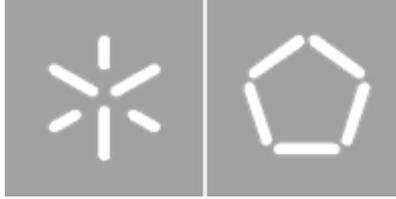


**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Luís Miguel Ferreira Rosa

**Sensorização, fusão sensorial e  
dispositivos móveis: contribuições para a  
sustentabilidade de ambientes inteligentes**



**Universidade do Minho**

Escola de Engenharia

Departamento de Informática

Luís Miguel Ferreira Rosa

**Sensorização, fusão sensorial e  
dispositivos móveis: contribuições para a  
sustentabilidade de ambientes inteligentes**

Dissertação de Mestrado  
Mestrado em Engenharia Informática

Trabalho realizado sob orientação de

**Cesar Analide**

**Fábio Silva**

# Agradecimentos

Os agradecimentos vão para todos aqueles que convivi durante estes anos todos. Porém, gostaria de particularizar determinadas pessoas que me fizeram crescer como profissional e como Homem.

Agradecer o acompanhamento contínuo do Orientador e Professor César Analide e do Co-Orientador e Aluno de Doutorado Fábio Silva sem eles com certeza este trabalho não teria atingido níveis de excelência. Aos dois, um forte abraço e um muito obrigado.

Eu gostaria de agradecer a todos os meus colegas do Laboratório de Sistemas Inteligentes que me apoiaram durante a dissertação, em especial, Gilberto Felgueiras e Cedric Pimenta, que também fazem parte do projeto PHESS.

A todos amigos que fiz durante a minha vida académica, principalmente, aqueles que vivi uma relação próxima Tiago Abade, David Alves, Hugo Marinho e Luísa Sousa. Uma saudação especial para vós.

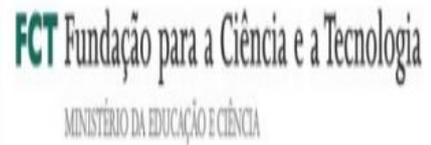
Um agradecimento ao Sr. Sérvio, uma pessoa impar na sua maneira de ser, que infelizmente não teve oportunidade de me ver com o canudo, a ele, esta singela homenagem.

Aos meus padrinhos e tios que deram sempre uma palavra de força, coragem e amizade.

Aos meus avós, infelizmente, não puderam estar ao meu lado para acompanhar nesta fase da minha vida, mas com certeza no lugar aonde estiverem devem estar orgulhosos do seu neto.

Aos pilares da minha vida e, talvez, a minha razão de existir, aos meus pais. Em primeiro lugar, um forte abraço ao meu Pai, militar por excelência, que ao longo da minha vida me ensinou a ser humilde e a conquistar os objetivos pelo talento, pela determinação, pelo mérito e pelo trabalho. À minha Mãe que sempre foi uma amiga especial, aonde pelo carinho, desde cedo, me apoiou em todas decisões por mais que arriscadas fosse. E por último ao meu Irmão, uma pessoa que ao longo da minha vida foi um verdadeiro conselheiro, amigo e companheiro. Porém, estas palavras são muito poucas para descrever o verdadeiro sentido que eles fazem na minha vida. Um enorme obrigado.

This work is part-funded by ERDF - European Regional Development Fund through the COMPETE Programme (operational programme for competitiveness) and by National Funds through the FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia (Portuguese Foundation for Science and Technology) within project FCOMP-01-0124-FEDER-028980 (PTDC/EEI-SII/1386/2012).



# Resumo

A sustentabilidade está dependente das decisões que o ser humano toma no ambiente em que se envolve. Por outro lado, é necessário ter consciência sobre o impacto das suas ações no meio ambiente. O crescimento da tecnologia e da área científica de sistemas inteligentes tem sido cada vez maior, tornando-se parceiras do ser humano, e o seu potencial para Ambientes Inteligentes e sustentabilidade tem sido evidenciado nos últimos tempos. Para enriquecer a resposta do Ambiente Inteligente aos seus utilizadores poder-se-á recorrer a sensores dispostos no ambiente e à fusão sensorial e de informação. As recomendações e previsões produzidas têm como objetivo a avaliação e o estudo da sustentabilidade do ambiente, nomeadamente, da utilização equilibrada da energia.

Dentro dos contextos de sensibilização, de prevenção das ações do utilizador e da sustentabilidade do ambiente em que o ser humano esteja inserido, existem outros objetivos a alcançar, nomeadamente, a fusão de informação como ferramenta na utilização em suporte tecnológicos. A necessidade de aliar este processamento de dados/informação ao desenvolvimento de um conjunto de plataformas que permitam ao utilizador perceber efeitos negativos ou positivos que as condições analisadas têm, passando por possíveis recomendações ao utilizador. Esta plataforma deliberativa e reativa apoiará, processos e práticas de consciencialização para a sustentabilidade, por forma a conseguir mudanças nos padrões de estilo de vida, de produção e consumo de energia.

O presente trabalho incide sobre a integração das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) no meio envolvente, com estratégias de sustentabilidade dentro da dimensão social, ambiental e económica. As TIC associadas a conceitos de inteligência ambiente e elementos físicos, como por exemplo, edifícios, permitem obter formas de melhorar aspectos como o consumo energético e o impacto ambiental, na medida em que podem gerir de forma eficiente o consumo de recursos e contribuir para a redução de desperdícios. Um exemplo de aplicação pode ser encontrado na plataforma de Agentes Inteligentes, denominada por PHESS, que com ligação a sensores que permite centralizar a recolha de dados e obter decisões através de processos deliberativos automaticamente.

Esta dissertação foca-se na extensão da plataforma PHESS com processos de fusão sensorial e de informação e, ainda, na criação e da monitorização dos novos indicadores que permitem promover a sustentabilidade social, económica e ambiental proporcionando aos utilizadores novas possibilidades de acesso a serviços e de participação na comunidade. A utilização de sistemas inteligentes, auxiliam na ação sobre o meio e são, por isso, uma mais-valia para o conforto das pessoas e para a sustentabilidade do ambiente.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade; Sensores; Fusão de Dados; Fusão de Informação; Ambiente Inteligente; Inteligência Ambiente

# Abstract

Sustainability is dependent on the decisions that humans take in the environment in which they are involved. On the other hand, it is necessary to be aware of the impact of their actions on the environment. The growth of the technology and scientific area of intelligent systems has been greater, becoming a partner of the human being, and its potential for sustainability and Intelligent Environments have been evidenced in recent times. To enrich responses from intelligent environments to their users, sensor and information fusion techniques can be used with the help of sensor dispersed across the environment. Recommendations and forecasts produced aim to evaluate and study of environmental sustainability, namely balanced use of energy. Within a context of awareness, prevention of user's actions and sustainability of the environment in which the human being is inserted, there are other objectives to be achieve, for instance, information fusion as a tool for use in technological support. The need to combine this data/information processing to develop a set of platforms to enable the user to assess the negative or positive conditions has been done through suggestions to the user. This deliberative and reactive platform should support processes and practices of sustainability awareness to promote changes in lifestyle patterns of production and consumption of energy. This work focuses on the integration of Information and Communication Technologies (ICT) in the environment with sustainability strategies within the social, environmental and economic dimensions. ICT associated with physical elements, such as buildings, can reduce energy consumption and environmental impact, in that it can efficiently manage resource consumption and help to reduce waste. An example can be demonstrated by the Intelligent Agents platform, called for PHESS, which with connection to sensors, provides a centralized collection of data and obtain decision through deliberative processes automatically. The work here detailed is focused on the extension of the PHESS platform with processes from sensor and information fusion and the creation and monitoring of new indicators that can promote social, economic and environmental sustainability giving people new access to services and to participate in the community. The use of intelligent systems, which help to act in the environment and therefore, are an asset for the comfort of people and the sustainability of the environment.

**Keywords:** Sustainability, Sensors, Data Fusion, Information Fusion, Ambient Intelligence, Ambient Intelligence

# Conteúdo

<b>Resumo .....</b>	<b>I</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>III</b>
<b>Conteúdo .....</b>	<b>IV</b>
<b>Lista de Figuras .....</b>	<b>VI</b>
<b>Lista de Tabelas .....</b>	<b>VIII</b>
<b>Abreviações .....</b>	<b>IX</b>
<b>Capítulo 1 .....</b>	<b>1</b>
Introdução .....	1
1.1 Motivação .....	2
1.2 Objetivos .....	4
1.3 Planeamento da Investigação .....	5
1.4 Metodologia da Investigação .....	6
1.5 Estrutura do Documento .....	6
<b>Capítulo 2 .....</b>	<b>8</b>
Estado da Arte .....	8
2.1 Sustentabilidade Energética .....	8
2.2 Ambientes Tecnológicos .....	10
2.3 Arquitetura Tecnológica .....	12
2.4 Análise .....	20
2.5 Tratamento dos Dados .....	21
2.6 Índices para Monitorização dos Utilizadores .....	30
2.7 Trabalhos Relacionados .....	46
2.8 Síntese .....	49
<b>Capítulo 3 .....</b>	<b>51</b>
Ferramentas .....	51
3.1 Sensores .....	51
3.2 Auxiliares dos Sensores .....	52
3.3 Ferramentas de Programação .....	57
<b>Capítulo 4 .....</b>	<b>64</b>
Trabalho Desenvolvido .....	64
4.1 Prototipagem .....	64
4.2 Descrição do Sistema .....	66
4.3 Dados Sensoriais .....	67

4.4	Aplicação Móvel .....	79
4.5	Contribuições Tecnológicas .....	86
<b>Capítulo 5</b>	<b>.....</b>	<b>89</b>
	Caso de Estudo .....	89
5.1	Metodologia .....	89
5.2	Especificação Caso de Estudo .....	90
5.3	Tratamento de Dados .....	92
5.4	Análise dos Dados .....	94
<b>Capítulo 6</b>	<b>.....</b>	<b>98</b>
	Conclusão .....	98
6.1	Síntese do Trabalho .....	98
6.2	Trabalho Relevante .....	99
6.3	Trabalho Futuro .....	100
<b>Referências</b>	<b>.....</b>	<b>102</b>
<b>Anexos A</b>	<b>.....</b>	<b>107</b>
	Anexo 1 – Output de Dados do OpenWeatherMap .....	107

# Lista de Figuras

Calendarização da Dissertação.....	5
Indicadores gerais de Sustentabilidade .....	9
Visão Esquemática da identificação de perfis no Aml .....	12
Esquema do modelo .....	15
Esquema da Fusão sensorial .....	18
Feedback através do gestor de sensor no processo de fusão de dados.....	22
Exemplo de uma topologia de Fusão de Informação.....	24
Esquema da Fusão Paralela.....	25
Parâmetros do sensor .....	27
Gerir a informação recolhida dentro de uma Smarthome.....	29
Valores do índice de calor .....	31
Gama de PMV e PPD.....	35
Regra de Normand.....	45
NXT Education: motores, cabos e sensores .....	54
Processo de construção de protótipos.....	64
O sistema implementado .....	67
Lista dos dados dos sensores .....	68
Gráfico do Índice de Calor e o Calor Stress.....	69
Cálculo do PMV, PPD e Impacto Negativo .....	70
Cálculo manual do PMV e PPD.....	71
Cálculo do impacto negativo .....	72
Cálculo da Energia Consumida.....	73
Gráfico da anual da temperatura na cidade de Braga.....	74
Luminosidade externa e internamente .....	75
Calcular índice de calor .....	76
Cálculo do BTU.....	77
Cálculadora do Dew Point e Wet-Bulb .....	78
Aplicação de HSI e WGBT.....	79

