formas de aplicar estas soluções em áreas urbanas sobrelotadas através da renovação e reutilização de espaços e infraestruturas já existentes.

Capítulo 4 – Perspetivas do Urbanismo úteis aos Bairros para bom desempenho ambiental

Neste capítulo são explorados alguns conceitos que visam alcançar a solução dos problemas urbanos mencionados anteriormente, com especial foco nas suas mais-valias. No final do capítulo explora-se o conceito de eco-bairro de forma a analisar o seu potencial e apontar os pontos que ainda necessitam de ser desenvolvidos.

4.1 *Cidades-jardim* e equilíbrio urbano-rural

Um dos trabalhos mais pertinentes no urbanismo foi elaborado por Sir Ebenezer Howard nos finais do séc.XIX (Howard, 1902), no qual estabeleceu um tipo de planeamento urbano onde os princípios de sustentabilidade são implícitos, baseado num equilíbrio complexo mas muito vantajoso entre meio urbano e meio rural e no respeito contínuo entre a civilização humana e a Natureza.

O resultado deste planeamento urbano foi designado de *idades-jardim*, uma tipologia de um centro urbano que mistura características das zonas puramente urbanas com as zonas rurais. Neste tipo de planeamento distingue-se a harmonia entre a sociedade humana e os recursos naturais, onde é estabelecida uma política eficiente para a manutenção do equilíbrio social (Howard, 1902). Howard desenvolve assim um urbanismo ciente que os aspetos ambientais e sociais são fundamentais a uma zona urbana, distribuindo assim o protagonismo que outrora se encontrava associado unicamente aos aspetos económicos.

Howard pensa nas cidades como locais de grande atratividade para as pessoas, e afirma que para conseguir uma redistribuição mais eficiente da população será necessário estabelecer novos locais mais atrativos que as cidades. Considera que a cidade, símbolo da sociedade humana, deveria estar unida ao campo, símbolo da Natureza, resultando desta junção o conceito de *idade-campo*, que no decorrer do seu trabalho evolui para o conceito de *idade-jardim*. Assim ambiciona demonstrar que a sociedade humana e a Natureza devem ser gozadas em conjunto, ideal que aplicado ao urbanismo sob a forma das *idades-jardim* providencia o maior número de vantagens e melhoria da qualidade de vida para os seus habitantes (Howard, 1902).

Anos mais tarde Lewis Mumford realça a importância do trabalho de Sir Ebenezer Howard e do equilíbrio alcançado evidenciando as mais-valias deste tipo de planeamento urbano como a integração da área dedicada à agricultura em seu redor como parte da cidade e da capacidade do *green belt* desenvolvido em limitar a expansão urbana horizontal e manter este equilíbrio tão delicado (Mumford, 1956).

Mumford, tal como outros autores, afirmam que o ponto-chave deste conceito é o facto de a cidade não ser tratada como um elemento invasivo da paisagem que iria destruir através do seu crescimento, mas sim como parte essencial num equilíbrio permanente entre cidade e campo. Stein aprofunda que nestas *idades-jardim* implementadas em território rural a

organização toma o lugar da simples aglomeração, criando as condições necessárias para se estabelecer uma simbiose entre cidade e campo resistente ao crescimento populacional (Mumford, 1956).

4.2 Planeamento polinucleado

Durante a exploração do conceito de cidade, Lewis Mumford aborda o urbanismo e a importância da satisfação das necessidades sociais. Para conseguir satisfazer estas necessidades e manter as cidades como verdadeiros *teatros de ação social* Mumford aponta a importância da imposição de um conjunto de limites, mais especificamente limites no tamanho, densidade e área. No entanto estes não são aplicados devido à prevalência de dois factos: por se assumir que o aumento destes parâmetros é bom para os negócios e por se considerar que esses limites são apenas arbitrários, cujo único efeito seria a diminuição da oportunidade económica (Mumford, 1937).

Como alternativa a estes limites Mumford aponta uma estratégia de multiplicação do número de centros de atividade urbanos para quebrar o que designa por falta de funcionalidade das massas urbanas *hipertrofizadas*. Assim, utilizando conceitos de Warren Thompson, sugere uma mudança da cidade *mononucleada* para uma *polinucleada*. Isto significa não depender de um aumento descontrolado da população para produzir a quantidade de *drama social* necessário a uma cidade, mas sim conseguiu-la através de um aglomerado de comunidades adequadamente espaçadas e inter-relacionadas. Esta cidade se inserida numa região com ambiente e recursos planeados teria todos os benefícios de uma cidade bastante populada sem as suas grandes deficiências: o capital congelado em utilidades não rentáveis e os valores em mercado das áreas congelados em níveis que impedem adaptações a novas realidades (Mumford, 1937).

4.3 Metabolismo urbano circular

Um dos conceitos mais pertinentes no estudo do urbanismo e dos impactes deste sobre o meio-ambiente é o metabolismo urbano. Wolman (1965) desenvolve este conceito e vê a cidade como um tipo de ecossistema, neste caso designado por ecossistema urbano. Tal como os ecossistemas naturais, o funcionamento deste pode ser analisado como um processo metabólico, surgindo o metabolismo urbano.

O metabolismo urbano é analisado de forma análoga através dos vários fluxos de entrada e saída que constituem o processo metabólico do funcionamento de um ecossistema urbano. Wolman define como comuns a todos os ecossistemas urbanos a água, os alimentos e a energia como fluxos de entrada, e as águas residuais, os resíduos sólidos e os contaminantes atmosféricos como os principais fluxos de saída (Wolman, 1965). Seja qual for a escala em causa, qualquer ecossistema urbano pode ser analisado através do seu metabolismo urbano. Desde a escala de uma cidade à escala de um bairro, é possível estudar as situações em que se encontram e os seus desempenhos através da análise dos seus fluxos de entrada e de saída.

Tendo conhecimento do aumento dos metabolismos das cidades modernas Girardet desenvolveu a teoria de que a solução para o problema do aumento do metabolismo urbano nas cidades mundiais passa pela procura de um metabolismo urbano circular ao invés do habitual metabolismo linear. Para tal Girardet aponta como essencial a adoção de processos com eficiências superiores e um mecanismo de reutilização de recursos maximizado e aperfeiçoado (Rogers & Gumuchdijan, 2001).

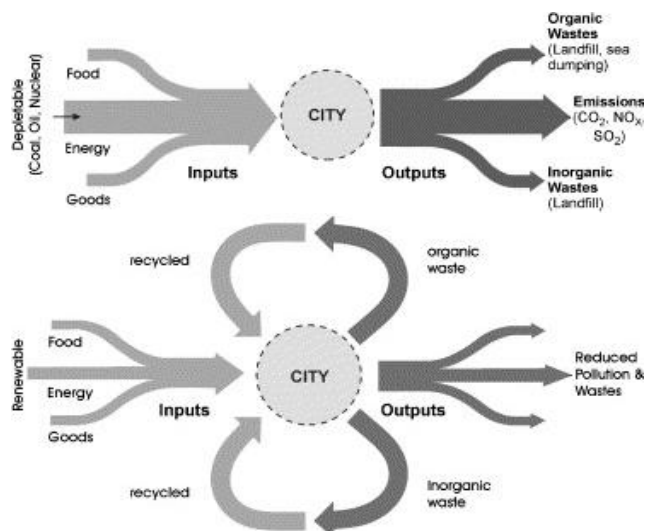


Figura 1 – Metabolismo urbano linear e circular (Rogers & Gumuchdijan, 2001)

4.4 Acupuntura urbana

Relacionado com o desafio mencionado da impossibilidade de nova construção em ambientes urbanos sobrelotados importa referir o conceito de *acupuntura urbana* divulgado pelo arquiteto Jaime Lerner. Este define-o como a prática de urbanismo baseada em intervenções precisas sobre áreas críticas de uma zona urbana que visam despoletar reações em cadeia positivas que melhorem as áreas em seu redor (Lerner, 2003). Este género de intervenção é muito vantajoso pois contribui para zonas urbanas mais eficientes e funcionais através de uma ação que exige o mínimo de esforço e investimento devido ao seu carácter preciso, que age na área enferma e recolhe mais-valias pelas áreas adjacentes quando eficazmente aplicada.

Um conceito a considerar que exemplifica perfeitamente que *por vezes menos é mais* e que para melhorar as áreas urbanas e a qualidade de vida das pessoas que as habitam nem sempre são necessárias grandes intervenções com grandes investimentos envolvidos, mas sim intervenções bem planeadas que atuem sobre o que verdadeiramente prejudica essas zonas.

4.5 Planeamento biofílico

Beatley (2011) explora as potencialidades da *biofilia* no urbanismo e verifica que ao desenvolvermos as cidades excluimos a Natureza deixando de fora parte do ambiente vital ao desenvolvimento da mente, à saúde mental e à qualidade de vida, iludidos com a ideia de independência desta. Aponta que um facto que comprova o crescente desafeto com a Natureza é a incapacidade de reconhecimento de espécies nativas das regiões onde

habitamos. Desenvolve então o conceito de *biophilic city* como uma cidade onde se introduz a Natureza no planeamento e onde é reconhecida a necessidade diária dos habitantes pelo contacto com esta, bem como os benefícios ambientais, sociais e económicos resultantes.

A presença destes elementos naturais está intrinsecamente relacionada com a melhoria da qualidade de vida dos habitantes, contribuindo para uma melhoria da saúde mental e recuperações médicas mais rápidas, redução do stress, melhoria das capacidades cognitivas e moderação dos efeitos de doenças como o autismo. No que respeita ao aspeto económico, existe uma clara valorização dos terrenos e habitações inseridos em paisagens naturais (Beatley, 2011).

4.6 Urbanismo verde

Inspirados no conceito de desenvolvimento sustentável e conscientes na importância do urbanismo para a sua concretização muitos estudos foram desenvolvidos no sentido de unir estas duas áreas de forma produtiva. O resultado foi o desenvolvimento de conceitos como o urbanismo verde.

A definição de Beatley (2011) de urbanismo verde surge da revisão das melhores práticas de urbanismo em cidades europeias e australianas, e espelha bem o seu objetivo ao defini-lo como um desenvolvimento urbano ecologicamente sustentável, que procura soluções alternativas à abordagem vulgar do design e gestão urbanos baseados nos fatores económicos nas diferentes áreas constituintes do urbanismo, visando evitar o colapso ecológico (Beatley, 2011). O importante a reter desta nova vertente do urbanismo é a necessidade de uma mudança da forma de planear os espaços urbanos que deverá ser marcada por uma justa distribuição do peso pelos aspetos ambientais, económicos e sociais.

4.7 Os Eco-bairros

O conceito de eco-bairro volta a reunir apoiantes mais recentemente como uma solução para o urbanismo e para os desafios e problemas explorados. O eco-bairro ressurgiu como um conceito mediático que se difundiu rapidamente devido à sua atratividade e devido ao facto de não possuir uma definição clara, sendo usado frequentemente para alcançar objetivos diversos segundo várias abordagens.

4.7.1 Origem do conceito

Através da exploração científica e dos diferentes conceitos criados em torno da sustentabilidade e do urbanismo ficou clara a importância desta área para atingir com sucesso os objetivos do desenvolvimento sustentável e assim evitar um problemático colapso ecológico (The World Commission on Environment and Development, 1987). A acompanhar a questão do urbanismo encontra-se inerente a questão da escala urbana e de como é essencial a definição da escala adequada para solucionar os vários desafios mencionados anteriormente. Definindo como escala *micro* a infraestrutura e como escala *macro* o planeamento regional constata-se que é a uma escala intermédia onde se revelam mais claramente as consequências de

quaisquer medidas implementadas pois é sobre esta escala intermédia que se desenrola a maior parte da vida quotidiana das pessoas (Verdaguer, 2000).

A cidade pode ser vista através de uma analogia como um *puzzle* constituído por um conjunto de peças individuais e distintas, interligadas através de uma rede de interações e dependências, que funcionam como o espaço quotidiano onde se desenvolve a atividade humana. O estudo destas peças na designada escala intermédia toma assim uma particular importância pois são o elo de ligação entre o local e o global e é através de uma boa articulação entre estas e de uma adequada inserção das mesmas no contexto geral que se criam as condições para estabelecer um ecossistema urbano sustentável e resiliente (Verdaguer, 2000).

Assim surge a preponderância em torno dos bairros, as unidades chave da escala intermédia mencionada acima. São estes que suportam grande parte da vida quotidiana das pessoas, onde estas habitam e são mais sensíveis a problemas ou falhas no planeamento urbano.

Os bairros podem então ser definidos resumidamente como as unidades da escala intermédia do urbanismo (face à cidade), com dimensões variáveis em termos de área ocupada, que quando bem planeados e geridos são auto-suficientes acomodando para além de zonas de residência todos os serviços e infraestruturas necessárias para satisfazer as necessidades dos seus cidadãos e suportar o seu estilo de vida. Podem apresentar características muito distintas no entanto devido à presença de diferentes heranças culturais e diferentes características de contexto ambiental, social e económico que influenciam quer o estilo de vida no bairro quer por exemplo as suas dimensões e a densidade populacional.

Com a atenção direcionada para os bairros e através do mediatismo em torno de conceitos como o urbanismo verde e da exploração científica focada na obtenção de soluções para o urbanismo, foi uma questão de tempo até surgirem os primeiros conceitos que relacionavam os bairros e a sustentabilidade, conceitos entre os quais se destacou devido aos seus ideais o eco-bairro.

4.7.2 Definição e objetivos

O eco-bairro é um conceito com bastante potencial que visa transformar o urbanismo gradualmente, focando-se no planeamento urbano dos bairros no sentido de se obter bairros mais sustentáveis e responsáveis, com melhores desempenhos nos aspetos ambientais, sociais e económicos, e caracterizados por uma melhoria da qualidade de vida.

Por se tratar de um conceito muito transversal que envolve muitas áreas de conhecimento as suas definições são inúmeras não havendo uma definição estrita e consensual entre os vários impulsionadores do conceito, muito devido aos seus *backgrounds* académicos. Esta inexistência de uma definição clara permite a utilização vulgar deste conceito sem que por vezes estejam reunidas as condições necessárias e sejam satisfeitos os princípios que inicialmente lhe deram origem devido à atratividade e ao mediatismo que reúne em seu redor.

Apesar da falta de consenso existem certas abordagens e definições que reúnem os aspetos chave e os ideais de um verdadeiro eco-bairro. Segundo Verdaguer existem três traços ou objetivos essenciais num eco-bairro: a densidade, a variedade de utilizações e funcionalidades e um predomínio do uso do transporte público, da bicicleta e da mobilidade pedonal relativamente ao veículo particular. Para além destes aponta a importância de uma adequada inserção no contexto que rodeia o eco-bairro, o respeito dos marcos integrantes da identidade cultural e a preservação das áreas naturais (Verdaguer, 2000).

Benoît Boutaud através da exploração do conceito de bairro sustentável e de eco-bairro reúne uma série de potenciais definições cuja origem se encontra diretamente relacionada com o *background* académico respetivo. No âmbito científico Boutaud (2009) estabelece a seguinte definição de eco-bairro:

Espaço novo construído ou reconvertido de uma cidade, inserido ou próximo de um centro urbano denso, à escala do bairro, com o objetivo de implementar, preservar e desenvolver ao longo do tempo todos os princípios ambientais, sociais e económicos de desenvolvimento sustentável que regeram o seu planeamento e conceção.

Segundo um contexto histórico, Boutaud constata que o eco-bairro pode ser descrito como um modelo experimental urbanista iniciado no final do séc.XX com especial expansão em países do Norte e Centro da Europa. O objetivo destes modelos era alcançar, através de intervenções exemplares e investimentos excecionais, um conjunto de princípios ambientais, sociais e económicos reagrupados através da noção de desenvolvimento sustentável. Influenciado pelo trabalho de Souami (2009), Boutaud (2009) distingue três gerações distintas de eco-bairros:

1. Os *proto-bairros*: projetos dispersos, confidenciais e de forte carácter militante, normalmente apoiados por movimentos alternativos;
2. Os *protótipos dos bairros*: iniciados nos anos 80 e no início dos anos 90, projetos mais numerosos, com especial expansão nos países do Norte da Europa e germânicos, com carácter exemplar e excecional, que se tornaram célebres no mundo inteiro;
3. Os *bairros-tipo*: desenvolvidos a partir do final dos anos 90, são projetos que não revogam aos métodos e dispositivos convencionais para a sua realização, localizados principalmente no Norte da Europa mas que começam a dispersar-se pelo Sul.

O eco-bairro completo e eficiente pode ser definido como um projeto que visa o bairro e que considerando todas as características contextuais deste permite o alcance de melhores desempenhos ambientais comparativamente aos alcançados no urbanismo tradicional e em particular na utilização de recursos energéticos, hídricos e na produção de resíduos, através da aplicação conjunta de tecnologias ambientais e práticas mais responsáveis. Para além dos desempenhos ambientais, o eco-bairro também deve ser capaz de alcançar bons desempenhos sociais que permitam o estabelecimento de uma rede equilibrada de interações sociais e uma boa mistura social, com base no empenho dos cidadãos, na satisfação das suas

necessidades e no sentido cooperativo. Estes altos desempenhos ambientais e sociais devem ser alcançados sob um fundo de contexto económico que permita a sua continuidade e difusão no urbanismo, evitando custos elevados e insuportáveis, tornando-o numa alternativa mais atrativa e ao alcance da maior parte da população.

4.7.3 Casos de aplicação do conceito

Os eco-bairros têm sido desenvolvidos ao longo das últimas décadas e têm expandido horizontes tornando-se um conceito bastante difundido, existindo inúmeros exemplos da aplicação prática deste. Exemplos de eco-bairros encontram-se principalmente no Norte e Centro da Europa devido à proliferação rápida do conceito nesta zona, importando mencionar uma forte aposta no desenvolvimento de eco-bairros nos últimos anos nos países do Sul da Europa (Souami, 2009).

De forma a analisar e identificar algumas das principais vantagens e desvantagens do conceito foi selecionado um conjunto de eco-bairros cujas medidas implementadas e resultados serão explorados de seguida. A sua seleção foi realizada com base nas características de cada projeto, de forma a existir alguma diversidade, e de acordo com a disponibilidade de informação.

Devido ao facto dos eco-bairros no Norte da Europa se encontrarem estabelecidos há mais tempo existe uma maior disponibilidade de informação e resultados. No Sul da Europa essa aplicação é mais recente, sendo de destacar os casos franceses e exemplos de propostas como o eco-bairro da Boavista em Lisboa, o que explica que os eco-bairros do Sul da Europa ainda sejam reduzidos e não tenham sido referenciados nesta seleção. Assim, apresentam-se as abordagens efetuadas em bairros com pelo menos uma década de desenvolvimento. Selecionaram-se então exemplos dos seguintes países: Dinamarca, Alemanha, Suécia, Finlândia e Reino Unido.

4.7.3.1 Vesterbro, Dinamarca

O bairro de Vesterbro perto do centro histórico da cidade de Copenhaga era uma zona com condições muito pobres, com a maior parte das residências sem água quente, sem aquecimento e sem saneamento. O bairro era habitado por pessoas vulneráveis com baixos rendimentos e uma taxa de desemprego preocupante de 20%. Em 1990 iniciou-se a renovação do bairro com um forte carácter ambiental, dando assim origem ao eco-bairro Vesterbro.

Zona maioritariamente residencial constituída por 23 edifícios de cinco a seis andares, perfazendo um total de 4000 apartamentos para 6500 habitantes. Os principais objetivos eram:

- Renovar o bairro segundo critérios do desenvolvimento sustentável;
- Reabilitação das residências para possuírem padrões de conforto modernos;
- Instalação de dispositivos de redução do consumo de recursos;
- Reequilíbrio do tecido social do bairro;
- Participação dos habitantes no processo de renovação;

- Criação de um eco-bairro exemplar.

As forças impulsionadoras deste projeto foram a taxa de crescimento populacional e a consequente necessidade de novas habitações, a legislação dinamarquesa e um novo método de renovação dos bairros estabelecido em Copenhaga. Através de um custo relativamente elevado, cerca de 2300€/m² renovado, o projeto conseguiu alcançar os seguintes resultados:

- Energia: maior eficiência no consumo através de energias renováveis (painéis solares), sistemas de ventilação e isolamento térmico. Poupança de 20% no aquecimento das habitações;
- Água: poupança de 14% em água quente, instalação de equipamentos de redução do consumo de água e sistemas de utilização das águas pluviais nos sanitários;
- Mobilidade: grande percentagem dos residentes desloca-se de bicicleta ou a pé;
- Economia: criação de novos postos de trabalho com a contratação de trabalhadores não qualificados para os trabalhos de construção a decorrer no bairro, o que lhes permitiu a entrada no sector da construção e um futuro emprego nesse mesmo sector;
- Social: criação de mais espaços verdes e estabelecimentos públicos e comerciais. O eco-bairro Vesterbro acomoda atualmente inúmeros restaurantes e bares elegantes e é considerado um dos pontos de atração turística de Copenhaga.

O eco-bairro renovado de Vesterbro é um exemplo a ter em consideração pois enfrenta grandes dificuldades no alcance dos seus objetivos e como tal existem lições a reter. Uma das principais críticas desenvolvidas é que os problemas complexos de um bairro não se resolvem através unicamente de tecnologias de renovação urbana, sendo necessária uma maior participação por parte dos habitantes. Outra preocupação que surge em Vesterbro é a probabilidade de não se estar a resolver os problemas sociais mas sim a exportá-los para bairros ou zonas adjacentes, promovendo assim um falso sucesso na resolução das questões sociais.

Importa mencionar a duplicação das rendas num período de apenas cinco anos que obrigaram muitos habitantes a sair do bairro. Vesterbro demonstra assim que os desempenhos ambientais não dependem unicamente da utilização de técnicas e tecnologias ambientais, mas também da participação pública e da atitude das pessoas (Energie Cités; ADEME, 2008).

4.7.3.2 Vauban, Alemanha

O eco-bairro Vauban situado a três quilómetros da cidade de Friburgo foi iniciado no ano de 1993 e desenvolveu-se numa área de 38 hectares anteriormente ocupada por residências destinadas a militares do exército francês. O principal objetivo do projeto é estabelecer um bairro urbano com um forte carácter cooperativo e participativo, em conformidade com um conjunto de exigências ambientais, sociais e económicas. A força motriz neste projeto é a criação de alojamentos suficientes para a população em crescimento de Friburgo segundo o lema *aprender a planear*.



Figura 2 – Eco-bairro Vauban, Friburgo

O principal impulsionador de Vauban é a própria vila de Friburgo, apoiada pelo programa europeu LIFE e a Fundação Federal para o Ambiente. O fruto desta cooperação foi a construção exemplar de um eco-bairro com um custo total de 500 milhões €, importando referir que este valor representa apenas mais 5% que o custo habitual de um bairro com as mesmas dimensões.

As principais medidas implementadas e resultados obtidos são:

- Energia: unidades de cogeração à base de granulados de madeira e gás, e forte aposta em energia solar com 2500 m² de painéis fotovoltaicos e 500 m² de painéis solares térmicos. Os apartamentos têm consumos iguais ou inferiores a 65 kWh/m²/ano;
- Mobilidade: utilização de veículos apenas para operações de carga e descarga, sendo que as restantes viaturas encontram-se estacionadas na periferia da zona residencial. Os habitantes podem contar com serviço de partilha de carros, autocarros e elétricos;
- Água: sistema de infiltração da água pluvial no solo que cobre 80% da zona residencial e um sistema de bio-tratamento das águas residuais para a produção de biogás posteriormente utilizado nas cozinhas;
- Social: forte participação dos cidadãos no *Fórum Vauban* segundo os princípios de interação e integração. O trabalho social faz parte do processo de desenvolvimento com o objetivo de fortalecer a comunidade e as relações de vizinhança.

Vauban é um eco-bairro com especial foco nas questões sociais, em particular na importância da participação pública no processo de planeamento urbano considerando-a imprescindível. No entanto é um fator difícil de ser alcançado com sucesso, como provam as dificuldades encontradas. Cerca de 10 a 15% das decisões tiveram de ser tomadas pelas autoridades locais pois os habitantes não conseguiam alcançar o consenso. Sendo o *Fórum Vauban* uma associação privada responsável pelo processo de discussão tem tendência para defender os interesses particulares dos residentes em detrimento do interesse comum do bairro.

O eco-bairro Vauban apresenta como mais-valias um planeamento em estrita cooperação local e uma consideração notável pelos interesses e necessidades dos habitantes. Este projeto

permite verificar a importância do empenho e da motivação por parte dos habitantes e das autoridades locais para concretizar os objetivos e estabelecer um eco-bairro (Energie Cités; ADEME, 2008).

4.7.3.3 Hammarby Sjöstad, Suécia

O eco-bairro Hammarby Sjöstad foi construído sobre antigos terrenos industriais e portuários em desuso, a Sul do centro de Estocolmo, aproveitando a oportunidade gerada pela candidatura da cidade para os Jogos Olímpicos de 2004. Com início em 1994, este foi o maior projeto de desenvolvimento urbano de Estocolmo nos últimos anos e é considerado como um dos eco-bairros mais bem conseguidos. Caracterizado por um planeamento bem executado e por um modelo de gestão integrada de recursos bastante eficiente, designado como *modelo de Hammarby*, que seria posteriormente exportado para outros projetos de eco-bairros.

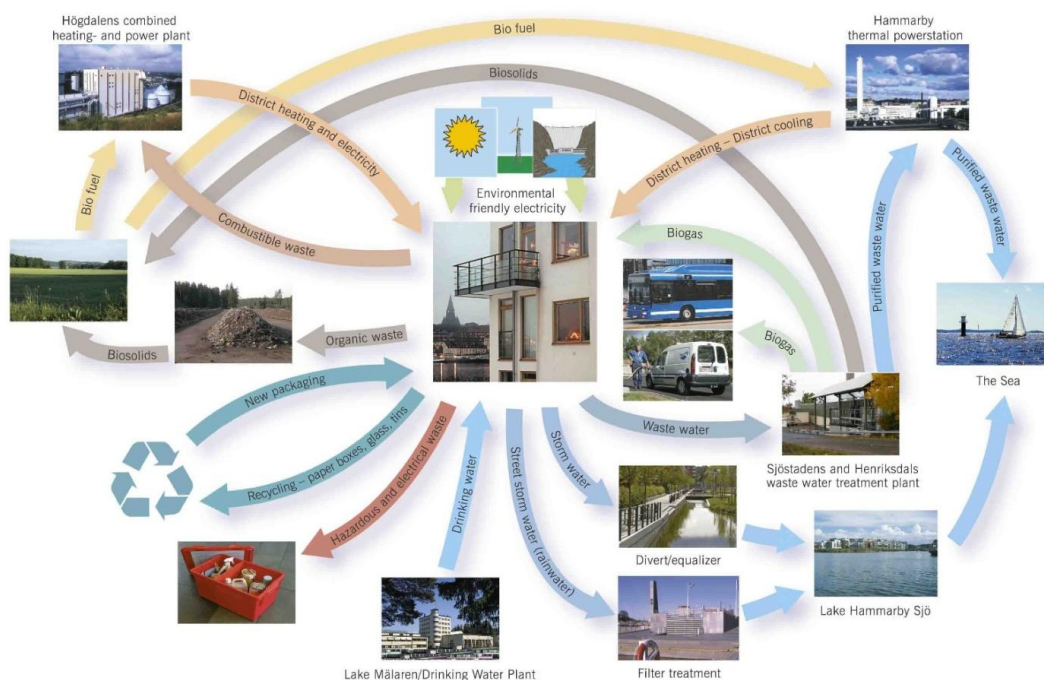


Figura 3 – Modelo de Hammarby Sjöstad (Energie Cités; ADEME, 2008)

As forças motrizes que impulsionaram a criação deste eco-bairro foram a necessidade de novos alojamentos devido ao crescimento da população, o enquadramento legal na Suécia que exige a integração das exigências ambientais em todos os processos de planeamento e a imagem sustentável que seria uma mais-valia no processo de candidatura aos Jogos Olímpicos. Importa mencionar a autonomia legal e financeira das autarquias na Suécia, onde por exemplo Estocolmo tem um orçamento anual de 4.4 mil milhões €. O projeto Hammarby julga-se ter custado entre 15 e 20 mil milhões € e ainda não se encontra totalmente concluído.

