



**NOVA**

**IMS**

Information  
Management  
School

# MGI

---

**Mestrado em Gestão de Informação**

Master Program in Information Management

**O METABOLISMO DE UMA CIDADE**

**E AS SUAS SIMBIOSES**

Miguel Ângelo Pinheiro Antunes

Dissertação apresentada como requisito parcial para  
obtenção do grau de Mestre em Gestão de Informação,  
especialização em Gestão de Sistemas de Tecnologias  
Informação

NOVA Information Management School  
Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação

Universidade Nova de Lisboa

**NOVA Information Management School**  
**Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação**  
Universidade Nova de Lisboa

## **O METABOLISMO DE UMA CIDADE E AS SUAS SIMBIOSES**

por

Miguel Ângelo Pinheiro Antunes

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Gestão de Informação, especialização em Gestão de Sistemas de Tecnologias Informação

**Coorientador:** Prof. Dr. Vítor Manuel Pereira Duarte dos Santos

Fevereiro 2017

## AGRADECIMENTOS

Começo por agradecer à minha namorada, não só por ser a pessoa especial que é e por toda a força que isso me transmite, mas também por todo o carinho, pelo apoio incondicional e, principalmente, por todas as horas de estudo, de pesquisa e de escrita em que me acompanhou.

Agradecer de forma incontornável e imensurável, ao meu orientador, Vítor Santos, pelo apoio que senti desde o primeiro momento, pela incansável partilha de conhecimento, por todos os ensinamentos que levo para a vida, pela sua genialidade intelectual, que sempre me procurou motivar ao longo de toda a dissertação e incentivar a ir mais além. Muito particularmente, agradecer de forma sentida a honestidade, a frontalidade e a amizade.

Por último, mas de todo menos importantes, agradecer à minha família e aos meus amigos pelo apoio ao longo de todos estes meses e pela compreensão que sempre tiveram por nem sempre me ter sido possível despende todo o tempo convosco que efetivamente gostaria.

O meu muito obrigado a todos vós!

Miguel Pinheiro

## RESUMO

O presente trabalho propõe uma arquitetura de sistemas de informação inspirada no sistema nervoso humano, desenhada de forma coerente e consistente; dotada de uma rede de sensores que capta e processa rapidamente os dados, conduzindo-os através de uma cadeia de ação-reação equiparável à existente no sistema nervoso humano, onde cada “sensação” implica uma resposta diferente e adequada por parte do organismo.

Um artefacto coerente com a definição de cidade-metabolismo, desenhado tendo em mente um ecossistema biológico que permitirá uma análise detalhada de recursos, serviços, entidades e valências de uma cidade, bem como o respetivo estudo das sinergias passíveis de serem desenvolvidas entre eles e os cidadãos, que viabiliza uma eficácia de resposta integrada e conecta entre todos os componentes de uma cidade.

Uma arquitetura de sistemas de informação que visa permitir a uma cidade o aumento da eficiência da sua gestão, ao apresentar uma automação de processos, decisões e capacidade de autoaprendizagem pelo próprio artefacto, baseada nos processos de simbiose e de homeostasia.

## PALAVRAS-CHAVE

Arquitetura de sistemas de informação, cidade-metabolismo, *internet of everything*, sistema nervoso humano, *smart cities*.

## **ABSTRACT**

The present work proposes an information systems architecture inspired by the human nervous system, drawn coherently and consistently; equipped with a network of sensors that quickly captures and processes the data, driving them through a chain of action-reaction comparable to that existing in the human nervous system, where each "sensation" implies a different and adequate response by the body.

An artifact consistent with the definition of city-metabolism, designed with a biological ecosystem in mind that will allow a detailed analysis of a city's resources, services, entities and values, as well as the study of the synergies that can be developed between them and the Citizens, which enables an integrated response and connectivity among all the components of a city.

An information systems architecture that aims to allow a municipality to increase the efficiency of its management, by presenting an automation of processes, decisions and self-learning ability by the artifact itself, based on symbiosis and homeostasis processes.

## **KEYWORDS**

Architecture of information systems, city-metabolism, internet of everything, human nervous system, smart cities.

# SUBMISSÃO DE ARTIGO

Submissões resultantes deste projeto:

## **Posters**

Pinheiro, Miguel & Santos, Vítor. O metabolismo de uma cidade e as suas simbioses (CAPSI 2016)

Pinheiro, Miguel & Santos, Vítor. O metabolismo de uma cidade e as suas simbioses (Green Business Week 2017)

# ÍNDICE

1. Introdução .....	1
2. Relevância e Importância .....	2
3. Revisão da Literatura .....	3
3.1. Smart Cities.....	3
3.1.1. As cidades inteligentes .....	3
3.1.2. A constante inovação tecnológica.....	5
3.1.3. As cidades-metabolismo .....	6
3.2. Sistema Nervoso Humano .....	9
3.1.1. O cérebro.....	9
3.1.2. A espinal medula .....	10
3.1.3. Os neurónios .....	11
3.3. Arquiteturas de Sistemas de Informação.....	12
4. Metodologia .....	14
3.1. Design Science Research .....	14
3.2. Estratégia da Investigação .....	15
5. modelo.....	17
6. Conclusões.....	21
7. Limitações e Recomendações para Trabalhos Futuros .....	22
8. Bibliografia.....	23

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – A produção de dados numa <i>Smart City</i> (Elmaghraby e Losavio, 2014) .....	5
Figura 2 – Nós de origem das actividades e serviços que produzem dados (Elmaghraby e Losavio, 2014).....	5
Figura 3 – Capacidades de um sistema inteligente. (Debnath et al., 2014) .....	7
Figura 4 – Estrutura do cérebro humano (Manual MSD, 2009].....	9
Figura 5 – Estrutura da medula espinhal (Manual MSD, 2009]. .....	10
Figura 6 – Estrutura de uma célula nervosa (Manual MSD, 2009]. .....	11
Figura 7 – Atividades da função sistemas de informação (Varajão, 2005) .....	12
Figura 8 – Gestão da informação (Amaral e Varajão, 2014) .....	12
Figura 9 – Exemplo de arquitetura de sistemas de informação (Vasconcelos et al., 2002) ....	13
Figura 10 – Modelo do processo de Design Science Research Methodology (Peffer et al., 2008].....	14
Figura 11 – Possível estrutura modular de uma <i>smart city</i> (Barry et al., 2012) .....	17
Figura 12 – Ciclo de informação de benefício mútuo (Elmaghraby e Losavio, 2014).....	17
Figura 13 – A rede sensorial de uma <i>smart city</i> (Clarke, 2013) .....	18
Figura 14 – Captação sensorial de dados e o processamento de informação (Avelar et al., 2014).....	19

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Os factores-chave para o sucesso de uma <i>smart city</i> (Clarke, 2013).....	4
Tabela 2 – As fases de maturação de uma <i>smart city</i> (Clarke, 2013) .....	7
Tabela 3 – Paralelismo entre o sistema nervoso humano e uma cidade-metabolismo.....	20

# 1. INTRODUÇÃO

Em pleno Séc. XXI e com a Era da Informação cada vez mais implementada, explorada e disseminada, muitas são as cidades que ainda se encontram limitadas a uma gestão convencional e obsoleta dos seus serviços, presas a processos lentos e antiquados, muitas vezes burocráticos e nem sempre interligados em rede. Uma logística de predefinição de mecanismos e meios de atuação com capacidade de resposta curta e de eficiência circunscrita a planos previamente estabelecidos.

Por outro lado, vários já vão sendo os exemplos de boas práticas, ao nível de inovação, resiliência e sustentabilidade, o que denota uma preocupação séria e responsável das autarquias em dotar as suas cidades de novas soluções e de novas capacidades. Surge, portanto, a oportunidade de “dar um passo em frente”, rumo a uma atualização e a uma automação mais profunda das diversas valências em que se decompõe uma cidade.

É com isto em mente que se propõe desenhar uma arquitetura de sistemas de informação que dote a cidade de uma rede adequada de sensores capaz de captar e interpretar dados à medida dos acontecimentos e atue em conformidade com os mesmos, através da implementação de mecanismos de decisão automatizada.

Uma automação simbiótica onde as várias valências de uma cidade se encontrem integradas e conectadas, entre elas e a sua própria cidade, enquadrando-a com a realidade e as potencialidades da *internet of everything*<sup>1</sup>, guiando e envolvendo os seus cidadãos e as suas valências numa metamorfose constante e conectiva, definidora de uma cidade-metabolismo.

---

<sup>1</sup> Ao longo do documento utilizaremos a definição *internet of everything*, conforme definida pela Cisco, por a considerarmos uma definição mais adequada ao paradigma atual e futuro das cidades-metabolismo do que a expressão mais comumente utilizada *internet of things*.

## 2. RELEVÂNCIA E IMPORTÂNCIA

À medida que nos vemos envoltos em tecnologia, dados e informação, torna-se cada vez mais relevante estruturar um pensamento macro sobre as melhores formas de correlacionar estas três variáveis e tirar o maior proveito possível dessa interação, gerando conhecimento.

Desenhar uma arquitetura de sistemas de informação que capacite uma cidade com conexões entre as suas valências, as suas infraestruturas e as suas pessoas ajudará a potenciar uma capacidade de resposta adequada, rápida e eficaz a cada variável do quotidiano enquanto cidadãos, ao mesmo tempo que agiliza todos os processos de gestão e de decisão dos órgãos administrativos da autarquia.

Também a intenção de “beber inspiração” no corpo humano enquanto “máquina” de admirável perfeição, como só a própria natureza conseguiria “desenhar”, capacitada de sensações e raciocínio únicos, constitui uma oportunidade de desenvolvimento que merece ser explorada.

Esta metáfora, tal como outras que foram abordadas no mundo da Informática e dos Sistemas de Informação no passado (redes neuronais artificiais, algoritmos genéticos e imunológicos, entre outros exemplos), promete ser uma abordagem suficientemente rica e abrangente para endereçar o complexo mundo das Smart Cities.