Menu principal .....	80
Informação detalhada sobre a meteorologia da cidade .....	81
Lista de cidades disponíveis e detalhe meteorológico da cidade .....	82
Aplicação da B.T.U.....	83
Aplicação do índice de calor e do calor térmico .....	84
Aplicação do Conforto Térmico.....	85
Aplicação do Termostático .....	86
Arquitetura do PHESS .....	87
Apresentação dos dados por cenário .....	94
Apresentação do impacto negativo por cada cenário.....	96

## **Lista de Tabelas**

Intervalo de valores do Dew Point .....	46
Comparação da performance entre as linguagens .....	57
Apresentação dos valores médios dos sensores por cenário .....	92
Apresentação dos valores médios dos indicadores térmicos por cenário .....	92
Apresentação dos valores médios dos indicadores térmicos por cenário .....	92
Recomendações por tipo de cenário .....	93
Impacto negativo nos diferentes cenários.....	93
Impacto negativo nos diferentes cenários.....	93

# Abreviações

<b>Aml</b>	Ambient Intelligence
<b>AP</b>	Activity Profiling
<b>API</b>	Application Programming Interface
<b>A-EMS</b>	Adaptive Energy Management System
<b>BTU</b>	British Thermal Units
<b>DM</b>	Data Mining
<b>EER</b>	Energy Efficiency Ratio
<b>EU</b>	European Union
<b>FIPA</b>	Foundation for Intelligent Physical Agents
<b>HTTP</b>	HyperText Transfer Protocol
<b>HI</b>	Heat Index
<b>IT</b>	Information Technology
<b>IU</b>	Interface Unit
<b>JADE</b>	Java Agent DEvelopment
<b>JEE</b>	Java Enterprise Edition
<b>JFC</b>	Java Foundation Classes
<b>JPA</b>	Java Persistence API
<b>JRE</b>	Java Runtime Environment
<b>OSHA</b>	Occupational Safety and Health Administration
<b>PHES</b>	People Help Energy Savings and Sustainability
<b>PUBS</b>	Pattern of User Behaviour System
<b>SDK</b>	Software Developer Kit
<b>SENS</b>	Sensor, Environment and Network Simulator
<b>SPHERE</b>	Sensor Platform for HHealthcare in a Residential Environment
<b>TIC</b>	Tecnologias da informação e comunicação
<b>URL</b>	Uniform Resource Locator

**WBG**T Wet Bulb Globe Temperature

**WSN** Wireless Sensor Networks

**WBT** Wet Bulb Temperature

# Capítulo 1

## Introdução

Desde a revolução industrial que, com maior preponderância, o ser humano realiza ações que, de uma forma direta ou indireta, têm vindo a prejudicar o meio ambiente (Coimbra, 2010). Contribuições para a criação de ambientes sustentáveis que diminuam o impacto que as ações do homem têm no meio que o rodeia são cada vez mais necessárias. Assim sendo, torna-se bastante vantajoso a criação e a disponibilização de Ambientes Inteligentes (AI). Pretende-se que a Inteligência Ambiente (Aml) contribua para a melhoria da qualidade de vida das pessoas. É benéfico que a Inteligência Ambiente ajude as pessoas no seu quotidiano.

Para além da Aml, os Ambientes Inteligentes têm como característica primordial o processo de aprendizagem. Aprender as preferências e os hábitos dos utilizadores torna-se um passo significativo que permite que o sistema forneça serviços personalizados, causando um impacto positivo nas relações entre utilizador e tecnologia.

A aplicação de alguns conceitos de ambiente inteligente e sustentabilidade será efetuado num *Smart-Home*. O *Smart-Home* contém condições para serem enriquecidos com sensores para deteção informação independentemente das interações humanas. A sensorização do ambiente permitirá apoio na recolha de dados. O desenvolvimento de sistemas multiagente, sendo uma forma computacional capaz de recolher dados e gerir a rede sensorial num ambiente inteligente, torna-se adequado para obtenção da informação, pois “abrange a interação entre os utilizadores e o ambiente” (F Silva, Cuevas, & Analide, 2013). Sensores são dispositivos físicos cujos dados obtidos podem ser usados em processos de raciocínio sobre o ambiente, sendo o primeiro passo para saber o estado do utilizador ou utilizadores, bem como o estado do ambiente.

A Fusão Sensorial, neste contexto, é um processo de integração de mais que um sensor na análise de um ambiente inteligente. Um exemplo disto ocorre quando existem objetos em movimento, ou seja, para monitorizar um objeto a atravessar um ambiente inteligente é

necessário o sensor de movimento, sensor de luminosidade ou sensor de toque (Augusto, Nakashima, & Aghajan, 2010).

A Fusão de Dados ocorre num local central, onde os dados são combinados para produzir uma única imagem do meio ambiente, ou seja, os diferentes tipos de sensores que percecionam um objeto em movimento, no local, enviando a informação recolhida para uma unidade centralizada.

Fusão sensorial é equivalente a fusão de dados uma vez que em ambos os casos o que se funde são dados. Um termo parecido e, por vezes, confundido e de difícil distinção com estes dois é o da fusão de informação.

A centralização da informação leva a que se produza uma grande quantidade de informação, o que dá relevo a tarefas de *Data Mining (DM)*. Neste cenário o DM, consiste em três partes principais: transformação, métricas de similaridade e *Data Mining*. O objetivo principal da etapa de transformação é reduzir a dimensionalidade dos dados originais. No que toca à sua similaridade, depende dos sensores utilizados, isto porque, podemos ter sistemas inteligentes com diferentes sensores (Galushka, Patterson, & Rooney, 2006), ou seja, os dados transformados serão triados e divididos em diferentes grupos, os que são de *sensores homogéneos* e os que são *sensores heterogéneos*. O último passo do *Data Mining*, compreende o processo de descoberta de conhecimento e informações úteis nos dados por processos de previsão, de classificação, de *clustering* ou de associação. Com estas informações o utilizador adequa os seus comportamentos ao ambiente que o rodeia.

## **1.1 Motivação**

Hoje em dia, os desafios ambientais da sociedade precisam, cada vez mais, do apoio das empresas na busca por soluções que unem o negócio e o meio onde estão inseridas. O meio ambiente é um sistema vivo e dinâmico, que muda e se adapta na tentativa de manter o seu equilíbrio. Como em qualquer sistema vivo, os elementos que a constituem são interdependentes e é neste contexto que as empresas começam a investir de modo diferenciado e com foco em resultados a longo prazo (Votano, Parham, & Hall, 2004).

Em várias áreas de investigação, principalmente na tecnológica, diversas entidades desenvolvem projetos para criar soluções que pretendem apoiar na sustentabilidade. Na multinacional IBM,

por exemplo, a energia e os problemas relacionados com o clima são uma forte prioridade desta empresa. A solução da IBM, que passa pela construção de edifícios inteligentes (*Smarter Buildings*), pode ajudar os clientes a reduzir custos e o consumo de energia, água, emissões de carbono e resíduos. IBM está ajudar os clientes a gerir de uma forma eficiente a energia, implementando novas formas de fornecimento, produção e distribuição de bens e serviços de uma forma mais sustentável (Corporation, 2012).

Porém, a consciência de um mundo mais sustentável não se limita às empresas, também às organizações governamentais têm trabalhado no mesmo sentido. Por exemplo, a Comissão Europeia criou o projeto “Energia 2020 - Estratégia para uma energia competitiva, sustentável e segura” (Commission, 2010). Com este projeto, a Comissão Europeia identifica, através de uma série de propostas legislativas, as prioridades da energia até 2020, ou seja, reduzir o consumo de energia, implementar o mercado interno, desenvolver infraestruturas, melhorar a tecnologia, proteger os consumidores e reforçar a dimensão externa da política energética.

Segunda a última sondagem, o petróleo, o carvão e o gás representam mais de 80% da produção mundial de energia. De uma forma particular, as indústrias de energia são responsáveis por 35% das emissões de CO<sub>2</sub> e a dos transportes por 30%. A UE está empenhada em reduzir as emissões de gás de efeito de estufa, pelo menos 20%, até 2020 (em comparação aos níveis de 1990)(Observatory, 2011).

O desequilíbrio entre a produção de energia e o consumo está a afetar cada vez mais o ambiente, a sociedade, a economia e as empresas. A nossa qualidade de vida depende da nossa capacidade de viver dentro dos limites dos recursos disponíveis. Esta mudança requer o contributo de todos: indivíduos, famílias, empresas, governos e organizações mundiais. O alcance de um ambiente sustentável numa organização pode ocorrer a partir da recolha de informação em ambientes inteligentes, num contexto de fusão sensorial.

Apesar do crescimento de projetos das organizações governamentais e não governamentais para tentar travar a degradação ambiental, ainda continua haver valores alarmantes no que toca a emissões de gases. As constantes alterações ambientais pedem soluções equilibradas e a curto prazo, e a tecnologia apresenta-se como um aliado. Aliar a sustentabilidade à tecnologia é o que se pretende no desenvolvimento deste projeto.

Os conceitos e as ferramentas da área das TIC, como ambientes inteligentes, redes sensoriais e processos de raciocínio ajudam a mitigar os problemas expostos através de sistemas integrados que ajudem o utilizador.

## **1.2 Objetivos**

A criação de um ambiente sustentável que diminua o impacto que as ações humanas têm no meio que o rodeia é cada vez mais necessário. É essencial que os ambientes inteligentes ajudem as pessoas no seu quotidiano (Aztiria, Izaguirre, & Augusto, 2010).

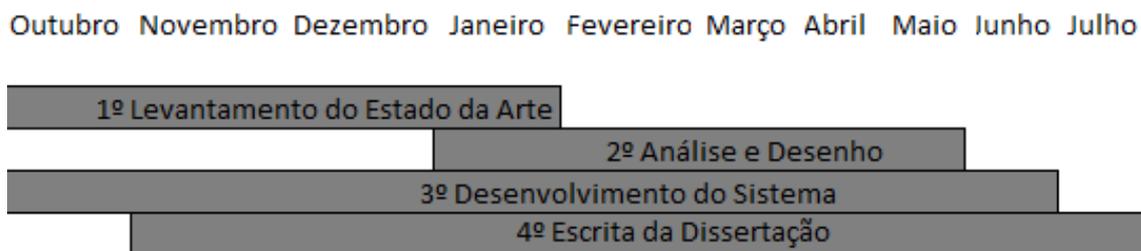
O desenvolvimento deste trabalho visa indicar os casos em que as ferramentas digitais ajudam no desenvolvimento sustentável da interação do Homem com o Meio Ambiente e destacar o potencial do “Ambiente Inteligente”, ambiente construído e sustentável, analisando-os. Através da computação do ambiente com aplicações específicas, mostra-se como a tecnologia pode ser usada no que diz respeito às condições locais. Para que tal cenário aconteça, foram definidos alguns objetivos a atingir:

- construir ferramentas e sistemas multiagente que sensorizem e monitorizem o ambiente;
- utilizar ambientes inteligentes, explorando processos de fusão sensorial e de fusão de informação;
- análise de dados recolhidos dos ambientes;
- utilizar estratégias e métodos para extração de conhecimento para análise de comportamentos;
- construir ferramentas que contribuam para análise do caso de estudo.

Pretende-se chegar a um consenso na comparação destes diferentes pontos. O resultado final poderá ser utilizado na definição de estratégias sustentáveis por parte de utilizadores, empresas e instituições recorrendo a informação obtida no contexto deste trabalho. As recomendações retiradas ajudam os utilizadores a adaptar o comportamento de maneira a economizar recursos das empresas. O principal objetivo no desenvolvimento das diversas aplicações visa otimizar as variáveis e atributos do ambiente bem como o comportamento de utilizadores, reduzir o consumo global de energia e aumentar a sustentabilidade dos ambientes.