O principal objetivo do eco-bairro era reduzir os impactos causados no ambiente pelas emissões em mais de 50% relativamente aos causados nos anos 90 em zonas residenciais comparáveis. Os objetivos mais pormenorizados para 2015 são:

- 80% das deslocações realizadas através de transporte público;

- O consumo energético de cada residência não deve ultrapassar os 50 kWh/m²;
- 100% da energia de fontes renováveis, sendo que 80% deve provir dos resíduos;
- Redução de 60% do consumo de água *per capita*;
- Redução de 90% da produção de resíduos não recicláveis e de 40% da totalidade dos resíduos produzidos.

Com cerca de 10000 habitantes importa referir as seguintes medidas e resultados alcançados:

- Energia: utilização de energias renováveis e apartamentos com consumo energético eficiente. Existência de duas centrais de aquecimento, uma com energia obtida da incineração dos resíduos, outra do tratamento de águas residuais;
- Resíduos: sistema inovador de recolha de resíduos sólidos subterrâneo que efetua a separação necessária;
- Mobilidade: sistema de transportes rápido e eficiente, com elétricos, ferry, ciclovias e sistema de partilha de viaturas;
- Materiais: materiais de construção certificados ambientalmente e selecionados de acordo com o seu ciclo de vida;
- Economia: criação de 8000 postos de trabalho e redução significativa dos custos de recolha dos resíduos.

Hammarby Sjöstad é um exemplo de um eco-bairro eficiente cujo potencial recai num planeamento bem executado, através da utilização de um modelo que promove uma boa gestão integrada dos recursos conseguida através da colaboração entre as autoridades locais e as diferentes companhias prestadoras de serviços envolvidas.



Figura 4 – Hammarby Sjöstad antes e após implementação do eco-bairro

Um exemplo de eco-bairro construído através da renovação de terrenos em desuso ao invés da desadequada ocupação de terrenos virgens. Este projeto transformou terrenos indesejados em território de valor elevado dotado de multifuncionalidades e que providencia aos seus residentes uma qualidade de vida superior. Hammarby é um bom exemplo de um metabolismo urbano circular e das suas vantagens relativamente à proteção do ambiente e à qualidade de vida das pessoas (Energie Cités; ADEME, 2008).

4.7.3.4 Eco-Viikki, Finlândia

O Eco-Viikki foi construído no período entre 1999 e 2004, a 8 quilómetros de Helsínquia numa zona agrícola inserida numa importante reserva natural, e pretendia alojar 2000 habitantes e assegurar-lhes uma boa qualidade de vida. Os apartamentos encontram-se destinados a diferentes fins e o eco-bairro apresenta uma área total de 6400 m².

O planeamento deste eco-bairro encontra-se ligado ao cumprimento de um conjunto de critérios ambientais excepcionalmente exigentes impostos pela cidade de Helsínquia. Esses critérios têm em consideração cinco grandes problemas: a redução da poluição, a utilização de recursos naturais, a qualidade de vida, a biodiversidade e a alimentação.

Neste eco-bairro foram implementadas as seguintes medidas:

- Energia: duas instalações solar térmicas de aquecimento de águas, centro de aquecimento do bairro à base de cogeração e 1400 m² painéis solares térmicos;
- Uso do solo: divisão dos lotes que permite o cultivo nos próprios jardins;
- Água: recuperação das águas pluviais para utilização nos espaços verdes;
- Resíduos: redução de 10% dos resíduos gerados pelas intervenções.

Apesar das medidas implementadas e dos objetivos exigentes o Eco-Viikki apresenta uma série de graves problemas. A inexistência de alguns serviços essenciais como um banco e um posto de correios limitou a vida dos cerca de 2000 habitantes durante um certo período de tempo. A ausência de um sistema de transporte eficiente levou alguns habitantes a adquirirem e utilizarem frequentemente veículo próprio nas suas deslocações, decisão que vai completamente contra os princípios em que se baseia este projeto. O próprio centro comercial construído nas proximidades do bairro é de difícil acesso pedonal.

O Eco-Viikki demonstra que o estabelecimento de objetivos e critérios ambiciosos não permite por si só alcançar os resultados esperados. É essencial uma boa monitorização e um planeamento que considere todas as necessidades das pessoas (Energie Cités; ADEME, 2008).

4.7.3.5 BedZED, Reino Unido

O eco-bairro BedZED (*Beddington Zero fossil Energy Development*) iniciado no ano 2000 é o projeto britânico de maiores dimensões e pioneiro no alcance de emissões neutras em carbono. Situado a 40 minutos a Sudeste de Londres, é composto por 82 apartamentos residenciais destinados a diferentes fins e cerca de 1600m² de espaços comerciais. A sua principal força motriz é o ambiente e foi desenvolvido para demonstrar que é possível conciliar um estilo de vida respeitador do ambiente e níveis modernos de conforto. O BedZED tem os seguintes objetivos:

- Redução de 50% da energia necessária aos transportes;

- Redução de 60% da energia utilizada nas residências comparativamente à média das habitações britânicas;
- Redução de 90% da energia relacionada com o aquecimento;
- Utilização de energias renováveis;
- Redução de 30% do consumo de água;
- Desenvolvimento de recursos locais (agricultura cooperativa).

O projeto conta com a Peabody Trust como principal investidor, uma associação londrina dedicada ao alojamento social, que apoiada pelas autoridades locais permitiu a materialização deste eco-bairro. Entre as várias medidas implementadas e resultados obtidos apontam-se os seguintes como pertinentes:

- Mobilidade: plano que promove a mobilidade a pé, a utilização da bicicleta e dos transportes públicos. Disponibilidade de partilha de viaturas;
- Energia: edifícios direcionados a Sul para aumentar a exposição solar, melhor isolamento térmico. 777m² de painéis solares térmicos e uma central de cogeração que produz água quente e eletricidade de ponta necessárias;
- Água: sistema de bio-tratamento que trata águas residuais para reutilizar em usos não potáveis e contributo da água da chuva em cerca de 18% do consumo diário de água;
- Materiais: selecionados em função do seu ciclo de vida e obtidos se possível num raio inferior a 56 quilómetros;
- Social: metade dos apartamentos é destinada a agregados com baixos rendimentos.

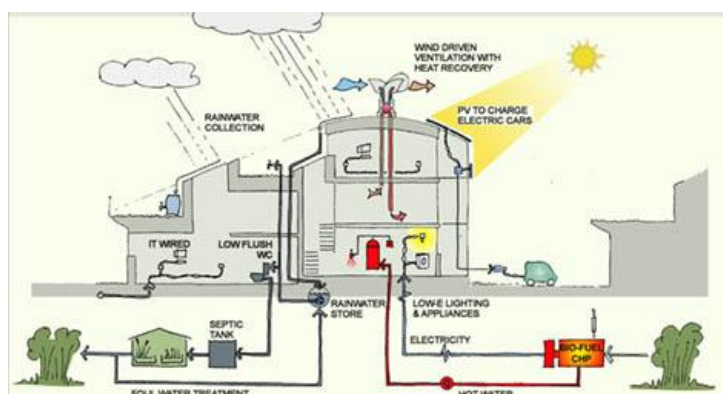


Figura 5 – Modelo de funcionamento do BedZED (Energie Cités; ADEME, 2008)

As principais dificuldades do eco-bairro BedZED encontram-se relacionadas com o custo e a complexidade de algumas infraestruturas. Em termos da despesa, o custo total foi de 17 milhões €, dos quais 14 milhões deveram-se a custos de construção, o que representou uma ultrapassagem em 30% do orçamento estipulado. Como consequência um apartamento no BedZED custa em média 20% mais do que outro apartamento com as mesmas assoalhadas na região.

A complexidade de algumas infraestruturas representa a outra grande dificuldade visto que leva a utilizações erradas ou a própria inutilização por parte dos residentes. Certas análises apontam que seria possível atingir 80% dos objetivos com apenas 20% do investimento através de uma simplificação das infraestruturas existentes. Outra conclusão a reter é que a atitude dos residentes é determinante para alcançar os objetivos pretendidos (Energie Cités; ADEME, 2008).

4.7.4 Diferença entre o modelo de Eco-bairro do Norte e do Sul da Europa

O eco-bairro é um conceito que procura adaptar-se às características implícitas de cada local permitindo assim uma melhor utilização do potencial da cada região. Devido a este facto os eco-bairros têm sido desenvolvidos através de diferentes práticas e segundo modelos ligeiramente distintos. Importa referir como tal a diferença existente entre o modelo de eco-bairro utilizado no Norte da Europa e o possível modelo utilizado no Sul da Europa.

Souami (2009) aponta como ponto de partida para o seu estudo dos eco-bairros o designado modelo Norte europeu desenvolvido com base em fortes exigências ambientais, no qual os aspetos ambientais são frequentemente privilegiados relativamente aos aspetos sociais e económicos. Este facto explica a importância dada nos eco-bairros desenvolvidos nos países do Norte e Centro da Europa às tecnologias ambientais e o facto de grande parte dos seus objetivos se encontrar direcionada para a vertente ambiental. Em relação aos eco-bairros em desenvolvimento no Sul da Europa, segundo Souami, os aspetos ambientais não aparecem como única prioridade.

Os eco-bairros desenvolvidos no Norte e Centro da Europa têm uma grande consideração pelos aspetos ambientais, sendo o seu sucesso avaliado principalmente em termos de desempenhos relacionadas com as emissões e com a utilização de recursos naturais. Os desempenhos destacados são normalmente o consumo energético, o consumo de água, a produção de resíduos e a utilização de energias renováveis. Importa mencionar neste modelo de eco-bairro a implementação abundante de tecnologias ambientais.

Através de uma abordagem ambiciosa no estabelecimento dos objetivos ambientais estes eco-bairros reúnem em seu redor grande mediatismo e são verdadeiros promotores internacionais da cidade, região e país onde se encontram inseridos. No entanto existem dois claros elos mais fracos neste modelo, os aspetos económicos e sociais.

Nos países do Sul da Europa, onde o conceito de eco-bairro começa a alastrar-se mais rapidamente na última década, em particular nos países mediterrânicos, os projetos de eco-bairros aparentam possuir outras prioridades, sendo assim possível apontar a possibilidade de um modelo distinto daquele observado e implementado no Norte. Neste modelo alternativo os aspetos sociais e económicos possuem um maior peso, sendo alvos de maior consideração no planeamento urbano de um eco-bairro (Souami, 2009). Os aspetos ambientais deixam de ser

as principais forças motrizes para passarem a partilhar o protagonismo com os restantes aspetos.

Em França, por exemplo, começa-se a observar a expansão de inúmeros projetos de eco-bairros e uma maior atenção sobre este conceito. Sem nenhum projeto ainda consolidado e sem resultados oficiais é difícil avaliar o seu sucesso e quais as suas principais vantagens, no entanto constata-se um claro ênfase na dimensão social através do design definido. O mesmo pode ser confirmado em casos italianos e gregos (Kyvelou & Papadopoulos, 2011).

Este modelo *mediterrânico* ambiciona provar que um bairro só poderá ser considerado um eco-bairro caso aos bons desempenhos ambientais consiga aliar uma boa mistura social, eficiência económica, bom acesso a trabalho e a necessidades de primeira ordem, qualidade de vida e um sentido de comunidade e cooperação.

Apesar de possuir um grande potencial para transformar o urbanismo, este modelo *mediterrânico* ainda possui algumas falhas que precisa corrigir. O modelo nórdico possui como grandes aliados alguns aspetos entre os quais se destacam a existência de investimento público e privado suficiente para o desenvolvimento destas iniciativas e uma clara tradição em participação pública e em preocupação pelo meio-ambiente. Na zona mediterrânica estes são aspetos fracos que poderão ser considerados como alguns dos responsáveis pelo atraso do processo de desenvolvimento de eco-bairros nesta região da Europa.

No entanto as perspetivas são positivas à medida que o Sul da Europa aposta cada vez mais na sustentabilidade, munida de uma consideração pelos aspetos ambientais sem descartar a importância dos aspetos sociais e económicos. Utilizando algumas lições obtidas de eco-bairros nórdicos, o modelo *mediterrânico* aparenta estar ligeiramente atrasado mas no caminho certo.

Importa mencionar Verdaguer que considera o eco-bairro como uma paisagem urbana, formada por edifícios compactos e bem orientados, que utilizam eficazmente e preferencialmente energias renováveis, ligado ao exterior através de redes de informação e comunicação eficientes. Um espaço onde se promove a mobilidade pedonal, com equipamentos facilmente acessíveis, elementos naturais adequados ao clima e zonas de trabalho e comércio intercaladas com as zonas residenciais. A esta imagem geral de um eco-bairro designa de *versão moderna e mais sustentável das cidades mediterrânicas*. Neste sentido aponta que os países mediterrânicos têm a vantagem de possuírem o clima adequado e um património cultural e urbano favorável para abordar o conceito de eco-bairro e implementá-lo com grande sucesso (Verdaguer, 2000).

Verdaguer deixa assim uma mensagem de esperança, identificando os países mediterrânicos como ideais para desenvolver o conceito de eco-bairro e extrair deste todo o seu potencial. Seguindo este raciocínio, Portugal tem todas as condições para desenvolver eco-bairros de sucesso e pode ver neste conceito uma possível solução para os seus problemas urbanos.

4.7.5 Vertente social dos Eco-bairros

A vertente social é um dos aspetos mais negligenciados nos desenvolvimentos urbanos e grande parte dos eco-bairros continuam a realizar este erro. Esta negligência deve-se em muito à dificuldade de se alcançar um bom desempenho social e de compreender o que é realmente um bom desempenho social. Não existem tecnologias que através da sua implementação aumentem imediatamente o desempenho social. No entanto é um fator imprescindível que também desempenha um papel fundamental no alcance dos restantes objetivos ambientais e económicos.

Como Mumford (1937) afirma, os centros urbanos são *teatros do drama social*, e os eco-bairros como projetos que visam cumprir exigências ambientais, económicas e sociais devem compreender o papel da vertente social de forma a se tornarem exemplares urbanos de sucesso.

Florence Rudolf aponta no seu trabalho que os eco-bairros devem ter duas importantes competências de âmbito social de forma a alcançarem com sucesso os seus objetivos:

- Formação de sinergias entre os diferentes recursos e entre recursos humanos e não humanos;
- Comunicação eficaz entre os diferentes participantes nas assembleias e associações que constituem o eco-bairro, mas também entre o eco-bairro e o exterior.

Rudolf (2007) afirma que estas duas competências trabalham em equipa e apoiam-se uma na outra para conferir a robustez e a consistência necessárias para o eco-bairro evoluir e alcançar os desempenhos definidos aquando do seu planeamento.

A mencionada formação de sinergias é fundamental para qualquer tipo de planeamento pois permite obter um bem maior e compreender todos os potenciais em jogo. Um exemplo disto é a sinergia criada entre as diferentes companhias prestadoras de serviços no eco-bairro Hammarby, que trabalhando em estreita colaboração mantêm um modelo de gestão integrada dos recursos (Energie Cités; ADEME, 2008).

Estas sinergias devem ser estabelecidas não só entre recursos não humanos como também com e entre recursos humanos. O potencial humano é uma das grandes mais-valias que permite o funcionamento da máquina urbana e de todos os seus serviços. Uma sinergia entre recursos humanos envolve o contributo total resultante da cooperação entre os cidadãos, as autoridades e todos os restantes *stakeholders*. Tal pode ser conseguido através de discussões e conversações acerca de diferentes questões do eco-bairro, utilizando os conflitos como meios para criar relações e aproximar as pessoas de diferentes *backgrounds*. O contributo total resultante destas sinergias é muito superior ao contributo individual de cada interveniente.

A comunicação é outra capacidade essencial num eco-bairro, por diferentes razões. Durante o planeamento urbano e durante o funcionamento do eco-bairro são necessárias linhas de

comunicação entre os habitantes, e futuros habitantes, e os responsáveis pela gestão do projeto. Este género de comunicação onde se discutem características do planeamento é importante para um eco-bairro pois é através deste que o projeto vai sendo adaptado às necessidades das pessoas, permitindo um *feedback* através do qual os planeadores verificam o sucesso ou insucesso das medidas implementadas. Esta competência encontra-se intrinsecamente ligada à participação pública, e como foi observado através dos casos selecionados é habitualmente um dos aspetos com desempenhos mais fracos (Energie Cités; ADEME, 2008).

A comunicação entre o eco-bairro e o seu exterior também é fundamental para o seu sucesso e para uma eficaz divulgação dos seus resultados. O eco-bairro necessita de possuir uma relação saudável com a cidade a que se encontra adjacente, com a região em que se encontra inserido e com o governo do país a que pertence e respetivas políticas. Para tal é necessário existirem linhas de comunicação com estes elementos externos ao eco-bairro e uma troca de informação eficiente pois, tal como Verdaguer (2000) afirma, é necessário existir uma relação fluida entre as várias peças individuais que em conjunto constituem um planeamento urbano.

É através destas duas capacidades sociais e da sua interação que um eco-bairro atinge a resiliência necessária para enfrentar com sucesso as várias adversidades que surgem ao longo da sua existência e alcançar os objetivos propostos (Rudolf, 2007).

Importa ainda mencionar que, assim como Kasper (2008) afirma, são os princípios de comunidade e ética que providenciam as características distintivas dos eco-bairros. Sem esta forte vertente social os eco-bairros poderiam ser definidos apenas por projetos urbanos que visam alcançar desempenhos ambientais excecionais. No entanto são os ideais de comunidade, ética e respeito que constituem os alicerces deste conceito e que lhe conferem o potencial de reparar um dos graves problemas já identificados, a separação entre sociedade e Natureza.

4.7.6 Divisão dos Eco-bairros segundo o metabolismo urbano

Utilizando o conceito de metabolismo urbano apresentado anteriormente é possível abordar o eco-bairro como um ecossistema urbano e desconstruí-lo nos vários fluxos de entrada e saída que constituem o seu processo metabólico. Os pares *input/output* considerados estão representados na Figura 6.



Figura 6 – Metabolismo urbano de um eco-bairro com respetivos pares *input/output*

De seguida será explorado cada par na procura dos principais desafios e problemas que dificultam o estabelecimento de um eco-bairro eficiente. Estes desafios também podem ser vistos como oportunidades para a evolução e desenvolvimento do conceito de eco-bairro.

4.7.6.1 Água e as águas residuais

A água é um dos recursos naturais mais importantes e essenciais à vida. Os recursos hídricos são necessários para diferentes fins entre os quais o consumo humano, o saneamento, a irrigação e o lazer (ver Figura 7). O abastecimento de água é uma característica comum das zonas urbanas modernas e é fundamental tratando-se de um bem de primeira necessidade.

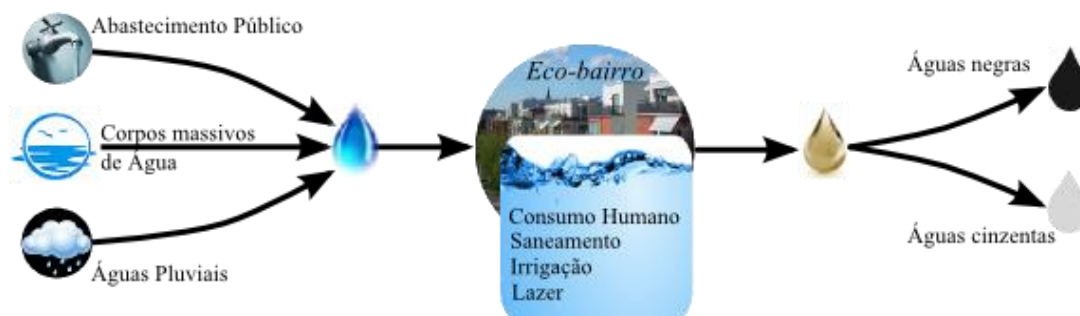


Figura 7 – Metabolismo urbano de um eco-bairro respetivo aos recursos hídricos

As águas *negras* indicadas na figura anterior são águas residuais que provêm da utilização dos sanitários e que devido à sua composição necessitam de um nível de tratamento avançado onde terão de ser removidas todos as componentes sólidas e grande parte das bactérias presentes, o que é conseguido nas estações de tratamento de águas residuais através de uma sequência de processos químicos e bioquímicos. Através destes processos e de alguns processos inovadores utilizando espécies biológicas (por exemplo *macrófitas*) as águas *negras* podem ser transformadas em águas *cinzentas*.

As águas *cinzentas* são águas impróprias ao consumo humano mas que podem ser utilizadas para outros fins como a rega. Exemplos destas são as águas pluviais, as águas resultantes dos processos de tratamento de águas *negras* ou a água utilizada na higiene pessoal das pessoas.

Um dos principais objetivos do desenvolvimento sustentável e dos eco-bairros é a redução do consumo de água. Sendo este recurso natural de extrema importância e possuindo uma série de usos diversos, a redução do seu consumo num ambiente urbano onde o abastecimento público é considerado como garantido revela-se um dos grandes desafios a considerar. Este desafio terá de ser enfrentado pelos eco-bairros segundo a questão: *como reduzir o consumo de água num eco-bairro, mantendo padrões elevados de qualidade de vida para todos os seus habitantes e uma quantidade de água suficiente para satisfazer todas as necessidades deste?*

Uma outra questão é criada pela intenção de reduzir a produção de águas residuais resultantes do metabolismo urbano. Este desafio já começa a ser enfrentado por abordagens que visam o estabelecimento de um metabolismo urbano circular e que pretendem reutilizar estas águas eficientemente, inserindo-as novamente no processo metabólico, o que tem como

consequências uma redução das águas residuais a *eliminar* e uma redução do consumo de água proveniente de ecossistemas naturais. Hammarby Sjöstad é um exemplo que aproveita as águas residuais produzidas ao reintroduzi-las no metabolismo urbano sob a forma de energia e calor (Energie Cités; ADEME, 2008). No entanto este continua a ser um dos grandes desafios de uma zona urbana e dos eco-bairros desenvolvidos: *como reduzir a produção de águas residuais e utilizá-las eficientemente no eco-bairro em prol de um metabolismo urbano circular?*

4.7.6.2 **Energia e as emissões atmosféricas**

Os eco-bairros como qualquer zona urbana possuem grandes necessidades energéticas. A energia é necessária para uma série de atividades que permitem o correto funcionamento de um ecossistema urbano: sistema de transporte público, iluminação, eletricidade e climatização das infraestruturas públicas, residências e espaços comerciais, aquecimento de águas, funcionamento de viaturas próprias, redes de comunicação, entre outros. O fornecimento de energia, assim como a água, é uma garantia e uma imagem de marca das zonas urbanas.

No entanto existe uma face reversa a esta disponibilidade da energia. Grande percentagem desta energia tem origem em recursos naturais não renováveis (combustíveis fósseis). A utilização destes recursos naturais ao ritmo praticado promove a sua escassez e uma rápida degradação dos ecossistemas naturais (Meadows *et al.*, 1972). Outro fator importante é a emissão para a atmosfera de componentes nocivos para o ambiente e saúde humana resultantes da produção de energia.

Importa referir que nas últimas décadas tem sido realizado um grande esforço no sentido de utilizar energias renováveis, em particular a partir da divulgação do conceito de desenvolvimento sustentável. Os eco-bairros encontram-se na vanguarda das energias renováveis sendo verdadeiros laboratórios onde a eficiência destas novas tecnologias ambientais é testada (Souami, 2009). De forma a reduzir o consumo de energia proveniente de recursos não renováveis este género de energia renovável tem sido inserido no metabolismo urbano com maior ou menor sucesso mas sempre com uma imagem de sustentabilidade associada.

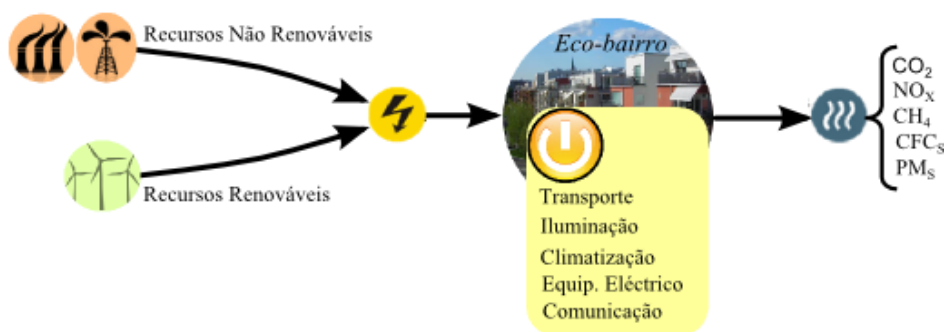


Figura 8 – Metabolismo urbano de um eco-bairro respetivo à energia e emissões

O sector energético é um dos maiores desafios que os eco-bairros como ecossistemas urbanos enfrentam. Apesar de ser um sector muito contemplado no planeamento dos eco-bairros o desafio mantém-se: *como reduzir o consumo energético sem prejudicar as necessidades existentes nem os padrões de conforto e qualidade de vida dos habitantes?* Relativamente às energias renováveis importa resolver a seguinte questão: *como utilizar de forma mais eficiente as fontes de energia renovável de forma a reduzir significativamente o contributo de energias não renováveis no metabolismo urbano de um eco-bairro?*

As emissões atmosféricas nocivas são outro grande problema enfrentado pelos eco-bairros atualmente. Fortemente relacionado com a utilização de fontes de energia não renováveis, o desafio revela-se da seguinte forma: *como reduzir o nível de emissões atmosféricas totais de todos os sistemas e serviços que constituem um eco-bairro em pleno funcionamento?*

Uma abordagem já existente e já referida no caso de Hammarby é a utilização de alguns *outputs* de outros ciclos, como por exemplo os *outputs* relacionados com a água ou resíduos, no sentido de aproveitar a energia inerente a estes, obtendo assim uma boa gestão integrada dos recursos e vislumbres de um metabolismo urbano circular (Energie Cités; ADEME, 2008). Assim surge outro desafio: *como reintroduzir eficientemente os outputs de um eco-bairro no seu metabolismo urbano de forma a reduzir o consumo de energia de origem não renovável?*

4.7.6.3 Alimentos, materiais e os resíduos orgânicos e inorgânicos

Este sector envolve recursos imprescindíveis ao funcionamento de um eco-bairro. Os alimentos são essenciais à sobrevivência das pessoas, devendo existir uma facilidade de acesso a estes e uma produção sustentável que permita a sua diversidade e disponibilidade. Os materiais são particularmente fundamentais durante o processo de construção urbana.