Pretende-se, no presente trabalho, propor uma arquitetura que possibilite:

- Uma rede adequada de sensores, que capte os dados relevantes para permitir otimizar a gestão específica e global de uma cidade;
- Que o processamento de dados rápido, eficaz e complementado por centros de decisão que permitam uma análise automatizada e qualificada, que despolete respostas adequadas a cada situação por parte dos diversos serviços e entidades integrantes de uma cidade, de forma integrada e conecta;
- Uma cadeia de ação-reação equiparável à existente no sistema nervoso humano, de acordo com o referido nos dois pontos anteriores, onde cada “sensação” implique uma resposta diferente e adequada por parte do organismo, coerente com a definição de cidade-metabolismo.

### 3. REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo, tendo presente o intuito de contextualizar e fundamentar o tema escolhido e a sua relevância, serão abordadas noções elementares para a melhor compreensão do conceito de *smart cities*, do funcionamento do sistema nervoso humano e da definição de arquitetura de sistemas. As três variáveis cujo entendimento é indispensável para a percepção do funcionamento de uma cidade-metabolismo e o trabalho aqui proposto, que se enquadra nesta definição.

O trabalho desenvolvido tem como base uma pesquisa realizada de forma aprofundada e a qual visou solidificar e apoiar a relevância do estudo, dotando-o de um enquadramento teórico devidamente fundamentado, com base em diversos artigos científicos, livros técnicos, revistas da área e notícias abrangendo o tema abordado e as respetivas temáticas, consultados em formato físico e digital.

#### 3.1. SMART CITIES

A sustentabilidade *per se* é, já há muito, um conceito interiorizado pelas pessoas, ao ponto de já não ser apenas um sinónimo de resiliência, mas, muitas vezes, também de rutura com passado e até com o presente (Duthie, 2014).

É desta limitação de paradigma imposta pela sustentabilidade, quando premissa utilizada isoladamente, que nasce a necessidade de evoluir para a inteligibilidade e para a automatização das cidades.

##### 3.1.1. As cidades inteligentes

*«Uma tecnologia inteligente é um sistema independente e corretivo que requer pouca ou nenhuma intervenção humana.» (Debnath, Chin, Haque e Yuen, 2014)*

O crescimento das cidades e da população, principalmente dentro da Europa, apresenta o desafio de repensar a visão e conceito tradicionais que temos das cidades e a projetar uma gestão incontornavelmente holística e conectiva dos seus recursos e necessidades.

Como é possível observar na Tabela 1, a definição de *smart city* assenta numa equação complexa que liga e conecta os serviços.

Hoje, mais que nunca, torna-se premente controlar os consumos de recursos, naturais ou processados, que são essenciais a uma condição saudável da vida humana, como a água, o gás e a eletricidade. Adicionalmente, é necessário gerir o quotidiano de uma cidade e assegurar um fluxo constante e regulado ao nível da mobilidade, seja ela pedestre, através da rede de transportes ou através de veículo privado, ao longo de todas as suas artérias e garantir que os níveis de segurança permaneçam intactos. Por sua vez, o incrementar de população, em particular nas grandes cidades, coloca desafios adicionais ao nível de gestão de massas, em particular, ao nível da segurança (Lazaroiu e Roscia, 2012; Batty, Axhausen, Gianotti, Pozdnoukhov, Bazzani, Wachowicz, Ouzounis e Portugali, 2012; Debnath et al., 2014), o que implica uma necessidade em identificar locais críticos de criminalidade e adequar a resposta e as ações a tomar consoante a zona e a tipologia do crime (Clarke, 2013).

Category	Best Practice Areas	Key Success Factors
Nontechnology	Strategy	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Vision:</b> Specific social, economic, and environmental goals and objectives defined by city leaders based on citizen and business needs</li> <li>▪ <b>Leadership:</b> High-level city leaders who drive the implementation of the vision</li> <li>▪ <b>Business case:</b> The financial rationale for the vision</li> </ul>
	Culture	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Innovation:</b> How well a city experiments and innovates with new ideas and technologies</li> <li>▪ <b>Citizen engagement:</b> How well a city uses citizens and stakeholders as resources (Open data is a foundation of engagement.)</li> </ul>
	Process	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Governance:</b> The structure for implementing change at the city level (organization, budgeting, performance measures)</li> <li>▪ <b>Partnerships:</b> Levels and types of partnerships</li> </ul>
Technology	Technology	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Architecture:</b> Design of technology assets to be leveraged across city verticals</li> <li>▪ <b>Adoption:</b> Penetration of broadband infrastructure and data capture devices like sensors, cameras, and so forth</li> </ul>
	Data	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Use:</b> Analysis and display of data for use for improved services and decision making</li> <li>▪ <b>Access:</b> How data is shared and accessed by workers and citizens</li> </ul>

Tabela 1 – Os factores-chave para o sucesso de uma *smart city* (Clarke, 2013)

Uma cidade torna-se-á ingerível caso não seja otimizada através de tecnologias de informação e de comunicação, de modo a conduzi-la à sustentabilidade e a uma maior resiliência (Neirrotti, De Marco, Cagliano, Mangano e Scorrano, 2014).

Um verdadeiro ecossistema tecnológico sustentável, resiliente e responsivo que conecta todos estes intervenientes, numa realidade onde a *Internet of Everything* já potencia já uma conectividade 24h/dia entre casas, carros, locais públicos, eventos sociais e os telemóveis de cada um dos cidadãos, algo que inevitavelmente levará a uma melhoria da qualidade de vida das pessoas (Elmaghraby e Losavio, 2014).

Esta equação pode ser solucionada através de uma fórmula decomposta em sensores, comandos e unidades de controlo, que, num complexo conjugar de variáveis, permite sentir, processar, tomar decisões, agir e comunicar (Debnath et al., 2014) e do qual é um bom exemplo a Cidade de Helsínquia (*site* do Município de Helsínquia, 2014).

Um bom exemplo disto é verificável ao nível do controlo de tráfego, onde os sempre inconvenientes engarrafamentos aumentam os níveis de poluição e causam transtorno aos condutores, aos utilizadores de transportes públicos e aos pedestres, até porque os semáforos ainda funcionam habitualmente por temporizadores fixos. Numa cidade inteligente justifica-se que os semáforos estejam dotados de inteligência e que sejam componentes tecnológicos dotados de capacidades para ajustarem e adequarem de forma automática a temporização e a cadência dos fluxos de trânsito, ao estarem ligados através de uma rede de sensores capazes de detetarem as várias variáveis adjacentes ao tráfego de carros e aos fluxos de transportes e de pessoas, minorando e mitigando, assim, as problemáticas em torno da mobilidade (Galán-García, J. L., Aguilera-Venegas, G. & Rodríguez-Cielos, P., 2014).

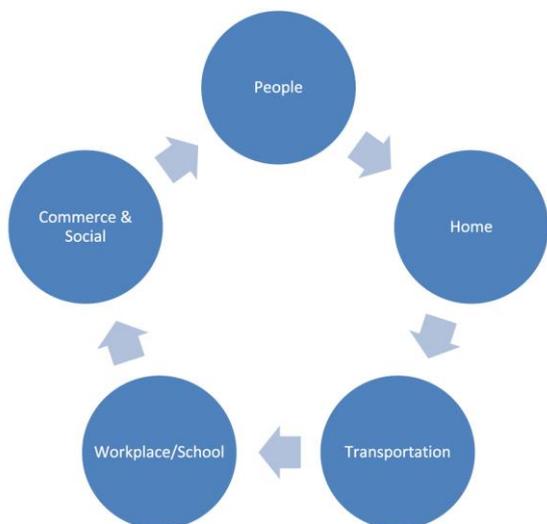


Figura 1 – A produção de dados numa *Smart City* (Elmaghraby e Losavio, 2014)

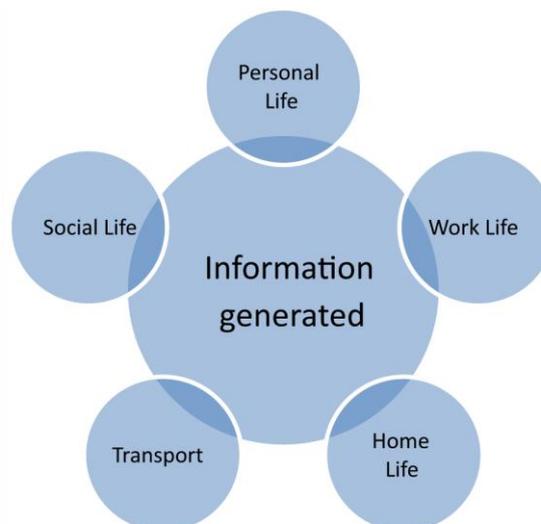


Figura 2 – Nós de origem das actividades e serviços que produzem dados (Elmaghraby e Losavio, 2014)

As *smart cities* representam, portanto, uma mudança de paradigma nas cidades, colocando a tecnologia e a informação como serviços em prol dos cidadãos e da sua qualidade de vida social e económica (Lazaroiu e Roscia, 2012; Elmaghraby e Losavio, 2014), e interconectando os cidadãos não somente entre eles, como com as várias valências e serviços municipais, que, por sua vez, implicam uma constante inovação a nível governamental (Neirotti, De Marco, Cagliano, Mangano e Scorrano, 2014), conforme as figuras 1 e 2 ilustram.

### 3.1.2. A constante inovação tecnológica

As Smart Cities resultam de ambientes criativos e de uma partilha de conhecimento intensiva, o que resulta, por sua vez, num incremento de produtividade e de crescimento económico (Kourtit e Nijkamp, 2012), potenciadores de verdadeiros ecossistemas transdimensionais de inovação e empreendedorismo (Sauer, 2012), digitalmente conectados e constituídos pela população em si, pelas instituições de ensino locais, pelos serviços públicos municipais e pelo tecido empresarial privado (presente e futuro) da cidade (Tranos e Gertner, 2012).

Na Holanda, a cidade portuária de Roterdão candidatou-se à prototipagem e teste de estradas de plástico (em detrimento do convencional asfalto), algo que é ainda um projeto conceptual de uma empresa (igualmente) holandesa, mas com previsão de vir a ser prototipado e testado em algumas ruas da cidade dentro dos próximos três anos, acalentando as promessas de reduzir drasticamente os custos de manutenção e de apresentar uma durabilidade três vezes superior ao alcatrão (Gibbons, 2015). A cidade de Roterdão, de resto, tem-se vindo a destacar como um caso exemplar de inovação e sustentabilidade através da comumente denominada “economia verde” (Braw, 2013 & Keeton, 2014).