### 1.3 Planeamento da Investigação

O planeamento da investigação está organizado em quatro fases distintas, segundo a calendarização na Figura 1.



**Figura 1 - Calendarização da Dissertação**

1ª Fase - No momento do levantamento do estado da arte, pretendeu-se investigar artigos de diversos quadrantes da área da Inteligência Artificial. Torna-se benéfico descobrir artigos e projetos até agora desenvolvidos e que contém provas de que a dissertação a desenvolver pode trazer algo novo à comunidade científica. Nesta fase, conhecerei conceitos, teorias e estratégias para entender de uma forma básica o espectro do tema a desenvolver pode ser uma mais-valia.

2ª Fase - A Análise e Desenho foi iniciada com base nos conhecimentos de estratégias e informações sobre diversas áreas deste tema. Neste patamar da dissertação planeio em participar, juntamente com o grupo PHESS, na construção de um artigo. Para dar como concluída esta fase, procurarei reforçar as soluções para recolha de informação num *Smarthome*, com o desenvolvimento de protótipos, especificação dos sistemas e processos de extração de dados, definição dos processos de fusão de dados e informação, etc.

3ª Fase - Ao longo do projeto foi desenvolvido e ajustado, paralelamente as restantes fases, um conjunto de protótipos capazes de sensorizar o ambiente. Estes protótipos permitirão pôr conceitos teóricos em práticos, sendo, excelentes aliados na recolha de informação e de resultados.

4ª Fase - Como em fases anteriores, participei na escrita concorrente da dissertação e de artigos científicos ao longo do trabalho.

## **1.4 Metodologia da Investigação**

Ao longo do trabalho esteve sempre em consideração que para encontrar resultados credíveis é necessário procurar e investigar diferentes recursos bibliográficos. Já Kurt Lewin defendia, "não há nada tão prático como uma boa teoria", sendo uma grande inspiração neste trabalho (Brydon-Miller, Greenwood, & Maguire, 2003). As informações retiradas das pesquisas bibliográficas permitem responder aos problemas identificados.

O desenvolvimento deste trabalho tem por base a metodologia da investigação do tipo *action-research*. O desenvolvimento deste tipo de investigação faz-se pela análise dos resultados das experiências efetuadas ao invés de cuidadosamente planejar experiências e comprovar os resultados obtidos com os resultados esperados (Young, Rapp, & Murphy, 2010). É uma metodologia mais prática e virada para a experiência como forma de perceber o mundo.

Desta forma, quando obtido os resultados, esta fase pode não terminar por aqui sendo necessário haver um acompanhamento e uma observação constantes, consoante a evolução do projeto. O objetivo essencial desta fase é passar ao investigador a ideia de que a consolidação dos resultados, também ele é um processo cíclico e nada está imune a uma possível alteração no futuro.

Resumidamente, a metodologia implementada nesta dissertação visa um desenvolvimento cíclico, como tal, temos como primeira fase, a identificação de objetivos, em que são recolhidos os artigos e o material necessário para o seu desenvolvimento. Numa fase intermédia, há uma análise aos problemas que advêm ao longo da evolução do projeto, seguido por uma constante atualização do estado da técnica e antes de ser divulgado à comunidade científica, tem que haver uma fase de conclusão em que o projeto é validado.

## **1.5 Estrutura do Documento**

Na introdução é apresentado o contexto e a motivação do trabalho. De seguida, é feita uma referência da lista de objetivos do trabalho, que apresentam as linhas orientadoras para o tema desenvolvido. Não menos importante, nesta fase do documento, tem a calendarização, o planeamento e a metodologia implementada no desenvolvimento do projeto.

No capítulo seguinte, encontramos o estado da arte, onde poderemos analisar os tópicos mais relevantes como sustentabilidade energética, a distinção entre rede sensorial e fusão sensorial e fusão de dados com a fusão de informação. O conhecimento destes conceitos é benéfico para desenvolver a dissertação. Nesta fase é útil pesquisar artigos e projetos já desenvolvidos relacionados com este tema, pois, pretende-se também identificar ferramentas e estratégias existentes para reter dados consistentes. Com esta fase é-nos dado a conhecer o que a comunidade científica tem desenvolvido em prol desta área.

No trabalho desenvolvido são apresentados projetos específicos que dão o ponto de partida para o desenvolvimento da parte tecnológica deste tema. O projeto *PHES* é dado a conhecer neste tópico para fazer a contextualização do tema a desenvolver, enquanto os restantes projetos, são úteis para mostrar que as tecnologias idealizadas são benéficas à sociedade. Ainda neste ponto, é descrito o estado das aplicações desenvolvidas descrevendo as interfaces, as funcionalidades e as ferramentas necessárias para a sua construção.

No que toca ao caso de estudo, são apresentados os resultados obtidos com o trabalho desenvolvido, que para lá chegar, são descritas as metodologias que foram utilizadas. A partir da metodologia, procura-se de uma forma coerente fazer o devido tratamento de dados para recolher estatísticas. O passo seguinte, passa por fazer uma análise cuidada com o objetivo de comparar cenários e com eles chegar ao objetivo final.

Para finalizar, o tópico da conclusão, é relatada uma reflexão sobre todo o trabalho desenvolvido. Desta forma, numa primeira parte faz-se uma síntese do projeto em que é apresentada, de uma forma geral, os objetivos alcançados e das ferramentas necessárias para alcançar. Não menos importante, no ponto seguinte, é resumido os trabalhos desenvolvidos paralelamente a este projeto. Com o trabalho futuro pretende-se apresentar possíveis caminhos e ideias que podem evoluir no futuro, mostrando o potencial e mais-valia que este tema poderia atingir.

# Capítulo 2

## Estado da Arte

### 2.1 Sustentabilidade Energética

A expressão sustentabilidade energética surge nos EUA, logo após a crise do petróleo, entre 1973 e 1978, e era mais aplicada à mudança de hábitos das pessoas e das indústrias. O modelo energético de muitos países precisou ser revisto de forma a assegurar menor dependência (e vulnerabilidade) dos países produtores de petróleo e, mais que isso, planejar a oferta de energia para torná-la sustentável (Jannuzzi & Swisher, 1997).

Esta crise fez mudar o pensamento mundial quanto à energia e aos recursos energéticos. O uso de fontes renováveis de energia ganhou espaço, representando uma alternativa para o desenvolvimento sustentável. Exemplo disso é a mudança na estrutura da oferta interna de energia no Brasil: em 1970 as produções internas primárias de energia hidráulica e de produtos da cana eram, respectivamente, de 6,9% e 7,26%; em 2006, as participações passaram para, respectivamente, 14,18% e 16,61%. O estilo de consumo energético no Brasil sofreu alterações bastante significativas a partir do pós-guerra. “Entre 1967 e 1973, o setor de bens de consumo cresceu à taxa anual média de 23,6%, ou seja, mais que o dobro da taxa do PIB, que registrou a média de 11,3% ao ano” (Boa Nova, 1985, p. 113). Mesmo antes, entre 1955 e 1961, a taxa de crescimento média do produto industrial foi de 10,49%, contra 8,29% em relação ao Produto Interno Bruto (PIB) (Almeida, 2004). Este mesmo estilo de consumo de eletricidade deriva de 2001. Já em Portugal, as empresas e as famílias consomem um conjunto de produtos energéticos. Os produtos petrolíferos são dominantes no consumo de energia português, com uma quota superior a 55 por cento em 2008. No entanto, esta quota tem decrescido desde meados dos anos noventa. A eletricidade representa cerca de um quinto do total do consumo de energia primário, enquanto os combustíveis renováveis representa cerca de 17 por cento. Finalmente, existe uma progressiva utilização de gás, que representa cerca de 7 por cento do consumo final de energia (Amador, 2010).

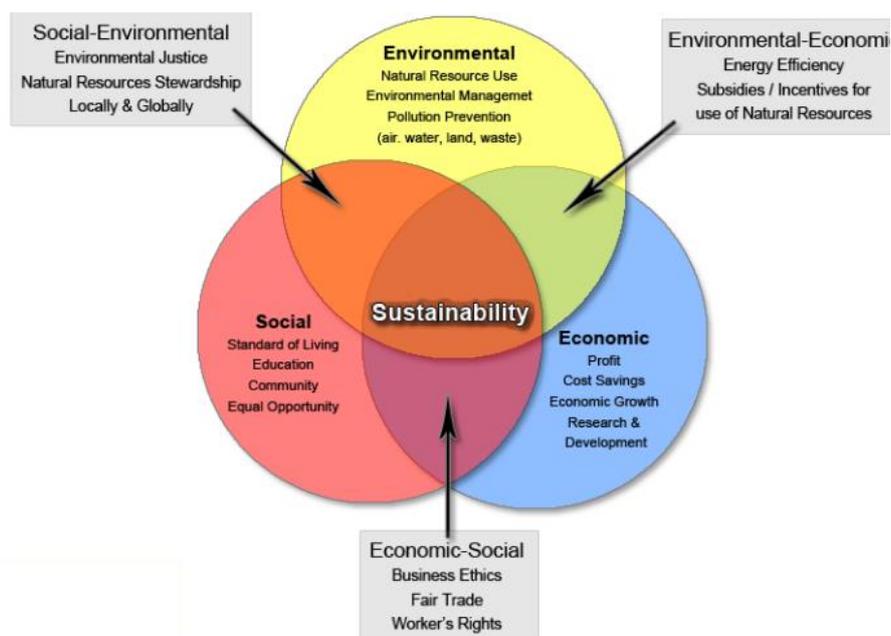
A exploração sustentada destes recursos torna-se crucial para assegurar o desenvolvimento de todas as sociedades e permitir a satisfação das necessidades das gerações presentes e das gerações futuras.

Sustentabilidade energética é a utilização ponderada dos recursos energéticos pela sociedade de modo a satisfazer as suas carências na atualidade, mas que não degrade a biodiversidade, os ecossistemas naturais e não comprometa as necessidades das gerações futuras.

Uma exploração sustentada dos recursos tem como principal medida a adoção dos recursos energéticos renováveis como fontes de energia. Estes recursos são úteis para a sociedade, em parte pelas vantagens que oferecem.

Sendo a sustentabilidade energética um subdomínio do conceito da sustentabilidade, diferentes autores apresentaram medidas para avaliar e caracteriza-lo, recorrendo ao esquema na Figura 2. Um consenso comum é baseado em três diferentes indicadores sociais, económicos e ambientais que são utilizadas para avaliar a sustentabilidade de um dado ambiente.

Desta forma, para que estes indicadores criem impacto no contexto em que estão inseridos terão que ser sujeitos a um compromisso comum e de interligação para que a sustentabilidade energética seja a mais otimizada possível. Por outras palavras, a eficiência energética só será notada se houver uma otimização equilibrada entre os três indicadores.



**Figura 2 – Indicadores gerais de Sustentabilidade**

Alguns investigadores acrescentam a este cenário um quarto indicador, a tecnologia (Ahuja & Tatsutani, 2009). Este indicador é-lhe atribuído o poder de decisão dentro de um ambiente, isto é, um suporte tecnológico que permita apoiar o utilizador a tomar decisões sustentáveis e contribuir para a gestão autónoma da energia.

As tecnologias relacionadas com eficiência energética procuram fornecer maneiras de reduzir as necessidades energéticas. Vários autores denominam esta relação como *Energy Technology* ou energia tecnológica. Esta ciência tem como objetivo procurar criar condições de sustentabilidade ecológica, económica e social contornando os efeitos colaterais do homem no meio ambiente.