Os alimentos e os materiais têm inerentes certas quantidades de recursos utilizados e emissões produzidas, por vezes ignoradas, relativas ao processo completo de obtenção, transporte e processamento dos mesmos que devem ser consideradas aquando do seu estudo.

A quantidade de resíduos produzida pelos eco-bairros através do seu processo metabólico ainda possui ordens de grandeza elevadas o que evidencia a importância de considerar esta questão. O processo metabólico de um eco-bairro relativo a estes recursos é ilustrado na Figura 9.

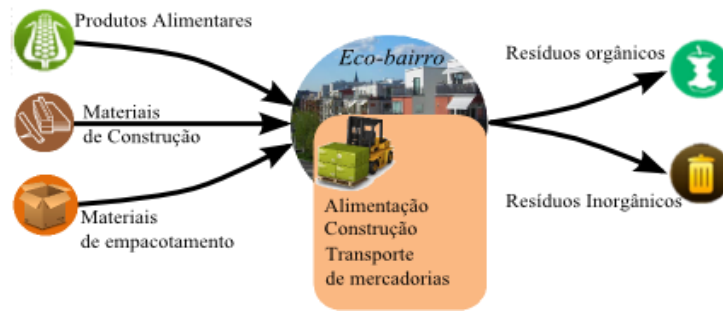


Figura 9 – Metabolismo urbano de um eco-bairro respetivo aos alimentos, materiais e resíduos

Atualmente existem uma série de abordagens que visam esta questão, com especial foco na redução dos resíduos produzidos e a sua reciclagem através dos programas de separação e recolha de resíduos já implementados em várias zonas urbanas. No entanto ainda existem algumas questões pouco abordadas. Analisar o ciclo de vida dos materiais e alimentos ainda não é uma prática comum, o que explica o facto de a produção local de alimentos e a obtenção local ou regional dos materiais necessários à construção ainda não serem práticas comuns.

No planeamento de alguns eco-bairros já são considerados a produção alimentar e a obtenção dos materiais localmente, sendo impostos em alguns casos limites ao raio de ação para a obtenção destes recursos. Os resíduos também são considerados como peças importantes da gestão integrada dos recursos e podem ser utilizados como fontes de energia alternativa e assim reinseridos no processo metabólico do eco-bairro.

No entanto ainda existem desafios relativos a estes recursos nos eco-bairros que precisam de soluções mais adequadas. O primeiro diz respeito aos materiais utilizados na construção e funcionamento de um eco-bairro: *como reduzir as quantidades necessárias de materiais necessários a um eco-bairro e reduzir o seu raio de obtenção, permitindo menores impactes ambientais mas mantendo os padrões de conforto e qualidade elevados?*

Respetivamente aos alimentos é necessário resolver os seguintes desafios: *como produzir e/ou obter localmente (num raio de ação reduzido) a quantidade e diversidade suficiente de alimentos para responder às necessidades do eco-bairro?*

Relativamente aos resíduos orgânicos e inorgânicos resultantes do processo metabólico de um eco-bairro importa referir os seguintes desafios: *como reduzir a produção de resíduos orgânicos e inorgânicos de um eco-bairro? Como reutilizar os resíduos orgânicos e inorgânicos em prol de um metabolismo urbano circular, aproveitando os seus potenciais ao serviço do eco-bairro?*

O conceito de metabolismo urbano é uma opção bastante vantajosa para medir o desempenho de um eco-bairro, principalmente no que diz respeito aos parâmetros ambientais e económicos. Avaliando os inputs e outputs de um eco-bairro e analisando o seu funcionamento de forma análoga a um processo metabólico permite uma análise eficaz deste género de projetos,

constatar em que situação se encontram em termos de objetivos e estabelecer comparações com projetos estabelecidos com base no urbanismo tradicional.

Para avaliar o desempenho social será necessário estabelecer uma relação próxima com os habitantes destes projetos, confiando a estes a tarefa de avaliar e reprovar se necessário algumas medidas ou falhas do planeamento em conjunto com uma equipa de monitorização que acompanhe constantemente questões relacionados com este tipo de desempenho. Desta forma as necessidades dos cidadãos serão consideradas e o desempenho social do eco-bairro será abordado de forma eficaz e conveniente.

4.7.7 Principais críticas ao conceito

O conceito de eco-bairro para além das várias vantagens e desvantagens evidenciadas pelos casos de aplicação explorados gera em seu redor muita atenção, o que estabelece um ambiente apropriado para a sua investigação, exploração e a não menos importante crítica. Neste subcapítulo são apresentadas algumas críticas pertinentes.

No seu trabalho de exploração do conceito de eco-bairro Boutaud (2009) verifica uma série de problemas relacionados com este conceito. Primeiro aponta a existência de uma certa *nebulosidade* em torno deste onde se verifica uma nítida confusão e dúvida relativamente à identificação das suas características. Devido à ausência de uma definição clara o eco-bairro possui propriedades variáveis que podem ser ajustadas consoante os objetivos e ambições em jogo.

No entanto Boutaud realça o facto que esta flexibilidade do conceito não é uma barreira à sua difusão, antes pelo contrário, é graças às suas características maleáveis que o termo eco-bairro tem sido difundido com tanto sucesso, tornando-se um conceito célebre. Eco-bairro tornou-se um termo utilizado frequentemente pela comunicação social e pelo público em geral pois é relativamente novo e sedutor, um termo que satisfaz a *néomanie*, uma necessidade e adoração característica da civilização humana por tudo o que é recente.

Outra crítica que o autor faz aos eco-bairros está relacionada com a já mencionada forte dependência nas tecnologias. Apesar de ser um elemento necessário, a aposta solitária na tecnologia como único meio para se obter um eco-bairro sustentável e eficiente revela-se insuficiente. Agora que existe a capacidade de construir corretamente falta, segundo o seu ponto de vista, concretizar os princípios de viver bem e com igualdade de direitos.

Bonard e Matthey (2010) exploram uma série de questões relacionadas com a capacidade dos eco-bairros em tornar o urbanismo e as zonas urbanas mais sustentáveis. Começam por apontar o eco-bairro como um planeamento produtor do efeito NIMBY (termo que descreve uma grande resistência dos habitantes que vivem na proximidade do projeto em causa), onde se desenvolve uma lógica insular e cujas externalidades negativas são rejeitadas e deixadas fora das imediações do bairro. Por exemplo a circulação de viaturas próprias não é permitida na maioria dos exemplos de eco-bairros, o que melhora a qualidade de vida no seu interior mas

que piora as condições nas zonas adjacentes aos eco-bairros onde se constata uma maior afluência de viaturas e a necessidade de um maior número de parques de estacionamento. O eco-bairro é referido no seguimento desta característica como *uma ilha de sustentabilidade rodeado por um mar de poluição urbana incapaz de transformar*.

A necessidade de terrenos baldios para construir os eco-bairros também é um fator apontado como um ponto fraco, pois apesar de serem terrenos com potencial para acomodarem um bairro residencial são muitas vezes limitados pela gestão territorial local. A construção de eco-bairros sobre estes terrenos possui probabilidades reduzidas de ocorrer enquanto persistirem políticas públicas que favorecem o processo de expansão suburbana.

Outra crítica é o facto da vertente social ser o elo fraco dos eco-bairros desenvolvidos. Os autores identificam dois campos inseridos neste âmbito particularmente enfraquecidos: *a produção e manutenção de mistura social e a influência e participação das pessoas no planeamento e gestão destes projetos*. Apontam que um facto que realça esta evidência é a disponibilização de incentivos europeus à investigação das questões energéticas e climáticas que forçaram os eco-bairros numa direção com foco nas tecnologias ambientais, e em contra partida uma ausência de incentivos às inovações sociais. Os eco-bairros possuem uma imagem de ideais, no entanto a questão pertinente que deixam é: *ideais para quem?* Apesar de existir uma discussão dos pormenores do planeamento e gestão do eco-bairro com todos os interessados, inclusive os habitantes, a maior participação e a mais influente provém dos que têm mais a ganhar e a perder, proprietários, promotores e políticos. Os habitantes não têm a capacidade para compreender bem um objeto abstrato como um projeto e devido à fraca consideração das suas intervenções o processo de discussão revela-se fraco em participação pública.

Para finalizar é formulada uma questão útil, principalmente em termos de considerações futuras, será o eco-bairro capaz de permitir uma verdadeira mudança do paradigma atual no urbanismo? Para tal é necessário avaliar a sua transposição para uma escala maior, para a cidade por exemplo. Durante o desenvolvimento do estudo os autores apontam o facto que projetos eficientes à escala intermédia, como o eco-bairro, podem-se revelar como problemáticos à escala macro, como a cidade. Por exemplo o eco-bairro poderá produzir externalidades negativas nas zonas adjacentes se incorretamente inserido na zona em causa.

Outra questão que surge neste âmbito de aplicação dos princípios dos eco-bairros às cidades é a seguinte: *serão estes princípios e medidas aplicáveis em espaços construídos já existentes?* Pois estes espaços envolvem serviços já existentes, hábitos implementados ao longo dos tempos e proprietários diversos com objetivos distintos. Apesar do conceito de eco-bairro ser constatado como uma solução para o urbanismo, os autores afirmam que a sua lógica minúscula, que apenas considera questões à escala do bairro, permite unicamente uma reforma lenta e pontual.

O estabelecimento de uma zona urbana eficiente e sustentável não depende do seguimento estrito de uma fórmula perfeita, mas sim de uma boa compreensão de todos os elementos envolvidos, as interações que possuem entre eles, as suas necessidades e os produtos resultantes de todo este sistema (Bonard & Matthey, 2010).

A partir destas críticas e de alguns aspetos identificados aquando da exploração dos casos de estudo é possível evidenciar mais alguns desafios a considerar na busca por eco-bairros mais eficientes: *Como permitir uma inserção adequada do eco-bairro no restante tecido urbano que impeça a produção de externalidades negativas? Como fortalecer a vertente social? Como aplicar o conceito em espaços urbanos construídos já estabelecidos e em uso? Como reduzir os custos da implementação de um eco-bairro sem prejudicar as suas mais-valias e o seu desempenho, nem a qualidade de vida e padrões de conforto dos seus habitantes?*

4.7.8 Resumo de vantagens e desvantagens dos Eco-bairros

Neste último capítulo são apresentadas de forma resumida as principais vantagens e desvantagens identificadas no conceito de eco-bairro.

Tabela 1 – Principais vantagens e desvantagens identificadas através da exploração do conceito de eco-bairro

Vantagens	Conceito já implementado e facilmente difundido
	Eco-bairros como laboratórios de novas medidas e tecnologias
	Consciencialização ambiental
	Reutilização de terrenos baldios em desuso ou ineficientes
	Melhores desempenhos ambientais
	Potencial para permitir o estabelecimento de um metabolismo urbano circular
	Melhor qualidade de vida e padrões elevados de conforto para os habitantes
	Projectos atractivos do ponto de vista económico e turístico
	Facilidade na formação de parcerias público-privadas
	Permite o desenvolvimento do sentido comunitário e cooperativo no interior do eco-bairro
	Adequado aos países do Norte e Centro da Europa e com bastante potencial para ser aplicado com sucesso nos países do Sul da Europa
Desvantagens	Ausência de uma definição clara, permitindo o estabelecimento de 'eco-bairros' que não reúnem as condições e características necessárias
	Prática baseada em investimentos e custos bastante elevados
	Fraca consideração da vertente social
	Dependência excessiva nas tecnologias ambientais
	Quando incorrectamente inserido no restante tecido urbano revela-se uma fonte de externalidades negativas
	Grande parte da influência reunida em torno dos <i>stakeholders</i> que têm mais a perder ou a ganhar (proprietários, promotores, etc.)
	Excessivamente focado na vertente ambiental e nos seus desempenhos
	Incapacidade actual de ser aplicado com sucesso na renovação de espaços urbanos já estabelecidos
	Dependência da disponibilidade de terrenos baldios ou em desuso para a sua implementação

Neste contexto o biomimetismo pode ser um dos potenciais contributos para atenuar as limitações do conceito de eco-bairro e enfrentar os desafios identificados.

Capítulo 5 – Biomimetismo

Neste capítulo o biomimetismo será explorado para conseguir revelar o seu potencial na procura de soluções criativas e estabelecimento de novos ideais que permitam enfrentar os problemas atuais na engenharia, em particular os problemas nos eco-bairros. Começa-se por expor a sua origem, definição e objetivos e as principais vantagens alcançadas pela sua utilização. Posteriormente são mencionados alguns casos de aplicação do conceito, identificados os princípios biomiméticos, exploradas metodologias de aplicação e identificadas as principais dificuldades enfrentadas aquando da utilização do biomimetismo.

5.1 Origem do conceito

As primeiras investigações em torno deste conceito apenas surgiram no séc.XX. Thompson (1945) evidencia a elevada eficiência mecânica das estruturas naturais e apresenta vários desenvolvimentos científicos alcançados devido à observação da Natureza. William Gordon, na mesma linha de raciocínio, aponta a Natureza como fonte potencial de analogias que ajudam a satisfazer as necessidades do Homem (Gordon, 1961).

Com este potencial bem consolidado na comunidade científica, Otto Schmitt revela de forma pertinente a importância da biofísica sobre esta área que pode ser considerada em simultâneo como uma abordagem aos problemas da biologia usando a teoria da física e uma abordagem dos biólogos aos problemas das ciências físicas e engenharia.

Através destes importantes contributos e de uma maior atenção sobre este tema reuniram-se as condições necessárias para o estabelecimento de um conceito que unisse sobre si mesmo estes princípios e que possibilitasse desenvolvimentos mais aprofundados. Tal viria a ocorrer num encontro em 1960 na base aérea Wright-Patterson de Dayton, Ohio (EUA), onde Otto Schmitt introduz pela primeira vez o conceito de biomimetismo (*biomimetics*) (Harkness, 2002).

5.2 Definição e objetivos considerados

Na sua intervenção na base aérea de Wright-Patterson, Schmitt identifica o biomimetismo como um método cujo principal objetivo é a análise de fenómenos biológicos na esperança de obter conhecimento e inspiração para desenvolver sistemas físicos ou sistemas biofísicos à imagem da vida (Harkness, 2002).

O ano de 1974 marca a primeira presença deste conceito num dicionário e assim a sua primeira apresentação ao público em geral. Na edição desse ano o Webster's Dictionary apresenta uma definição clara e pertinente (Vincent *et al.*, 2006) do biomimetismo:

O estudo da formação, estrutura, ou função de substâncias e materiais produzidos biologicamente e de mecanismos e processos biológicos com o objetivo de sintetizar produtos semelhantes através de mecanismos artificiais que imitem os naturais.

O biomimetismo é assim estabelecido como um conceito atento ao mundo natural, onde procura novas soluções e funcionalidades para fazer frente a problemas complexos existentes

no mundo humano, com principal foco na engenharia. Este parte do princípio que a Natureza através de um processo evolutivo e seletivo tem produzido ao longo da vida do planeta Terra inúmeros organismos, substâncias, sistemas e mecanismos adaptados ao contexto onde se encontram inseridos e extremamente eficientes que permitem a sua sobrevivência e continuidade.

O potencial da Natureza torna-se com o estabelecimento deste conceito mais facilmente acessível ao Homem e à sua criatividade. O biomimetismo pode assim ser identificado como uma aproximação entre a Natureza e as ciências criadas pelo Homem, que permite utilizar a Natureza como fonte de analogias e inovação.

5.3 Vantagens do Biomimetismo

Desde a sua origem que o biomimetismo reúne em seu redor a atenção da comunidade científica devido ao seu potencial em captar as inúmeras características e vantagens observadas no mundo natural e as colocar à disposição da ciência. A Natureza sempre foi observada como uma fonte de conhecimento e sempre desempenhou o papel de musa inspiradora do Homem. No entanto Papanek, apoiante da Natureza como fonte de criatividade e inovação, aponta que à medida que a complexidade dos problemas da civilização humana foi aumentando a humanidade foi-se tornando mais alienada do mundo biológico (Papanek, 1984). Este facto pode-se dever à já mencionada ilusão de independência da Natureza e ao avanço exponencial da tecnologia que permitiram ao Homem considerar-se como autodidata.

As vantagens de utilizar a Natureza como fonte de analogias e inspiração, e assim de utilizar o biomimetismo, são várias e devem-se às características encontradas nesse mundo natural. Vários são os investigadores que exploraram as características-chave encontradas na Natureza e constataram a sua pertinência quando aplicadas nos sistemas e produtos criados pelo Homem.

Paturi (1976) evidencia o uso eficiente de materiais e energia por parte dos organismos biológicos. Este facto é imprescindível quando o objetivo é sobreviver e quando as fontes de materiais e energia são escassas. Deste modo os organismos biológicos desenvolveram-se apresentando um modo de funcionamento baseado na utilização dos mínimos necessários à sua sobrevivência. Outra vantagem apontada é a precisão característica dos processos biológicos e a capacidade de adaptação dos sistemas biológicos ao ambiente que os rodeia. Esta capacidade de adaptação permite a continuidade destes sistemas bem como a continuação do seu funcionamento mesmo que as condições externas variem e estes estejam expostos a condições momentaneamente desfavoráveis.

Numa análise focada nos processos naturais Bond *et al.* (1995) mencionam a capacidade de auto-montagem (*self-assembly*) e a precisão dos processos de produção biológicos afirmando que estes são bastante mais eficientes que os processos de produção criados pelo Homem, apesar de necessitarem de níveis de energia e materiais mínimos.

Galbraith *et al.* (1989) mencionam igualmente a capacidade de adaptação dos sistemas e organismos biológicos que permite a sobrevivência a alterações imprevisíveis do ambiente em redor através de processos como a evolução, realçando ainda a capacidade auto-reguladora que lhes permite reagir a estímulos externos através de sensores. Concluem que um dos aspetos-chave dos sistemas naturais é o funcionamento com base em ciclos de *feedback*.

French (1994) através de uma comparação dos seres vivos com produtos produzidos pelo Homem tendo em conta os materiais, os princípios físicos e a eficiência energética evidencia o facto do design na Natureza ser direccionado às funcionalidades. Os sistemas e produtos criados pelo Homem apresentam muitas falhas devido ao facto de grande parte do nosso design ser direccionado à estética.

No seu trabalho pertinente, que muito contribuiu para relançar a discussão em torno do biomimetismo, Benyus (1997) aponta mais algumas vantagens observadas no mundo natural entre as quais importa destacar a degradação temporizada dos componentes na Natureza, a resiliência característica dos sistemas naturais e a utilização dos elementos químicos mais abundantes e não tóxicos ao contrário dos processos criados pelo Homem que utilizam a maior parte dos elementos químicos da Tabela Periódica, mesmo os raros e tóxicos. Benyus realça ainda outra importante característica dos outros seres vivos, a consideração e respeito pelo ecossistema que habitam, compreendendo deste modo a importância da manutenção desse habitat para a continuidade das suas espécies.

Outra vantagem apontada pelos estudos de Affholter e Arnold (1999) e de David (1999) é a elevada tolerância dos sistemas naturais capazes de funcionar num intervalo vasto de condições, sendo considerados bastante mais tolerantes que os sistemas criados pelo Homem cujo funcionamento depende do cumprimento de um intervalo estrito de condições aceitáveis.

Bar-Cohen (2006) numa exploração mais recente do conceito de biomimetismo expõe mais duas importantes características dos sistemas naturais, a capacidade de produzir grande parte dos seus materiais à temperatura ambiente e à pressão atmosférica e a capacidade das suas estruturas realizarem múltiplas tarefas.

Por fim importa mencionar o trabalho de Vincent *et al.* (2006) que no seu estudo "*Biomimetics: its practice and theory*" evidenciam diferenças pertinentes entre os sistemas humanos e os sistemas naturais. A primeira a presença de uma clara organização hierárquica. É através da inserção de níveis de hierarquia que são alcançadas a complexidade e funcionalidades pretendidas. A outra grande distinção encontra-se relacionada com as variáveis consideradas relevantes na resolução de problemas. Ao enfrentar um problema no âmbito da engenharia a primeira tendência é procurar uma solução através da alteração da quantidade ou tipo de material a usar, ou através de uma alteração da quantidade de energia inserida. No entanto na biologia as variáveis consideradas com maior relevância na resolução de um problema são a informação e o espaço, onde a forma e a combinação de materiais são essenciais no alcance das funcionalidades pretendidas.

Para além destas vantagens mencionadas por esta seleção de autores é pertinente apontar outras. Importa salientar que os sistemas naturais são caracterizados por uma rede de interações densa e complexa que permite alcançar um equilíbrio entre todos os intervenientes e desta forma satisfazer as necessidades de cada um desde que não afete o funcionamento delicado do sistema, permitindo assim a sua continuidade. Esta rede de interações permite a oscilação do equilíbrio, ou homeostase, para compensar certas alterações inesperadas das condições, e assim que estas estejam ultrapassadas o sistema encaminha-se no sentido de um novo equilíbrio. Trata-se de uma característica essencial que permite a continuidade e evolução dos sistemas naturais através de uma abordagem direcionada para o equilíbrio.

Por fim, a vastidão e diversidade da Natureza providenciam um campo abundante de mecanismos e capacidades únicas por vezes incompreendidas ou simplesmente ignoradas. Devido às suas dimensões e ao facto de ser resultante de milhões de anos de evolução, a Natureza apresenta atualmente organismos e sistemas que desenvolveram características inovadoras que permitiram a sua sobrevivência e continuidade num meio ambiente caracterizado por uma elevada imprevisibilidade e competição feroz. Este meio providencia as condições necessárias para os organismos e sistemas alcançarem o seu máximo potencial e desenvolverem processos cada vez mais eficientes. O que se observa na Natureza é produto de milénios de evolução e aperfeiçoamento que permitem a existência de um número ilimitado de soluções inovadoras e eficientes.

5.4 Casos de aplicação do conceito

O conceito de biomimetismo tem sido aplicado em vários casos ao longo do tempo, muitos mesmo antes de o conceito ter sido estabelecido. Estes exemplos demonstram como a Natureza tem influenciado alguns designs e algumas soluções inovadoras e com elevados desempenhos, principalmente na engenharia, e como por vezes levou ao desenvolvimento de soluções com fracos desempenhos devido a uma incorreta interpretação dos princípios identificados na estrutura ou organismo biológico.

Velcro

A invenção do Velcro é dos exemplos claros de como a Natureza pode ser utilizada como inspiração na criação de soluções inovadoras. Aquando de um passeio, George de Mestral, um inventor suíço, reparou nas sementes *agarradas* ao pelo do seu cão e como o tinham feito de forma tão eficaz e resistente. As sementes em forma de gancho da planta *burdock* permitem uma eficaz dispersão destas através da sua ligação ao pelo dos animais de passagem, constituindo um verdadeiro mecanismo que permite a continuidade e expansão da espécie. Observando estas sementes George de Mestral criou o Velcro (Vincent *et al.*, 2006).

Adesão a Seco

Outro exemplo relacionado com a aderência é o caso do desenvolvimento de mecanismos e produtos que permitem a adesão a seco, como por exemplo a fita adesiva seca. Este desenvolvimento biomimético deve-se à observação de uma capacidade única do *Gecko*. O *Gecko* é um réptil que possui a capacidade de subir superfícies verticais lisas e até mesmo caminhar em tetos sem cair. Esta capacidade deve-se a um mecanismo adesivo presente nas suas patas proporcionado pela presença de pelos cujo formato e dimensão das extremidades permitem a adesão em superfícies hidrofóbicas e hidrofílicas, estabelecendo forças Van der Waals no valor de 10MPa (Vincent *et al.*, 2006).

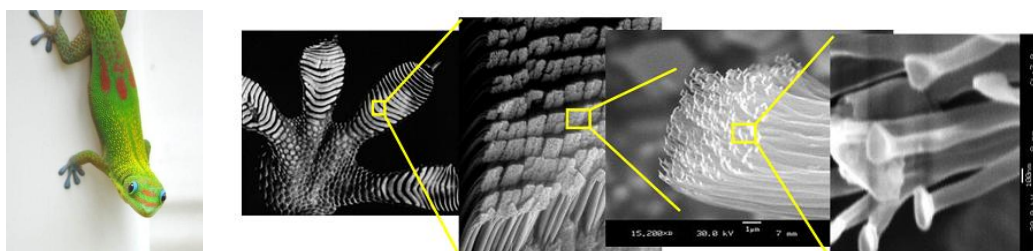


Figura 10 – Estrutura detalhada das patas que permitem ao *Gecko* a adesão a seco

Superfícies anti-reflectivas

Uma característica observada nas folhas de certas plantas originárias das florestas tropicais e nas asas e olhos de insetos é a presença de superfícies anti-reflectivas. Estas superfícies permitem uma menor reflexão da luz solar e deste modo uma maior eficiência na sua retenção. Com base no estudo destas superfícies naturais desenvolveram-se folhas de etileno que são colocadas na superfície espelhada dos painéis solares e que permitem numa melhoria de 10% na captura da luz (Vincent *et al.*, 2006).

Camuflagem estática e dinâmica

A camuflagem é um método muito utilizado no mundo animal, em especial na relação predador-presa, e muitas vezes a sobrevivência depende do seu sucesso. A camuflagem teve um importante impulso durante a Segunda Guerra Mundial, onde segundo o contributo de Hugh Cott foram desenvolvidos padrões de camuflagem biomiméticos baseados na observação da Natureza. Mais recentemente tem sido explorada a camuflagem dinâmica com base no comportamento da libelinha. Esta espécie à medida que se aproxima da presa mantém-se sempre na mesma região do campo de visão desta. Assim, a libelinha parece imóvel e não é considerada uma ameaça, aparentando apenas estar a crescer e não em aproximação (Vincent *et al.*, 2006).

Captação de água

Em um dos casos mais interessantes de biomimetismo foi desenvolvido um mecanismo que imita a capacidade única de escaravelhos originários do deserto da Namíbia em formar gotas de água a partir da humidade do ar no ponto de condensação devido à superfície rugosa de

asas secundárias que apresentam. A partir deste mecanismo estes escaravelhos obtêm a água necessária à sua sobrevivência (Vincent *et al.*, 2006).