Ainda que, felizmente e de uma forma generalizada, as catástrofes sejam incidentes pontuais na maioria das cidades, também neste campo é premente combinar a análise de dados com a sua efetiva conversão em informação útil. Foram exatamente estas as linhas orientadoras que uma equipa de investigadores do NCAR – National Center for Atmospheric Research liderada pela Dr.ª Janice Coen seguiu para desenvolver um novo modelo de análise de dados que combina os padrões de comportamento atmosféricos, a propagação do fogo e a topografia do terreno, o qual foi convertido para uma aplicação para *tablet* que previa ser lançada e testada ao longo de 2016, em parceria com os bombeiros de Colorado (Worland, 2015). Sendo este nível de inteligibilidade possível de ser concentrado numa simples *app*<sup>2</sup>, é justo pretender que uma cidade, e os seus modelos de gestão (de catástrofes), também consigam identificar situações semelhantes, despoletar os respetivos mecanismos de resposta e alertar as pessoas que se encontrem próximas de um determinado incidente.

Complementariamente, também a própria inovação social pode assumir uma preponderância digna de destaque, como se verificou em 2009 em Kibera, um bairro de pobreza extrema localizado no Quênia, onde um grupo de activistas, ao caminhar nas ruas com dispositivos tecnológicos dotados de GPS conseguiram colocar a favela no mapa – antes o Google Maps apresentava o local como uma floresta densa – e, com isso, alertar o mundo para as necessidades básicas de uma população de 250.000 pessoas (Moses, 2013).

Pode-se, perante os exemplos apresentados, inferir que se vive uma realidade em que já não se almeja apenas incutir inteligência nas cidades. Procura-se sim desenvolver um metabolismo inerente à própria cidade, dotando os seus meios e as suas valências de causa e efeito. De ações e reações. Uma verdadeira cidade-metabolismo.

### **3.1.3. As cidades-metabolismo**

*«A comunicação entre órgãos e sistemas é fundamental uma vez que permite regular o funcionamento de cada órgão de acordo com as necessidades gerais do organismo.» (Manual MSD, 2009)*

O interesse no metabolismo de uma cidade surge com o crescimento populacional nas grandes metrópoles e com o aumento consequente do consumo de energia e de recursos naturais, bem como os seus impactos ambientais. Mais recentemente, estas preocupações têm vindo a ser transpostas para o aflorar de novas grandes cidades e das suas estruturas biofísicas (Holmes e Pincetl, 2012).

A inovação como uma nova modalidade de qualidade de vida, conforme descrito no tópico anterior, transporta as cidades para uma realidade adaptativa, metamórfica e simbiótica, onde o desenvolvimento tecnológico será cada vez mais complexo e envolvente, levando a que uma cidade evolua por si só, à medida que os seus cidadãos e as suas valências se desenvolvem (e em consequência disso), através de uma análise comportamental e uma capacidade cognitiva próprias (Barry et al., 2012), conforme ilustra a figura 3.

---

<sup>2</sup> Em Portugal existe a plataforma Fogos.pt, acessível através de site, Android e iOS, que utiliza os dados oficiais da Proteção Civil e permite acompanhar todos os incêndios florestais ativos ao momento.

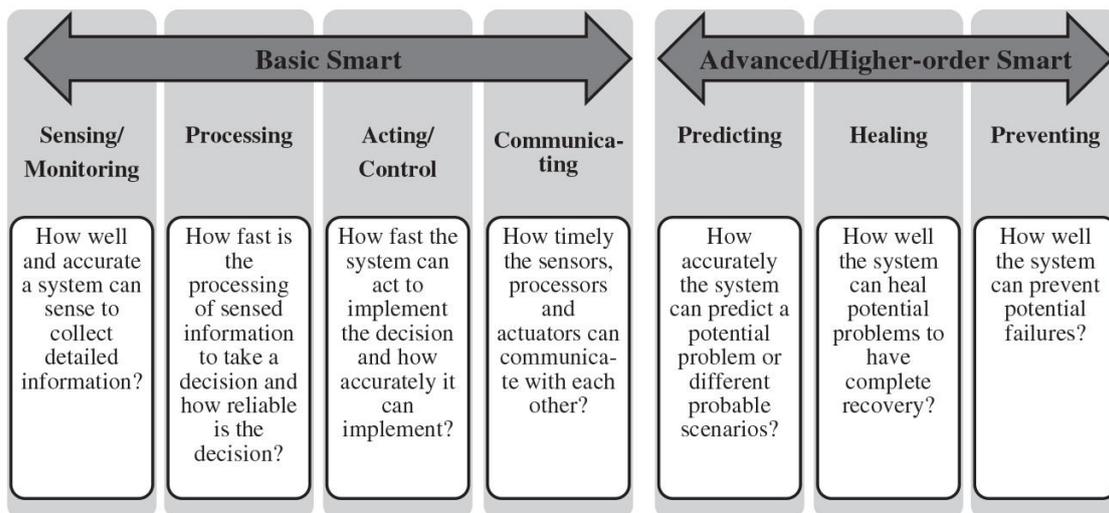


Figura 3 – Capacidades de um sistema inteligente. (Debnath et al., 2014)

Uma cidade inteligente do futuro não se resume a uma captação massiva de dados e informação, mas antes a uma arquitetura de sistemas de informação urbana que permita uma gestão capaz de ler, organizar, encadear e correlacionar esses dados individualmente, para servir o cidadão, e coletivamente, para servir a cidade (Moses, 2013) e que podemos ver ilustrada no quadro comparativo de evolução de uma *smart city* da Tabela 2.

	Ad hoc	Opportunistic	Repeatable	Managed	Optimized
<b>Key characteristic</b>	Siloed	Intentional	Integrated	Operationalized	Sustainable
<b>Goal</b>	Tactical services delivery	Stakeholder buy-in	Improved outcomes	Prediction and prevention	Competitive differentiation
<b>Outcome</b>	Proof-of-concept and business case development via ROI from pilot projects	Cross-organization deployments and development of foundational strategy and governance	Repeatable success in project process and outcomes across multiple organizations	Enterprisewide strategy, process, data, and so forth bring improved service delivery via adaptive sense-and-respond systems	Agility, innovation, and continuous improvement in service delivery bring competitive advantage

Tabela 2 – As fases de maturação de uma *smart city* (Clarke, 2013)

Esta necessidade evolutiva conduz a uma necessidade crescente de adquirir vantagens competitivas e diferenciadoras para a própria cidade, não apenas internamente, como forma de elevar a qualidade de vida dos seus cidadãos, mas também a uma dimensão externa, uma vez que a globalização coloca potencialmente cada cidade no centro do mundo, obrigando-a a evoluir e a competir com as cidades vizinhas, mas igualmente com as restantes cidades mundiais. Este novo

paradigma económico das cidades transporta-as para uma realidade informacional, conectiva e adaptativa, pois muitas vezes este ambiente competitivo pode igualmente ser mitigado e superado através de parcerias estratégicas e colaborativas entre cidades que partilham desafios semelhantes<sup>3</sup>, sendo a vantagem adquirida pela partilha de experiências e de conhecimento (Holmes e Pincetl, 2012; Tranos e Gertner, 2012).

Ao mesmo tempo, ao fazerem uso da *internet of everything*, a qual se alimenta de redes de comunicação verdadeiramente ubíquas graças ao oceano conectivo que as várias plataformas e dispositivos tecnológicos oferecem (através de WiFi, GPS e satélite, por exemplo) e que, subsequentemente, despoleta o desenvolvimento de sistemas de gestão de informação dotados de inteligência artificial, as *smart cities* passarão a ser definidas por um “genoma urbano”, o qual será capaz de antecipar, controlar e solucionar problemas no momento imediato em que eles sejam despoletados e notificar os seus cidadãos em conformidade, consoante eles sejam habitantes ou trabalhadores (Clarke, 2013).

A conjugação de tecnologia sensorial com a preocupação crescente de otimização da gestão de recursos e da redução do desperdício de recursos naturais, cada vez mais preciosos para a humanidade pela sua escassez, permite que os municípios possam ser repensados e redesenhados de forma a permitir a medição e o controlo de fluxos de água e de energia ao longo de todo o ecossistema urbano (Holmes e Pincetl, 2012; Debnath et al., 2013).

Numa cidade-metabolismo, a própria rede pública de WiFi poderá evoluir para um serviço que não apenas partilhe internet em pontos isolados do município, mas que também seja esta valência um alicerce de uma rede de serviços de utilidade pública, como o auxílio no estacionamento, permitindo aos cidadãos saber em tempo real onde terão mais facilidade em deixar o carro, ou também ao nível da segurança, servindo como plataforma de sustentação para a videovigilância, utilizando o formato de vídeo sobre IP (Clarke, 2013).

Ou seja, encontra-se aqui um ecossistema que agrega a inteligibilidade de seis variáveis basilares e indissociáveis de um contexto urbano – pessoas, governação, economia, mobilidade, ambiente e vivência (Stolfi e Alba, 2014) – e cujas ações e interações geram ciclos de aquisição e consumo de recursos e de energia dentro das cidades, equivalentes às simbioses entre organismos vivos habitualmente estudados na área das Ciências e da Biologia (Holmes e Pincetl, 2012).

Complementariamente ao anteriormente descrito, como qualquer metabolismo, torna-se igualmente necessário assegurar que este se desenvolve de forma integrada numa sustentabilidade a nível ecológico e a consequente redução da emissão de poluição nociva ao ambiente que nos rodeia (Holmes e Pincetl, 2012; Stolfi e Alba, 2014).

Conjugando tudo isto, alcançar-se-ão cidades sustentáveis, comunidades inteligentes e uma governação dotada de mecanismos auxiliares de decisão, por via de uma amizade estreita com o meio ambiental (Holmes e Pincetl, 2012; Clarke, 2013; Neirotti et al., 2014).

---

<sup>3</sup> O Agrupamento Europeu de Cooperação Territorial (AECT) Eurocidade Chaves-Verín é um ótimo exemplo nacional e ibérico neste âmbito.