Desta forma, é fácil concluir que um cenário inteligente e equipado com tecnologia é bastante útil. O exemplo deste tipo de contexto existe na multinacional Google que, de momento, usa a energia renovável para abastecer mais de 34% das suas operações e que continua todos anos a investir em novas tecnologias mais eficientes e mais rentáveis. Na Europa também podemos salientar um projeto, a Plataforma Tecnológica Europeia (ETP) para as Redes de Energia Elétrica do Futuro (*SmartGrids*). Uma iniciativa da Comissão Europeia que quer aumentar a competitividade da União Europeia no domínio das redes de energia elétrica, redes de energia, especialmente redes inteligentes. Em Portugal, em 2001, o Governo Português lançou um novo instrumento de política energética, o Programa E4 (Eficiência Energética e Energias Renováveis), consistindo num conjunto de medidas que visam promover uma abordagem coerente e integrada para o fornecimento de energia (Economia, 2001). Ao promover a eficiência energética e a utilização de fontes de energias renováveis, o programa procurou melhorar a competitividade da economia portuguesa e modernizar o tecido social do país, preservando o meio ambiente reduzindo as emissões de gases. No meio académico, na Universidade do Minho, salientar a plataforma PHESS (*People Help Energy Savings and Sustainability*) tem como objetivo acrescentar na comunidade científica uma tecnologia capaz de contribuir para uma utilização energética mais consciente.

## **2.2 Ambientes Tecnológicos**

### **2.2.1 Ambientes Inteligentes**

Utilizamos a expressão Ambiente Inteligente para caracterizar a área que na comunidade científica internacional é designada por *Intelligent Environments*.

A área de *Intelligent Environments* é a convergência de vários conceitos envolvendo a fusão de sensores, interfaces homem-computador, rede sensorial, atuação e serviços de resposta. De acordo com o investigador Mark Weiser, "é o mundo fisicamente interlaçado com sensores, atuadores, displays, e elementos digitais, perfeitamente integrados no cotidiano das pessoas, e conectados através de uma rede", por exemplo, a partir de interações do utilizador com objetos ao seu redor (Aztiria et al., 2010).

Aos longos dos tempos, o grande avanço das tecnologias veio transformar a vida do ser humano. Os contextos de utilização das tecnologias tornaram possível o desenvolvimento de um ambiente inteligente, por exemplo, na área da teleassistência o programa inclui a instalação de sensores numa habitação privada. O programa destina-se a ajudar os idosos a manterem-se seguros o mais possível em casa (Szewczyk, Dwan, Minor, Swedlove, & Cook, 2009). Além disso, pretende-se aumentar o seu nível de autonomia, independência e assistência à saúde, que pode ser vantajoso para o seu estilo de vida.

Esta ampla disponibilidade de recursos constrói as ferramentas digitais necessárias num ambiente inteligente. Experiências anteriores de pessoas com computadores, nas últimas décadas criaram um interessante contexto em que as expectativas das pessoas crescem sobre estes sistemas.

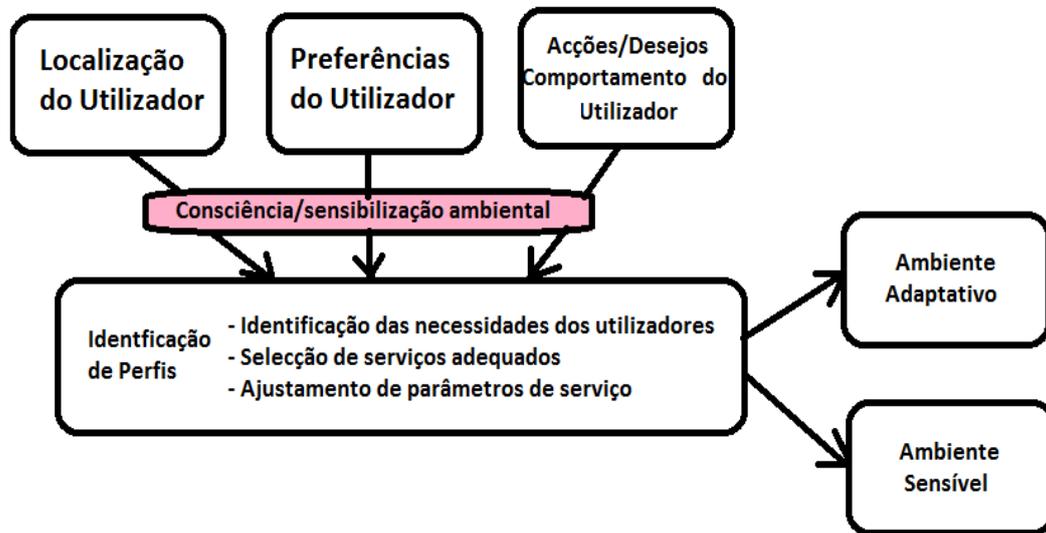
Consequentemente, a sociedade percebe que a tecnologia também pode alterar o modo como os serviços são manipulados. Hoje em dia, um ambiente inteligente procura resolver os problemas da vida do quotidiano (Leake, Maguitman, & Reichherzer, 2006).

### **2.2.2 Inteligência Ambiente**

A Inteligência Ambiente ou, em inglês *Ambient Intelligence* (Aml), veio facilitar e aumentar o poder do utilizador sobre o meio ambiente. Aml é um modelo de interação em que as pessoas são rodeadas por um ambiente digital conscientes da sua presença, que adaptativamente responde às necessidades e hábitos dos seus utilizadores, para tornar a nossa vida mais fácil diariamente. Além disso, introduz uma visão que coloca o ser humano no centro do conhecimento e tecnologias de informação (Kleinberger, Becker, Ras, & Holzinger, 2007).

A identificação de perfis em inglês, *activity profiling*, num contexto de Inteligência Ambiente, é uma atividade contínua, que extrai informações úteis de um utilizador e do seu contexto atual. Esta funcionalidade permite a identificação das necessidades do utilizador, seleção das ações

adequadas e ajustar os parâmetros dos serviços seleccionados (Schreurs & Gasson, 2005). O esquema da Figura 3 representa a identificação de perfis.



**Figura 3 - Visão Esquemática da identificação de perfis no Aml,** (Schreurs & Gasson, 2005)

Os componentes *Consciência Ambiental*, *Ambiente Adaptativo* e *Ambiente Ágil* estão ligados ao espaço do Aml, enquanto os restantes estão relacionados com a atividade dos utilizadores.

A identificação de perfis pode ter um papel relevante e contribuir para o conforto dos utilizadores no meio do ambiente envolvente, por exemplo, detetar alterações significativas nos comportamentos do utilizador. Num outro contexto de ambiente inteligente, pode ser aplicado na personalização da gestão da energia. Os dados recolhidos por sensores são usados para criar perfis dos utilizadores e um algoritmo de previsão que permita otimizar o consumo de energia (Augello, Ortolani, Re, & Gaglio, 2011). Em muitos projetos o objetivo é antecipar ações e atividades dos utilizadores de maneira a controlar de forma adaptativa os ambientes domésticos. Isto obriga a que haja, primeiro, uma boa manipulação e estratégia no uso das tecnologias e segundo, a utilização de um bom suporte tecnológico.

## 2.3 Arquitetura Tecnológica

### 2.3.1 Rede Sensorial

Os sensores utilizados são imersos no mundo físico. Como tal, têm de interagir diretamente com o ambiente tendo a importância de reunir dados sobre o espaço físico em tempo real. Entre outras aplicações, os sensores são, usualmente, usados na medicina, indústria e ambientes inteligentes em geral (Pereira, 2003).

Os equipamentos eletrônicos dependem de uma interface com o mundo exterior para funcionar. Neste tópico, faremos uma análise bastante resumida dos principais tipos de sensores que encontramos, analisando o seu funcionamento.

Existem vários tipos de sensores utilizados nos equipamentos eletrônicos. Esses sensores servem para informar a respeito de um evento que ocorra externamente sobre o qual ele deva atuar, ou a partir do qual ele deva comandar uma determinada ação.

A seguir, vamos relacionar os principais tipos de sensores que utilizamos nas aplicações desenvolvidas, juntamente, com as suas características. Seria impossível, pela quantidade, trabalhar com todo tipo de sensores existentes.

Neste trabalho serão utilizados diversos mecanismos de recolha de informação, como os sensores *NXT Education* ou *Phidgets*, ou ainda, alguma capacidade de sensorização presente em dispositivos móveis de comunicação (vulgo, *smartphones*), que têm diferentes maneiras de ligar os sensores aos suportes físicos.

Com a utilização destas três tecnologias permite-se agrupar um conjunto de sensores: sensor temperatura, sensor luminosidade, sensor de toque, sensor ultrassónico e sensor de som. A descrição detalhada de cada um é efetuada mais à frente, mas, nem todos foram utilizados devido ao rumo a que a dissertação tomou e ao tipo de decisões elaboradas ao longo da mesma. Desta forma, os únicos que se tornam relevantes para o desenvolvimento deste projeto são: sensor luminosidade, sensor de som e sensor de temperatura.

## **Arquitetura**

Uma rede de sensores é uma ferramenta para medir e passar informação sobre o fenómeno para o observador. Basicamente, uma rede de sensores é um sistema que permite a comunicação entre pontos distintos, ou seja, um sistema que permite a troca de informações. A rede deve ser organizada da seguinte forma: infraestrutura, protocolo de rede e de aplicação ou observador que estão definidos a seguir.

A infraestrutura é influenciada pelo número de sensores, é determinada pelas características dos sensores e a forma de usá-los, ou seja, localização dos sensores e nível de mobilidade dos sensores.

O protocolo é responsável por dar suporte a toda comunicação entre os sensores e os observadores. O desempenho do protocolo pode ser altamente influenciado pelo dinamismo das

redes assim como pelo modelo construído de envio de dados específicos. Os protocolos de rede de sensores a utilizar serão diferentes. Em termos de exemplo nos sensores *phidgets* cada sensor está ligado a uma *board* que envia dados ao computador através de um cabo USB. Outro exemplo relativo ao *NXT Education*, o sensor envia os dados para um microcontrolador de 32 bits denominado, *NXT Brick*. Os dados, posteriormente, serão enviados por *bluetooth* para o *PC*.

O observador é a entidade interessada em obter as informações recolhidas pelos sensores em relação ao ambiente que o rodeia. Em teoria, a Aml pode ser aplicada até um número ilimitado de utilizadores mas este número pode ser limitado na prática por restrições físicas e de recursos disponíveis.

### **Características**

Segundo a taxonomia de Tilak, as redes de sensores possuem como características: o sensor, o observador e o fenómeno (Pereira, 2003) .

- O fenómeno é a entidade mais importante para o observador, que é monitorizada e cuja informação será filtrada pela rede de sensores. No fundo o fenómeno ocorre num ambiente em que o observador está inserido.
- O sensor é o dispositivo responsável pela captação dos dados sobre o ambiente. Os dispositivos de deteção, geralmente, têm características físicas e teóricas diferentes. Um sensor produz dados consoante as mudanças das condições físicas, tais como temperatura, a luminosidade, etc.
- Numa aplicação, o observador, está interessado em monitorizar o comportamento do fenómeno com um objetivo em específico.

Numa rede de sensores, os sensores individuais apresentam amostras de valores locais (medidas) e disseminam informação para o observador. As medidas realizadas pelos sensores são amostras do fenómeno físico, sujeito a medidas precisas do sensor individual, assim como a localização do fenómeno. Com a investigação de artigos sobre modelos de envio de dados, a partir de sensores, concluiu-se que existem dois tipos: fenómeno discreto e contínuo (Pereira, 2003).