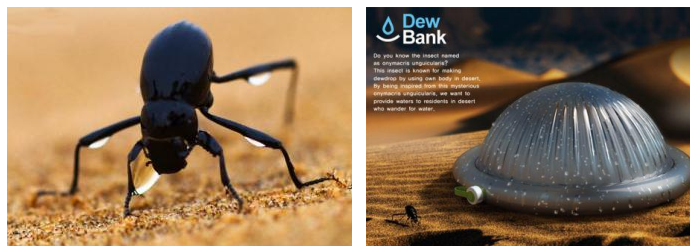


Figura 11 – Produto biomimético de obtenção de água inspirado nos escaravelhos do deserto da Namíbia

Novas influências na arquitetura

Mais recentemente o design e a arquitetura de edifícios tem sido bastante influenciada pelas formas observadas na Natureza, com os arquitetos a utilizarem uma série de novas formas e estruturas (ver Figura 12). No entanto esta influência encontra-se na sua maioria relacionada apenas com a estética e não pelas particularidades e funcionalidades que essas estruturas proporcionam aos organismos na Natureza, constatando-se uma simples aplicação da forma sem total compreensão e conseqüente aproveitamento do potencial da mesma (Vincent *et al.*, 2006).



Figura 12 – Estádio Nacional de Pequim, China, designado de *Ninho de Pássaro*

Fatos de natação inspirados nos tubarões

A partir das vantagens observadas na superfície dos corpos dos tubarões foram desenvolvidos fatos de natação que ambicionavam imitar essas características de forma a proporcionarem melhores desempenhos a atletas de natação, inspirados nas velocidades observadas nos tubarões. Estudos posteriores viriam a comprovar que esses fatos não reduziam o coeficiente de atrito tão eficientemente como seria expectável, não sendo considerado um caso de biomimetismo bem sucedido (Vincent *et al.*, 2006).

Através destes exemplos é possível constatar que já existem uma série de aplicações do biomimetismo, com particular foco na solução de desafios na engenharia. A inspiração em estruturas e organismos da Natureza permite a utilização de mecanismos inovadores por vezes completamente desconhecidos para o Homem. Apesar de criativas, as soluções biomiméticas nem sempre alcançam o sucesso, seja por falta de correspondência entre a solução e o

problema em causa, seja por uma inadequada aplicação dos princípios identificados ou até mesmo por uma incorreta identificação dos mecanismos biológicos em questão.

5.5 Princípios biomiméticos

Ao longo da exploração desenvolvida em torno do biomimetismo foram sendo identificados vários princípios ou ideais latentes no mundo biológico. Estes princípios podem ser definidos como princípios que regem o mundo natural e que são observáveis na maioria dos fenómenos biológicos, constituindo em conjunto a base que sustenta a continuidade e sobrevivência dos sistemas e organismos naturais. Tais princípios podem ser designados por princípios biomiméticos.

Benyus (1997) estabelece no seu trabalho aqueles que considera serem os princípios biomiméticos fundamentais numa lista de dez princípios que são apresentados de seguida:

- Considerar os resíduos como recursos;
- Diversificar e cooperar para uma utilização total do habitat;
- Utilização da energia eficiente;
- Otimizar em vez de maximizar;
- Use materiais parcimoniosamente;
- Não sujar o seu habitat;
- Não desperdiçar recursos;
- Manter-se em balanço com a biosfera;
- Basear-se em informação;
- Comprar localmente.

A identificação destes princípios revela-se importante, consolidando o conceito de biomimetismo e tornando-o mais acessível, permitindo melhores aplicações no mundo humano, neste caso em particular nos eco-bairros. A aplicação destes princípios é uma das abordagens possíveis no sentido de melhorar sistemas produzidos pelo Homem e inspirar novas soluções.

De forma semelhante ao apresentado acima e com base na exploração realizada relativamente às várias vantagens características do mundo biológico e consequentemente do biomimetismo, é desenvolvida de seguida um conjunto de princípios biomiméticos que será utilizado posteriormente.

Realizar mais com menos recursos

Este primeiro princípio é relativo à utilização de recursos de um modo eficiente, utilização do mínimo possível de recursos, e preciso, com o mínimo de erros e desperdícios durante o processamento dos recursos. Um princípio presente na maioria dos organismos biológicos permitindo a sua sobrevivência mesmo em condições de escassez de recursos e evidenciado por alguns autores como Buckminster Fuller (Sieden, 2011).

Adaptação a mudanças externas e internas

Os organismos biológicos, assim como os ecossistemas naturais, funcionam com base numa contínua adaptação a mudanças internas e externas das condições regentes. Através da informação recolhida por sensores internos e externos os organismos são capazes de desencadear ações que visam responder às mudanças e inverter a situação se necessário. Num mundo onde a única constante é a ocorrência de mudanças, a adaptação é essencial a qualquer sistema que pretenda assegurar a sua continuidade (Paturi, 1976) (Galbraith *et al.*, 1989).

Design direcionado à multifuncionalidade

Os designs direcionados à multifuncionalidade são um dos aspetos mais vantajosos observados no mundo biológico. Este princípio permite o desenvolvimento de estruturas capazes de executar diferentes funcionalidades e assim o alcance de múltiplos objetivos. Designs que não sejam orientados às funcionalidades não possuem muitas vantagens e não contribuem para desempenhos excepcionais (Bar-Cohen, 2006) (French, 1994).

Simplicidade e composição

O mundo biológico possui uma característica por vezes ignorada mas de extrema importância para o sucesso dos seus organismos e mecanismos, a simplicidade. Com base em processos simples a Natureza desenvolveu grande parte dos seus sistemas tornando assim possíveis outras características como a eficiência e a utilização dos recursos disponíveis. Quando existe a necessidade de alcançar objetivos mais complexos os organismos não desenvolvem processos mais complexos, mas estabelecem soluções compostas através da composição de vários processos simples.

Funcionamento com base em ciclos de feedback

O funcionamento com base em ciclos de *feedback* permite a reutilização de recursos e resíduos, reintroduzindo-os no processo metabólico de sistemas ou organismos, o que como consequência aumenta a sua eficiência e os seus níveis de desempenho. Um princípio que espelha as vantagens de processos circulares (Galbraith *et al.*, 1989).

Proximidade e disponibilidade

Os recursos necessários às várias funcionalidades devem ser obtidos conforme este princípio, ou seja, os recursos devem ser selecionados com base na sua proximidade, quanto mais próximos melhor pois envolvem menos impactes ambientais e menores deslocações permitindo um melhor aproveitamento dos produtos regionais, e com base na sua disponibilidade, devendo ser escolhidos os recursos mais abundantes e desenvolvidos métodos para os aproveitar (Benyus, 1997).

Interconetividade

Redes vastas de interconetividade implicam o estabelecimento de relações entre os vários elementos de um sistema. Estas interações são base integrante da ecologia e permitem estabelecer um equilíbrio na Natureza, através do qual todas as ações têm reações

proporcionais. Qualquer mudança brusca no sistema desencadeia uma série de reações que direcionam o sistema para um novo equilíbrio. Este princípio de interconetividade permite desenvolver sistemas flexíveis, onde cada elemento é considerado e cada um contribui para um equilíbrio total.

Estabelecimento de mutualismos

O estabelecimento de mutualismos é uma capacidade observada na Natureza que implica o desenvolvimento de sinergias através do estabelecimento de interações entre espécies distintas que beneficiam ambas em simultâneo, nutrindo-as de maior potencial para sobreviverem a condições desfavoráveis. Mutualismos são o exemplo vivo do potencial da criação de sinergias e permitem desempenhos de outra forma inalcançáveis.

5.6 Metodologias de aplicação desenvolvidas

O biomimetismo é um conceito relativamente recente com grande potencial, mas a sua difusão e o seu sucesso estão intrinsecamente relacionados com as metodologias de aplicação desenvolvidas. Nesta matéria os últimos anos ficaram marcados pelo surgir de diferentes metodologias, caracterizadas por conjuntos de vantagens e desvantagens distintos. Importa mencionar que à medida que vão sendo exploradas e testadas as metodologias vão evoluindo e alcançando melhores probabilidades de sucesso.

Neste subcapítulo são exploradas metodologias pertinentes aos objetivos da dissertação em desenvolvimento, sendo apontadas algumas das suas características chave bem como principais vantagens e desvantagens.

5.6.1 Pesquisa de analogias para Biomimetismo

A primeira metodologia a mencionar é desenvolvida por Vakili e Shu (2001) e tem como principal objetivo facilitar o processo de pesquisa de sistemas ou organismos naturais que realizem funções específicas de interesse na resolução de problemas na engenharia.

Os autores apontam a importância de dois fatores na procura de soluções na Natureza. O primeiro que algumas das melhores soluções na Natureza podem não ser consideradas como analogias óbvias ao problema na engenharia em causa, passando desta forma despercebidas. Para permitir a identificação destas é necessário por vezes desprezar questões de fluxo e considerar com maior foco as funções pretendidas. No segundo fator apontam que é necessário um certo grau de abstração durante a análise do problema na engenharia para permitir uma extração correta da função pretendida.

Estes dois fatores facilitam a pesquisa de analogias, no entanto a maior parte dos engenheiros não possui um nível de conhecimento em biologia que permita a identificação eficaz e rápida de analogias na Natureza. Para além deste facto, a informação biológica não se encontra agrupada por função o que dificulta ainda mais o processo de identificação de analogias por função pretendida. Os autores estabelecem com base nestas limitações um processo que facilita a aplicação do biomimetismo através de uma série de passos.

Seleção da fonte inicial de informação biológica: A seleção de uma fonte inicial de fenômenos biológicos adequados é essencial no processo de identificação de analogias pertinentes. Uma fonte demasiado específica e qualificada acarreta o problema de limitar fortemente a pesquisa. Os autores apontam a conveniência de estabelecer uma fonte um pouco mais geral, cobrindo assim vários níveis organizacionais da biologia (nível celular, organismos, biomas, etc.), e não demasiado avançada para permitir uma melhor compreensão.

Identificação de sinónimos para as palavras funcionais da engenharia: As palavras funcionais da engenharia são termos que identificam uma função pretendida para a resolução de um problema em causa, e a identificação e utilização de sinónimos destas aumenta as probabilidades de identificar correspondências viáveis. No entanto importa referir que o índice da fonte identificada contém maioritariamente termos biológicos cujas relações com as funções pretendidas na engenharia podem não ser aparentes para quem não possui historial em biologia.

Identificação de uma 'ponte' adequada entre as palavras-chave funcionais da engenharia e sinónimos e os fenómenos biológicos: Este passo possui especial importância quando a fonte inicial de informação biológica se encontra em formato de papel, neste caso não sendo viável ler o livro inteiro na busca pelas palavras identificadas anteriormente. Desta forma é apontada a importância de estabelecer uma 'ponte' adequada entre as palavras funcionais da engenharia e os seus sinónimos e os fenómenos biológicos para evitar a perda de muito tempo de pesquisa e melhorar a eficiência do processo. Os autores referem o glossário como um bom exemplo de 'ponte' pois neste são definidos os termos biológicos.

Pesquisa por palavras-chave e sinónimos na 'ponte' selecionada: A pesquisa destes termos na 'ponte', no caso providenciado pelos autores no glossário, possui sérias limitações visto que por vezes poderão existir fenómenos pertinentes que possuam outro género de terminologias mais simples que se encontrem ausentes do glossário. É referido no entanto que estas limitações identificadas na utilização de uma 'ponte' como um glossário serão facilmente ultrapassadas à medida que mais informação é disponibilizada em formato informático.

Identificação de fenómenos biológicos pertinentes e pesquisa de informação mais detalhada: Após a identificação na fonte inicial de informação de fenómenos biológicos pertinentes à resolução do problema em causa importa completar este conhecimento com informação mais detalhada e aprofundada que permita uma melhor compreensão do fenómeno identificado. Para tal é necessário passar de um texto introdutório para um texto mais avançado. Devido ao aumento da dificuldade da compreensão da matéria apresentada é dado especial interesse a diagramas ou imagens apresentadas.

Esta metodologia é assim caracterizada por cinco passos que facilitam a identificação de fenómenos biológicos pertinentes e consequentemente o estabelecimento de analogias com potencial para permitirem a criação de soluções inovadoras. Com especial foco na pesquisa de termos e palavras-chave a eficiência desta metodologia aumenta significativamente à medida

que mais informação vai sendo disponibilizada em formato digital, pois neste formato o processo de busca é mais rápido e permite o estabelecimento de mais correspondências.

5.6.2 Palavras-chave biológicas

Esta segunda metodologia encontra-se direcionada à questão da identificação de palavras significativas ou pertinentes no âmbito do conhecimento biológico. Partindo das conclusões de estudos passados Cheong *et al.* (2011) reconhecem que as palavras funcionais da engenharia nem sempre permitem a identificação de analogias relevantes entre os mundos da engenharia e da biologia devido às diferenças entre os vocabulários utilizados em cada um destes. Para resolver esta situação desenvolvem um algoritmo que traduz termos funcionais da designada base funcional para palavras-chave biológicas.

A base funcional é identificada como uma representação normalizada das funcionalidades encontradas na engenharia, e traduzindo estas através do algoritmo permite a criação de um léxico que pode ser facilmente utilizado pelos engenheiros na procura de analogias relevantes.

O algoritmo de obtenção destas palavras-chave é complexo e auxiliado por um programa computacional. Uma síntese deste processo de tradução é apresentada de forma a permitir uma melhor compreensão:

1. Identificação das palavras funcionais originais que descrevem o problema da engenharia bem como palavras aparentadas (sinónimos, etc.) obtidas através de uma base de dados léxicos. Estas são utilizadas na pesquisa de fenómenos biológicos no livro introdutório à biologia. As palavras-chave encontram-se frequentemente nas descrições destes;
2. Os resultados obtidos são então examinados individualmente de forma a remover qualquer correspondência desadequada ao objetivo;
3. Excertos das correspondências relevantes são guardados e sujeitos a uma análise de frequência de forma a verificar a frequência de cada palavra presente nos excertos, o que permite a identificação das palavras mais frequentes;
4. Depois de identificados é utilizado um programa computacional para determinar a frequência de cada verbo relacional num dicionário biológico. Os termos que ocorrem menos frequentemente são considerados de forma mais cuidada pois tendem a ser mais específicos que termos bastante frequentes que tendem a ser demasiado gerais;
5. Após a obtenção de inúmeros termos é utilizado um método que seleciona os que podem ser considerados como palavras-chave no âmbito biológico através do reconhecimento de quatro relações semânticas possíveis entre estes e as palavras funcionais originais:
 - *Par de sinónimos*, quando um certo fenómeno é explicado primeiro por um verbo mais comum e de seguida por uma palavra-chave biológica;
 - *Par de sinónimos implícito*, quando ocorre a situação mencionada no ponto acima mas em frases separadas o que torna a relação menos óbvia;

- *Modo biológico específico*, quando uma palavra significativa denota uma forma biológica particular de realizar a mesma ação que a inerente à palavra funcional original;
 - *Relação causal*, quando uma ação é executada de forma a permitir a realização de outra.
6. Para cada grupo de palavra funcional original e palavras aparentadas são identificadas as palavras-chave biológicas obtidas e organizadas de forma decrescente em percentagem de colocação (% de correspondências que contêm em simultâneo a palavra-chave biológica e as palavras originais ou aparentadas). Para percentagens de colocação altas resultam menos fenómenos biológicos do que em casos de percentagens de colocação reduzidos, mas mais específicos e possivelmente mais relevantes. Para palavras-chave com percentagens de colocação reduzidas mas um grande número de correspondências os autores sugerem a utilização em conjunto da palavra-chave biológica e da palavra funcional original de forma a reduzir o número de correspondências e a aumentar a relevância dos fenómenos obtidos.

5.6.3 Transferência efetiva das analogias

No seguimento do trabalho efetuado com o objetivo de facilitar a correta identificação de analogias relevantes, Cheong e Shu (2009) abordam o passo seguinte, ou seja, a transferência efetiva da analogia a partir da descrição do fenómeno biológico relevante identificado. Ao explorar esta questão os autores deparam-se com um conjunto de dificuldades que comprometem a correta compreensão dos fenómenos biológicos identificados através das respetivas descrições e consequentemente o sucesso da transferência da analogia.

Particular importância é dada à presença de relações causais nas descrições biológicas que quando identificadas e bem compreendidas permitem estabelecer analogias inter-domínios, frequentemente irreconhecíveis pois não apresentam nenhuma semelhança ao nível perceptual. São estas analogias que permitem o desenvolvimento de soluções mais criativas pois são caracterizadas por semelhanças mais profundas ao nível da funcionalidade.

Com o objetivo de permitir um melhor reconhecimento das relações causais presentes nas descrições biológicas identificadas e consequentemente uma correta aplicação das analogias, os autores elaboram o seguinte modelo (*template*) que permite reformular as descrições biológicas de forma a evidenciar as relações causais implícitas:

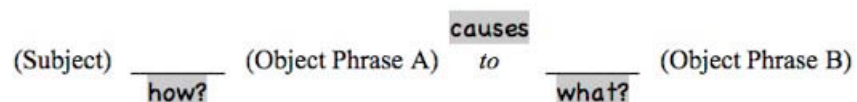


Figura 13 – Modelo de reformulação de descrições biológicas (Cheong & Shu, 2009)

Utilizando esta reformulação da descrição biológica os investigadores conseguem identificar com maior facilidade os elementos funcionais mais relevantes dos fenómenos biológicos

respetivos, desprezando funções ou objetos menos pertinentes e assim reduzindo as probabilidades de estabelecer falsas analogias.

5.6.4 Método analógico composto

A última metodologia a mencionar foi desenvolvida por Vattam *et al.* (2007) que afirmam que os modelos de design devem ser ajustados à complexidade do conceito de biomimetismo e aos designs inspirados no mundo natural com o objetivo de serem capazes de estabelecer soluções compostas, as únicas com potencial para resolver problemas complexos. Os autores desenvolvem este método com base na interação de dois importantes processos: a transferência de analogias e a decomposição de problemas.

Solução composta é então o objetivo deste método e é identificada como a solução geral do problema, obtida através da combinação de soluções respetivas às diferentes partes do problema ou sub-problemas que são desenvolvidas com base em analogias com outros domínios, neste caso analogias com o mundo biológico.

Os autores apontam que a maioria das metodologias desenvolvidas com base em analogias procura uma única analogia adequada ao problema alvo considerado. Assim que identificam essa analogia, modificam-na e adaptam-na para gerar uma solução ao problema. A este género de metodologia designam de *one-shot analogical design* e defendem que não é uma estratégia adequada para enfrentar problemas complexos e desenvolver designs compostos. Afirmam que são necessárias múltiplas fontes de conhecimento para conseguir resolver as diferentes partes que constituem um problema complexo e sugerem uma interação entre método analógico e o método da decomposição de problemas para enfrentar estes problemas mais desafiantes.

A decomposição dos problemas é considerada um processo difícil que por vezes pode levantar várias complicações de integração de soluções devido a uma incorreta decomposição do problema alvo ou até mesmo devido à propagação de restrições pelos vários sub-problemas. Uma forma interessante que os autores sugerem para resolver esta questão é novamente através da utilização de analogias, neste caso particular de analogias que permitam uma correta decomposição do problema. Assim as analogias são utilizadas não só para alcançar as funções desejadas em cada sub-problema mas também, através de um conhecimento aprofundado destas, para estabelecer uma correta decomposição do problema em sub-problemas.

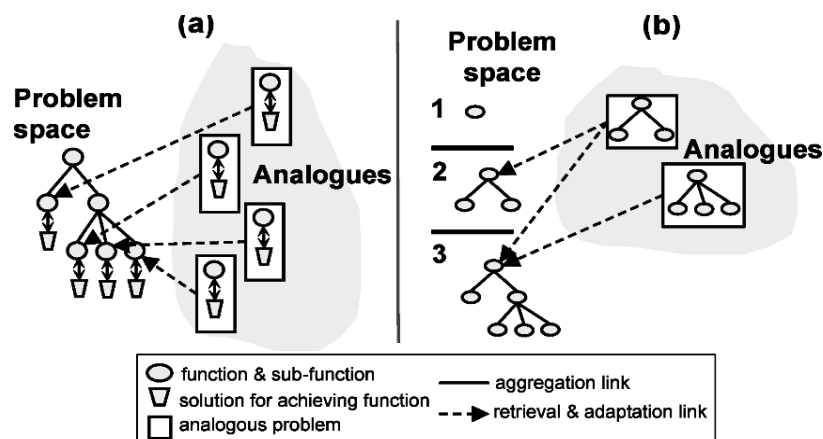


Figura 14 – Metodologia de aplicação composta: caso simples (a) e caso complexo (b) (Vattam *et al.*, 2007)

Esta metodologia é caracterizada por uma decomposição do problema realizada de uma forma dinâmica e incremental, intercalada com o processo de analogias, sendo a interação oportunista entre estes dois processos distintos a chave do sucesso deste método. Devido ao carácter composto permite obter soluções inovadoras que aumentam a eficiência e o potencial do biomimetismo na resolução de problemas complexos da engenharia.

5.7 Desafios e dificuldades inerentes ao Biomimetismo

As dificuldades inerentes à aplicação do biomimetismo são identificadas à medida que se aprofunda o conhecimento neste conceito e se desenvolvem metodologias que visam a sua aplicação. Estas dificuldades são frequentes aquando do estabelecimento de novos conceitos e é a sua resolução que permite o seu aperfeiçoamento e melhores desempenhos. Várias são as metodologias que se desenvolveram em redor do biomimetismo mas todas partilham certas características como a complexidade e a presença de várias etapas ou processos. Importa assim evidenciar as principais dificuldades relativas à sua aplicação para permitir posteriormente um correto desenvolvimento da metodologia a utilizar e uma aplicação bem sucedida da mesma.

5.7.1 Pesquisa de fenómenos biológicos relevantes

O biomimetismo é de forma sintética um método de obter inspiração a partir da Natureza para desenvolver soluções inovadoras e eficazes para problemas no mundo da engenharia. Como tal, o sucesso da sua aplicação encontra-se intrinsecamente relacionado com a pesquisa e identificação de fenómenos biológicos relevantes para o problema em causa e para as várias funções pretendidas que o compõem.

Nagel e Stone (2011) no seu estudo apontam que devido à grande distância existente entre a biologia e a engenharia, designada por *desfiladeiro*, o biomimetismo permanece como um método com enorme potencial mas cujos resultados continuam a ser constatados como exóticos e inalcançáveis. Esta distância entre mundos de conhecimento distintos levanta obstáculos na utilização do biomimetismo pois exige da parte do investigador maior esforço

cognitivo e mais tempo para compreender corretamente os fenômenos biológicos e os seus mecanismos.

A pesquisa por fenômenos biológicos encontra-se assim debilitada devido a esta distância e devido às limitações causadas pela falta de habilitações necessárias por parte dos investigadores, neste caso o reduzido nível de conhecimento acerca do mundo biológico. Quando confrontados com esta necessidade de pesquisar fenômenos pertinentes estes investigadores realizam pesquisas sob um grupo de soluções conhecido e restrito. Este espaço de busca limitado impossibilita o reconhecimento de inúmeras potenciais soluções tornando a pesquisa infrutífera e pouco variada.

Este nível de capacidade e *background* dos investigadores não permite a identificação das designadas analogias distantes. No seu estudo Wilson *et al.* (2009) apontam que estas constituem a principal força motriz do pensamento criativo e proporcionam o aumento da inovação e do número de soluções distintas. No entanto são caracterizadas por serem difíceis de captar pois os fenômenos que as constituem não partilham semelhanças superficiais mas sim mais profundas.

Para permitir a identificação de analogias distantes ou analogias relevantes Vakili e Shu (2001) apontam que uma das estratégias essenciais é aquando da pesquisa de fenômenos biológicos considerar com maior pertinência a funcionalidade e não a questão do fluxo. Os engenheiros estabelecem habitualmente as questões quantitativas como os principais aspetos a ter em conta quando no cerne dos grandes desafios enfrentados nesta área encontram-se questões de funcionalidade. Ora a Natureza é uma fonte sábia e vasta de como alcançar diferentes funcionalidades com fluxos relativamente reduzidos. Assim importa considerar a funcionalidade pretendida à resolução do problema e deste modo pesquisar os fenômenos no domínio da biologia com base nas funcionalidades que conseguem desempenhar. Pesquisando com base nos fluxos poderiam escapar várias analogias relevantes pois os fluxos dos sistemas humanos e os fluxos dos sistemas naturais possuem normalmente a disparidade de várias ordens de grandeza.

A funcionalidade denota com base nestas afirmações e desenvolvimentos uma importância fundamental para garantir uma redução da distância entre domínio biológico e engenharia. A funcionalidade pode assim ser considerada como a *ponte* que liga estes dois grandes domínios separados por um *desfiladeiro* desencorajador.



Figura 15 – Ilustração do desfiladeiro existente entre domínio da engenharia e biologia (Foto de base respetiva a White Bridge Canyon, Lake Powell, Utah)

Para além da consideração das funcionalidades aquando da pesquisa, Vakili e Shu (2001) apontam uma segunda estratégia importante relacionada com as funcionalidades. Afirmam que é necessário antes de dar início à pesquisa auferir as principais funções que o sistema visado na engenharia tem de desempenhar utilizando um certo grau de abstração. Desta forma ficam claramente estabelecidas as diferentes funcionalidades que devem ser alcançadas, o que permite uma identificação de fenómenos biológicos adequados para possíveis analogias.

Outro importante desafio desta etapa de pesquisa é a seleção da fonte inicial de conhecimento biológico. Importa mencionar novamente Vakili e Shu (2001) pois no seu estudo identificam esta seleção como parte inicial do seu método e afirmam que uma seleção adequada é crucial para todo o processo de pesquisa e consequentemente para o sucesso da aplicação do biomimetismo.

Esta fonte de conhecimento pode ser distinguida em dois tipos distintos:

- Pesquisa em bases de dados biomiméticos;
- Pesquisa em formato natural (livros, artigos, etc.).

Ambos os tipos de fonte de conhecimento possuem as suas vantagens e desvantagens. A primeira é realizada através de bases de dados biomiméticos, ou seja, bases de dados pesquisáveis que contêm uma variedade de fenómenos biológicos e produtos biomiméticos. Os dados encontram-se organizados por design e funções no âmbito da engenharia. Exemplo deste género de base de dados é a *Ask Nature* (The Biomimicry 3.8 Institute). No entanto são várias as críticas relacionadas com a utilização deste tipo de fonte de conhecimento, entre as quais destacam-se Kaiser *et al.* (2012) que apontam como problemas o facto da informação contida nestas bases ser subjetiva, visto que é inserida manualmente estando desta forma sujeita à interpretação, errada ou não, de fenómenos biológicos por parte de terceiros. Shu (2006) em "*Using biological analogies*" partilha desta opinião e evidencia o risco de se obter informação tendenciosa.