## 3.2. SISTEMA NERVOSO HUMANO

O sistema nervoso humano é constituído por cérebro, medula espinhal e a rede de nervos, que percorre a totalidade do nosso organismo (*Manual MSD, 2009*). No entanto, de uma forma mais criteriosa e mais técnica, podemos subdividi-lo em duas componentes: o sistema nervoso central, composto por cérebro e medula espinhal, e o sistema nervoso periférico, constituído pela vasta rede de nervos, a qual se decompõe em mais de 10 mil milhões de neurónios (Kiernan e Rajakumar, 2013) e é responsável por monitorizar, responder e transportar informação ao longo do corpo humano (Farley, Johnstone, Hendry e McLafferty, 2014a).

### 3.1.1. O cérebro

É o cérebro que define a forma como se processam os dados do ambiente em redor e os transforma em informação, de forma distinta em cada indivíduo. Crenças, convicções, os vários sentidos, a linguagem, a matemática e as ciências, as artes... Inteligência e conhecimento. Sonhos e fantasias. Tudo concentrado e processado pelo cérebro, também denominado encéfalo, e que é composto por três elementos principais: o cérebro em si, o tronco encefálico e o cerebelo (*Manual MSD, 2009*).

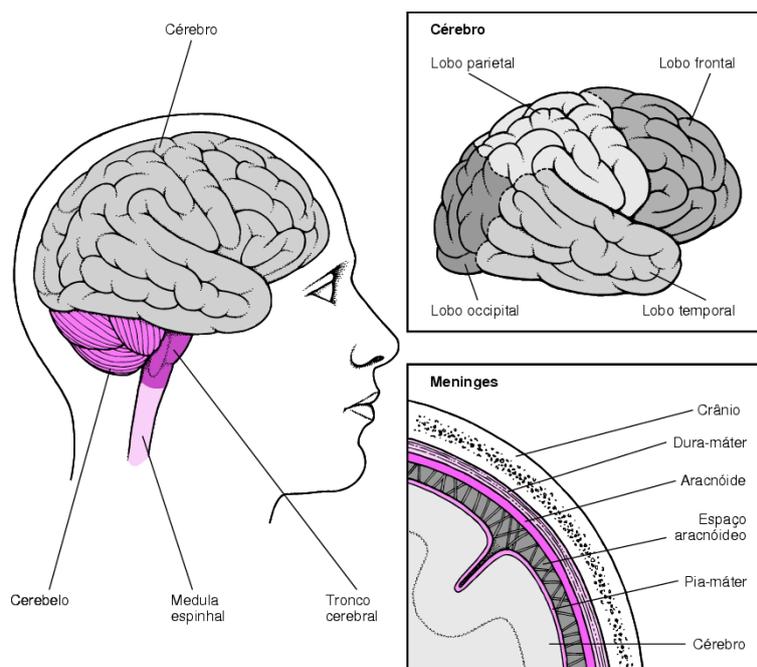


Figura 4 – Estrutura do cérebro humano (*Manual MSD, 2009*).

O cérebro encontra-se dividido em dois hemisférios, direito e esquerdo, que se encontram conectados por fibras nervosas designadas como corpo caloso. Por sua vez, pode-se ainda segmentar o cérebro em quatro grandes e distintas áreas, designadas por lobos: o frontal, responsável pela atividade motora, pela linguagem, pelos estados de espírito e pelo pensamento; o parietal, que interpreta sensações e despoleta movimentos; o occipital, que controla essencialmente a visão; e o temporal, que nos permite reconhecer os nossos amigos e familiares, que estrutura as memórias de eventos passados e que nos dota das capacidades de comunicação e de ação (Brodal, 2010; Kiernan e Rajakumar, 2013; Hendry, Farley, McLafferty e Johnstone, 2014).

### 3.1.2. A espinal medula

Por sua vez, o tronco encefálico é responsável pela nossa postura e pelo controlo dos movimentos respiratórios, por exemplo, enquanto ao cerebelo cabe a responsabilidade de assegurar a coordenação dos nossos movimentos (*Manual MSD, 2009*).

A espinal medula e o gânglio dorsal são as duas componentes responsáveis pela ramificação nervosa de quase todo o nosso organismo e transportam os sinais sensoriais deste a sua captura, até ao cérebro e, em seguida, devolvem a resposta que origina a ação motora e demais sensações (Brodal, 2010; Kiernan e Rajakumar, 2013; Farley et al., 2014a; Farley, McLafferty, Johnstone e Hendry, 2014b).

De forma a melhor compreender o funcionamento da medula espinal, deve-se analisar tacitamente a sua estrutura e os segmentos espinais que a compõem e que, por sua vez, originam as mais diversas ações e reações.

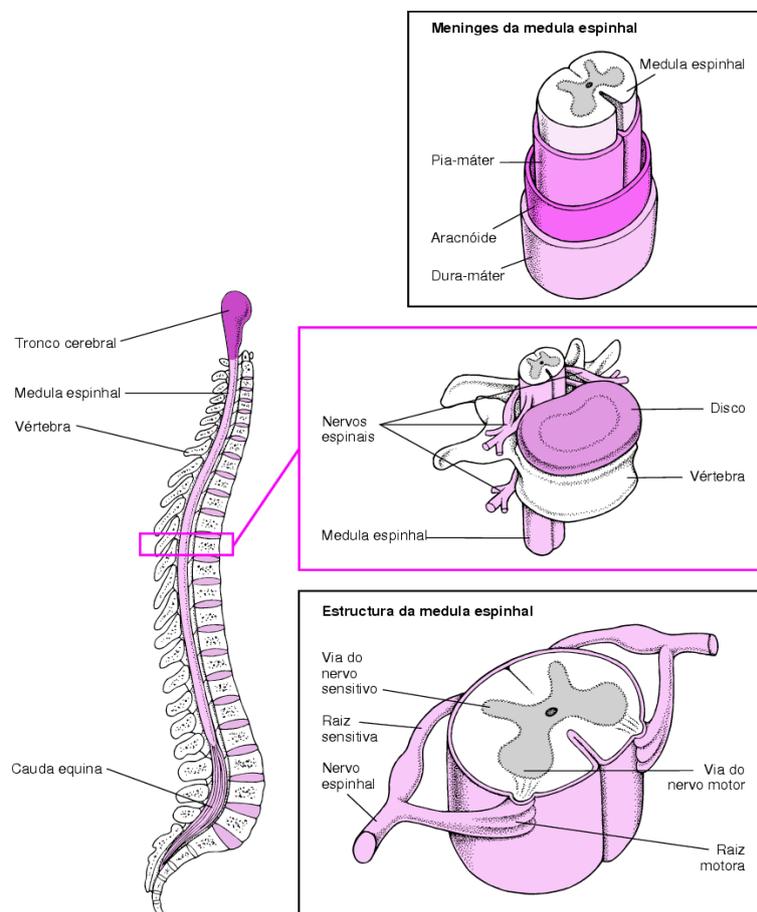


Figura 5 – Estrutura da medula espinal (*Manual MSD, 2009*).

Um segmento espinal é cada uma das partes da espinal medula que origina um par de nervos espinais e que funcionam, cada um deles, como uma unidade distinta correspondente a uma parte diferente do corpo humano, sendo responsável pela receção da informação sensorial relativa ao seu

“raio de ação”, ao devido processamento dessa informação e responsável por uma resposta adequada de músculos e glândulas perante a informação facultada (Brodal, 2010; Kiernan e Rajakumar, 2013; Farley et al., 2014b).

A espinal medula é o elo de ligação de toda a informação ao longo do nosso organismo e de toda comunicação subsequente, desde o momento da captura da sensação, passando pela central de decisão e até a resposta adequada ser levada a cabo (Farley et al., 2014b).

### 3.1.3. Os neurónios

Os neurónios – ou “nervos”, a designação lata e popular tantas vezes utilizada – são os mediadores da comunicação entre o sistema nervoso central e o restante organismo. Essa mediação realiza-se através de impulsos elétricos levados a cabo pelos axónios, uma extremidade filiforme da célula nervosa que facilita a comunicação com as outras células, que formam fileiras de raízes ao longo da medula espinal e que se categorizam em dorsais (responsáveis pelas funcionalidades motoras) e ventrais (funcionalidades sensoriais). Uma raiz dorsal e uma espinal unem-se formando um nervo espinal, ficando localizado igualmente nesse ponto de união o gânglio espinal. No total, o sistema nervoso central contém trinta e um nervos espinais em cada lado da medula espinal, que formam entre si pares simétricos e que se conectam através de sinapses (Brodal, 2010; Kiernan e Rajakumar, 2013; Farley et al., 2014a; Farley et al., 2014b).

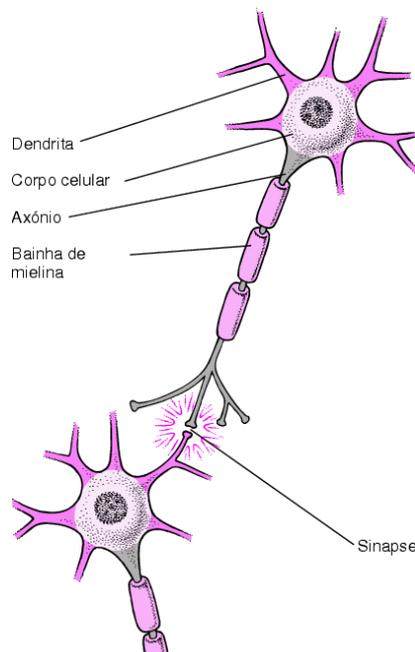


Figura 6 – Estrutura de uma célula nervosa (Manual MSD, 2009).

Observa-se, portanto, que o sistema nervoso, através de cérebro, medula espinal e neurónios, constitui um sistema de transporte de informação e de comunicação de uma complexidade ímpar, mas, igualmente, de uma perfeição e de uma eficiência singulares, capaz de receber, analisar e processar um volume quase imensurável de informação. Uma arquitetura de sistemas de informação

no seu formato mais puro. No seu formato mais belo. Inquestionavelmente, no seu formato mais que perfeito.

### 3.3. ARQUITETURAS DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

Os sistemas de informação definem-se como a conjugação de várias tecnologias computacionais de gestão, registo, tratamento e processamento de dados e informação, com a consideração ou abstracção das variáveis representacionais, das atividades organizacionais – sejam elas formais ou informais – e comunicacionais – internas e externas – de uma determinada entidade (Amaral e Varajão, 2014), como exemplificado pela Figura 7.