O cenário utilizado será o fenómeno contínuo. Desta forma, os sensores periodicamente reportam os seus dados ao observador, enquanto, o fenómeno discreto ocorre na monitorização.

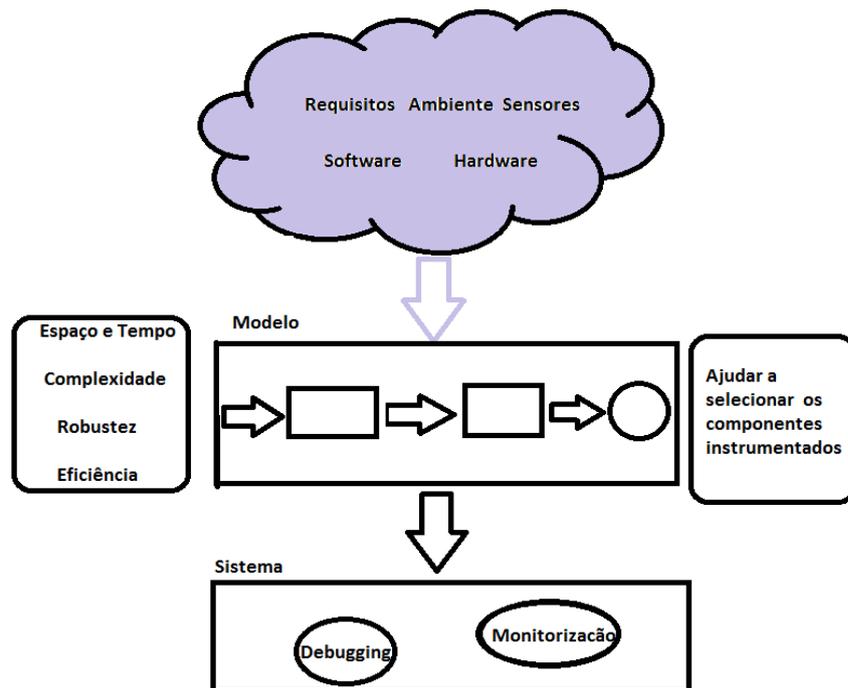
O desempenho é avaliado em termos de eficiência da rede, da precisão e da latência da aplicação.

### Infraestrutura

Uma rede de sensores é uma coleção de sensores, dispostos de forma *ad hoc*, cuja comunicação entre eles com a aplicação central é efetuada por cabo de rede.

O *software* a desenvolver inclui *middleware* distribuído e serviços, ferramentas visuais e componentes. O problema é que utilizar redes de sensores de mediação em áreas amplas é intrinsecamente difícil. Um exemplo da área de aplicação de redes de sensores é a gestão de energia (ThomasC. Henderson, Dekhil, Kessler, & Griss, 1998). Os custos de energia podem subir quando o utilizador não aplica as melhores decisões no contexto em que está inserido. A gestão da energia é efetuada, a partir de um painel de energia que permite os observadores monitorizarem e controlarem o seu uso.

A solução que pode melhorar o ambiente, criando condições de sustentabilidade, pode ser dividida em três camadas que podem ser representadas pela Figura 4.



**Figura 4 - Esquema do modelo** (ThomasC. Henderson et al., 1998)

- Camada Tecnológica: os sensores, o *software*, as estratégias e o uso da tecnologia, adaptado ao meio têm um papel importante. O início de uma boa utilização e manipulação dos instrumentos tecnológicos podem, no futuro, resultar em dados

consistentes e confiáveis;

- Camada Decisões e Escolhas: o observador quer medir o desempenho de soluções alternativas sobre vários domínios (tempo, espaço, erro, etc). Nesta camada, o observador decide qual será a disposição da tecnologia, para recolher os dados pretendidos. A construção de uma determinada rede de sensores pode permitir que o observador tenha facilidade em aglomerar a informação;
- Camada Debugging/Monitorização: o observador pode assistir de uma forma interativa aspetos importantes do sistema como ele é executado. Nesta fase o observador pode visualizar o tipo de informação e de dados detetados, permitindo verificar se o modelo tecnológico fornece respostas adaptadas, ou seja, alterar a rede sensorial durante a execução.

O seguimento destas três camadas permite aos utilizadores tomar decisões bem fomentadas e construídas.

### **Topologia**

A tarefa de uma rede de sensores é um processo de comunicação, coletiva e redundante dos sensores para o observador, isto porque, vários sensores podem reportar informações com um nível de maior precisão do que o requerido pela aplicação (Pereira, 2003). Além disto, a forma como é enviado os dados e o seu formato depende do dinamismo da rede sensorial. A construção dessa rede é: dinâmica ou estática:

- Numa rede de sensores dinâmicos, os sensores, o observador e o fenómeno são móveis. Desta forma, qualquer tipo de rede com esta tipologia é suscetível a falhas (Macedo, 2006). Além disso, os sensores podem ser adicionados à rede durante a sua operação ou desligados temporariamente para possibilitar a economia de energia.
- Numa rede de sensores estáticos não há movimento entre os sensores, o observador e o fenómeno. Um sensor transmite o valor local para o observador. Neste tipo de rede, os sensores requerem uma configuração da infraestrutura de comunicação para criar o caminho entre o observador.

Usualmente, as aplicações que executam em rede sensorial precisam de lidar com as restrições de recursos, quer dizer que, independentemente da topologia que um conjunto de sensores adquire, estes estarão sempre limitados às suas características individuais.

### **2.3.2 Fusão Sensorial**

Os sistemas de fusão sensorial são aplicados em vários problemas na área da robótica acompanhado de um aumento do número de sensores desenvolvidos e produzidos industrialmente. A ampliação da utilização dos mesmos em diversos contextos visam a monitorização ou o controlo de ambientes. A existência de uma plataforma flexível e unificadora pode beneficiar o observador.

#### **Definição**

Existe no mundo da ciência e da tecnologia um conjunto de termos que procuram definir a terminologia fusão sensorial. Os termos fusão de sensores, integração multisensor e fusão multissensorial têm sido amplamente utilizados na literatura técnica por uma variedade de técnicas, tecnologias, sistemas e aplicações que utilizam múltiplas fontes de informação.

Um sistema com vários sensores pode ser usado para fornecer mais informação e robustez. Mais informação, visto que os sensores são usados para o monitorizar o sistema, que pode conter uma ampla área geográfica. Robustez, pois existe a obtenção de melhores resultados com múltiplos valores, do que, com um único sensor (ThomasC. Henderson et al., 1998).

A fusão sensorial unifica as propriedades retiradas de um determinado ambiente a partir de um ou mais dispositivos. Por outras palavras, a fusão dos sensores permite combinar informação de cada sensor, a fim de construir uma imagem unificada.

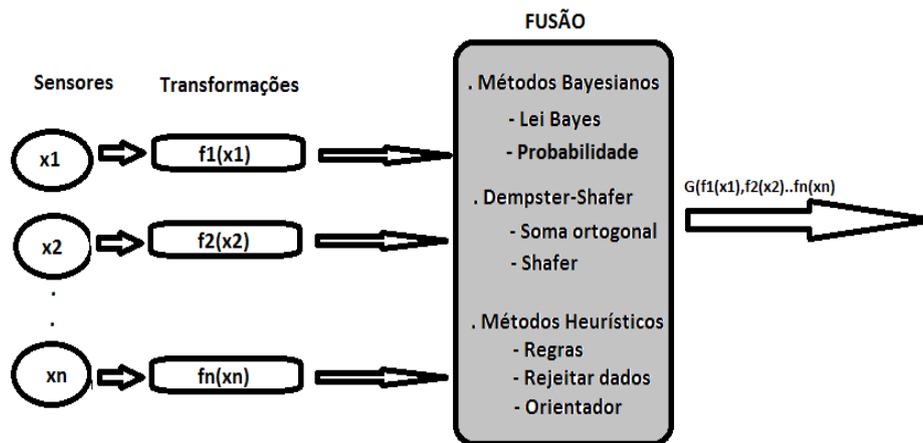
Klein generaliza esta definição, afirmando que os dados podem ser fornecidos por uma ou várias fontes (Khaleghi, Khamis, Karray, & Razavi, 2013).

Uma definição de fusão sensorial é proposto como “estudo de métodos eficientes para, automaticamente ou semi-automaticamente, transformar informação de diferentes fontes e diferentes pontos do tempo numa representação que fornece suporte eficaz para decisão humana ou automatizada” (Khaleghi et al., 2013).

Independentemente do tipo de sensores que constituem a fusão sensorial os algoritmos de fusão têm que lidar com vários dados relacionados.

## Componentes

A construção da fusão sensorial pode ser descrita pelo produto de três variáveis: tipo de sensor, propriedade e dados. Isso gera no total oito diferentes configurações. Das várias configurações que existe a situação que mais se adequa para o desenvolvimento desta dissertação ocorre quando há vários sensores, várias propriedades e com várias informações o que é muito complexo. Um exemplo desta configuração é o *NXT Education* com diversos sensores. A Figura 5 mostra um esquema geral sobre a fusão de sensores.



**Figura 5 - Esquema da Fusão sensorial**

Os sensores são representados por círculos, em que o *Output* é anotado por  $x_1, x_2, x_3, x_4 \dots, x_n$ . Os dados recolhidos são identificados por  $F_i$ , em que, o  $i$  corresponde a fonte dos dados (sensor).

De maneira a que os dados vindos dos vários sensores sejam fundidos, deve existir uma estratégia que efetue a fusão.

A modelação dos sensores é muito importante para a fusão sensorial, outro passo importante é o registo. Estes dois autores, Henderson e Hansen (TC Henderson & Hansen, 1986) propõem sistemas de sensores lógicos para padronizar o uso de sensores. Um sensor lógico pode ter definido três componentes: o nome do sensor, o tipo e o valor. Quando um sistema de sensores lógicos é encontrado defeituoso, uma estratégia alternativa é evocada para recuperar a mesma informação. Um teste de aceitação é usado para determinar se a nova informação é aceitável ou, então uma outra estratégia é usada. Se nada for encontrado então é devolvido um erro.

### 2.3.3 Estratégia

A estratégia mais simples de fusão é aquela em que o sensor tem a mesma propriedade de vários sensores e são combinados. Por outro lado, a maior estratégia de fusão surge a partir dos mínimos quadrados, que tem como objetivo ajustar e orientar um objeto no meio de um determinado contexto usando os dados recolhidos por múltiplos sensores.

Existem vários métodos para combinar múltiplas fontes de informação. Decidir é o uso de uma das fontes de dados durante um tempo determinado do processo de fusão. Normalmente a decisão baseia-se em alguns valores que são de confiança ou os mais certos. A média é a combinação de várias fontes de dados, possivelmente, de uma forma ponderada. Este tipo de fusão garante que todos sensores estejam ligados ao processo de fusão, mas não agrada a todos da mesma maneira. Guiar é utilizado por um ou mais sensores que foquem a atenção de qualquer sensor em qualquer parte da cena. Um exemplo do guiar é o uso da intensidade para localizar objetos.

Uma outra estratégia utilizada no mundo da fusão sensorial é a integração. A integração de sensores ocorre devido ao seu uso sequencial para obter uma determinada tarefa. Com a integração, um sensor fornece uma informação em particular, sendo complicado arranjar um consenso entre todos os sensores. Desta forma, a integração é um processo mais simples do que a fusão. Com a fusão os dados devem geralmente ser colocados em formas equivalentes para permitir que a fusão ocorra, ou seja, ocorre quando existe consenso entre os diferentes sensores.