A pesquisa em formato natural aparenta reunir um maior consenso. Neste caso revelam-se dois principais desafios a superar. O primeiro encontra-se relacionado com a seleção da fonte de conhecimento inicial. Esta fonte não deve ser demasiado específica de forma a não limitar a pesquisa e para permitir uma melhor compreensão aos investigadores sem *background* em biologia. Após a identificação dos fenómenos biológicos pertinentes importa selecionar outra fonte de conhecimento, neste caso mais específica, onde se possa compreender de forma mais aprofundada o funcionamento dos mecanismos envolvidos. O segundo desafio encontra-se relacionado com a diferença significativa entre o vocabulário biológico e o vocabulário utilizado na engenharia. Este problema tem sido enfrentado através de metodologias que visam traduzir os termos da base funcional da engenharia para palavras com significado biológico, tal como na metodologia desenvolvida por Cheong *et al.* (2011) explorada anteriormente.

5.7.2 Desenvolvimento correto de analogias

Após a identificação de fenómenos biológicos pertinentes à resolução dos problemas em causa importa reconhecer as principais dificuldades a enfrentar quando é pretendido aplicar o conhecimento biológico reunido durante a pesquisa na elaboração de analogias eficazes que possibilitem a criação de soluções inovadoras e bem sucedidas.

Um dos principais desafios numa correta utilização da informação reunida prende-se com o estabelecimento de um equilíbrio delicado entre dois fatores predominantes e opostos, a fixação e a abstração. Assim que se é exposto a fenómenos ou exemplos desenvolve-se uma fixação no design destes, que reduz a criatividade das soluções resultantes dessa analogia, e simultaneamente uma estimulação cognitiva, que possibilita a formação de novas ideias. Wilson *et al.* (2009) apontam no seu estudo que quanto mais distantes forem os domínios em causa, quanto mais distantes as analogias, a transferência da analogia decorre com maiores níveis de abstração. Este facto permite uma observação nítida dos fenómenos biológicos e a correta identificação das funcionalidades alcançadas e os mecanismos envolvidos, com o desprezo das características pouco relevantes que por vezes induzem o estabelecimento de analogias erradas com base em semelhanças superficiais.

Assim a abstração reduz os efeitos da fixação, que se encontra inerente à formação de analogias, aumentando o espaço de design e promovendo maior estimulação cognitiva. A abstração é desta forma um elemento imprescindível à formação e aplicação de analogias.

Outro fator importante é evidenciado por Cheong e Shu (2009) que apontam a pertinência da presença de relações causais nas descrições biológicas selecionadas e identificam uma série de dificuldades frequentes no processo de formação de analogias viáveis, das quais se realçam as seguintes:

Reconhecimento de relações causais na descrição dos fenómenos biológicos: os autores constataam que a presença de relações causais facilmente reconhecidas nas descrições biológicas possui um papel preponderante na elaboração de analogias corretas. Quanto mais complexas as descrições, maior a dificuldade dos participantes em reconhecer as relações causais e menos sucesso têm na formação de soluções análogas corretas. Os autores apontam a existência de uma relação inversa entre a percentagem de soluções análogas corretas e o número de verbos presentes na descrição do fenómeno selecionado;

Transferência da Sequência presente na descrição biológica: através dos resultados apurados neste estudo verifica-se que a sequência de ações apresentada na descrição biológica também influencia significativamente a analogia e solução resultante. É constatado que as descrições biológicas e as soluções criadas a partir destas partilham habitualmente a mesma sequência;

Fixação em algumas palavras particulares: por fim importa mencionar a tendência observada na fixação de certas palavras nas descrições dos fenómenos biológicos. Estas palavras têm a

capacidade de alterar o processo de desenvolvimento de analogias, desviando-as para direções improváveis e incorretas.

Outro importante contributo relativamente ao desenvolvimento de analogias é apresentado por Ueda *et al.* (2011) onde são estabelecidos quatro tipos de semelhança distintos observados entre as descrições dos fenómenos biológicos e os conceitos finais desenvolvidos com base nestas:

Implementação Literal: a implementação literal baseia-se na utilização de organismos biológicos na resolução do problema proposto, não de forma abstrata através da aplicação de certos princípios ou mecanismos característicos destes mas sim diretamente com a mesma estratégia que utilizam no mundo biológico;

Transferência Biológica: a transferência biológica implica a transferência de organismos biológicos para o domínio do problema sem a utilização da estratégia que apresentam no domínio biológico, sendo aplicados apesar de não serem relevantes para o problema.

Anomalia: as anomalias não envolvem mecanismos nem os próprios organismos biológicos, são conceitos mal sucedidos desenvolvidos a partir de uma incorreta compreensão dos fenómenos biológicos ou de uma fixação em certas palavras presentes nas descrições destes fenómenos;

Analogia: uma analogia correta é identificada como uma solução que aplica os mecanismos e processos pertinentes identificados no fenómeno biológico na resolução do problema em causa, sem a direta utilização dos organismos biológicos e através de um nível apropriado de abstração. É desta semelhança, a correta analogia, que depende o sucesso da aplicação do biomimetismo.

Capítulo 6 – Metodologia conceptual desenvolvida

Neste capítulo é apresentada a metodologia conceptual desenvolvida para o biomimetismo que será aplicada posteriormente a problemas mais específicos identificados nos eco-bairros com o objetivo de demonstrar o seu potencial no desenvolvimento de soluções biomiméticas inovadoras e demonstrar o contributo do biomimetismo na resolução deste tipo de problemas.

6.1 Objetivos

Através desta metodologia pretende-se conferir ao biomimetismo uma certa acessibilidade ao seu processo, permitindo através de uma série de passos uma correta utilização de todo o seu potencial na resolução de problemas técnicos relacionados com a engenharia. Os passos identificados e definidos de seguida visam facilitar o processo de pesquisa de fenómenos biológicos relevantes para o problema em causa, permitir uma correta compreensão dos mesmos e o estabelecimento de analogias inovadoras que inspirem novas soluções bem sucedidas.

6.2 Sequência de aplicação

Neste subcapítulo são apresentados os passos constituintes da metodologia desenvolvida, apontando os vários aspetos a serem considerados e as melhores práticas de forma a garantir o sucesso da aplicação da metodologia.

1. Definição do problema em estudo

A definição do problema deve ser considerada com a importância devida, isto porque toda a potencial resolução depende deste primeiro passo e da forma como é realizado. Por vezes os problemas são mal compreendidos ou simplesmente definidos de modo demasiado simples, o que conseqüentemente origina soluções desadequadas e ineficazes. Assim, uma correta definição do problema depende de uma boa compreensão do mesmo, utilizando um certo nível de abstração para identificar as várias funcionalidades pretendidas e as condições em jogo.

2. Decomposição do problema em sub-problemas

A decomposição de problemas é um método bastante utilizado que permite compreender de forma mais detalhada o problema e proceder a uma simplificação adequada do mesmo através da sua separação em problemas de menores dimensões, designados de sub-problemas, que possuem anexados a si funcionalidades mais específicas.

Estes sub-problemas permitem uma identificação mais precisa das funcionalidades pretendidas e facilitam o estabelecimento de analogias adequadas, sendo um passo essencial na busca por soluções compostas que se crê neste estudo serem as mais adequadas para o biomimetismo.

3. Identificação das funcionalidades pretendidas respetivas a cada sub-problema criado

Para cada sub-problema identificado é necessário identificar as funcionalidades a alcançar. Um problema não é mais do que uma situação específica indesejada cuja solução passa pela

realização de uma ou várias funções sob um certo conjunto de condições impostas ou limitações existentes e de acordo com certas particularidades. Assim, é de extrema importância para alcançar soluções viáveis a identificação dos pontos presentes na seguinte tabela:

Tabela 2 – Exemplificação do resultado esperado do passo 3.

Problema:			
Sub-problemas		(...)	
Funcionalidades		(...)	
Modus operandi na Engenharia		(...)	
Condições a satisfazer		(...)	
Limites ou particularidades		(...)	

4. Identificação das palavras funcionais pertinentes a cada funcionalidade

As palavras funcionais são palavras da designada base funcional da engenharia que visa uma representação normalizada das funcionalidades pretendidas na engenharia através dos seus sistemas e produtos. Tendo em conta as funcionalidades pretendidas identificadas no passo anterior importa neste passo traduzi-las em palavras presentes nesta base funcional.

Um artigo importante a considerar é o “*A Functional Basis for Engineering Design: Reconciling and Evolving Previous Efforts*” desenvolvido por Hirtz *et al.* (2002), onde é apresentada a base funcional com as várias palavras funcionais pertinentes na engenharia. É com base nesta que Cheong *et al.* (2011) desenvolvem a tradução das palavras funcionais em palavras-chave biológicas. Importa mencionar que a busca será realizada através de termos no idioma inglês de forma a facilitar todo o processo de identificação de fontes, identificação das palavras funcionais e a tradução em palavras-chave biológicas.

5. Tradução das palavras funcionais em palavras-chave biológicas e identificação de outras palavras-chave biológicas

Neste passo procede-se à identificação das palavras-chave biológicas. Estas palavras-chave biológicas são palavras que facilitam a pesquisa de fenómenos relevantes no mundo biológico pois representam as funcionalidades pretendidas no domínio da engenharia segundo o léxico característico do estudo da biologia. Deste modo aumentam-se as probabilidades de encontrar fenómenos biológicos com funcionalidades semelhantes às pretendidas para resolver o problema enfrentado na engenharia, facilitando o processo de estabelecimento de analogias.

Nesta metodologia a tradução dar-se-á através do contributo de Cheong *et al.* (2011) que elaboraram uma tabela onde apresentam a tradução de cada palavra funcional da engenharia em palavras-chave biológicas. Para cada uma das palavras funcionais estabelecem, através de uma metodologia já apresentada anteriormente (ver Capítulo 5), uma série de palavras

oriundas do léxico biológico que melhor representam as funcionalidades pretendidas no domínio biológico.

A cada uma destas palavras-chave encontram-se anexados dois parâmetros, a percentagem de colocação e o número de correspondências total. A percentagem de colocação é o parâmetro mais importante que representa a percentagem de correspondências que contêm em simultâneo a palavra-chave e as palavras funcionais, o que pode denunciar maior número de relações causais nas descrições biológicas. Os autores sugerem a seguinte relação:

- Elevada % colocação – pesquisa segundo palavras-chave que resultam em menos fenómenos biológicos identificados, mas mais específicos e possivelmente mais relevantes para o estabelecimento de analogias. Palavras-chave com maior potencial;
- Reduzida % colocação e elevado número de correspondências – pesquisa segundo palavras-chave que resultam em elevados números de fenómenos biológicos identificados com relevâncias reduzidas.

As restantes palavras-chave biológicas que importa identificar, se possível, podem ser por exemplo sinónimos das palavras-chave biológicas traduzidas ou simplesmente termos pertinentes às funcionalidades a alcançar que devido ao seu significado e utilização simultânea no domínio biológico e na engenharia podem facilitar o processo de identificação de fenómenos biológicos, permitindo por exemplo o estabelecimento de uma direcção adequada à pesquisa.

Tabela 3 – Exemplificação do resultado esperado do passo 5.

Sub-problema:			
Funcionalidade:			
Palavras funcionais		(...)	
Palavras-chave Biológicas traduzidas (% colocação; n.º correspondências)		(...)	

6. Escolha da fonte inicial de informação biológica

A escolha da fonte inicial de informação biológica encontra-se relacionada com dois parâmetros incontornáveis, a especificidade do conhecimento pretendido e as habilitações necessárias à sua compreensão. Inicialmente pretende-se uma fonte não muito específica, que abranja vários níveis organizacionais do mundo biológico permitindo uma maior variedade de fenómenos biológicos seleccionados, e não demasiado avançada e complexa para permitir uma fácil compreensão a investigadores sem um *background* avançado em biologia, onde se enquadram os engenheiros.

Nesta metodologia será utilizado conhecimento em formato natural devido às vantagens inerentes a este, e a seleção recairá mais especificamente em livros introdutórios a cursos superiores de biologia como por exemplo “*Life The Science of Biology*” (Sadava *et al.*, 2011).

7. Definição da *ponte* adequada que permita a pesquisa

Neste passo é definida a *ponte* que permitirá a pesquisa de conhecimento biológico pertinente à resolução do problema, ou seja, um modo de aceder ao mundo biológico de forma eficaz e rápida que permita a obtenção de conhecimento suficiente para inspirar novas soluções através das palavras-chave biológicas identificadas anteriormente. A *ponte* nesta metodologia será a pesquisa informática das fontes de informação biológica apenas possível devido à disponibilidade destas em formato *PDF*.

Utilizando os livros e textos selecionados neste formato específico é possível proceder a pesquisas pelas palavras-chave biológicas de forma mais completa e rápida que cobrem a totalidade destes através de um modo de busca prático. Esta *ponte* permite assim analisar por completo e rapidamente as fontes de informação em busca de fenómenos relevantes, o que manualmente demoraria bastante tempo.

8. Identificação de fenómenos biológicos relevantes para cada sub-problema e para as funcionalidades respetivas

Usando o modo de pesquisa referido anteriormente vão sendo identificadas várias descrições de fenómenos biológicos onde se encontram presentes as palavras-chave biológicas definidas. À medida que são identificadas importa verificar a sua relevância para o problema e funcionalidades pretendidas, e consoante esta guardar as descrições ou desprezá-las.

A relevância de um certo fenómeno biológico para o problema pode ser considerado algo subjetiva pois depende do ponto de vista e das capacidades do investigador, no entanto importa salientar novamente a importância das funcionalidades. Caso o pesquisador considere que num fenómeno biológico em particular são alcançadas as funcionalidades ambicionadas sob as condições definidas anteriormente e que este fenómeno apresenta mecanismos e processos com potencial para se estabelecer analogias que inspirem novas soluções, então a opção correta será guardar o fenómeno para posteriormente analisar com maior cuidado e detalhe.

No caso de o pesquisador não ser capaz de compreender corretamente a descrição biológica do fenómeno, sugere-se a utilização de um modelo de reformulação da descrição adaptado do modelo apresentado na metodologia desenvolvida por Cheong e Shu (2009). Através deste o pesquisador conseguirá identificar mais facilmente as relações causais e os mecanismos importantes que caracterizam um certo fenómeno biológico identificado e assim caracterizá-lo ou não como relevante.

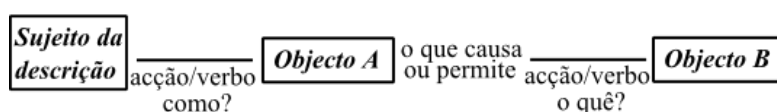


Figura 16 – Modelo de reformulação de descrições biológicas (adaptado de Cheong e Shu 2009)

Tabela 4 – Exemplificação do resultado esperado do passo 8.

Funcionalidade:	
Palavra-chave Biológica	
Fenómeno Biológico	
Descrição Biológica (inglês)	
Diagramas ou Imagens relevantes	

9. Pesquisa de informação mais detalhada em fontes mais avançadas e específicas se necessário

Não sendo imprescindível importa considerar este passo na eventualidade de ser necessária informação mais detalhada em fontes mais avançadas e específicas caso a informação até agora recolhida possua potencial mas não permita compreender o funcionamento dos mecanismos relevantes para o estabelecimento de uma analogia bem sucedida.

Se deparado com esta necessidade por informação mais avançada importa realizar pesquisas mais específicas em redor do fenómeno biológico identificado. Para tal as fontes de informação iniciais deixam de ser as mais indicadas devido ao conteúdo mais geral e passam a ser necessárias fontes mais complexas entre as quais destacam-se livros e artigos científicos mais precisos. Apesar da alteração da fonte de informação a *ponte* permanece a mesma, ou seja, estas novas fontes devem se encontrar em formato *PDF* para permitir buscas em modo informático.

Como referido no subcapítulo das dificuldades inerentes ao biomimetismo (ver Capítulo 5), fontes de informação mais avançadas exigem um maior esforço cognitivo por parte dos pesquisadores e evidenciam uma clara necessidade de um historial em biologia para a compreensão do conhecimento apresentado. Na sua metodologia Vakili e Shu (2001) apontam que uma correta compreensão dos fenómenos biológicos apresentados nestas fontes passa pela consideração dos diagramas e imagens anexados às descrições, pois são formatos mais sintéticos que visam facilitar a compreensão por parte dos leitores.

Caso necessário é sugerida a utilização do modelo apresentado no passo anterior (Figura 16) de forma a facilitar a correta compreensão das descrições biológicas identificadas nestas fontes avançadas.

10. Utilização do conhecimento reunido no estabelecimento de analogias que inspirem novas soluções e/ou decomposições eficazes

Após reunir a informação e conhecimentos necessários para compreender corretamente os fenómenos biológicos considerados como pertinentes, importa utilizar estes adequadamente para estabelecer analogias que possibilitem a criação de soluções inovadoras e eficazes para o problema ou sub-problemas considerados.

A analogia é a base de uma aplicação bem sucedida do biomimetismo e implica o estabelecimento de uma solução inspirada nos mecanismos e processos identificados nos fenómenos biológicos pertinentes. É um método que não necessita de uma compreensão exaustiva dos fenómenos biológicos e mecanismos inerentes, mas sim de uma compreensão adequada e correta pois o objetivo não é realizar uma cópia exata do fenómeno, nem utilizar diretamente o fenómeno biológico, mas sim reunir inspiração para criar novas soluções que possibilitem o alcance das funcionalidades pretendidas (Ueda *et al.*, 2011).

Estas analogias estabelecidas entre domínio biológico e engenharia através das funcionalidades pretendidas e com base em fenómenos biológicos relevantes permitem a criação de novas soluções no domínio da engenharia, o que representa a aplicação do conceito de biomimetismo.

A metodologia deve ser seguida para todos os sub-problemas formados e respetivas funcionalidades desejadas para os resolver. Após o alcance de novas soluções através das analogias estabelecidas para as várias funcionalidades requeridas é necessário proceder à integração destas da forma mais conveniente e eficaz possível. É esta integração de soluções para cada sub-problema ou para cada funcionalidade que constitui no final do processo a solução geral ou composta pretendida para o problema complexo enfrentado.

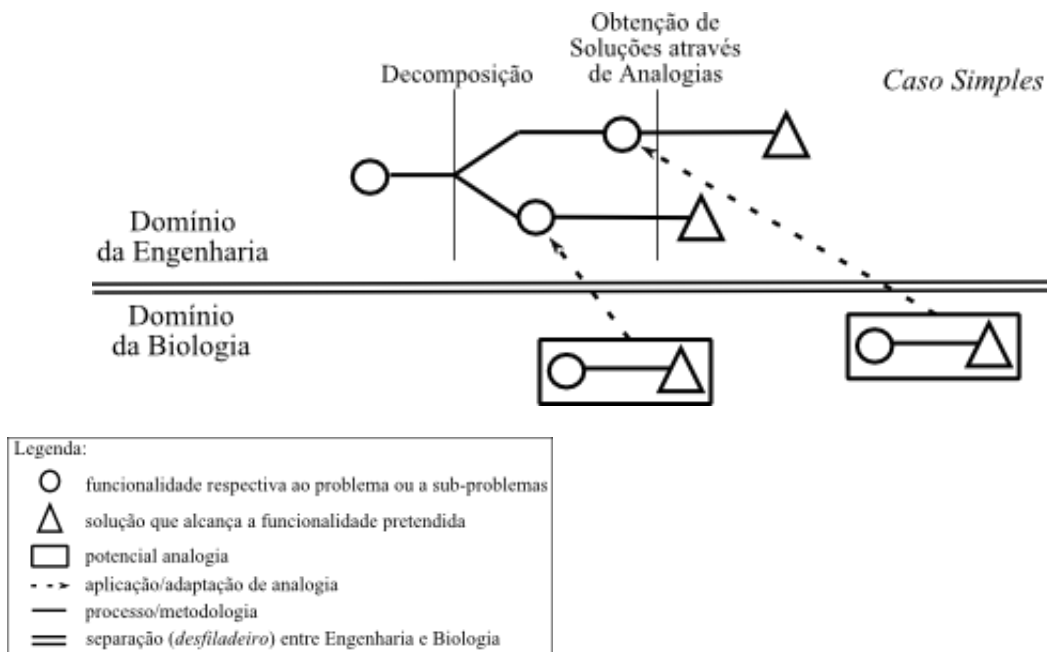


Figura 17 – Aplicação da metodologia desenvolvida em um caso simples (adaptado de Vattam *et al.*, 2007)

Através destes fenómenos biológicos também é possível estabelecer analogias que permitam uma melhor decomposição do problema original em sub-problemas ou a própria decomposição dos sub-problemas. Vários sistemas naturais visando a resolução de problemas decompõem-nos em diferentes sub-problemas mais simples, caracterizados por diferentes funcionalidades a alcançar. Utilizando estes casos e estabelecendo analogias entre estes e os problemas ou sub-

problemas encontrados no domínio da engenharia é possível estabelecer novas formas de decomposição mais eficazes e que evitem certas dificuldades ou limitações.

Existem assim duas formas de proceder caso sejam identificadas analogias que permitam decomposições mais adequadas e eficazes, consoante sejam aplicadas ao problema original ou a sub-problemas já estabelecidos:

- Caso seja identificada uma analogia que permita uma melhor decomposição do problema original em sub-problemas deve-se regressar ao passo 2. e proceder a essa nova decomposição;
- Caso seja identificada uma analogia que permita a decomposição oportuna de um certo sub-problema já estabelecido esta deve ser aplicada, utilizando para tal a metodologia a partir do passo 2., criando um processo em paralelo cuja decomposição incide sobre este sub-problema específico.

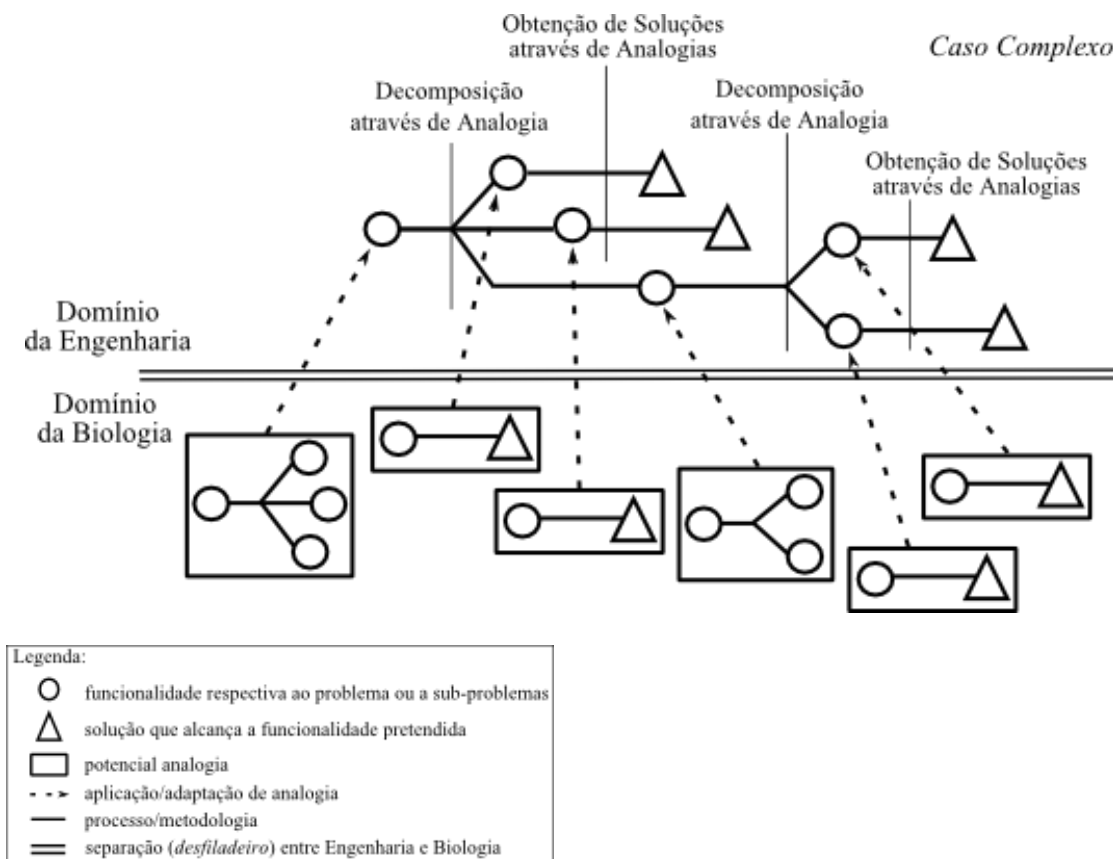


Figura 18 – Aplicação da metodologia desenvolvida em um caso complexo (adaptado de Vattam et al., 2007)

Importa referir que o sucesso da aplicação do biomimetismo depende assim da eficácia desta metodologia e da superação dos desafios e dificuldades que esta venha a enfrentar, bem como da capacidade criativa do investigador e do uso que este dá ao conhecimento reunido a partir do mundo biológico e estabelecido sob a forma de analogias.

Capítulo 7 – Aplicação do Biomimetismo aos Eco-bairros

Neste capítulo procede-se à aplicação do conceito de biomimetismo aos eco-bairros com o objetivo de explorar e demonstrar o potencial contributo deste para a melhoria dos projetos de eco-bairro através da resolução de problemas e desafios pertinentes que impedem melhores desempenhos e a sua difusão como prática comum.

Durante a exploração dos eco-bairros foram evidenciadas, através da exploração de diversos projetos existentes, de críticas realizadas e do seu metabolismo urbano, as principais vantagens e desvantagens inerentes a esta vertente do urbanismo, bem como os problemas que devem ser considerados e resolvidos em prol de um conceito mais completo.

Para facilitar a aplicação do biomimetismo e a melhoria do conceito de eco-bairro este capítulo encontra-se dividido em duas partes distintas com base no estabelecimento de dois tipos de problemas identificados. Assim o capítulo divide-se nas seguintes partes:

- Aplicação do biomimetismo aos problemas mais gerais relacionados com os ideais e princípios dos eco-bairros;
- Aplicação do biomimetismo a problemas mais específicos e técnicos relacionados com desempenhos e eficiências da vertente técnica dos eco-bairros.

A primeira parte implica a aplicação do biomimetismo através dos seus principais ideais e princípios, ou seja, a aplicação dos princípios biomiméticos identificados no Capítulo 5, com o objetivo de melhorar o desenvolvimento dos eco-bairros, solucionando certos desafios cuja resolução não passa exclusivamente pela aplicação de tecnologias.

A segunda parte envolve a resolução de problemas mais específicos, envolvidos em questões mais técnicas diretamente relacionadas com os desempenhos alcançados pelas diversas tecnologias utilizadas nos eco-bairros. Estes problemas foram evidenciados através da exploração do metabolismo urbano típico dos eco-bairros e dos pares *input/output* que o constituem. A obtenção de inspiração para desenvolver soluções biomiméticas inovadoras que resolvam estes problemas passará pela aplicação da metodologia desenvolvida no capítulo anterior.