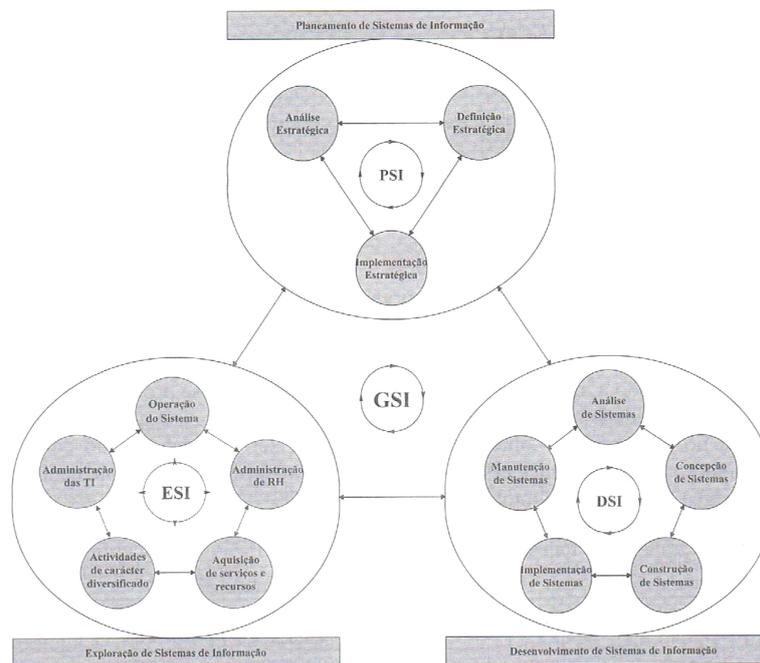


Figura 7 – Atividades da função sistemas de informação (Varajão, 2005)

As arquiteturas de sistemas de informação assumem-se, então, como o suporte de dados, de informação e de conhecimento de uma dada organização – para o caso do presente documento, uma cidade –, através de uma estrutura que integra e conecta os seus vários componentes, relações e objetivos (Vasconcelos, Silva, Fernandes e Tribolet, 2004).

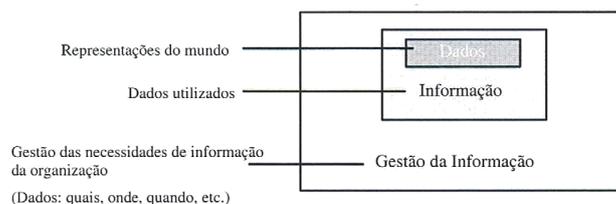


Figura 8 – Gestão da informação (Amaral e Varajão, 2014)

Recuando até ao final dos anos 80, foi John Zachman um dos pioneiros a diferenciar a arquitetura de sistemas de informação da arquitetura de software e, mais dos que essa distinção, foi o *designer* de um modelo de *framework* que resiste até aos dias de hoje e que adota uma visão conjunta de uma organização, dos seus sistemas e da respetiva perceção que cada um dos níveis da cadeia orgânica de uma entidade olham para um mesmo artefacto e as diferentes interpretações que fazem dele, o que leva a uma visão e a uma relação distintas consoante cada um dos níveis de intervenção e interação com esse mesmo artefacto (Zachman, 1987).

Por sua vez, a estrutura das arquiteturas de sistemas de informação é comumente dividida em três ramos: arquitetura informacional, arquitetura aplicacional e arquitetura tecnológica. A arquitetura informacional tem como principal âmbito a identificação e definição da informação que apoia o desenvolvimento de negócio, bem como a sua categorização e dimensão; por sua vez, a arquitetura aplicacional define as aplicações necessárias para a gestão da informação e as condições para a sua acessibilidade; já a arquitetura tecnológica providencia o ambiente para a construção e lançamento de aplicações, identificando conceitos e tecnologias a serem implementadas, bem como processos de armazenamento de dados e comunicação entre processos (Vasconcelos, A., Caetano, A., Sinogas, P., Mendes, R. e Tribolet, J., 2006).

É possível afirmar que uma arquitetura de sistemas de informação deve ser pensada e desenhada com uma visão holística, que contemple a devida segmentação de hierarquias e processos, mas onde o artefacto final seja sempre agregador e um conector constante do fluxo de informação, que garanta a sua integridade e acessibilidade, sob os pontos de vista qualitativo e quantitativo, conforme a necessidade e adequabilidade de cada projeto (Crespo e Santos, 2014), sendo uma arquitetura de sistemas de informação igualmente um elemento identificador, conector, enquadrador e potenciador de limitações, oportunidades e vantagens dentro da orgânica de uma entidade, internamente, bem como do seu negócio, externamente (Amaral e Varajão, 2014). Exemplo ilustrado pela Figura 9.

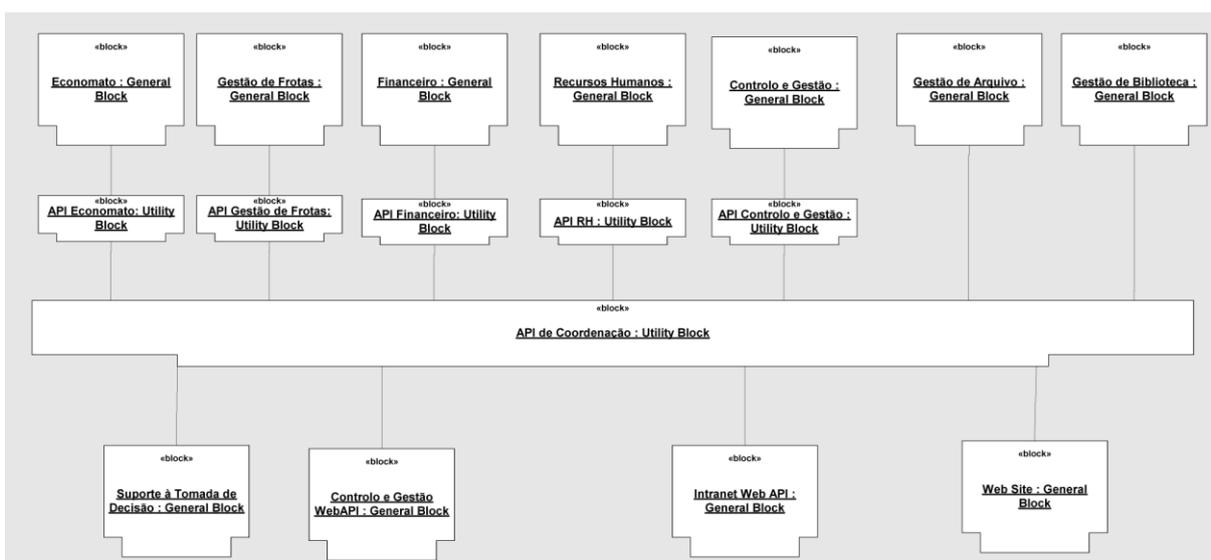


Figura 9 – Exemplo de arquitetura de sistemas de informação (Vasconcelos et al., 2002)

## 4. METODOLOGIA

A revisão da literatura permitiu aferir e aprofundar o conhecimento e a constante metamorfose das *smart cities*, bem como estudar e analisar o sistema nervoso humano. Sendo intrinsecamente notórios os pontos de convergência entre ambas as áreas de estudo anteriormente referidas e as inequívocas semelhanças entre os artefactos de ambas, a presente dissertação irá versar sobre o desenho de uma arquitetura de sistemas de informação de uma cidade-metabolismo.

Com esse fim, a *Design Science Research* será a metodologia adotada para validar e suportar cientificamente esta dissertação, por se tratar de um método direcionado para o estudo de trabalhos baseados em tecnologias e sistemas de informação e por assegurar o rigor, a transparência e a precisão necessários para o desenho de uma arquitetura de sistemas de informação. (Crespo e Santos, 2014)

### 3.1. DESIGN SCIENCE RESEARCH

*«Enquanto as ciências naturais e sociais tentam perceber a realidade, a design science tenta criar soluções que sirvam o desígnio humano.» (Herbert A. Simon, 1996)*

A utilidade, a qualidade e a eficácia desses artefactos são rigorosamente avaliadas, de forma a assegurar que os problemas, anterior e adequadamente identificados, se encontram supridos através do desenho de uma nova solução, a qual pode ir desde a engenharia, à programação, passando por áreas tão diversas como o *design* de produto ou da arquitetura convencional (Peffers, Tuunanen, Rothenberger e Chatterjee, 2008).

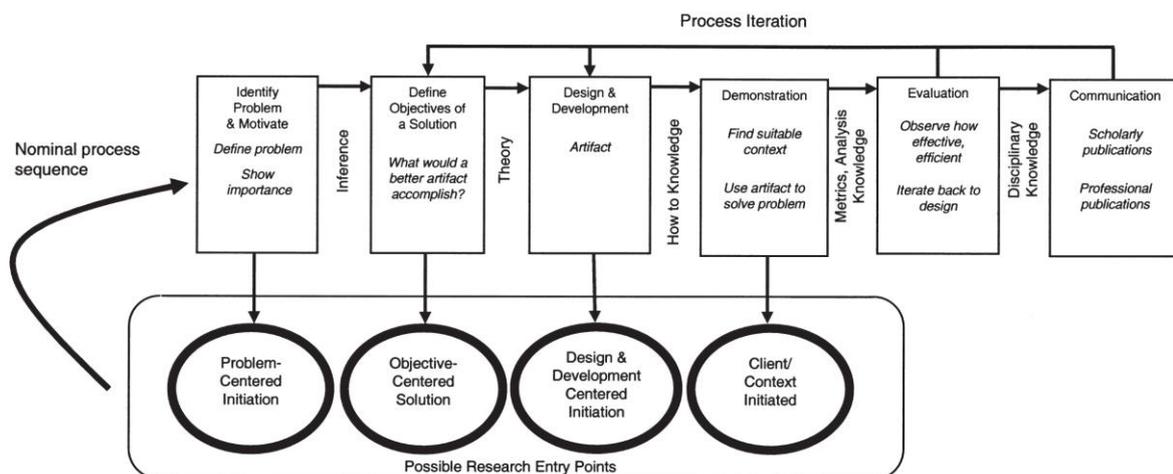


Figura 10 – Modelo do processo de Design Science Research Methodology (Peffers et al., 2008]