*Shafer Dempster* é outra teoria que é usada para a incerteza do modelo. Alguns autores também têm utilizado a abordagem *Dempster* para a fusão, mas ao longo do artigo não daremos tanta importância.

A Teoria Bayesiana tem sido tradicionalmente usada como uma estratégia de fusão. Com esta teoria, a combinação da incerteza de múltiplos sensores pode ser facilmente incorporado. O estado do ambiente é decidido com base em medições dos sensores bem como a incerteza do sensor. Nova medição pode alterar a probabilidade de um estado. Os métodos desta teoria podem ser classificados em duas categorias: direta e indireta.

### **Método Direto**

Na fusão direta, as medições dos sensores são combinadas. Nesta seção vamos descrever, a probabilidade máxima e a lei de *Bayes* para a fusão direta. Assuma que o Output do sensor é indicado pelo vetor  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , e a propriedade do objeto detetado é denotado por  $O$ . Iremos utilizar duas probabilidades condicionais:  $p(X|O)$  e  $p(O|X)$ .  $p(X|O)$  é a probabilidade do Output do sensor, sendo  $X$  a propriedade do objeto é  $O$ . No nosso caso,  $p(X|F)$  pode ser calculado a partir do modelo de sensor, enquanto  $p(O|X)$  é a probabilidade, a posteriori, que queremos determinar. Estas duas probabilidades estão relacionadas, segundo a Eq.2.1 (baixa probabilidade de Bayes).

$$p(O|X) = \frac{p(X|O)p(O)}{p(X)} \quad (\text{Eq. 2.1}),$$

Onde  $p(O)$  e  $p(X)$  é a probabilidade de incondicional o Output do sensor e sendo propriedade do objeto  $X$  e  $S$ , respetivamente.

No nosso sistema, existem  $k$  sensores, com as leituras  $X = (x_1, x_2, \dots, x_k)$ , para calcular uma probabilidade maximizada dos sensores é necessário utilizar a Eq.2.2.

$$p(X|O) = \prod_{i=1}^k p(X^{-1}|O) \quad (\text{Eq. 2.2}),$$

### **Método Indireto**

Nos métodos indiretos, após uma transformação, os valores dos sensores são fundidos. No método direto a fusão dos dados é direta não havendo qualquer tipo de transformação prévia. Nesta secção as medições do sensor podem ser fundidos de forma indireta. O trabalho de Heeger e Hager é um exemplo de fusão indireta. O projeto pretendia unir dados de uma ótica com o movimento de uma câmara num determinado objeto, e usá-lo para segmentar objetos em movimento ou parados (Heeger & Hager, 1988). Eles desenvolvem uma equação linear que relaciona a velocidade da imagem com o movimento da câmara. Eles consideram que o movimento da câmara pode ser um vetor.

## **2.4 Análise**

Em qualquer uma das estratégias apresentadas na secção 2.3.3 podemos encontrar várias vantagens:

- Melhoria na deteção, confiança e fiabilidade, assim como redução na ambiguidade de dados;
- Fornece benefícios: as redes de sensores são, frequentemente, compostos por grande número de sensores, podendo provocar potenciais colisões e transmissões de dados redundantes;
- Os dados dos sensores são fundidos e apenas o resultado final é transmitido.

Porém, na utilização destas estratégias também podemos criar consequências negativas:

- Imperfeição dos dados: os dados fornecidos pelos sensores são sempre afetados por um certo nível de imprecisão e de incerteza;
- Dados inconsistentes: as incertezas pelas ambiguidades e inconsistências que apresentam no meio ambiente;
- Modalidade dos Dados: as redes de sensores podem recolher de uma forma semelhante qualitativamente ou diferente os dados;
- Sincronismo: a área coberta por sensores pode abranger um vasto ambiente. O que no caso dos sensores heterogéneos, os valores dos sensores podem ser diferentes;
- Dimensionalidade dos dados: os valores locais de cada sensor são inseridos numa unidade central, provocando uma grande concentração de dados.

Em relação à perspetiva da aplicação o valor dos dados monitorizados pelo sensor precisa também de ser considerada. Se um sensor está a fornecer alguma informação única sobre alguma característica do fenómeno, então a aplicação deve requerer que o sensor reporte independentemente da sua localização.

## **2.5 Tratamento dos Dados**

### **2.5.1 Fusão de Dados**

A fusão de dados foi desenvolvida para resolver um conjunto diversificado de problemas na qualidade da informação, sendo uma ferramenta importante para a melhoria do desempenho do sistema de deteção (Jiaming Li, Luo, & Jin, 2010). Destina-se a combinar os dados de vários

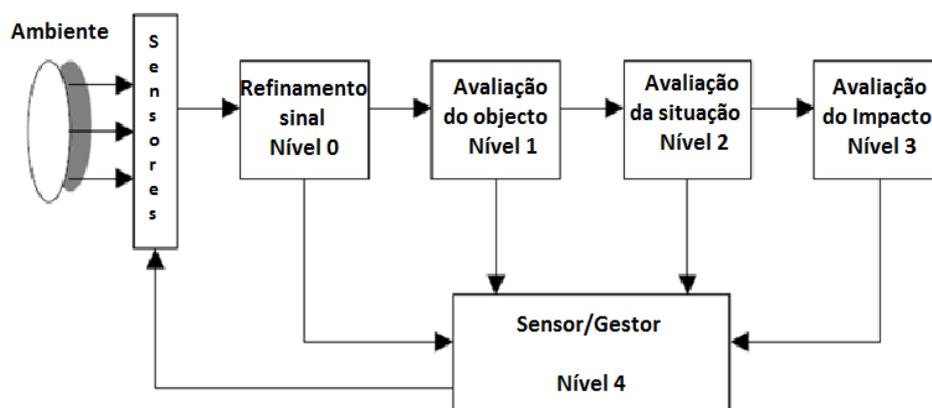
sensores que será mais eficiente e potencialmente mais preciso do que se fossem alcançados individualmente.

### Definição

A fusão de dados é um ponto crítico do projeto, porque é utilizada para alcançar os objetivos ou para tomar decisões. Naturalmente que esta fusão é baseada em dados confiáveis vindo dos sensores. Isto é feito utilizando algoritmos que unem os dados fornecidos gerando informação com mais qualidade do que separadamente e agrega informações dos sensores para fazer análise em relação ao ambiente circundante. A partir de uma definição mais concreta e mais completa e com base numa definição padrão, a fusão de dados é um processo multifacetado, multinível que lida com a detecção automática, correlação, combinação de dados e informações de várias fontes (White & DoD, 1991).

Dentro de um sistema com vários sensores o conjunto de informação deve surgir a partir da fusão de dados. Aplica-se uma fusão vantajosa sobre os diferentes valores medidos numa base de informação em que a soma dos diferentes sensores pode ser significativa.

Vários esquemas de classificação para a fusão dos sistemas de informação têm sido propostas por diversa literatura, em que o esquema do tipo JDL é, provavelmente, o que reúne mais consenso. O modelo JDL foi utilizado para desenvolver uma arquitetura para a fusão de dados no entanto, na realidade, é apenas um elemento de uma arquitetura (Blasch & Plano, 2002).



**Figura 6 - Feedback através do gestor de sensor no processo de fusão de dados (Xiong & Svensson, 2002)**

Representado na Figura 6, o modelo JDL é composto por cinco módulos com uma interface homem-computador: o refinamento do sinal (nível 0), avaliação do objeto (nível 1), avaliação da situação (nível 2), ameaça ou avaliação de impacto (nível 3) e refinamento do processo (nível 4)

no modelo JDL de fusão de dados (Steinberg, Bowman, & White, 1998). As definições de cada um são as seguintes:

- Nível 0 - estima e prevê o estado do sinal/objeto;
- Nível 1 - estima e prevê os estados das entidades com base na associação observação-seguir, estimar o estado continuamente e estimar o estado discretamente;
- Nível 2 - estima e prevê as relações entre as entidades, isto inclui estrutura, relações, comunicações e influências, o contexto físico, etc;
- Nível 3 - estima e prevê situações de planejamento ou ações, isto inclui interações entre as diferentes entidades/objetos;
- Nível 4 – gestor de recursos, que apoia no refinamento o processamento de dados.

O processo de fusão de dados é uma estrutura de realimentação de circuito, onde o gestor do sensor no nível 4 usa a informação dos níveis de 0-3 para planejar ações futuras de sensores.

### **2.5.2 Fusão de Informação**

Nos últimos anos, a fusão de informação a partir de múltiplas fontes em tempo real e a base de dados tornaram-se cada vez mais importantes devido à sua importância prática em muitas áreas de aplicação, tais como a telemedicina, redes comunitárias para a prevenção da criminalidade, saúde, etc.

#### **Definição**

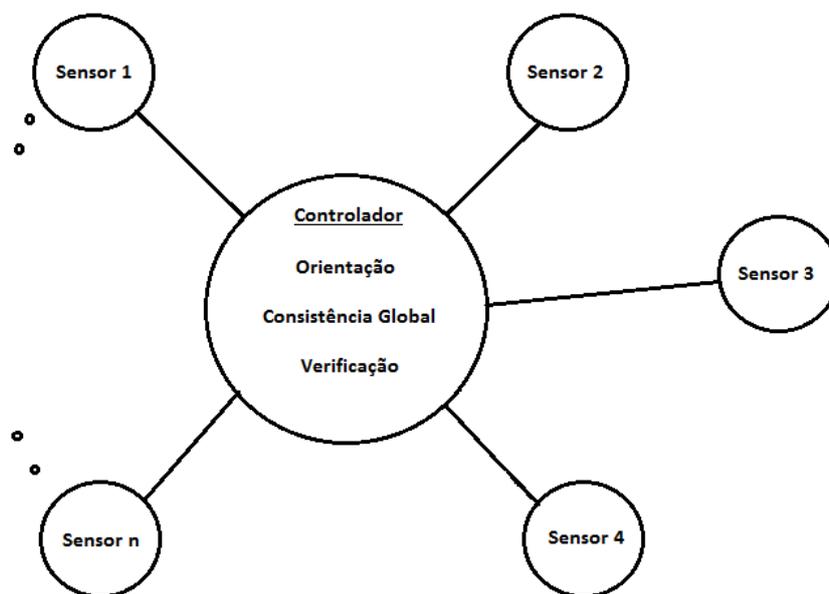
A fusão de informação estabeleceu-se como uma área de pesquisa independente nas últimas décadas, para descrever um quadro teórico formal sobre fusão de sistemas de informação ainda em falta. Uma proposta de definição pode ser um processo de informação que associa, correlaciona e combina dados e informações a partir de um ou vários sensores ou fontes para alcançar estimativas de parâmetros refinados, características, eventos e comportamento (Kludas, Bruno, & Marchand-Maillet, 2008). Outra definição, integração de informações de várias fontes e bases de dados em múltiplas modalidades e localizados em vários domínios espaciais e temporais (Shi-Kuo, Costagliola, & Jungert, 2002). Com base na teoria apresentada, na prática, o desenho do sistema deve ter os seguintes pontos em consideração: sensores ou fonte de

informação, a escolha de componentes de recursos, o nível de fusão, estratégia de fusão e a arquitetura da fusão.

A escolha dos sensores e fontes de informação é, normalmente, limitada pela aplicação. As fontes disponíveis devem ser consideradas em relação ao nível do ruído, o custo computacional, a diversidade entre o conjunto, a capacidade de descrever e distinguir o objetivo em padrões.