7.1 Aplicação de princípios biomiméticos aos problemas gerais dos eco-bairros

O biomimetismo possui inerente ao seu conceito um conjunto de princípios biomiméticos que se aplicados a outras áreas ou conceitos podem elevar o desempenho, a sustentabilidade e a eficácia desses.

O eco-bairro tem diferentes preocupações e objetivos distintos, mas pode ser resumido em um grande objetivo principal, uma mudança das práticas atuais no urbanismo para práticas mais responsáveis e eficientes. A superação deste desafio depende de mais fatores do que a

aplicação de tecnologias ambientais. A resolução deste problema complexo depende da aplicação de certos princípios e certas práticas que permitam transformar o eco-bairro numa abordagem mais completa, uma abordagem que possa ser utilizada como base para práticas futuras e que consequentemente promova um urbanismo de maior qualidade.

Os desafios evidenciados anteriormente em relação aos eco-bairros (ver Capítulo 4) e que se enquadram nesta categoria são por exemplo a inserção adequada do eco-bairro no restante tecido urbano que evite a produção de externalidades negativas e a redução dos custos sem prejudicar a qualidade de vida dos seus habitantes.

Estes problemas frequentemente enfrentados pelos eco-bairros não são resolvidos através apenas da aplicação de tecnologias. A sua resolução depende da aplicação de um conjunto de princípios que promovam e permitam a sua resolução. O biomimetismo possui os princípios necessários (ver Capítulo 5), ou seja, princípios capazes de resolver este género de problemas do eco-bairro e capazes de melhorar o seu desempenho e potencial. De seguida são explorados alguns destes problemas a título exemplificativo para demonstrar o possível contributo destes princípios.

7.1.1 Aplicação ao problema da inserção do eco-bairro no restante tecido urbano

O eco-bairro apesar de materializado em projetos relativamente pequenos possui repercussões em todas as áreas adjacentes. Tal efeito pode ser explicado de forma semelhante ao que Lerner (2003) aponta como acção sobre pontos efermes que produz efeitos positivos sobre as áreas próximas. Neste caso a acção é a implementação de um eco-bairro e os efeitos podem ser externalidades negativas ou positivas que se propagam pelo restante tecido urbano.

Com base no estudo realizado, a maior parte dos eco-bairros pode produzir externalidades negativas sobre as zonas em redor devido à sua incorrecta inserção no restante tecido urbano. Exemplo disto é a circulação proibida de viaturas no interior do eco-bairro que promove uma maior circulação nas zonas urbanas adjacentes e maiores níveis de poluição nestas. Assim o eco-bairro precisa de uma solução que lhe permita ser considerado parte integrante e funcional do meio urbano onde é inserido e não um invasor produtor de externalidades negativas.

Falta ao eco-bairro ligações com o restante meio urbano que lhe permitam uma inserção adequada, onde as externalidades negativas se existentes são corrigidas e atenuadas pela produção e difusão de externalidades positivas. Um eco-bairro é um bairro onde se vive com qualidade e se usufrui de muitas vantagens, no entanto estas não ultrapassam os limites do mesmo, ficando aprisionadas. Normalmente as zonas adjacentes não usufruem de nenhuma externalidade positiva, mas são os meios preferenciais para difundir as negativas.

Um dos princípios biomiméticos adequados à resolução deste problema e que pode ser aplicado ao conceito de eco-bairro é o princípio da interconectividade.

7.1.1.1 Interconetividade

Este princípio biomimético pode ser aplicado aos eco-bairros através, por exemplo, das duas seguintes formas que permitem uma melhor inserção no restante tecido urbano:

- *Comunicação com o exterior:*
São necessários meios de comunicação com o exterior, ou seja, com as zonas urbanas adjacentes, que permitam a divulgação das medidas e resultados obtidos pelos eco-bairros e uma troca de informação. Desta forma o eco-bairro pode modificar e adaptar certos processos e características de acordo com o *feedback* disponibilizado pelas zonas adjacentes. As eventuais externalidades negativas produzidas devem ser discutidas com o exterior de forma a conseguir inverter esta situação indesejável. A comunicação é um fator considerado nos eco-bairros, no entanto apenas no formato interno, o que apenas promove a imagem dos eco-bairros como *ilhas* de sustentabilidade;
- *Planeamento que permita uma difusão das vantagens pelas áreas urbanas adjacentes:*
O planeamento do eco-bairro é realizado de forma a permitir o máximo de vantagens e uma qualidade de vida exemplar aos seus habitantes. No entanto estas vantagens encontram-se restringidas ao bairro, o que impede a consolidação do conceito de eco-bairro como uma verdadeira mudança da prática atual do urbanismo, dando-lhe contornos pontuais e um certo nível de isolamento. As vantagens devem então ser difundidas através de medidas que partilhem as mais-valias do eco-bairro com o exterior.



Figura 19 – Inserção adequada do eco-bairro no restante tecido urbano (à esquerda) e difusão das vantagens pelas áreas urbanas adjacentes (à direita)

7.1.2 Aplicação ao problema de fortalecimento da vertente social

Um dos problemas mais realçados no urbanismo e nos eco-bairros é a negligência da vertente social. No desenvolvimento do conceito de eco-bairro foi evidenciada uma necessidade de fortalecimento da vertente social, pois o eco-bairro é apresentado como um bairro com fortes preocupações ambientais e sociais, que visa providenciar a melhor qualidade possível às pessoas através da satisfação das diversas necessidades destas e uma mistura social eficaz. No entanto poucos são os exemplos que consideram realmente esta vertente (Bonard &

Matthey, 2010). As preocupações sociais encontram-se como norma em segundo plano no desenvolvimento de um eco-bairro.

Rudolf (2007) afirma que os eco-bairros serão socialmente eficazes se capazes de formar sinergias entre os diferentes recursos e dotados de uma boa comunicação interna e externa.

A comunicação volta assim a ser uma necessidade. Neste caso é focada a importância da comunicação interna entre os vários *stakeholders* envolvidos no planeamento e funcionamento do eco-bairro, para o processo de adaptação do eco-bairro às necessidades dos seus habitantes. Através desta comunicação são expostos problemas e dificuldades que devem ser corrigidos no sentido de um melhor desempenho do eco-bairro. A formação de sinergias permite por sua vez o estabelecimento de mais-valias com base na utilização dos recursos humanos e não humanos.

Sendo que a comunicação já foi considerada pelo princípio biomimético da interconectividade, importa agora abordar a questão da formação de sinergias através, por exemplo, do princípio biomimético do estabelecimento de mutualismos.

7.1.2.1 Estabelecimento de mutualismos

O mutualismo é um princípio que se aplicado ao eco-bairro permite a formação de simbioses que tornarão este um conceito melhor, mais completo e mais eficiente. Este pode ser considerado por exemplo das seguintes formas:

- *Mutualismo entre várias empresas fornecedoras de serviços*

Este tipo de aplicação do princípio de mutualismo é bastante proveitoso para o eco-bairro e habitantes, bem como para as várias empresas intervenientes, para além de ser um passo essencial no alcance de um metabolismo circular. Exemplo deste género de aplicação é o já mencionado modelo de Hammarby. Este modelo de base biomimética apresenta uma simbiose entre as várias empresas fornecedoras de serviços que utilizam os recursos e resíduos produzidos umas das outras promovendo assim uma grande eficiência e um modelo próximo de um metabolismo circular. É este género de mutualismo que se pretende e que permite alcançar uma série de vantagens;

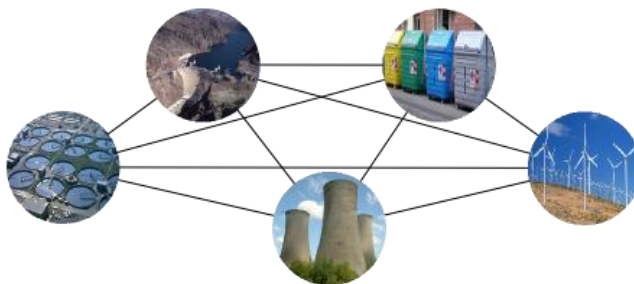


Figura 20 – Mutualismo entre empresas fornecedoras de serviços aos eco-bairros

- *Mutualismo entre eco-bairro e diferentes bairros adjacentes*

O mutualismo entre o eco-bairro e outros bairros adjacentes é essencial na correta inserção do mesmo como peça funcional da zona urbana. Esta relação positiva pode funcionar com base em partilha de informação, partilha de potencial humano ou até mesmo partilha de recursos. À medida que esta relação se desenvolve pode até ocorrer a expansão de medidas entre bairros. Imagine-se um sistema que utilize os resíduos produzidos como forma de obtenção de calor para aquecer as casas. Através de mutualismos formados poderão se desenvolver compromissos que permitam a reunião de resíduos nos vários bairros adjacentes, promovendo assim uma maior produção de calor e que permitiria uma partilha deste pelos vários bairros incluídos no acordo. Uma verdadeira difusão de mais-valias, tal como ocorre entre ecossistemas naturais.

7.1.3 Aplicação ao problema da redução de custos

Uma questão evidenciada na exploração dos eco-bairros foi o custo elevado. Os eco-bairros são projetos que com o objetivo de reunirem atenção e mediatismo em seu redor utilizam todas as novas tecnologias ambientais disponíveis no momento. Para além deste facto, normalmente implicam a utilização de terrenos vastos ou a renovação de terrenos baldios, frequentemente espaços industriais em desuso. Esta abordagem ainda hoje utilizada no desenvolvimento de eco-bairros envolve orçamentos elevados e custos reais ainda maiores.

Os países nórdicos, pontos primários de difusão destes conceitos, utilizaram os eco-bairros como vitrinas do país e como exemplos a seguir no urbanismo, e para tal utilizaram os grandes orçamentos disponibilizados a cada cidade e região para criar projetos imponentes, nutridos das tecnologias ambientais mais recentes. No Sul da Europa, bem como em outras partes do mundo, este tipo de orçamento é impraticável e insustentável.

Mas este custo elevado não é uma necessidade. Estudos do eco-bairro BedZED, por exemplo, comprovam que grande percentagem dos objetivos propostos seria alcançável com apenas 20% dos custos envolvidos (Energie Cités; ADEME, 2008). É assim necessário tornar o eco-bairro um conceito acessível e não um espetáculo de gastos luxuosos, pois isto impede o alcance de um dos principais objetivos, a sustentabilidade, e torna o eco-bairro uma abordagem pontual sem consequências no urbanismo.

Dois princípios biomiméticos podem ser considerados a título exemplificativo para a resolução deste problema, o princípio de funcionamento com base em ciclos de *feedback* e o princípio da proximidade e disponibilidade.

7.1.3.1 Funcionamento com base em ciclos de feedback

Os sistemas e organismos biológicos alcançam a continuidade através de funcionamentos com base em ciclos de *feedback* que permitem a reutilização de recursos e/ou resíduos. A aplicação pode-se processar por exemplo da seguinte forma:

- *Utilização dos resíduos produzidos*

Os eco-bairros são ecossistemas urbanos com uma produção de resíduos inferior à dos bairros normais, no entanto mantêm um nível de produção elevado. Estes resíduos são normalmente alvo de processos de reciclagem mas poucos são os casos de utilização eficiente dos mesmos com outros objetivos. Mas o que este princípio biomimético idealiza é que os resíduos devem ser tratados não como lixo mas sim como recursos e eficientemente utilizados. A utilização de resíduos como recursos é uma medida eficiente que poderá baixar os gastos de funcionamento do eco-bairro devido à redução do consumo de recursos naturais. Um exemplo do aproveitamento dos resíduos produzidos poderá ser a reintrodução de águas residuais no eco-bairro após tratamento ou processamento na forma de água a ser utilizada na irrigação ou na forma de energia que poderá ser obtida a partir de águas *negras* com elevada carga orgânica.

7.1.3.2 Proximidade e disponibilidade

O princípio da proximidade e disponibilidade possui um grande potencial e nos eco-bairros pode ser aplicado por exemplo do seguinte modo:

- *Adaptação aos recursos locais disponíveis*

Desta aplicação poderiam surgir os mecanismos que permitiriam ao eco-bairro utilizar da forma mais eficiente os recursos locais disponíveis. A estes encontram-se inerentes custos mais reduzidos em todo o processo desde a sua obtenção até à sua posterior utilização. Um eco-bairro cujas necessidades se encontrem adaptadas aos recursos mais abundantes na região onde se encontra inserido torna-o muito eficiente. Mercados e lojas onde se dá preferência ao comércio local e tradicional, construção que incorpore o máximo de materiais locais possível e aplicação de tecnologias que utilizem os recursos naturais mais abundantes são algumas das medidas possíveis que seguem este princípio. A utilização de painéis solares em locais de baixa incidência solar ou utilização de tecnologias eólicas em locais com velocidades de vento reduzidas são insustentáveis e apenas servem para providenciar uma imagem 'verde'.

7.2 Aplicação da metodologia a problemas mais específicos dos eco-bairros

Nesta segunda parte do capítulo será utilizada a metodologia desenvolvida no capítulo 6 para aplicar o biomimetismo ao conceito de eco-bairro e assim obter fenómenos biológicos que poderiam ser utilizados como analogias na criação de novas soluções. Pretende-se assim analisar a eficácia da metodologia estabelecida e demonstrar o potencial contributo do biomimetismo na melhoria dos desempenhos dos eco-bairros, nesta parte com especial foco na resolução de problemas técnicos mais específicos, normalmente relacionados com tecnologias e desempenhos ambientais.

No subcapítulo direcionado ao eco-bairro foram estabelecidos através do conceito de metabolismo urbano os principais ciclos a considerar no planeamento destes projetos urbanos (ver Capítulo 4). Desconstruindo este ecossistema urbano resultaram três partes fundamentais constituídas por pares *input/output* depois exploradas com maior detalhe: Água e Águas Residuais; Energia e Emissões; e Alimentos/Materiais e Resíduos Orgânicos/Inorgânicos. Através da exploração destas três partes fundamentais a qualquer ecossistema urbano foram evidenciados os principais desafios técnicos que o eco-bairro necessita resolver para alcançar melhores desempenhos.

Na presente dissertação foi selecionado apenas um destes desafios específicos a título exemplificativo pretendendo desta forma demonstrar a aplicabilidade da metodologia desenvolvida e a sua utilidade na identificação de potenciais analogias entre a biologia e a engenharia. Esta metodologia pode ser aplicada aos restantes desafios identificados sendo que essa aplicação está fora do âmbito do presente trabalho.

7.2.1 Aplicação ao problema da eficiência energética na climatização de habitações nos eco-bairros

Aquando da exploração dos eco-bairros tornou-se nítido o objetivo de alcançar uma elevada eficiência energética que possibilite consumos mais reduzidos de energia no eco-bairro com especial foco nas habitações. Um dos gastos mais significativos de energia nas habitações encontra-se relacionado com a climatização das habitações, seja através do aquecimento no Inverno ou através do arrefecimento no Verão.

7.2.1.1 Definição do problema

Uma correta definição do problema implica o seu estabelecimento claro através de uma frase simples onde se encontre presente o cerne do problema. Neste exemplo o problema será definido como: *Eficiência energética na climatização de habitações*. O problema é assim claro e permitirá um correto desenvolvimento da metodologia.

7.2.1.2 Decomposição do problema em sub-problemas

Um problema não é mais que uma situação indesejada cuja superação passa pelo alcance de um conjunto específico de funcionalidades sob um certo conjunto de condições. Para facilitar esta identificação das funcionalidades pretendidas é útil proceder à decomposição do problema em sub-problemas, cada um relacionado com uma funcionalidade específica.

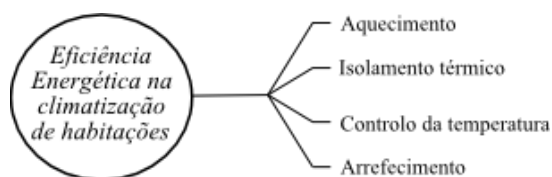


Figura 21 – Decomposição do problema definido e respetivos sub-problemas

7.2.1.3 Identificação das funcionalidades pretendidas respetivas a cada sub-problema criado

Para cada um dos sub-problemas, definidos anteriormente aquando da decomposição, importa agora estabelecer um conjunto de parâmetros pertinentes para a identificação de fenómenos biológicos relevantes, com especial foco na identificação da funcionalidade pretendida.

Tabela 5 – Resultado da aplicação do passo 3.

Problema: <i>Eficiência energética na climatização de habitações</i>				
Sub-problemas	Aquecimento	Isolamento térmico	Controlo da temperatura	Arrefecimento
Funcionalidades	Fornecimento de calor	Retenção de calor	Regulação	Extração de calor
<i>Modus operandi na engenharia</i>	Aquecedores elétricos; lareiras; aquecimento centralizado; ACs; termoventiladores.	Uso de material isolante nas paredes; janelas de vidro duplo; calafetação de portas e janelas.	Uso de termostatos incorporados no material elétrico.	Entradas de ar; ventiladores; ACs.
Condições a satisfazer	Pouco dispendioso; Baixa necessidade energética; Boa eficiência energética.	Pouco dispendioso; Adaptável à estrutura das habitações; Fácil aplicação; Durabilidade.	Regulável; Fácil controlo.	Pouco dispendioso; Baixa necessidade energética; Boa eficiência energética.
Limites ou particularidades	Intervalo de temperaturas agradáveis: 18-22°C.	Se possível apenas utilizar materiais abundantes.		Intervalo de temperaturas agradáveis: 18-22°C.

7.2.1.4 Identificação das palavras funcionais pertinentes a cada funcionalidade

Neste passo importa traduzir as funcionalidades identificadas acima em palavras funcionais (em inglês) presentes na base funcional estabelecida e definida por Hirtz *et al.* (2002) e adaptada por Cheong *et al.* (2011). Este processo implica uma certa capacidade por parte do investigador em distinguir as palavras funcionais adequadas para cada funcionalidade.

Tabela 6 – Resultado da aplicação do passo 4.

Funcionalidades	Fornecimento de calor	Retenção de calor	Regulação	Extração de calor
Palavras funcionais	<i>Import Transmit Transfer Increase Collect Convert</i>	<i>Inhibit Store Contain</i>	<i>Signal Measure Regulate Change</i>	<i>Extract Export Transfer Transmit Decrease Inhibit</i>

7.2.1.5 Tradução das palavras funcionais em palavras-chave biológicas e identificação de outras palavras-chave biológicas

Após a identificação das palavras funcionais correspondentes às diferentes funcionalidades importa agora traduzi-las em palavras-chave biológicas. Este passo é essencial para superar a

distância entre a engenharia e o mundo biológico, principalmente a diferença que existe entre os léxicos utilizados em cada um destes domínios. Será com base nestas palavras-chave biológicas que se iniciará a exploração de fenómenos biológicos pertinentes.

De seguida são apresentados para cada um dos sub-problemas e respetivas funcionalidades as correspondentes palavras funcionais e as palavras-chave biológicas selecionadas com base no trabalho de Cheong *et al.* (2011). Importa voltar a mencionar a importância da % colocação (ver Capítulo 6) que devolve menos fenómenos biológicos mas mais específicos e possivelmente relevantes.

Após a tradução das palavras funcionais em palavras-chave biológicas importa proceder, caso seja possível, à identificação de outras palavras que também poderão permitir a identificação de fenómenos biológicos de interesse para a resolução dos sub-problemas. Esta seleção é um pouco subjetiva e depende da abordagem de cada investigador pois não segue nenhuma regra estrita. As palavras aqui selecionadas devem no entanto aparentar um certo potencial na atribuição de um sentido à busca no domínio biológico e devem ser palavras presentes no léxico biológico. Aquando da busca por este género de palavras importa ter em consideração o equilíbrio abstração-fixação mencionado anteriormente (ver Capítulo 5).

Neste caso em particular importa devido à sua abundância e ao seu significado no domínio biológico identificar a palavra *calor*, ou seja, *heat*. Isto porque encontra-se diretamente relacionada com todas as funcionalidades pretendidas e porque, apesar de induzir uma certa fixação em torno de questões térmicas, possibilita a identificação de mais fenómenos biológicos relevantes pois é um termo com ramificações em várias funcionalidades necessárias na Natureza e só por si uma palavra-chave biológica.

Tabela 7 – Resultado da aplicação do passo 5. ao sub-problema do aquecimento

Sub-problema: Aquecimento						
Funcionalidade: Fornecimento de calor						
Palavras funcionais	Import	Transmit	Transfer	Increase	Collect	Convert
Palavras-chave Biológicas (%colocação; número de correspondências)	Osrose (16;31) Pass through (15;139) Squeeze (14;21) Diffuse (7;238)	Contract (12;226) Transduce (8;99)	Conjugate (60;32) Beat (41;39) Transport (27;283)	Stimulate (18;289) Activate (14;256) Contract (10;226) Molt (7;44)	Break down (18;125) Convert (10;146)	Degrade (14;36) Stimulate (13;289) Fuse (12;120) Decompose (10;31)

Tabela 8 – Resultado da aplicação do passo 5. ao sub-problema do isolamento térmico

Sub-problema: <i>Isolamento térmico</i>				
Funcionalidade: <i>Retenção de calor</i>				
Palavras funcionais	Stop	Inhibit	Store	Contain
Palavras-chave Biológicas (%colocação; número de correspondências)	Lyse (9;23) Inhibit (2;190)	Cover (17;121) Destroy (10;68)	Concentrate (16;58) Deposit (10;49)	Enclose (46;78) Swell (17;35) Surround (15;209)

Tabela 9 – Resultado da aplicação do passo 5. ao sub-problema do controlo da temperatura

Sub-problema: <i>Controlo da temperatura</i>				
Funcionalidade: <i>Regulação</i>				
Palavras funcionais	Signal	Measure	Regulate	Change
Palavras-chave Biológicas (%colocação; número de correspondências)	Signal (3;399) Communicate (4;109)	Emit (48;33) Recognize (18;203)	Protect (9;161)	Evolve (7;424) Adapt (1;286)

Tabela 10 – Resultado da aplicação do passo 5. ao sub-problema do arrefecimento

Sub-problema: <i>Arrefecimento</i>						
Funcionalidade: <i>Extração de calor</i>						
Palavras funcionais	Extract	Export	Transfer	Transmit	Decrease	Inhibit
Palavras-chave Biológicas (%colocação; número de correspondências)	Extract (10;61) Delete (7;43) Degrade (6;36) Collect (11;72)	Inactivate (6;52) Denature (6;36) Excrete (1;111)	Conjugate (60;32) Beat (41;39) Transport (27;283)	Contract (12;226) Transduce (8;99) Conduct (1;106)	Oppose (20;15) Constrict (8;39) Narrow (2;47) Bulge (6;17)	Inhibit (7;190) Surround (9;190) Release (7;508)

7.2.1.6 Escolha da fonte inicial de informação biológica

A escolha da fonte inicial de informação é essencial para a eficácia da pesquisa e retorno de fenómenos biológicos relevantes e, tal como foi referido no Capítulo 6, importa definir uma fonte inicial não muito específica e não demasiado complexa. Neste exemplo a fonte definida é o livro “*Life The Science of Biology*” de Sadava *et al.* (2011), que apresenta o mundo da biologia de uma forma muito abrangente e não demasiado complexa, sendo que este livro é escolhido frequentemente como bibliografia de disciplinas de introdução à biologia no ensino superior.

7.2.1.7 Definição da ponte adequada que permita a pesquisa

A *ponte* é então o meio que permite a pesquisa do domínio biológico, neste caso a pesquisa da fonte inicial de informação definida. Sobre a fonte inicial em formato *PDF* serão realizadas buscas completas através de ferramentas de procura usando as palavras-chave biológicas identificadas. Esta *ponte* tem várias vantagens entre as quais se destacam o volume de informação capaz de pesquisar e o período de tempo relativamente reduzido de que necessita.

7.2.1.8 Identificação de fenômenos biológicos relevantes para cada sub-problema e para as funcionalidades respectivas

Nesta primeira fase de recolha e análise dos fenômenos biológicos identificados é verificada a relevância dos mesmos para cada uma das funcionalidades em causa. À medida que as descrições biológicas respetivas a cada fenómeno identificado são analisadas, estas são gravadas ou desprezadas consoante a avaliação do potencial dos mecanismos inerentes. De seguida apresentam-se como exemplo alguns dos fenômenos biológicos identificados:

Tabela 11 – Fenómeno biológico relevante para o fornecimento de calor

Funcionalidade: <i>Fornecimento de calor</i>	
Palavra-chave Biológica	<i>Heat</i>
Fenómeno Biológico	Incubação de ovos nos animais da ordem <i>Crocodylia</i>
Descrição Biológica (inglês)	<i>“Crocodylians spend much of their time in water, but they build nests on land or on floating piles of vegetation. The eggs are warmed by heat generated by decaying organic matter that the female places in the nest.”</i>

Tabela 12 – Fenómeno biológico relevante para a retenção de calor

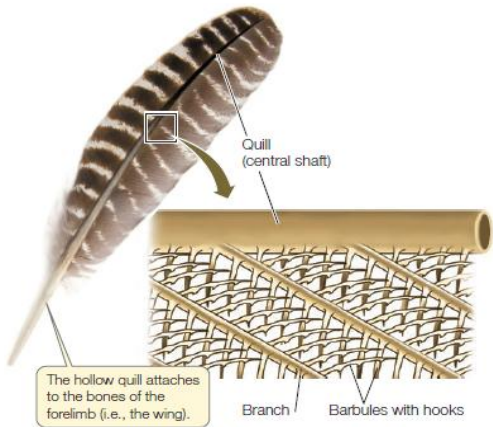
Funcionalidade: <i>Retenção de calor</i>	
Palavra-chave Biológica	<i>Cover</i>
Fenómeno Biológico	Cobertura de penas das Aves
Descrição Biológica (inglês)	<i>“The feathers that cover the body, along with an underlying layer of down feathers, provide birds with insulation that helps them to survive in virtually all of Earth’s climates.”</i> <i>“Because birds have such high metabolic rates, they generate large amounts of heat. They control the rate of heat loss using their feathers, which may be held close to the body or elevated to alter the amount of insulation they provide.”</i>
Diagramas ou Imagens relevantes	 <p>The diagram illustrates the structure of a feather. It shows a cross-section of the feather with labels: 'Quill (central shaft)', 'Branch', and 'Barbules with hooks'. A callout box states: 'The hollow quill attaches to the bones of the forelimb (i.e., the wing)'. The diagram shows how the barbs are interconnected by hooks, forming a flat surface.</p>

Tabela 13 – Fenómeno biológico relevante para a regulação

Funcionalidade: Regulação	
Palavra-chave Biológica	<i>Regulate</i>
Fenómeno Biológico	Sistemas reguladores nos organismos vivos
Descrição Biológica (inglês)	<p><i>“But to regulate the internal environment, information is required.”</i></p> <p><i>“Some components of physiological systems are called effectors because they effect changes in the internal environment. Effectors are controlled systems because their activities are controlled by commands from regulatory systems. Regulatory systems, in contrast, obtain, process, and integrate information, then issue commands to controlled systems. Important components of any regulatory system are the sensors that provide the feedback information to be compared with the internal set point.”</i></p>

Tabela 14 – Fenómeno biológico relevante para a extração de calor

Funcionalidade: Extração de calor	
Palavra-chave Biológica	<i>Heat</i>
Fenómeno Biológico	Transpiração em animais e plantas
Descrição Biológica (inglês)	<p><i>“Water also has a high heat of vaporization, which means that a lot of heat is required to change water from its liquid to its gaseous state (the process of evaporation). Once again, much of the heat energy is used to break the many hydrogen bonds between the water molecules. This heat must be absorbed from the environment in contact with the water. Evaporation thus has a cooling effect on the environment—whether a leaf, a forest, or an entire land mass. This effect explains why sweating cools the human body: as sweat evaporates from the skin, it uses up some of the adjacent body heat.”</i></p>

7.2.1.9 Pesquisa de informação mais detalhada em fontes mais avançadas e específicas se necessário

Neste passo procede-se à pesquisa de informação mais detalhada acerca de certos fenómenos biológicos caso seja necessário. Por exemplo no caso do fenómeno biológico da incubação de ovos nos animais da ordem *Crocodylia* pesquisaram-se fontes mais avançadas para tentar obter alguma informação adicional. Apresenta-se como exemplo a seguinte descrição presente em um artigo de Magnusson *et al.* (1985):

“Other species construct mounds of vegetation to incubate their eggs. Those nests are also affected by insolation and possibly metabolic heat of embryos, but significant amounts of heat are produced by rotting vegetation within nests.”