Conforme se pode observar no modelo apresentado na Figura 10, a abordagem deverá passar pela desconstrução do projeto em seis fases distintas:

1. Identificação do problema: todo e qualquer projeto começa com uma avaliação adequada da amplitude do problema que visa ser resolvido.
2. Identificação de objetivos: depois de aferir o problema, torna-se necessário quantificar e qualificar a abrangência da solução, definindo requisitos e garantindo que esta é adequada e exequível.
3. Desenho e desenvolvimento da solução: o terceiro passo será a construção do artefacto, o qual poderá representar uma melhoria (num artefacto já existente) ou uma inovação (e a consequente construção de um artefacto de raiz e totalmente novo); os artefactos podem assumir várias formas, desde processos, até um protótipo; para a presente dissertação, o artefacto será uma arquitetura de sistemas de informação.
4. Demonstração: depois de desenhado o artefacto, é necessário testá-lo e assegurar que cumpre todos os propósitos que levaram ao seu desenvolvimento; os testes poderão ser realizados sob a forma de simulações, casos-estudo, análise probabilística ou outras atividades consideradas adequadas.
5. Avaliação da solução: observação e avaliação da adequabilidade do artefacto à solução do problema, através da comparação dos objetivos inicialmente definidos com a performance do artefacto aquando da demonstração, podendo esta verificação de integridade ser realizada de forma empírica ou lógica; é no final desta atividade que se avalia se o artefacto deverá retroceder para a terceira atividade (desenho e desenvolvimento) para ser melhorado ou se essa melhoria pode ser feita em projetos futuros.
6. Comunicação: a fase final passa pela publicação do artefacto e pela divulgação dos resultados alcançados, do rigor e critério do seu desenvolvimento e da eficácia do artefacto produzido, junto da comunidade académica, nomeadamente de investigadores, mas também, sempre que se justifique, igualmente junto de profissionais.

Através da metodologia de *design science research* é possível, portanto, desenvolver conhecimento a partir do desenho de novos artefactos, analisar as suas capacidades e potencialidades, sempre acompanhados de reflexão e abstração perante um problema cuja solução nos levará a uma melhor compreensão dos sistemas de informação (Peppers et al., 2008; Vaishnavi e Kuechler, 2004; Hevner, March, Park e Ram, 2004).

### **3.2. ESTRATÉGIA DA INVESTIGAÇÃO**

O interesse e curiosidade ao nível do crescimento das cidades e da inovação que tem vindo a ser desenvolvida, sob várias formas e transversal a inúmeras áreas de intervenção,

levaram a um estudo de trabalhos recentes, versando sobre *smart cities*, arquiteturas de sistemas e computação biológica, os quais, pelo mérito dos artefactos desenvolvidos, despoletaram uma cadeia de ideias. Dentro do mérito das várias soluções que foram estudadas, denotou-se uma limitação comum: a grande maioria abordava problemas concretos do quotidiano de uma cidade, mas abordava-os e solucionava-os de uma forma direta e específica. Isto, quando conjugado com a inspiração nascida da leitura realizada relativamente à computação biológica, às cidades-metabolismo e à *internet of everything*, motivou duas questões centrais: poderia a abordagem à sustentabilidade e à gestão de recursos urbanos ser abordada de uma forma holística e biológica, idêntica a um ecossistema simbiótico? E se sim, qual o sistema biológico mais adequado para o fazer?

Esta motivação levou a que se propusesse como objetivo para o presente trabalho o desenho de uma arquitetura de sistemas de informação para uma *smart city* inspirada no sistema nervoso humano, desenhada de forma coerente e consistente; capaz de efetuar uma recolha de dados precisa, de proporcionar uma análise e conversão em informação adequada a cada situação e despoletadora de respostas em conformidade com os inputs recolhidos, através de uma vasta rede de sensores que irão acionar as respetivas entidades ou serviços e comunicar diretamente com os cidadãos. Mais, um artefacto que promova a intenção objetiva de uma análise detalhada dos dados e informações originários de pessoas, serviços, valências e entidades de uma cidade, bem como o respetivo estudo das sinergias passíveis de serem desenvolvidas entre eles e que viabilize uma automação de processos e decisões, bem como uma capacidade de autoaprendizagem, potenciadora de um constante incremento de conhecimento pela própria arquitetura.

A proposta de arquitetura de sistemas de informação apresentada visa permitir a uma cidade aumentar a eficiência da sua gestão, nomeadamente, com as características evolucionárias, as metamorfoses e as simbioses anteriormente descritas, conceptualizadas tendo presentes estudos anteriores, focados em áreas de intervenção específicas, e o qual foi desenvolvido de forma coerente com as recentes definições de cidade-metabolismo e de computação biológica, que permitem uma solução integrada e conexa de serviços de informação a nível urbano.

O artefacto proposto tem vindo a ser avaliado positivamente pela comunidade académica, como comprovam os posters já submetidos. O primeiro foi apresentado na edição de 2016 da Conferência da Associação Portuguesa de Sistemas de Informação, ocorrida entre os dias 22 e 24 de Setembro de 2016 no Instituto Superior de Contabilidade e Administração do Porto – Instituto Politécnico do Porto; o segundo irá ser apresentado na edição de 2017 do Green Business Week, que decorrerá entre os dias 15 e 17 de Março.

## 5. MODELO

A Era da Informação que se presencia nos dias correntes e que, seja por hábito, por necessidade ou por vício, nos leva as pessoas a estarem conectadas 24/7 potencia a criação de uma coleção de dados em tempo real relativos às suas ações, ao seu comportamento e ao seu quotidiano, através de inúmeros meios (Barry et al., 2012).

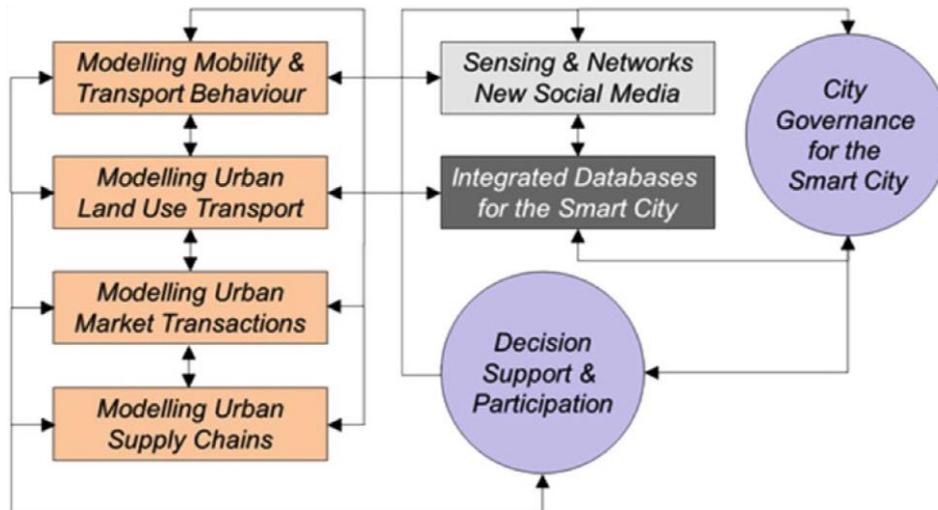


Figura 11 – Possível estrutura modular de uma *smart city* (Barry et al., 2012)

Ao consultar a Figura 11 observa-se que são gerados dados passíveis de serem recolhidos através e sensores, processados e transformados em informações e em conhecimento de utilidade pública, através dos *smart devices* que possuímos e que utilizam georreferenciação (telemóvel, computador e carro, por exemplo), das operadoras telefónicas ou até mesmo das redes sociais (Peffer et al., 2008; Barry et al., 2012).

Esta relação de partilha, de confiança e de participação visa ser colaborativa e bilateral, de modo a que o cidadão gere estes dados para benefício da cidade, dos seus serviços e das suas valências, mas posteriormente receba informação útil em retorno, através de aplicativos e serviços municipais (Barry et al., 2012; Elmaghraby e Losavio, 2014).

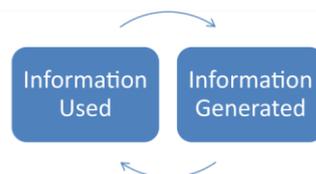


Figura 12 – Ciclo de informação de benefício mútuo (Elmaghraby e Losavio, 2014)

Conforme ilustra a Figura 13, uma arquitetura de sistemas de informação dotada de uma capacidade sensorial, captora de dados e capaz de os transportar até um centro informacional, gerador de conhecimento e despoletador de ações subsequentes e adequadas ao sinal inicialmente captado, irá permitir uma monitorização inteligente e autónoma de uma cidade (Debnath et al., 2013; Avelar, E., Marques, L., dos Passos, D., Macedo, R., Dias, K. e Nogueira, M., 2014), permitindo-lhe não ser um local de ações fixas e predefinidas, mas antes um local de interações automáticas, mutáveis e dotadas de inteligência evolutiva (Barry et al., 2012).