### **Topologia**

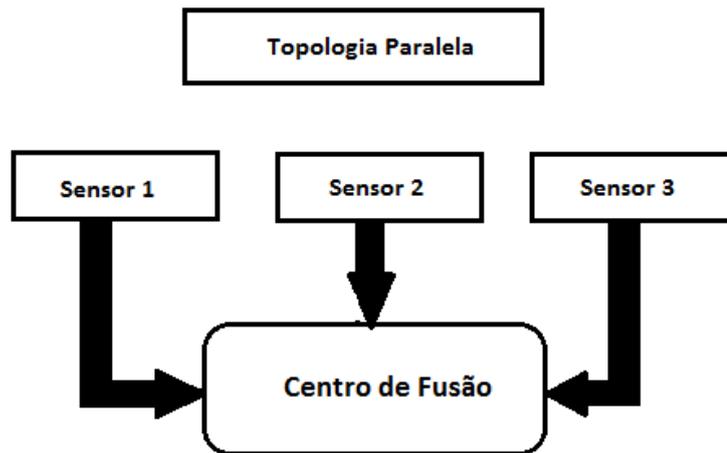
O nível topológico é representado por sensores e arcos que representam as conexões existentes entre os sensores e a unidade central. Como comprova a Figura 7, o nível geométrico acrescenta comprimentos para os arcos que representam distâncias entre os lugares.



**Figura 7 – Exemplo de uma topologia de Fusão de Informação**

Considerando a comunicação entre os sensores da rede e a unidade central, a fusão de informação é realizada em aplicações onde a monitorização colaborativa é realizada, podendo ser de três tipos: serie, paralela e híbrida (Junior & Rodrigues, 2008). No desenvolvimento deste projeto adotou-se a fusão paralela.

Como podemos verificar na Figura 8, na fusão paralela, todos os sensores processam os dados de uma forma independente e enviam os dados diretamente para o destino, na qual, se encarrega de fazer a fusão destes dados. Neste caso uma grande quantidade de informação pode ocasionar colisões na unidade central, porém esta técnica de fusão possibilita que com apenas um nodo tenha o poder de processamento necessário para executar a fusão de dados.



**Figura 8 - Esquema da Fusão Paralela**

A fusão de informação fornece vantagens significativas em dois aspectos: primeiro, a vantagem estatística obtida através da combinação dos dados da mesma fonte (por exemplo, a obtenção de uma estimativa melhorada de um fenômeno físico através observações redundantes). Cada sensor transfere o seu valor medido para uma unidade central. Porém, a arquitetura de uma rede de sensores não se limita apenas a estratégia de centralizar a informação, existindo duas opções:

- Descentralizado – Num sistema de dados descentralizado, a fusão ocorre localmente, a partir de um conjunto de agentes locais em vez de existir uma unidade central.
- Hierárquico – Considerado como uma mistura de arquitetura centralizada e descentralizada, ou seja, segundo esta arquitetura existe uma fusão global e local. Na fusão global, a informação é armazenada numa unidade central, enquanto, na fusão local, é responsável pela gestão dos dados em cada sensor.

O modelo selecionado que mais se adequa ao contexto desta tese é o centralizado, porque os dados são transmitidos para um sistema central, na qual posteriormente, serão monitorizados. Existem vários tipos de dados que podem estar associados à série temporal. As séries temporais são um conjunto de dados de valores contínuos, o que leva a um elevado número de amostras que são armazenadas (Galushka et al., 2006). Este tipo de informação é normalmente produzido por um equipamento que monitoriza constantemente os parâmetros. Os parâmetros a utilizar são:

- Nome: este nome deve ser diferenciado de todos os outros nomes, tanto no tempo como no espaço temporal;

- Tipo: identifica o tipo de sensor que originou a informação;
- Valor: a medição efetuada pelo sensor num determinado espaço temporal.

Esta abordagem torna mais simples a gestão da informação, mais fácil de implementar e de usar, além disto, os recursos individuais são mais fáceis de especificar, eliminar e proteger do mau uso.

### **Estratégias**

Uma vez que a maioria dos sensores pode gerar grandes quantidades de informação dentro de um curto período de tempo, são apresentadas estratégias para a fusão de informação:

- **Otimização de consulta:** A linguagem para consultas espacial/temporal, chamado SQL, foi desenvolvido para apoiar na recuperação e fusão de informações em tempo real a partir de diferentes fontes. Os sensores podem proporcionar informação sobre o estado, que posteriormente, é incorporado na base de dados e reformulado numa consulta mais refinada.

Assim, a otimização da consulta pode tomar em consideração os seguintes fatores:

- Fontes podem mudar: No processamento de uma consulta durante o dia, certo tipo de sensores são aplicáveis. Mas, se executar a mesma consulta, à noite, certo tipo de sensores pode tornar-se inaplicável. As restrições podem mudar: O processamento de uma consulta parcial pode levar a um tamanho reduzido de dados com interesse.
- Clusters podem mudar: O processamento de uma consulta parcial o agrupamento da informação pode variar.
- Origem da consulta pode mudar: Se a consulta é uma consulta evolutiva, existe, naturalmente, mudanças nas relações espaciais / temporais entre criador do teste, sensores e objetos detetados.

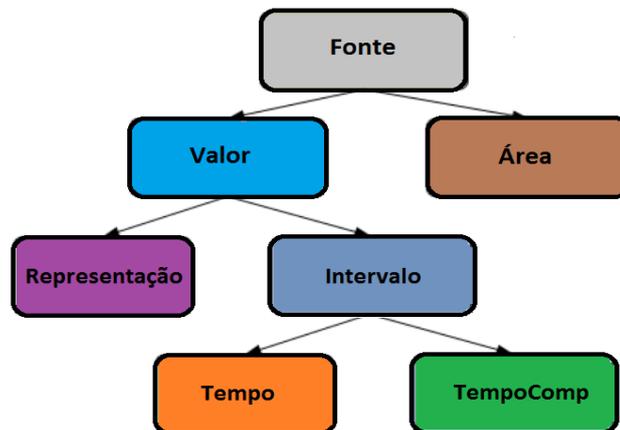
Esta abordagem proporciona melhores resultados, porque irá conduzir a um melhor processo de fusão. É concebível que os sensores possam realizar a fusão de informação, mas dependem de dispositivos "com fio" para serem implementadas.

- **Árvore de dependência:** O desempenho de um sistema de monitorização ao longo do tempo deixa de ser ágil e algumas métricas de desempenho degradam-se. Assim, uma estratégia de controlo do sistema e de otimização deve ser invocado para manter o

desempenho, ou seja, a árvore de dependência em que cada nó (sensor)  $P_i$  tem os seguintes parâmetros:

- valor  $i$  é o valor a retirar;
- fonte  $i$  é a fonte de informação
- área  $i$  é a área espacial de interesse para análise do ambiente
- tempo  $i$  é o temporal intervalo de interesse para análise do ambiente
- tempoComp  $i$  é o tempo de computação estimada em alguma unidade como segundo
- intervalo  $i$  é o intervalo de certeza em aplicar o algoritmo de reconhecimento,
- representação por dois números min, max a partir do intervalo fechado  $[0,1]$

Como se pode verificar na Figura 9, a pesquisa da árvore dependência não pode ser definido pela recolha de todos os nós, porque: 1) certos nós estão relacionados, enquanto outros não estão; 2) devido às restrições entre os diferentes componentes do sistema, os nós não podem ser invocados de uma ordem arbitrária, devendo seguir as dependências (Jingyuan Li et al., 2010).



**Figura 9 - Parâmetros do sensor**

Como já foi mencionado, uma consulta nas bases de dados pode ser otimizada. Um agente de processamento de dados baseado na consulta repete o serviço eventualmente, até que o último nó da árvore seja atingido (Jungert, Silvervarg, & Horney, 2002). O último nó da árvore de dependência é, geralmente, o nó de fusão, que executa a operação de fusão. Após a fusão o processo termina.

- **Multi-Level View Database:** O *Multi-Level View Database (MLVD)* suporta o processamento da consulta com uma visualização na base de dados com múltiplos níveis. Sempre que o processador da consulta necessita de alguma informação, pede ao gestor de visualização. O gestor de visualização também protege o resto do sistema de maneira a conseguir a independência dos dados dos sensores.

As múltiplas visões podem incluir os seguintes três pontos de vista: a visão global, a visão local e a vista objeto. A visão global descreve onde o objeto alvo situa-se em relação a alguns outros objetos. Isto permitirá a localização do objeto alvo com maior precisão e fazer uma melhor análise. A visão local fornece as informações sobre a representação do objeto alvo. Finalmente, existe também uma necessidade de uma descrição do objeto simbólico. Os diferentes pontos de vista podem incluir informações sobre o criador do teste.

- **Base de Conhecimento Ontológico:** Para qualquer sensor, os dados detetados geralmente não descreve totalmente um objeto. De uma forma geral, o sistema deve ser capaz de detetar os sensores não dão a visão completa do meio envolvente. Desta forma, o sistema deve recolher um conjunto de fatos e condições, que constituem o conhecimento de trabalho sobre o mundo real e os sensores. Este conhecimento é armazenado na base de conhecimento ontológico, cujo o conteúdo inclui o objeto, sensor e os dados sobre o ambiente envolvente.

### **Análise**

A unificação da informação recolhida pelos sensores permite uma melhor qualidade de informação, maior robustez, uma maior cobertura espacial e temporal e redução de comunicação e computação. Além disso, de um modo geral, procura detetar certos dados significativos e verificar a consistência dos dados detetados.

Porém, o excesso de informação pode acabar em desperdício de energia e tempo de processamento e, caso a quantidade de dados incorretos for maior que a de corretos, leva a uma avaliação enganosa. Outro problema é saber quanto tempo devemos esperar antes de ser feita a fusão.

### 2.5.3 Monitorização

Com base no nível de detalhe gravado a partir dos sensores, realizada no interior da *Smart Environment*, podem ser fornecidos dois níveis diferentes, como está representado na Figura 10. No primeiro exemplo, fornece uma avaliação geral do comportamento dos utilizadores, por exemplo, determinar se estão ativos ou inativos. Na segunda análise, fornece uma visão mais detalhada sobre o comportamento do utilizador. Uma vez que a avaliação tem de ser feita, o processamento dos dados, em seguida, deve ajudar o utilizador nas atividades, por exemplo, um aviso de desligar as luzes quando está mais sol dentro da sala.

Cenário	Dados do Sensor	Dados da Actividade	Dados Psicológicos
Rastreio da Pessoa	Interação com objectos	Níveis de Actividade	Sinais Vitais
Análise às emoções	Tempo de Processamento	Classificação de Actividades	Análise de tendências



**Figura 10 - Gerir a informação recolhida dentro de uma "Smarthome"**

No entanto, uma questão particularmente interessante é como a informações de vários sensores podem ser combinados de uma maneira prática para melhorar a avaliação geral de um comportamento do utilizador.

Os sensores como apresentado na seção anterior podem fornecer informações suficientes para obter uma visão do comportamento do utilizador, mas em muitas circunstâncias não é possível que ocorra uma análise precisa.

Existe momentos em que o nível de informação processado vai para além de uma fonte de informação. Como resultado, o fornecimento de serviços tem que ser mais fiável e elaborado. Estes serviços terão capacidade em responder aos pedidos dos utilizadores. Uma série de abordagens serão colocadas em prática para aumentar os níveis de confiabilidade dos serviços prestados.

## **2.6 Índices para Monitorização dos Utilizadores**

### **2.6.1 Índice de Calor**

O risco de doenças relacionadas com o calor torna-se maior à medida que o clima fica mais quente e húmido. O "índice de calor" é a fórmula que utiliza os valores da temperatura, bem como, da humidade.