7.2.1.10 Utilização do conhecimento reunido no estabelecimento de analogias que inspirem novas soluções e/ou decomposições eficazes

Após a identificação dos fenómenos relevantes é então necessário proceder à seleção dos mais adequados e com maior potencial e utilizá-los na formação de analogias entre o domínio biológico e o domínio da engenharia que permitam o possível estabelecimento de soluções criativas para os sub-problemas em estudo.

Uma forma organizada e eficaz de realizar esta aplicação do conhecimento reunido na formação de analogias é estabelecer um diagrama que espelhe a decomposição do problema em sub-problemas e a posterior formação de analogias adequadas que permitam a criação e aplicação de novas soluções. Começa-se então por identificar as funcionalidades pretendidas e as decomposições realizadas.



Figura 22 – Decomposição do problema nas diferentes funcionalidades pretendidas

A decomposição imposta sobre a funcionalidade *fornecimento de calor* foi realizada com o objectivo de facilitar a criação de novas soluções, sendo as funcionalidades obtidas mais específicas o que permite uma identificação de fenómenos biológicos mais adequados.

Para as funcionalidades expostas na Figura 22 apresentam-se de seguida como exemplo alguns dos fenómenos biológicos pertinentes. Com base nos mecanismos presentes nas descrições biológicas são desenvolvidas a título exemplificativo possíveis analogias com a engenharia que poderão potenciar futuras soluções criativas que permitam o alcance das funcionalidades pretendidas.

7.2.1.10.1 Obtenção de calor

A obtenção de calor é uma funcionalidade com inúmeras soluções no domínio da engenharia, entre as quais várias já foram obtidas através do biomimetismo como por exemplo a utilização da radiação solar em painéis fotovoltaicos que utilizam princípios de fotossíntese característicos das plantas. Dentro das formas de obtenção de energia já disponíveis é de realçar as que utilizam as fontes de energia renováveis como as energias eólica e solar. E de facto estas são as tecnologias mais utilizadas nos projetos de eco-bairros existentes (Souami, 2009).

Importa mencionar o fenómeno da incubação de ovos das espécies da ordem *Crocodylia*. Neste fenómeno, cuja descrição biológica foi apresentada anteriormente, estas espécies (crocodilo, caimão, entre outros) constroem os ninhos onde colocam os ovos com base em vegetação em decomposição. Esta vegetação em decomposição permite a manutenção de uma temperatura elevada e estável necessária à incubação dos ovos através da ação de microrganismos especializados (Magnusson *et al.*, 1985). Este fenómeno pode permitir o

estabelecimento de novas soluções para a obtenção de calor com base na utilização dos resíduos produzidos em grandes quantidades nos eco-bairros e a utilização da decomposição destes para obter calor a ser aplicado nas habitações, minimizando assim a energia necessária para o aquecimento das mesmas, especialmente nos meses mais frios, resultando numa poupança económica e contribuindo para a qualidade de vida dos cidadãos.

7.2.1.10.2 Rede de distribuição

Após a obtenção de calor é necessária uma eficaz distribuição do mesmo, o que pode ser conseguido através de redes de distribuição adequadas. Pesquisando o domínio da biologia por possíveis soluções identificou-se o seguinte fenómeno promissor.

Tabela 15 – Fenómeno biológico relevante para a rede de distribuição

Funcionalidade: Rede de distribuição	
Palavra-chave Biológica	<i>Diffuse</i>
Fenómeno Biológico	Sistema de troca de gases <i>traqueal</i> dos insetos
Descrição Biológica (inglês)	<i>“The tracheal system that enables insects to exchange respiratory gases extends to all tissues in the insect body. Thus, respiratory gases diffuse through air most of the way to and from every cell. The insect respiratory system communicates with the outside environment through gated openings called spiracles in the sides of the abdomen. The spiracles open to allow gas exchange and then close to decrease water loss. They open into tubes called tracheae that branch into even finer tubes, or tracheoles, which end in tiny air capillaries that are the actual gas exchange surfaces.”</i>
Diagramas ou Imagens relevantes	

Ao contrário dos mamíferos que possuem um sistema respiratório com base em pulmões ou dos peixes cujo sistema respiratório depende de guelras, os insetos possuem o designado sistema *traqueal*. Esta rede permite o transporte de oxigénio a todas as células devido à sua disposição e extensão. Os pequenos poros, chamados de *espiráculos*, permitem a ligação do sistema interno do insecto ao ambiente externo e assim a troca de gases. Este fenómeno poderia ser utilizado no estabelecimento de uma solução para a rede de distribuição do calor pelas habitações, composta por tubagens pequenas nutridas de poros que poderia permitir a difusão do calor por todas as assoalhadas de forma equilibrada ao invés da habitual distribuição efetuada com base em poucos focos de emissão que não permitem uma temperatura constante por toda a habitação.

7.2.1.10.3 Retenção de calor

A capacidade de reter o calor é imprescindível quando a eficiência energética é pretendida, isto porque por vezes não é a capacidade de aquecimento que não é eficaz mas sim a capacidade

de o reter. Sem esta capacidade grande parte do calor produzido poderá ser perdida para o ambiente externo.

Nas pesquisas realizadas constatou-se um grande volume de fenómenos biológicos relacionados com esta questão. A estrutura de penas características das aves são um exemplo a considerar. Tal como foi apresentado, as aves possuem duas camadas de penas, uma acima da outra, sendo que ambas podem alterar a sua disposição consoante o nível de isolamento térmico necessário para fazer frente às condições externas. Se a temperatura for elevada as penas podem ser elevadas permitindo o atravessamento de ar pelos interstícios das mesmas e promovendo o arrefecimento da pele. Quando a temperatura é baixa ambas as camadas de penas podem ser mantidas numa posição adjacente à pele criando assim uma camada isolante eficaz.

Estas estruturas são potenciais analogias a serem aplicadas na engenharia, neste caso em particular nas habitações sob a forma de estruturas modeláveis às diferentes condições atmosféricas. A sua capacidade de isolamento provém não de uma estrutura única mas sim de um conjunto de estruturas que unidas permitem um excelente isolamento. Provavelmente este facto é uma das mais importantes lições a retirar desta analogia, que um bom isolamento não se consegue apenas através da utilização de um único material ou estrutura mas sim através de um conjunto de estruturas adequadamente organizadas.

7.2.1.10.4 Regulação

A regulação é um modo de controlar as condições internas de um certo sistema através de sensores que permitem obter e processar informação que leva à ativação de respostas caso necessário. Na pesquisa foram identificados alguns fenómenos biológicos relevantes como o que se apresenta de seguida.

Tabela 16 – Fenómeno biológico relevante para a regulação

Funcionalidade: Regulação	
Palavra-chave Biológica	<i>Heat</i>
Fenómeno Biológico	Hipotermia regulada
Descrição Biológica (inglês)	<p><i>“Hypothermia is a below-normal body temperature. However, many birds and mammals undergo regulated drops in body temperature to survive periods of cold and food scarcity, an adaptation known as regulated hypothermia.”</i></p> <p><i>“Hummingbirds and other small endotherms can extend the period over which they can survive without food by dropping their body temperature during the portion of day or night when they are normally inactive. This adaptive hypothermia is called daily torpor. Body temperature can drop 10° to 20°C during daily torpor, lowering metabolic rate and saving energy.”</i></p>

Este fenómeno de hipotermia regulável é um caso interessante a ser analisado pois espelha uma elevada eficiência energética. Os organismos capazes desta estratégia conseguem reduzir drasticamente a temperatura corporal em certos períodos de tempo, permitindo desta


forma baixar o metabolismo e poupar energias essenciais à sua sobrevivência. Uma analogia possível será a utilização deste género de estratégia em sistemas termoreguladores de habitações, que permitirão o estabelecimento de certos períodos inativos durante os quais o sistema de aquecimento ou arrefecimento se encontrem inativos por não serem necessários com base em informação recolhida no ambiente externo.

7.2.1.10.5 Extração de calor

Para o alcance desta funcionalidade importa analisar precisamente o que é pretendido. Numa habitação com temperaturas elevadas de Verão as soluções usuais recaem sobre ACs. Nos eco-bairros explorados existe uma grande preocupação pelo aquecimento das habitações através da utilização de estratégias passivas como a orientação das mesmas na direção mais exposta ao Sol ou estratégias ativas como a utilização de cogeração na obtenção de energia para utilizar no aquecimento (Souami, 2009). No entanto, e devido ao facto da maior parte dos eco-bairros já desenvolvidos se encontrar no Norte da Europa, o problema do arrefecimento das habitações não tem sido enfrentado com igual seriedade pois não é uma prioridade nesses climas. Para o desenvolvimento de eco-bairros no Sul da Europa a questão inverte-se pois uma grande quantidade de energia é gasta nos meses mais quentes para manter a temperatura das habitações em níveis confortáveis (entre os 18 e 22°C).

De entre os fenómenos biológicos identificados importa considerar o seguinte.

Tabela 17 – Fenómeno biológico relevante para a extração de calor

Funcionalidade: <i>Extração de calor</i>	
Palavra-chave Biológica	<i>Diffuse</i>
Fenómeno Biológico	Sistema de raízes de certas plantas em zonas pantanosas ou mangais
Descrição Biológica (inglês)	<i>“The root systems of some plants adapted to swampy environments such as cypresses and some mangroves, have pneumatophores, which are extensions that grow out of the water and up into the air. Pneumatophores have lenticels that allow oxygen to diffuse through them, aerating the submerged parts of the root system.”</i>
Diagramas ou Imagens relevantes	

Este fenómeno biológico curioso demonstra a capacidade adaptativa da Natureza. Em zonas saturadas de água, como as zonas pantanosas, as plantas nativas desenvolveram formas inovadoras de obter o oxigénio essencial aos processos de respiração e produção de ATP sob a forma de sistemas de raízes que se elevam acima do nível da água e permitem a difusão de oxigénio através destas, possibilitando o arejamento das partes das raízes submersas.

Estas estruturas possuem interiores esponjosos que conseguem acumular e transportar oxigénio e outros fluidos, e poros (designados de *lenticels*) presentes ao longo de toda a estrutura emersa dos *pneumatophores* que permitem a entrada de oxigénio e a saída de CO₂. Informação adicional pôde ser obtida através do artigo científico de Purnobasuki e Suzuki (2005).

Possíveis analogias utilizando este fenómeno poderão permitir o desenvolvimento de estruturas ou mecanismos semelhantes que se elevem no ar permitindo a deslocação de ar frio de níveis de altitude superiores para níveis mais baixos, possibilitando o arejamento de habitações (ou até de certos focos urbanos). Tal analogia poderia se basear no estabelecimento de camadas distintas de ar, uma camada de ar mais saturado e quente no interior da habitação de forma análoga ao nível da água no fenómeno, e uma camada de ar mais frio e oxigenado a uma altitude superior de forma análoga à camada de ar alcançada pelos *pneumatophores*.

A própria estrutura fechada dos *pneumatophores* apenas aberta ao ambiente externo nos poros especializados permite pensar em estruturas reguláveis consoante vários parâmetros como a pluviosidade, a velocidade do vento e a temperatura. Estruturas semelhantes a estes permitiriam parar o arrefecimento induzido pela difusão de ar frio em situações que tal fosse desnecessário ou desfavorável.

Após a identificação dos fenómenos biológicos relevantes para cada sub-problema e respetiva funcionalidade, o processo de adaptação de analogias e elaboração de potenciais soluções poderia se desenvolver tal como é demonstrado através da seguinte figura ilustrativa (ver Figura 23).

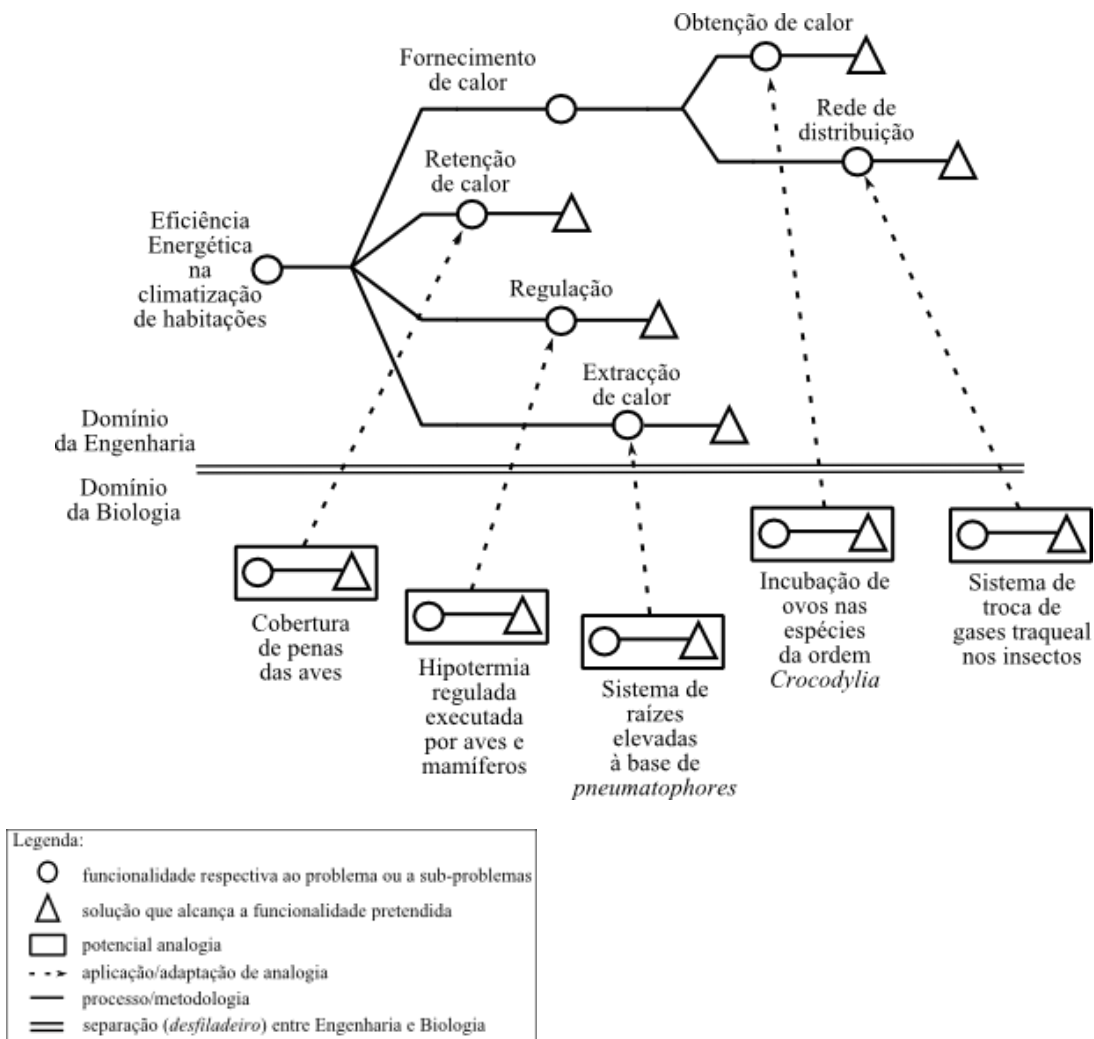


Figura 23 – Aplicação da metodologia desenvolvida ao problema definido (adaptado de Vattam et al., 2007)

7.3 Sequência de aplicação do Biomimetismo a um Eco-bairro

Importa estabelecer-se neste passo uma sequência ou *checklist* que permita a aplicação completa do biomimetismo aos eco-bairros, contribuindo assim para uma aplicação facilitada e orientada tendo em consideração todas as variáveis importantes para o planeamento de um eco-bairro.

A sequência desenvolvida poderá ser aplicada em casos de desenvolvimento de novos eco-bairros (de raiz ou através da renovação de zonas urbanas já existentes) ou em casos de melhoramento de eco-bairros já existentes e habitados. Esta sequência é composta pelos seguintes passos:

Identificação das características físicas do projeto

O eco-bairro é um projeto urbano com várias características importantes que devem ser consideradas. Neste primeiro passo identificam-se as características físicas do projeto, ou seja, parâmetros como a área, os limites geográficos, a topografia do terreno e a tipologia dos solos em causa. Este passo pode ser considerado como a identificação da primeira camada (*layer*) do projeto, as características físicas que suportam o eco-bairro.

Condições de contexto ambiental

Este passo envolve a identificação de condições de contexto ambiental com o objetivo de reconhecer a estrutura ambiental envolvente do projeto para compreender corretamente os recursos naturais disponíveis e explorar e resolver possíveis questões relacionadas com impactos ambientais futuros. Neste passo devem ser identificados, entre outros, os seguintes aspetos:

- Disponibilidade de recursos naturais e a sua identificação detalhada (por exemplo: aquíferos, corpos massivos de água, etc.);
- Zonas naturais, protegidas ou não, nas proximidades do local do projeto;
- Zonas agrícolas disponíveis;
- Espécies nativas da região onde se encontra inserido o eco-bairro;
- Incidência solar média da zona;
- Direções e velocidades do vento médias na zona;
- Pluviosidade média da região;
- Rotas de migração de espécies animais.

Condições de contexto social

Neste passo deve-se proceder à identificação das condições de contexto social importantes para o desenvolvimento do projeto do eco-bairro e para o correto funcionamento do próprio no futuro. Conhecida a importância da vertente social para este tipo de projetos, importa apurar entre outros os seguintes aspetos:

- População;
- População ativa;
- Densidade populacional;
- Taxa de desemprego;
- Pirâmide demográfica;
- Escolaridade média;
- Níveis de criminalidade;
- Postos de trabalho existentes ou em vias de serem estabelecidos.

Condições de contexto económico

As condições de contexto económico envolvem parâmetros distintos também importantes para o correto funcionamento dos eco-bairros. Entre os vários parâmetros cuja identificação é vantajosa encontram-se por exemplo os seguintes:

- Orçamento dedicado ao planeamento urbano;
- Fundos nacionais e comunitários aplicáveis;
- Valor médio do território em causa (€/m²);
- Indústria existente em redor;
- Espaços comerciais inseridos no eco-bairro e na envolvente;

- Valor médio das rendas praticadas (no bairro em causa e em bairros semelhantes);
- Gastos médios envolvidos no funcionamento dos vários serviços necessários ao eco-bairro (no bairro em causa e em bairros semelhantes);
- Mensalidades médias relativas à eletricidade, gás e água (no bairro em causa e em bairros semelhantes).

Reconhecimento dos pontos fortes e fracos

Neste passo realça-se a importância de definir os principais pontos fortes e fracos do projeto, ou seja, os vários aspetos vantajosos ou negativos que podem ser identificados com base nas várias características do eco-bairro. Para a realização deste passo sugere-se a utilização da análise SWOT, uma ferramenta bastante útil no planeamento estratégico que permite identificar facilmente os pontos fortes, fracos, oportunidades e ameaças de diferentes cenários.

Estabelecimento dos objetivos pretendidos

Sugere-se neste ponto o desenvolvimento de uma listagem onde se encontrem presentes os vários objetivos pretendidos para o eco-bairro em desenvolvimento ou os vários objetivos pretendidos para o melhoramento do eco-bairro já existente. Estes objetivos devem ser respetivos aos diferentes contextos envolvidos (ambiente, social e económico) e adequados à realidade.

Estudo do metabolismo urbano

Neste passo realiza-se o estudo do metabolismo urbano do eco-bairro já estabelecido, do bairro que será renovado ou de bairros semelhantes para servirem de comparação. Como já foi explorado anteriormente, o estudo do metabolismo urbano envolve a desconstrução do bairro ou do eco-bairro nos diferentes pares *input/output* envolvidos no funcionamento dos mesmos. Especial consideração deverá ser atribuída aos pares relativos aos recursos hídricos, energia, alimentos, materiais e resíduos.

O metabolismo urbano deverá permitir a identificação no alvo definido de certos aspetos como por exemplo:

- Consumos médios de recursos (por exemplo: consumo médio de eletricidade, de água, etc.);
- Produção média de resíduos;
- Níveis de poluição atmosférica.

Identificação dos problemas

A correta identificação dos problemas que devem ser resolvidos para permitir o alcance dos vários objetivos pretendidos é possibilitada através do estudo conjunto das condições contextuais, objetivos, análise SWOT e metabolismo urbano, e respetivas relações mútuas.

Aplicação do biomimetismo aos problemas identificados

Após a identificação dos problemas, procede-se à aplicação do biomimetismo sobre estes no sentido da sua adequada resolução. Esta aplicação pode ser realizada de duas formas distintas como já foi exemplificado anteriormente:

- Aplicação dos princípios biomiméticos:
 - Realizar mais com menos recursos;
 - Adaptação a mudanças externas e internas;
 - Design direcionado à multifuncionalidade;
 - Simplicidade e composição;
 - Funcionamento com base em ciclos de *feedback*;
 - Proximidade e disponibilidade;
 - Interconetividade;
 - Estabelecimento de mutualismos.
- Aplicação da metodologia desenvolvida nesta dissertação.

Integração das soluções desenvolvidas

Posteriormente à obtenção das soluções adequadas para a resolução dos vários problemas identificados importa proceder-se à integração cuidada das várias soluções obtidas no projeto. Esta integração é um passo complexo devido aos problemas que surgem na sua realização como por exemplo a possível propagação de restrições entre os vários problemas.

Monitorização das soluções desenvolvidas

Neste importante passo é sugerida a monitorização contínua e avaliação periódica das soluções desenvolvidas através da aplicação do biomimetismo. Esta monitorização permite avaliar o sucesso das soluções aplicadas ao eco-bairro e possíveis falhas ou erros.

Identificação de futuros desenvolvimentos biomiméticos

Através da informação obtida no passo anterior poderá ser identificada a necessidade de proceder-se a certos ajustes ou alterações no eco-bairro que permitam melhores desempenhos e eficiências. Esta necessidade permite identificar futuros desenvolvimentos biomiméticos essenciais ao melhoramento do eco-bairro.

7.4 Discussão da aplicação do Biomimetismo

Nesta última parte discute-se a aplicação do biomimetismo ao eco-bairro, evidenciando as vantagens, desvantagens e pontos a corrigir em cada abordagem utilizada.

7.4.1 Princípios biomiméticos

Na aplicação de princípios biomiméticos aos problemas mais gerais identificados nos eco-bairros utilizaram-se apenas como exemplo alguns problemas considerados como adequados para serem abordados por estes princípios no sentido da sua resolução.

Através destas breves aplicações foi possível reter no entanto a sua utilidade e potencial. Apesar de não se gerar nenhuma solução específica, estes princípios biomiméticos quando aplicados através de analogias permitem estabelecer novas práticas e ideais capazes de melhorar o planeamento e funcionamento dos eco-bairros. Os princípios biomiméticos permitiram estabelecer linhas de orientação que possuem o potencial para resolver os problemas mais gerais do eco-bairro de forma satisfatória desde que bem aplicadas e exploradas.

O exemplo apresentado aplicando o princípio biomimético do mutualismo entre eco-bairro e bairros adjacentes é um bom caso do potencial deste tipo de aplicação do biomimetismo. Esta forma de difundir as mais-valias e ideais do eco-bairro através da partilha de objetivos comuns envolvendo um compromisso vantajoso para ambas as partes é bastante vulgar entre organismos naturais, no entanto tal estratégia não é habitual entre bairros e eco-bairros. Um exemplo do potencial dos princípios biomiméticos, não tanto na elaboração precisa de soluções, mas mais na inspiração para o estabelecimento de novas soluções.

De seguida é apresentada uma tabela resumo onde se verifica a adoção ou não de cada princípio biomimético nos vários eco-bairros explorados no decorrer desta dissertação (ver Capítulo 4).

Tabela 18 – Verificação da prática dos princípios biomiméticos nos eco-bairros explorados

Princípios Biomiméticos	Ecobairros				
	Vesterbro	Vauban	Hammarby	Eco-Viikki	BedZED
Realizar mais com menos recursos	✓	✓	✓	✓	✓
Adaptação a mudanças externas e internas		✓	✓		
Design direccionado à multifuncionalidade		✓	✓		✓
Simplicidade e composição					
Funcionamento com base em ciclos de <i>feedback</i>		✓	✓		✓
Proximidade e disponibilidade				✓	✓
Interconetividade		✓	✓		
Estabelecimento de mutualismos			✓		

A Tabela 18 permite verificar que os princípios biomiméticos identificados no decorrer deste trabalho não se encontram aplicados ou presentes na maioria dos eco-bairros explorados.

Usando o exemplo de Hammarby Sjöstad, a aplicação do princípio da proximidade e disponibilidade poderia permitir custos mais reduzidos na obtenção de alimentos através do

estabelecimento de terrenos próprios ao cultivo e uma maior consideração e aposta nos produtos locais. Estes produtos para além de se encontrarem em maior abundância encontram-se melhor adaptados ao clima e condições da região, o que assegura uma resiliência importante em termos de colheitas. O foco nestes produtos promoveria uma maior aposta na agricultura, o que possibilitaria a criação de postos de trabalho, uma maior interação entre os cidadãos envolvidos e um potencial rendimento económico.

O princípio da adaptação a mudanças externas e internas é outro princípio com importantes vantagens inerentes. Aplicando-o por exemplo ao eco-bairro Eco-Viikki permitiria identificar as principais falhas do seu planeamento, corrigindo falhas como a ausência de certos serviços, como bancos e postos de correio, rapidamente através de uma maior consideração da opinião dos cidadãos, que nesta situação desenrolam o papel de sensores, reunindo informação importante para o desenvolvimento do eco-bairro.