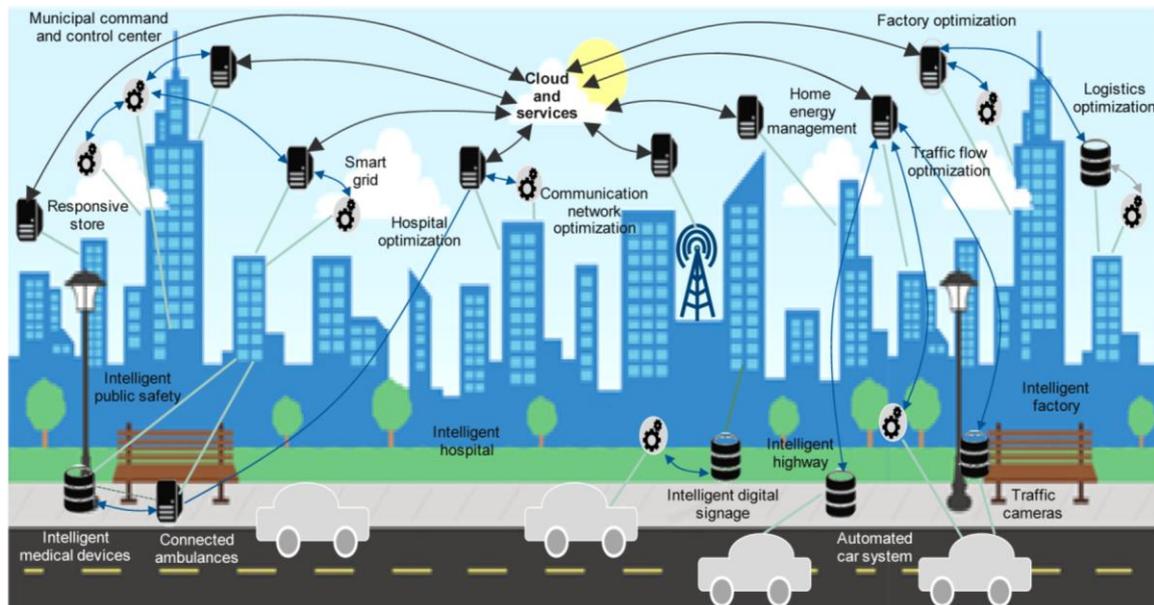


Figura 13 – A rede sensorial de uma *smart city* (Clarke, 2013)

O primeiro passo para assegurar a integridade e a expansibilidade comunicativa da arquitetura passa por assegurar a heterogeneidade da rede wireless e garantir a sua segurança e fiabilidade (Avelar et al., 2014), uma vez que será esta a base comunicativa para uma rede de sensores inteligentes, que além de captarem dados, estejam dotados da capacidade de os filtrar e de definir métricas analíticas (Clarke, 2013) logo num primeiro instante, avaliando a intensidade e a gravidade de um incidente identificado como atípico e comuniquem entre eles, tal e qual os neurónios reagem quando, por exemplo, nos aproximamos de uma fonte de calor excessivo ou nos entalamos numa porta.

Um exemplo parcial do descrito no parágrafo anterior é a tecnologia Red Swarm, que através de um algoritmo evolucionário permite calcular um trajeto otimizado para cada veículo, tendo em conta os percursos habituais de cada condutor ao longo do seu dia-a-dia, que se encontra incorporado no sistema de semáforos da cidade de Málaga, no Sul de Espanha (Stolfi e Alba, 2014).

Seguindo o paralelismo com o sistema nervoso humano, a rede neuronal composta por sensores wireless irá necessitar do suporte de uma medula espinhal, a qual terá de assegurar um canal comunicativo entre os neurónios e os demais componentes da arquitetura, ao mesmo tempo que estará dotada de uma flexibilidade que será necessária para assegurar futuras expansões a rede, bem

como a integração de novos componentes (Avelar et al., 2014), podendo esta ser desenhada e implementada à imagem dos projetos de instalação a larga-escala de banda larga nas cidades de Barcelona, Chicago e Estocolmo, todas baseadas em fibra ótica (Busher e Doody, 2013).

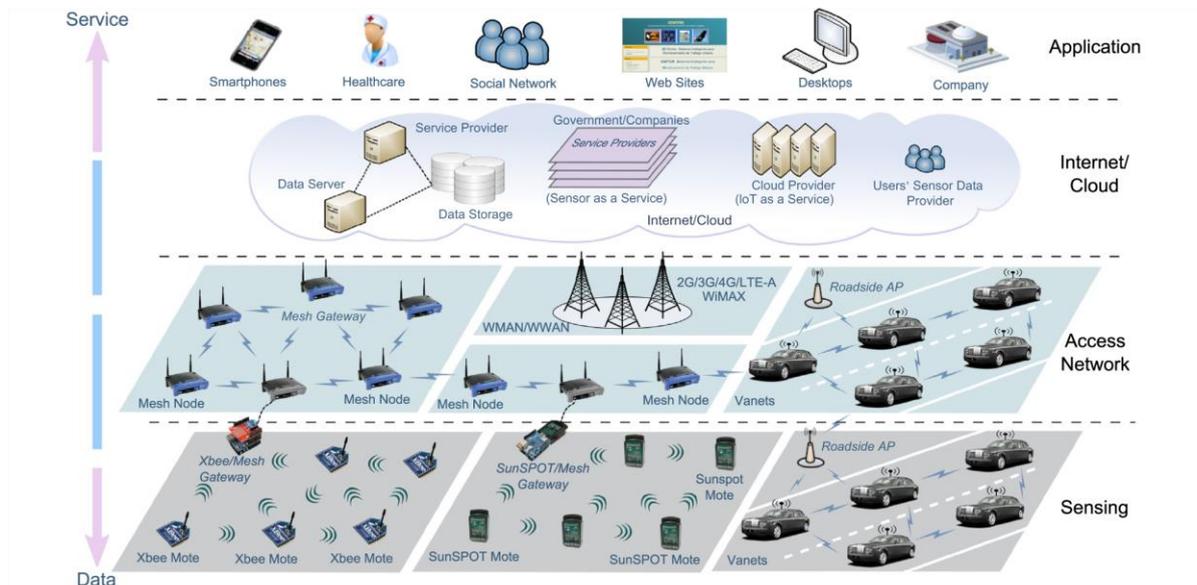


Figura 14 – Captação sensorial de dados e o processamento de informação (Avelar et al., 2014)

Para esta arquitetura ficar completa, não poderia faltar um centro de decisão, o cérebro da arquitetura, o qual teria de apresentar características cognitivas, evolutivas e metamórficas, podendo, numa primeira fase, ser instalado como um artefacto de auxílio à decisão e gestão de catástrofes e transformar-se posteriormente no encéfalo da cidade e gerir todas as suas atividades (Moses, 2013), principalmente, tendo em consideração os bilhões de conexões que a *internet of everything* potencia e a quantidade imensurável de soluções e serviços que o tratamento analítico e inteligível desses dados podem originar (Clarke, 2013).

O melhor exemplo para este conceito seria o Centro de Operações do Rio de Janeiro, o qual alberga presentemente mais de 30 departamentos da cidade, algo que é representativo de uma visão de integração e coordenação na gestão dos serviços da cidade. Foi desenvolvido em parceria com a IBM e a Oracle num espaço temporal de apenas oito meses, é especializado em gestão de emergências e catástrofes. (Busher e Doody, 2013).

A Tabela 3 exemplifica como a cada componente da arquitetura de sistemas de informação proposta irá corresponder um conjunto de ações perfeitamente definidas à semelhança do que sucede com o sistema nervoso humano. Isto, visa facilitar a sua total compreensão e permitir uma instalação mais intuitiva, faseada (se necessário) e evolutiva.

Homeostasia			
Sistema nervoso		Cidade-metabolismo	
<b>Cérebro</b>	Centro de controlo, de inteligência, de armazenamento e criação de conhecimento e de planeamento	<b>Centro de controlo</b>	Unidade central de controlo (serviços automáticos) e de apoio à decisão (serviços automatizados)
<b>Cerebelo</b>	Coordenação e uniformização dos movimentos corporais	<b>Entidades municipais</b>	Coordenação e uniformização de os movimentos corporais
<b>Espinal medula</b>	Via de comunicação entre o encéfalo e o restante organismo	<b>Internet / Cloud</b>	Comunicação entre a rede de sensores e o centro de controlo
Rede neurológica		Rede sensorial artificial	
<b>Neurónios</b>	Interconectores entre o cérebro e o corpo	<b>Rede de comunicações</b>	Rede modular e conexas comunicação entre a rede de sensores e o centro de controlo
<b>Corpo celular</b>	Integrador de informação	<b>CPU</b>	Análise, interpretação e processamento de dados e informação
<b>Dendrites</b>	Recetor de informação entre neurónios	<b>Sensores</b>	Recetor de dados e reencaminhador de informação
<b>Axónio</b>	Canal transportador de informação no interior do neurónio	<b>Switch</b>	Canal de transporte e segmentação de dados e informação
<b>Botão sináptico</b>	Transmissor de informação entre neurónios	<b>Router</b>	Transmissão de dados (input) e informação (output)
Simbiose			
<b>Corpo humano</b>	Emissor de sensações e recetor de informação	<b>Dispositivos</b>	Emissores de dados e recetores de informação
Homeostasia			

Tabela 3 – Paralelismo entre o sistema nervoso humano e uma cidade-metabolismo

## 6. CONCLUSÕES

*«We dont use a diferente road system for cars, trucks or emergency vehicles because it is more eficiente to use a unified road network» (Clarke, 2013)*

Esta frase, por si só, permitiria resumir grande parte do longo caminho que ainda há para percorrer no que concerne as smart cities e a smart data que as permitirá, no futuro, ser geridas de forma integrada, em real-time e como um ecossistema de inspiração biológica.

Ao longo deste trabalho, foi possível observar que já não se verificam formas de gestão totalmente top-down e que se privilegia essa mesma participação e interação, que representa já uma pequena mudança de paradigma nas cidades mais modernas. É cada vez mais necessário e relevante olhar para uma cidade e vê-la como um organismo que começa e acaba nas pessoas, envolvendo-as com os serviços, as várias entidades e as inúmeras valências municipais numa única rede digital e homeostática, de uma forma colaborativa e participativa.

O artefacto proposto tem vindo a ser avaliado positivamente pela comunidade académica, como comprovam os posters já submetidos. O primeiro foi apresentado na edição de 2016 da Conferência da Associação Portuguesa de Sistemas de Informação, ocorrida entre os dias 22 e 24 de Setembro de 2016 no Instituto Superior de Contabilidade e Administração do Porto – Instituto Politécnico do Porto; o segundo irá ser apresentado na edição de 2017 do Green Business Week, que decorrerá entre os dias 15 e 17 de Março.

Ao adotar esta abordagem holística, torna-se possível alcançar uma sustentabilidade realmente significativa e que supera a simples redução de custos. Abraçar esta visão participativa e colaborativa, é condição sine qua non para alargar horizontes e espremer todo o sumo que a open data tem para oferecer, analisar minuciosamente todos esses dados e obter níveis de informação, de conhecimento e de inovação que permitam fazer a diferença e aumentar a qualidade de vida das pessoas na cidade e gerir de forma otimizada e eficiente todos os recursos urbanos que resultará num ecossistema biológico que definirá a cidade como uma plataforma (city-as-a-platform) ou como um serviço (city-as-a-service).

O incremento do número de dispositivos conectados à “aldeia global” denominada internet cresce de forma quase exponencial e tão notória, que permite concluir igualmente que a standardização de comunicação entre dispositivos, redes e meios tecnológicos terá de dar origem a novos protocolos universais de comunicação entre todos os elementos que integrem este ecossistema biológico digital.

O ecossistema vivo comum, denominado Terra e desenhado pela “mãe-natureza”, sobrevive através de simbioses, homeostacias e mutações há centenas de milhões de anos, o que o define como a melhor inspiração e como o melhor elemento motivador que se pode ter para investigar, para aprender e para evoluir.

## 7. LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O presente estudo é possível de desenvolver mais detalhadamente em âmbito de doutoramento, assim como o conceito e o estudo de inovações tecnológicas baseadas em componentes biológicos e dotados de inteligência são ainda recentes, pelo que estudos adicionais a serem desenvolvidos presentemente e que venham a ser elaborados no futuro poderão enriquecer o presente trabalho e esta área de estudo.

Incontornavelmente, vivemos uma segunda década do novo milénio que tem revelado grandes limitações e dificuldades económicas a nível global, o que coloca um esforço financeiro crescente em muitas cidades que poderiam procurar desenvolverem-se em condições mais favoráveis. Ainda assim, apesar de o capital financeiro ter um peso significativo na hora de investir, muitos exemplos de resiliência têm vindo a surgir e, em particular no contexto europeu, também têm sido elevadas as verbas comunitárias a serem disponibilizadas para centros urbanos que efetivamente apresentem projetos diferenciadores e potenciadores da sua população.

O acesso a dados e a sua precisão são particularmente limitados ao nível de uma metrópole, mas também no seu geral, dado que apesar de a perceção do valor e da mais valia que a informação proporciona aos sistemas informacionais e aos negócios ter vindo a aumentar, nem sempre a “colheita” de dados é a mais adequada. Quando isto se verifica, tendencialmente, o resultado irá ser falacioso ou até paradoxal, pois não se iniciando a aquisição de dados de forma exata, a informação gerada também não terá a mais aprimorada. Parte deste problema, reside no limite que ainda existe relativamente ao capital humano especializado, que apesar de ter vindo a crescer, ainda não supre as necessidades de um mercado que, adicionalmente, cresce de forma continuada.

Um dos próximos grandes passos deverá passar pelo reconhecimento da velocidade que a informação se multiplica e que isso implica um crescimento da ciência, da tecnologia e da inovação, de forma a lutar, de modo persistente e perseverante, para a legislação e regulamentação em vigor consiga evoluir de forma igualmente rápida, garantindo sempre a integridade e a privacidade do indivíduo, mas permitindo que nele resida a escolha da partilha – ou não – de dados e informação. Só assim a internet of everything e as smart cities poderão ser verdadeiramente utilizadas como catalisadores de inovação e gestão. Uma visão holística que agentes políticos locais muitas vezes conseguem perceber com maior agilidade e destreza do que os agentes políticos nacionais e internacionais, pois são eles quem está no terreno e convive diariamente com os cidadãos, com a gestão de freguesias e cidades e capacidade das cidades para analisarem a sua situação atual e o caminho a percorrer no futuro.

Ao mesmo nível, esta motivação não deva cessar nas cidades, mas ser elevada a níveis comunitários e humanitários para permitir que haja uma preocupação e um investimento globais para diminuir significativamente a iliteracia digital e aumentar o acesso digital, permitindo uma igualdade de oportunidades na vida e de acesso a bens como a informação e a educação para qualquer jovem, de forma livre e neutra, independentemente do país ou continente onde nasça.

## 8. BIBLIOGRAFIA

Amaral, L. e Varajão, J. (2014). Planeamento de Sistemas de Informação (4.ª edição actualizada e aumentada): FCA

Avelar, E., Marques, L., dos Passos, D., Macedo, R., Dias, K. e Nogueira, M. (2014). Interoperability issues on heterogeneous wireless communication for smart cities. *Computer Communications*

Brodal, P. (2010). *The Central Nervous System: Structure and Function (4th Ed.)*: Oxford University Press

Braw, E. (2013, 18 de Novembro). Rotterdam: designing a flood-proof city to withstand climate change. Texto publicado no *The Guardian*: <https://www.theguardian.com/sustainable-business/rotterdam-flood-proof-climate-change>

Busher, V. e Doody, L. (2013). *Global Innovators: International Case Studies on Smart Cities*. BIS Research Paper No. 135

Cisco Systems, Inc. (2017). *Internet of Everything Assessment*. Texto publicado no site da Cisco Systems, Inc., em: <http://ioeassessment.cisco.com/>

City of Helsinki. (2014, 25 de Novembro). City plan draft shows how Helsinki is envisioned to grow. Texto publicado no site do Município de Helsínquia, em: <http://www.hel.fi/www/uutiset/en/kaupunkisuunnitteluvirasto/city-plan>

Clarke, R. Y. (2013). *Smart Cities and the Internet of Everything: The Foundation for Delivering Next-Generation Citizen Services*. IDC Government Insights #GI243955

Crespo, P. e Santos, V. (2014). *Construção de Sistemas Integrados de Gestão para Micro e Pequenas Empresas*. Artigo consultado no Repositório da Universidade Nova: <http://hdl.handle.net/10362/14535>

Debnath, A. K., Chin, H. C., Haque, M. , & Yuen, B. (2013). A Methodological Framework for Benchmarking Smart Transport Cities. *Cities*, 37, 47-56.

Duthie, Grant (2014, 13 de Novembro). Smart Moves. Texto publicado em: <https://citynetmembers.wordpress.com/2014/11/13/716/>

Elmaghraby, A. S., Losavio, M. (2014). Cyber security challenges in Smart Cities: Safety, security and privacy. *Journal of Advanced Research* 5, 491-497

Farley, A., Johnstone, C., Hendry, C. & McLafferty, E. (2014). Nervous system: part 1. *Nursing Standard* Vol. 28 No. 31, 46-51

Farley, A., McLafferty, E. Johnstone, C. & Hendry, C. (2014). Nervous system: part 3. *Nursing Standard* Vol. 28 No. 33, 46-50

Galán-García, J. L., Aguilera-Venegas, G. & Rodríguez-Cielos, P. (2014). An accelerated-time simulation for traffic flow in a smart city. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 557-563

Gibbons, M. (2015, 16 de Julho). The Netherlands Could Become the First Country with Streets Made of Recycled Plastic. Texto publicado na Quartz: <http://qz.com/453408/the-netherlands-could-become-the-first-country-with-streets-made-of-recycled-plastic/>

Hendry, C., Farley, A., McLafferty, E. & Johnstone, C. (2014). Nervous system: part 2. Nursing Standard Vol. 28 No. 32, 45-49

Hevner, A. R., March S. T., Park, J. e Ram, S. (2004). Design Science in Information Systems Research. MIS Quarterly Vol. 28 No. 1, 75-105

Holmes, T., Pincetl, S. (2012). Urban Metabolism Literature Review. Center for Sustainable Urban Systems – UCLA Institute of the Environment.

Keeton, R. (2014, 14 de Janeiro). Rotterdam Is Building an Ingenious, Super-Green City Heating System.

Kiernan, J. A. & Rajakumar, N. (2013). Barr's The Human Nervous System: An Anatomical Viewpoint (10th Ed.): Wolters Kluwer - Lippincott, Williams & Wilkins.

Kourtit, K. & Nijkamp, P. (2012). Smart cities in the innovation age. Innovation: The European Journal of Social Science Research, 93-95.

Lazaroiu, G. C., Roscia, M. (2012). Definition Methodology for the Smart Cities Model. Energy, 47, 326-332.

Manual MSD: Edição de Saúde para a Família (2009). Secção 6 » Capítulo 59 » Biologia do Sistema Nervoso. Texto publicado em: <http://www.manuaismsd.pt/?id=85>

Moses, M. E., 2013. Slouching towards utopia. Nature, 502, 299-300.

Neirotti, P., De Marco, A., Cagliano, A. C., Mangano, G, Scorrano, F. (2014). Current Trends in Smart City Initiatives: Some Stylised Facts. Cities, 38, 25-36.

Peffer, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A., Chatterjee, S. (2008). A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. Journal of Management Information Systems, / Winter 2007-8 Vol. 24 No. 3, 45-77.

Peters, A.(2015, 6 de Janeiro). This Smart Bike Helmet Warns Cars When You're Coming. Texto publicado em: <http://www.fastcoexist.com/3040410/this-smart-bike-helmet-warns-cars-when-youre-coming>

Sauer, S. (2012). Do Smart Cities Produce Smart Entrepreneurs? Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research, Vol. 7, Issue 3, 63-73

Stolfi, D. H. e Alba, E. (2014). Red Swarm: Reducing travel times in smart cities by using bio-inspired algorithms. Applied Soft Computing, 24, 181-195

Tranos, E. & Gertner, D. (2012). Smart networked cities? Innovation: The European Journal of Social Science Reseach, 25:2, 175-190

Vaishnavi, V. e Kuechler, W. (2004, 20 de Janeiro). Design Science Research in Information Systems. Texto actualizado pela última vez a 15 de Novembro de 2015 e publicado em: <http://www.desrist.org/design-research-in-information-systems/>

Varajão, J. (2005). Arquitectura da Gestão de Sistemas de Informação (3.ª edição actualizada): FCA

Vasconcelos, A., Caetano, A., Sinogas, P., Mendes, R. e Tribolet, J. (2002). Arquitectura de Sistemas de Informação: A Ferramenta de Alinhamento de Negócio / Sistemas de Informação. Centro de Engenharia Organizacional, INESC Inovação, Lisboa.

Vasconcelos, A., Silva, M. M., Fernandes, A. e Tribolet, J. (2004). Modelação da Integração em Arquitecturas de Sistemas de Informação. Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Wakefield, Jane (2013, 23 de Setembro). Tomorrow's Cities: What's it Like to Live in a Smart City?. Texto publicado em BBC News: <http://www.bbc.co.uk/news/technology-23757739>

Worland, Justin (2015, 17 de Agosto). This Technology Could Help Predict Where Wildfires Strike Next. Texto publicado na Time: <http://time.com/3992447/technology-wildfire-predictions/>

Zachman, John, A Framework for Information System Architecture, IBM System Journal Vol.26 Nº 3, 1987, 276 – 292