O princípio do estabelecimento de mutualismos possui grande potencial. Utilizando novamente o caso de Eco-Viikki este princípio poderia ser aplicado, tendo em conta que este eco-bairro tem uma importante vertente relacionada com a produção agrícola, entre os habitantes e algumas empresas relacionadas com a distribuição alimentar e produção agrícola. Esta relação simbiótica poderia resultar no fornecimento por parte das empresas de material e recursos aos residentes para desenvolverem a sua atividade agrícola e aumentarem a diversidade das colheitas, e a atribuição de uma certa percentagem da produção agrícola mensal às empresas para procederem à sua venda. Esta relação seria benéfica para os residentes, as empresas e para a divulgação do eco-bairro.

Existe um princípio biomimético que não se encontra implementado em nenhum dos casos de eco-bairros explorados, o princípio da simplicidade e composição. Este princípio idealiza a adoção de processos simples e, se necessário, compostos. Utilizando o caso de BedZED, a aplicação deste princípio resultaria numa significativa simplificação das infraestruturas e tecnologias implementadas. Como foi identificado um dos principais problemas dos eco-bairros envolve os custos elevados, e o BedZED é um exemplo de como as tecnologias mais caras e mais recentes nem sempre são bem sucedidas pois, para além do custo, dificultam a utilização por parte dos residentes levando à sua inutilização. Este princípio poderia resolver este problema neste bairro através de uma aposta em infraestruturas mais simples e mais acessíveis aos habitantes.

Por fim importa mencionar o princípio do design direcionado à multifuncionalidade. Este envolve um design que reconheça e alcance várias funcionalidades necessárias, permitindo uma melhor eficiência à medida que menos infraestruturas e sistemas são necessários para realizar as funções pretendidas. Usando o caso de Vesterbro a multifuncionalidade poderia ser aplicada por exemplo através da implementação de infraestruturas multifuncionais. Infraestruturas que não só servissem como residência mas que possuíssem outros objetivos como locais de interação social e discussão das medidas e problemas do eco-bairro,

permitindo assim um melhor funcionamento do mesmo. Um bairro multifuncional implica que todas as necessidades são saciadas no mesmo, existindo infraestruturas capazes de desempenhar os vários serviços necessários ao seu funcionamento. Este princípio tem claras vantagens económicas pois reduz-se os custos envolvidos na construção de diferentes estruturas, aglomerando-as em estruturas multifuncionais.

A Tabela 18 e os exemplos apresentados acima demonstram que a maior parte dos princípios biomiméticos identificados não se encontram ainda aplicados nos eco-bairros seleccionados como casos de estudo, o que permite identificar a possibilidade destes poderem ser utilizados para o desenvolvimento do conceito de eco-bairro.

Quando a utilização solitária dos princípios como inspiração não é suficiente para inspirar novas soluções torna-se necessário uma identificação mais clara do problema, uma decomposição em funcionalidades e uma pesquisa posterior do mundo biológico por fenómenos relevantes que permitam então inspirar novas soluções. Estes fenómenos biológicos são caracterizados por mecanismos mais específicos. A aplicação aqui sugerida como alternativa foi aplicada na segunda parte do capítulo através da aplicação da metodologia desenvolvida anteriormente a problemas mais específicos dos eco-bairros.

7.4.2 Metodologia desenvolvida

Para resolver problemas mais específicos dos eco-bairros, de certa forma problemas mais técnicos relacionados com desempenhos e eficiências, sugere-se a aplicação da metodologia desenvolvida seguindo os vários passos delineados.

A aplicação da metodologia foi realizada em apenas um problema a título exemplificativo para identificar as principais vantagens, dificuldades e principalmente para demonstrar o seu potencial. É de salientar que o sucesso da metodologia apenas pode ser avaliado mais aprofundadamente através de uma aplicação mais completa e precisa. Apesar de esta aplicação não ter culminado na elaboração de soluções específicas, o seu principal objetivo consistia em verificar o potencial do biomimetismo através da identificação de fenómenos biológicos relevantes que pudessem servir de inspiração para futuras soluções criativas no âmbito do eco-bairro.

Analisando os vários passos da metodologia aplicada obteve-se alguma informação relevante. Começando pelas vantagens esta metodologia permite orientar os utilizadores do biomimetismo de uma forma adequada mas pouco rígida, permitindo alguma flexibilidade sempre necessária nas metodologias de pesquisa. A decomposição e posterior identificação das funcionalidades permitem estabelecer um início adequado à investigação, com objetivos bem vinculados, desde que se tenha o cuidado de utilizar certos níveis necessários de abstração.

A pesquisa de fenómenos relevantes é facilitada através da acessibilidade providenciada pela utilização de ficheiros em formato de leitura digital que permite pesquisas rápidas e eficientes

que cobrem completamente as fontes de informação. A utilização de diagramas e tabelas permitem uma melhor compreensão dos fenómenos recolhidos e uma melhor organização de todo o volume de informação obtido. Após a recolha de fenómenos de interesse para as funcionalidades pretendidas estes podem então ser utilizados como fontes de inspiração e através de analogias possibilitar a criação de soluções no domínio do problema.

A utilização de uma metodologia com base na decomposição de problemas e formação de analogias permite estabelecer uma solução composta constituída pela aglomeração de soluções respetivas aos vários sub-problemas que foram estabelecidas com base em analogias, neste caso entre a biologia e a engenharia. Esta solução composta possui maior potencial que uma solução simples na resolução de problemas complexos como os problemas identificados nos eco-bairros.

Através desta aplicação também foram identificadas algumas desvantagens e dificuldades que devem ser superadas em futuros desenvolvimentos da metodologia. A primeira dificuldade passa pela correta decomposição do problema. Partindo de um problema bem definido é importante compreender em que consiste. Apenas realizando este estudo prévio é que será possível desconstruir corretamente o problema em problemas mais pequenos. A identificação das palavras funcionais respetivas a cada funcionalidade é um dos passos que deve ser alvo de futuros desenvolvimentos para aumentar a capacidade da metodologia em identificar fenómenos biológicos relevantes e assim aumentar o seu potencial.

Outra desvantagem é relativa ao passo 5. referente à tradução das palavras-chave biológicas. Neste passo estabeleceu-se como base de tradução o trabalho desenvolvido por Cheong *et al.* (2011) onde cada palavra funcional previamente identificada é traduzida para palavras-chave biológicas que permitem a identificação de fenómenos biológicos relevantes. Este passo de tradução e identificação de palavras-chave biológicas também deverá ser considerado em futuros estudos com o objectivo de aumentar a sua eficácia através do estabelecimento de uma base de tradução mais vasta e abrangente. Esta desvantagem foi contornada no presente estudo através da possibilidade de identificar outras palavras-chave biológicas que não constavam na base estabelecida por Cheong *et al.* (2011).

Uma alteração que facilmente promoveria uma maior eficiência da metodologia seria a utilização de múltiplas fontes de informação inicial, pois apesar de aumentarem o tempo de pesquisa e o número de correspondências irrelevantes também possibilitariam a identificação de um maior número de fenómenos biológicos pertinentes.

7.4.3 Sequência de aplicação do Biomimetismo

A sequência de aplicação do biomimetismo desenvolvida permite facilitar a aplicação completa do biomimetismo aos eco-bairros através do estabelecimento de uma série de passos que não devem ser seguidos de um modo demasiado estrito mas sim com alguma flexibilidade pois devem ser considerados como linhas de orientação.

Esta sequência possui grande utilidade pois orienta a aplicação do biomimetismo, realçando os vários aspectos importantes que devem ser considerados no desenvolvimento do eco-bairro ou no processo respectivo à sua melhoria. Através desta identificação diminui-se o risco de ignorar certas características fundamentais a um correto funcionamento do eco-bairro.

Para além destas vantagens apontadas, esta sequência possui ainda outra utilidade. A sequência apresentada também poderá ser aplicada aos bairros normais, ou seja, bairros que não sejam considerados eco-bairros, permitindo a resolução de problemas que estes enfrentem e a consequente melhoria do seu desempenho.

Capítulo 8 – Conclusão

A exploração dos dois conceitos centrais desta dissertação permitiu compreender em que se baseiam e quais os seus aspetos principais. O eco-bairro como uma solução para o urbanismo e o biomimetismo como uma solução para os problemas do âmbito da engenharia. Após a sua compreensão foi possível então verificar o potencial contributo do biomimetismo para a melhoria e desenvolvimento do conceito de eco-bairro, principalmente através da consideração dos principais problemas que os eco-bairros ainda enfrentam.

8.1 Eco-bairros

O eco-bairro é um conceito com bastante potencial mas que, devido a algum mediatismo em seu redor e à falta de uma definição clara, é utilizado de forma nem sempre adequada, sendo adaptado aos objetivos mais variados sem que por vezes se respeite os princípios que lhe deram origem.

Verifica-se que muitos são os casos onde existe um claro elo mais fraco tendo em conta as três vertentes da sustentabilidade que deveriam estar presentes, nomeadamente a vertente social.

Como definir um eco-bairro continua a ser uma das questões mais pertinentes neste âmbito. Importa mencionar que se este conceito se encontra tão difundido é graças a esta incerteza na definição, sendo que também é devido a esta que muitas vezes identificam-se projetos de eco-bairros que são tudo menos sustentáveis. Assim esta definição torna-se uma questão central que importa explorar e que condiciona o futuro desenvolvimento deste conceito.

Conceito capaz de mudar verdadeiramente o urbanismo quando bem aplicado e planeado, mas também um conceito facilmente influenciado pelos diferentes interesses que regem a gestão do território, como o ramo imobiliário ou a indústria. Com base no explorado, os eco-bairros encontram-se no limiar de poderem alterar o urbanismo ou de se revelarem como inconsequentes.

Prevê-se que os projetos desenvolvidos no Sul da Europa serão mais próximos dos ideais base do eco-bairro pois tudo indica que apresentam uma maior preocupação relativamente à vertente social para além de possuírem vantagens relativamente às condições climáticas e disponibilidade de recursos. Esta distinção entre Norte e Sul da Europa é fundamental para o aperfeiçoamento do eco-bairro, pois será da junção destas duas abordagens distintas que poderá surgir o eco-bairro verdadeiramente sustentável, um que às preocupações ambientais una as preocupações sociais sobre um fundo de contenção económica.

Tendo em conta o conceito de metabolismo urbano foi possível identificar os desafios técnicos que os ecobairros enfrentam que consistem em problemas de redução de consumos de recursos e de estabelecimento de metabolismos urbanos circulares. Já os desafios mais gerais são relativos a problemas sociais e ambientais, que muitas vezes são ignorados na conceção dos projetos, bem como ao custo total dos projetos. Os primeiros prendem-se, na sua maior

parte, com a negligência da vertente social e com a inserção desadequada destes projetos no restante tecido urbano que permite a produção de externalidades negativas para as áreas urbanas adjacentes. Os orçamentos irrealistas destes projetos fazem com que estes não possam ser considerados sustentáveis.

Concluindo, o eco-bairro revela-se um conceito com potencial, capaz de alcançar a sustentabilidade no urbanismo mas ainda bastante incompleto e influenciado. As bases são conhecidas e o sentido de desenvolvimento correto também. Importa agora definir novas formas de o tornar mais eficiente em todas as vertentes da sustentabilidade e reunir a vontade necessária para implementar o verdadeiro eco-bairro: uma fonte de qualidade de vida e respeito pelos recursos ambientais que roda em torno dos cidadãos e das suas necessidades.

8.2 Biomimetismo

O mundo biológico apresenta uma série de vantagens fundamentais, como a precisão, a capacidade de adaptação, entre muitas outras, que qualquer sistema criado pelo Homem gostaria de possuir.

O contributo do biomimetismo depende de um modo eficiente de pesquisar a Natureza, que resultou no desenvolvimento de uma série de metodologias apresentadas anteriormente. Com base nas suas vantagens e desvantagens identificaram-se os princípios biomiméticos e reuniu-se informação suficiente para desenvolver uma nova metodologia, composta por uma série de passos, que em conjunto permitem analisar e demonstrar o possível contributo do biomimetismo sobre os problemas identificados nos eco-bairros.

8.3 Aplicação do Biomimetismo ao Eco-bairro

No presente trabalho procedeu-se à análise da aplicação conceptual do biomimetismo ao conceito eco-bairro através de duas abordagens distintas: a aplicação de princípios biomiméticos e a aplicação da metodologia desenvolvida para identificar fenómenos biológicos pertinentes.

A metodologia desenvolvida na presente dissertação consiste numa série de passos que permitem a um investigador, neste caso um engenheiro, pesquisar o mundo biológico com o objetivo de identificar fenómenos biológicos pertinentes para os problemas em estudo.

Verifica-se que a metodologia desenvolvida é particularmente eficiente na procura de soluções para problemas do âmbito mais técnico dos eco-bairros, nomeadamente em termos de obtenção de melhores eficiências e gestão de recursos. Para a obtenção de soluções para problemas mais gerais relacionados com questões de ideais e princípios constatou-se que a aplicação de princípios baseados no funcionamento da Natureza seria mais útil, princípios aqui designados de princípios biomiméticos.

A aplicação de princípios biomiméticos permite a identificação de direções que podem consequentemente inspirar novas soluções. Revela-se particularmente ideal no

desenvolvimento de soluções para problemas dos eco-bairros como a redução dos custos, o fortalecimento da vertente social e a inserção adequada do eco-bairro no restante tecido urbano. Durante a aplicação aos problemas mais gerais e a aplicação aos vários eco-bairros explorados (Tabela 18) foi possível constatar que existe espaço para a sua aplicação e como estes princípios podem contribuir para o desenvolvimento dos eco-bairros, inspirando o estabelecimento de potenciais soluções capazes de superar as limitações deste conceito e o alcance de desempenhos mais elevados.

A aplicação da metodologia desenvolvida a problemas mais técnicos consiste num processo mais específico que permite a procura de fenómenos biológicos relevantes e inspiradores. A sua aplicação permitiu obter conclusões acerca do seu desempenho e potencial. A metodologia revelou-se bastante útil permitindo uma pesquisa rápida mas completa da fonte de informação inicial, permitindo a identificação de fenómenos biológicos relevantes. Estes fenómenos identificados através das palavras-chave biológicas possuíam descrições facilmente acessíveis com especial contributo de imagens ou diagramas anexados. Este facto permite concluir a importância da definição de uma boa fonte inicial. A metodologia demonstrou assim que possui potencial para ser aplicada e apenas não culminou no estabelecimento de soluções específicas pois tal não fazia parte dos objetivos definidos. No entanto cumpriu o seu propósito, a identificação de fenómenos biológicos relevantes para alcançar certas funcionalidades necessárias nos problemas do eco-bairro e que permitem o estabelecimento de analogias e inspiração para criar novas soluções.

Relativamente à sequência de aplicação do biomimetismo desenvolvida conclui-se que esta possui grande utilidade, podendo facilitar a utilização do potencial do biomimetismo ao serviço dos eco-bairros, contribuindo para a melhoria dos mesmos, através da identificação de vários aspetos que devem ser tidos em consideração durante o planeamento de um eco-bairro e previamente à aplicação do biomimetismo. Também foi constatada a possibilidade de aplicar esta sequência aos bairros normais já existentes, permitindo assim uma melhoria dos desempenhos destes através do desenvolvimento de soluções biomiméticas inovadoras.

8.4 Contributo do Biomimetismo para os Eco-bairros

Considerando as vantagens do biomimetismo e os problemas dos eco-bairros, a utilização do biomimetismo é uma mais-valia e pode proporcionar ao eco-bairro uma melhoria do seu potencial.

A aplicação do biomimetismo permitiu concluir que tanto os princípios biomiméticos como a aplicação da metodologia desenvolvida possuem potencial para desenvolver os eco-bairros de formas distintas. Os princípios enriquecem o eco-bairro com ideais capazes de modificar práticas erradas relativamente a problemas mais gerais como a vertente social e os custos envolvidos. A metodologia por sua vez permite uma rápida e oportuna identificação de fenómenos biológicos cuja correta compreensão permite o estabelecimento de analogias vantajosas para a criação de novas soluções. Estes fenómenos, muitos deles desconhecidos,

permitem inspirar os engenheiros na elaboração de novas soluções ou novas abordagens que superem os problemas atuais dos eco-bairros.

O biomimetismo pode, no entanto, ser considerado irrealista devido a certas aplicações denominadas biomiméticas que não passam de uma incorreta interpretação do verdadeiro conceito. Nos últimos anos surgiram uma série de abordagens, em especial no urbanismo e arquitetura, que utilizam a designação de biomimetismo mas que não passam de cópias quase exatas das formas encontradas na Natureza. Na sua maior parte estas aplicações não representam um verdadeiro biomimetismo, apenas uma cópia da estética observada no mundo natural que não tenta captar o porquê dessa forma. Na biologia toda a estrutura tem um motivo e encontra-se sempre direcionada para a realização de uma ou várias funcionalidades pretendidas.

O biomimetismo não visa mudar drasticamente a realidade atual de nível de conforto e forma de viver, antes ambiciona manter esta realidade através de mecanismos e funcionalidades encontradas na Natureza, transformando os eco-bairros em sistemas tão eficientes, eficazes e resilientes como os ecossistemas naturais.

O futuro do biomimetismo passa por uma correta aplicação do mesmo, potenciada pelo desenvolvimento e aprofundamento deste através de investigações e do desenvolvimento de metodologias cada vez mais adequadas e eficientes. Uma correta aplicação do mesmo poderá ser bastante relevante na resolução inovadora de vários problemas da engenharia. Neste estudo é estudado o potencial do biomimetismo no desenvolvimento dos eco-bairros, permitindo a estes soluções e princípios que os tornam mais completos e mais próximos de uma real sustentabilidade.

8.5 Desenvolvimentos futuros

Através desta dissertação foi exposto o potencial contributo do biomimetismo, em particular quando aplicado ao desenvolvimento dos eco-bairros. No entanto importa em estudos futuros desenvolver a metodologia aqui estabelecida, considerando em particular os passos de identificação de palavras funcionais e de tradução destas em palavras-chave biológicas, estabelecendo bases de palavras mais vastas e abrangentes que permitam a identificação de um maior número de fenómenos biológicos oriundos dos mais diversos níveis de organização do domínio biológico. Uma futura aplicação desta metodologia a todos os problemas identificados nos eco-bairros também seria bastante vantajosa para a sua melhoria pois iria evidenciar outros aspetos a melhorar ou a aprofundar.

O contributo do biomimetismo para o desenvolvimento dos eco-bairros apela por uma aplicação real. Uma aplicação completa que utilizando os princípios biomiméticos e a metodologia desenvolvida neste trabalho permita materializar todo o potencial do biomimetismo, contribuindo para o desenvolvimento dos eco-bairros e o alcance de maiores eficiências.

Referências bibliográficas

- Affholter, J., & Arnold, F. H. (1999). Engineering a Revolution. *CHEMTECH* , Vol. 29, Issue 9, pp. 34-39.
- Bar-Cohen, Y. (2006). Biomimetics-using nature to inspire human innovation. *Institute of Physics Publishing - Bioinspiration & Biomimetics 1* , pp. 1-12.
- Beatley, T. (2011). *Biophilic Cities: integrating nature into urban design and planning*. Washington, DC: Island Press.
- Benyus, J. M. (1997). *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. NY: William Morrow & Co.
- Bonard, Y., & Matthey, L. (2010). Les éco-quartiers: laboratoires de la ville durable. *Cybergeog: European Journal of Geography* , Julho.
- Bond, G. M., Richman, R. H., & McNaughton, W. P. (1995). Mimicry of Natural Material Designs and Processes. *Journal of Materials Engineering and Performance* , Vol. 4, Issue 3, pp. 334-345.
- Boutaud, B. (2009). Quartier durable ou éco-quartier? *Cybergeog: European Journal of Geography* , Setembro.
- Cheong, H., & Shu, L. H. (2009). Effective Analogical Transfer Using Biological Descriptions Retrieved With Functional And Biologically Meaningful Keywords. *Proceedings of ASME 2009 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference* .
- Cheong, H., Chiu, I., Shu, L. H., Stone, R. B., & McAdams, D. A. (2011). Biologically Meaningful Keywords for Functional Terms of the Functional Basis. *Journal of Mechanical Design* , Vol. 133 February.
- David, L. (1999). Beastly Explorers. *New Scientist* , Vol. 161, Issue 2168, pp. 32-35.
- Energie Cités; ADEME. (2008). *Urbanisme - énergie: les éco-quartiers en Europe*.
- French, M. (1994). *Invention and Evolution: Design in Nature and Engineering*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Galbraith, D. I., Dengler, N., Campbell, N., & Caulderwood, C. E. (1989). *Understanding Biology*. Toronto: J. Wiley & Sons Canada.
- Geddes, P. (1915). *Cities in Evolution*. London: Williams & Norgate.
- Gordon, J. J. (1961). *Synectics, the development of creative capacity*. NY: Harper & Row.
- Harkness, J. M. (2002). A lifetime of connections - Otto Herbert Schmitt, 1913-1998. *Physics in Perspective* , December, Vol. 4, Issue 4, pp. 456-490.
- Hirtz, J., Stone, R. B., McAdams, D. A., Szykman, S., & Wood, K. L. (2002). A Functional Basis for Engineering Design: Reconciling and Evolving Previous Efforts. *National Institute of Standards and Technology - Technical Note 1447* .
- Howard, E. (1902). *Garden Cities of To-morrow*. Sonnenschein & Co., Ltd.

- Kaiser, M. K., Farzaneh, H. H., & Lindemann, U. (2012). An Approach to Support Searching for Biomimetic Solutions Based on Systema Characteristics and Its Environmental Interactions. *Proceedings of the International Design Conference - Design 2012* .
- Kasper, D. V. (2008). Redefining Community in the Ecovillage. *Human Ecology Review* , Vol. 15, No. 1, pp. 12-24.
- Kennedy, C., Cuddihy, J., & Engel-Yan, J. (2007). The Changing Metabolism of Cities. *Journal of Industrial Ecology* , Vol. 11, Issue 2, pp. 43-59.
- Kyvelou, S., & Papadopoulos, T. (2011). Exploring a South-European eco-neighbourhood model: planning forms, constraints of implementation and emerging resilience practices. *Int. J. Sustainable Development* , Vol. 14, Nos. 1/2, pp. 77-94.
- Lenau, T., Helten, K., Hepperle, C., Schenkl, S., & Lindemann, U. (2011). Reducing Consequences of Car Collision Using Inspiration from Nature. *Proceedings of IASDR2011 4th World Conference on Design Research* .
- Lerner, J. (2003). *Acupuncture Urbana*. Editora Record.
- Magnusson, W., Lima, A., & Sampaio, R. (1985). Sources of heat for nests of *Paleosuchus trigonatus* and a review of crocodylian nest temperatures. *Journal of Herpetology* , Vol. 19, No. 2, pp. 199-207.
- McHarg, I. (1969). *Design with Nature* . The Natural History Press.
- Meadows, D. H., Meadows, G., Randers, J., & Behrens III, W. W. (1972). *The Limits to Growth*. NY: Universe Books.
- Mumford, L. (1961). *The City in History*. NY: Harcourt, Brace & World.
- Mumford, L. (1956). *The Natural History of Urbanization*. Chicago.
- Mumford, L. (1937). What Is a City? *Architectural Record* .
- Nagel, J. K., & Stone, R. B. (2011). A Systematic Approach to Biologically-Inspired Engineering Design. *Proceedings of the ASME 2011 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in engineering Conference* .
- Papanek, V. (1984). *Design for the Real World: Human Ecology and Social Change*. Academy Chicago Publishers.
- Paturi, F. (1976). *Nature, Mother of Invention*. London: Thames and Hudson.
- Purnobasuki, H., & Suzuki, M. (2005). Functional anatomy of air conducting network on the pneumatophores of a mangrove plant. *Asian Journal of Plant Sciences* , Vol. 4, pp.334-347.
- Rogers, R., & Gumuchdjan, P. (2001). *Cities for a Small Planet*. Gustavo Gilli.
- Rudolf, F. (2007). Les éco-quartiers: une contribution socio-technique à la réception du développement durable en Allemagne. *Revue d'Allemagne et des pays de langue allemande* , Tome 39, No. 3, pp. 343-352.
- Sadava, D., Hillis, D. M., Heller, H. C., & Berenbaum, M. R. (2011). *Life The Science of Biology Ninth edition*. Sinauer Associates, Inc.

- Shu, L. H. (2006). Using Biological Analogies for Engineering Problem Solving and Design. *Proceedings of 3rd CDEEN/RCCI International Design Conference* .
- Shu, L. H., Ueda, K., Chiu, I., & Cheong, H. (2011). Biologically Inspired Design. *CIRP Annals - Manufacturing Technology* , Vol. 60, pp. 673-693.
- Sieden, L. S. (2011). *A Fuller View: Buckminste Fuller's vision of hope & abundance for all*. CA: Divine Arts.
- Souami, T. (2009). *Écoquartiers, secrets de fabrication. Analyse critique d'exemples européens*. Paris: Les Carnets de l'info.
- The Biomimicry 3.8 Institute. (s.d.). Obtido em 2013, de Ask Nature: <http://www.asknature.org>
- The World Commission on Environment and Development. (1987). *Our Common Future*. Oxford: Oxford University Press.
- Thompson, D. W. (1945). *On Growth and Form*. Cambridge; New York: Cambridge University Press; The Macmillan Company.
- Vakili, V., & Shu, L. H. (2001). Towards Biomimetic Concept Generation. *Proceedings of ASME 2001 Design Engineering Technical Conferences* .
- Vattam, S. S., Helms, M. E., & Goel, A. K. (2007). Compound Analogical Design: Interaction between Problem Decomposition and Analogical Transfer in Biologically Inspired Design. *Design Computing and Cognition '08* , pp. 377-396.
- Verdaguer, C. (2000). *De la sostenibilidad a los ecobarrios*. Madrid.
- Vincent, J. F., Bogatyreva, O. A., Bogatyrev, N. R., Bowyer, A., & Pahl, A.-K. (2006). Biomimetics: its practice and theory. *Journal of The Royal Society Interface* , Vol. 3, pp. 471-482.
- Vogel, S. (1998). *Cat's Paws and Catapults: Mechanical Worlds of Nature and People*. NY: Norton.
- Wilson, E. O. (1984). *Biophilia*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wilson, J. O., Rosen, D., Nelson, B. A., & Yen, J. (2009). The effects of biological examples in idea generation. *Design Studies* , Vol. 31, pp. 169-186.
- Wirth, L. (1938). Urbanism as a Way of Life. *The American Journal of Sociology* , Vol. 44, No. 1, Julho, pp.1-24.
- Wolman, A. (1965). The Metabolism of Cities. *Scientific American* , 213 (3), pag.179-190.