As variações de calor, geralmente, têm a ver com a redução ou colapso da capacidade de o corpo humano responder a alterações na circulação sanguínea, transpiração ou a um desequilíbrio químico (sal) causada pelo excesso de transpiração . Quando o corpo não consegue compensar a perda de fluidos e de sal, através da transpiração, a temperatura interna do corpo começa a subir e as doenças relacionadas com o calor podem desenvolver-se.

Nós todos sabemos que a humidade é a quantidade de água que o ar contém. No entanto com as mudanças de temperatura do ar a humidade varia. O mesmo acontece com a quantidade de água que o ar pode conter (o ar pode conter mais vapor de água quando a temperatura aumenta). A humidade relativa compara a humidade real com a quantidade máxima de vapor de água que o ar pode conter em qualquer temperatura.

#### **Definição**

O Índice de Calor (em inglês, *Heat Index*), também referida como a "temperatura aparente", é uma medida em que a humidade atua juntamente com temperaturas elevadas para reduzir a capacidade do corpo para se refrigerar (Steadman, 1979). O índice de calor é a temperatura (em graus), do corpo humano, com base em níveis de humidade normais. Por exemplo, se a temperatura real é de 38 ° C com 40 por cento de humidade relativa, o efeito destas condições no corpo, é o mesmo que 43 ° C com uma humidade normal (cerca de 20 por cento). O pressuposto básico em computação índice de calor (HI) é que a pessoa está na sombra, ao nível do mar, com uma velocidade do vento de 6.90468 mph. A exposição à luz do sol completa pode aumentar o HI de cerca de 3 ° C a 9 ° C. Várias velocidades do vento podem também alterar o índice de calor, mas geralmente têm um efeito mínimo.

#### **Medidor do Índice de Calor**

Enquanto a noção de humidade nos dias que se tornam mais quentes é evidente para qualquer

um, o sistema atual deve-se a *Robert G. Steadman*, um investigador têxtil. Em 1979 um trabalho de investigação chamado "Uma Avaliação de mormaço, partes I e II," *Steadman* defendeu os fatores básicos que afetam as pessoas sob um conjunto de condições meteorológicas. As condições meteorológicas que constituem a fórmula do calcula do índice de calor encontram-se representadas na Figura 11.

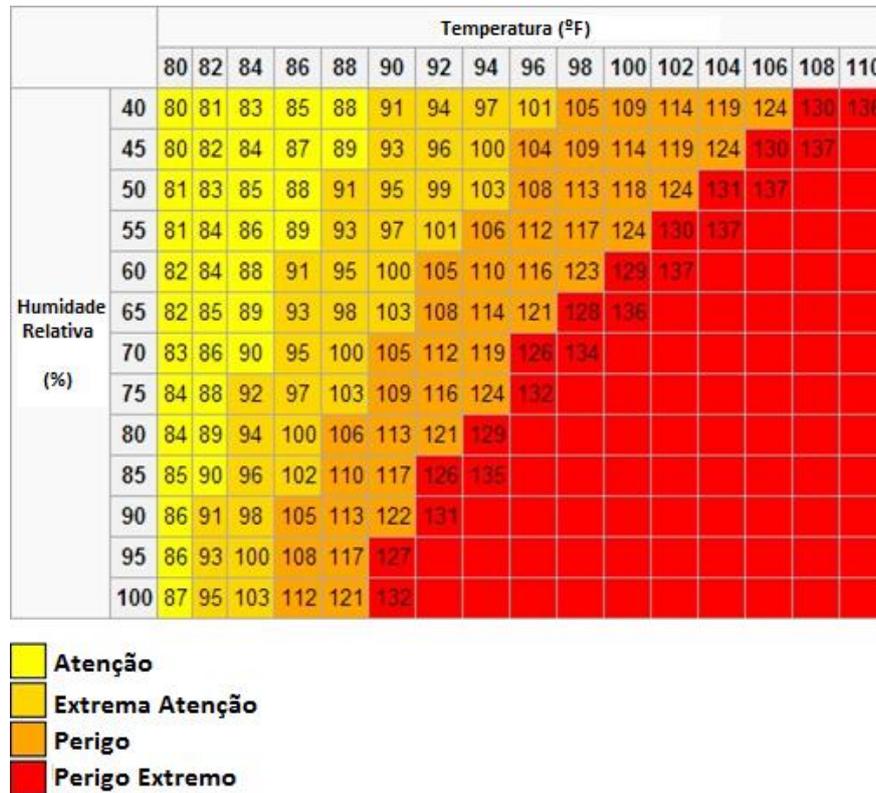


Figura 11 - Valores do índice de calor

O algoritmo que calcula o índice de calor é dado pela Eq.2.3.

$$\begin{aligned}
 HI &= -42.379 + 2.04901523T + 10.14333127R - 0.22475541TR - 6.83783 * 10^{-3}T^{-2} \\
 &- 5.481717 * 10^{-2} R^2 + 1.22874 * 10^{-2} + 8.5282 * 10^{-4}T - 1.99 \\
 &* 10^{-6}T^2R^2
 \end{aligned}
 \tag{Eq.2.3}$$

HI onde, T são em graus Celsius e R em percentagem.

Porém, foi utilizado a fórmula de mínimos quadrados (NWS) para diminuir o erro de aproximação do valor HI, representada na Eq.2.4.

$$HI = T - 1.0799e^{0.03755T} [1 - e^{0.0801(R-14)}] \quad (Eq. 2.4)$$

O objetivo da regressão de mínimos quadrados é encontrar a relação funcional que minimiza a soma dos quadrados dos erros (SSE). O método padrão para comparar os diferentes modelos de regressão é comparar os valores de SSE. A principal vantagem do novo modelo é dar valores fora do intervalo de dados presentes na tabela<sup>1</sup>.

Geralmente, há pouco interesse no índice de calor com valores de temperatura de humidade abaixo dos valores tabelados mas, devido à sua construção, o novo modelo suporta baixas temperaturas, enquanto o modelo de NWS dá valores muito irrealistas<sup>2</sup>.

## 2.6.2 Índice de Conforto Térmico

O conforto térmico é definido como a condição que expressa a satisfação do ser humano com o ambiente térmico. A insatisfação pode ser causada essencialmente por um indesejável arrefecimento ou aquecimento de uma determinada parte do corpo.

Como o grau de satisfação é diferente de ser humano para ser humano, é impossível especificar um ambiente térmico que satisfaça todas as pessoas. Haverá sempre um conjunto de pessoas insatisfeitas, mas é possível indicar ambientes previstos para serem aceitáveis por uma determinada percentagem de ocupantes.

O estudo de caracterização do Conforto Térmico tem como objetivo determinar quais as condições ambientais que proporcionam um maior número de pessoas satisfeitas.

### Métrica

Fanger, investigador da Universidade de Kansas, juntamente com a Universidade Técnica da Dinamarca desenvolveu uma fórmula para medir o grau de satisfação das pessoas. *Fanger* idealizou sete níveis na escala da sensação térmica para diferentes ambientes. Registou e analisou os sujeitos, a partir de câmaras climáticas, segundo as variáveis que influenciam o estado de conforto. O modelo de *Fanger* baseia-se numa análise energética, que tem em conta todos os modos de perdas de energia (L) a partir do corpo, incluindo a perda de calor a partir da superfície exterior do vestuário, a perda de calor através do vapor de água, a perda de calor por

---

<sup>1</sup> <http://www.weatherwise.org/qr/qry.02dewpointextreme.html>

<sup>2</sup> <http://journals.ametsoc.org/doi/full/10.1175/JAM2285.1>

evaporação do suor da superfície da pele, e a perda de calor devido à respiração. O modelo pressupõe que a pessoa está termicamente em estado de equilíbrio no seu meio ambiente. A partir da temperatura da pele e pela evaporação de suor das pessoas, o modelo calcula a perda de energia (L). Assim, a escala de *Predicted Mean Vote* (PMV) é baseada com a perda de energia (L), não tendo de parte a taxa metabólica do sujeito (M) (Comfort et al., 2002).

Sendo assim, ele definiu como "a diferença entre a produção interna de calor e a perda de calor num ambiente real para um homem mantido nos valores de conforto da temperatura da pele e para a produção de suor no nível de atividade real" (Fanger 1970).

Desta forma, a expressão para o conforto térmico pode ser deduzida a partir da taxa metabólica, o isolamento do vestuário e as condições ambientais.

Fanger não ficou por aqui, percebeu desde muito cedo que o PMV era apenas o valor médio a ser esperado a partir de um grupo de pessoas, então decidiu estender o PMV para PPD (previsão da percentagem de insatisfeitos com o meio ambiente). PPD é definida em termos da PMV e não adiciona informação daquela que já esteja disponível em PMV.

Resumidamente, temos duas definições para o índice de conforto térmico:

**PMV (Voto Médio Estimado)** - é utilizado para expressar a percepção humana de conforto térmico. Os níveis deste modelo foram definidos a partir de experiências num conjunto de indivíduos. Os indivíduos são avaliados conforme a sua percepção de conforto térmico num determinado contexto espacial. Como foi referido anteriormente, o índice inclui a combinação e as interdependências dos seguintes fatores: atividade metabólica (M), isolamento do vestuário (clo), temperatura do ar, temperatura média, movimento do ar radiante e humidade<sup>3</sup>.

**PPD (Previsão de Pessoas Insatisfeitas)** - descreve a percentagem de pessoas que estão insatisfeitas com determinadas condições térmicas. Este modelo baseia-se na percentagem de pessoas, pertencentes a um determinado grupo, que gostariam que o ambiente estivesse mais quente ou mais frio, votando -3,-2, 1, +3 ou +2 numa escala de sete sensações<sup>4</sup>.

---

<sup>3</sup> <https://www.educate-sustainability.eu/kb/content/pmv-ppd>

## Medidor do PMV e PPD

O valor do PMV que representa o voto médio estimado a partir de um conjunto de pessoas num determinado ambiente térmico, é calculado pelo método desenvolvido por *Fanger* (Carlos, 2007). Este cientista estabeleceu uma escala com intervalo entre -3 (muito frio) a 3 (muito quente), e a diferença entre o calor gerado e o calor libertado pelo corpo humano, o modelo PMV, que corresponde à Eq.2.5.

$$PMV = (0.303e - 2.100 * M + 0.028) * [(M - W) - H - Ec - Cres - Eres] \quad (Eq.2.5)$$

No modelo PMV, cada sigla representa, respetivamente:

- M - a taxa metabólica, em Watt por metro quadrado (W/m<sup>2</sup>);
- W - a potência mecânica, em Watt por metro quadrado (W/m<sup>2</sup>);
- H - as perdas de calor;
- Ec - a troca de calor por evaporação na pele;
- Cres - a troca de calor por convecção na respiração;
- Eres - a troca de calor por evaporação na respiração.

Nas equações 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, respetivamente, os termos H, Ec, Cres e hRes, correspondem à troca de calor entre o corpo e o meio ambiente circundante e é calculado a partir das seguintes equações:

$$H = 3,96 * 10^{-8} * fcl * [(tcl + 273)^4 - (T_r + 273)^4] - fcl * hc * (tcl - T_a) \quad (Eq. 2.6),$$

$$Ec = 3,05 * 10^{-3} * [5733 - 6,99 * (M - W) - P_a] - 0,42 * [(M - W) - 58,15] \quad (Eq.2.7),$$

$$Cres = 0,0014 * M * (34 - T_a) \quad (Eq.2.8),$$

$$Eres = 1,7 * 10^{-5} * M * (5867 - P_a) \quad (Eq.2.9)$$

em que:

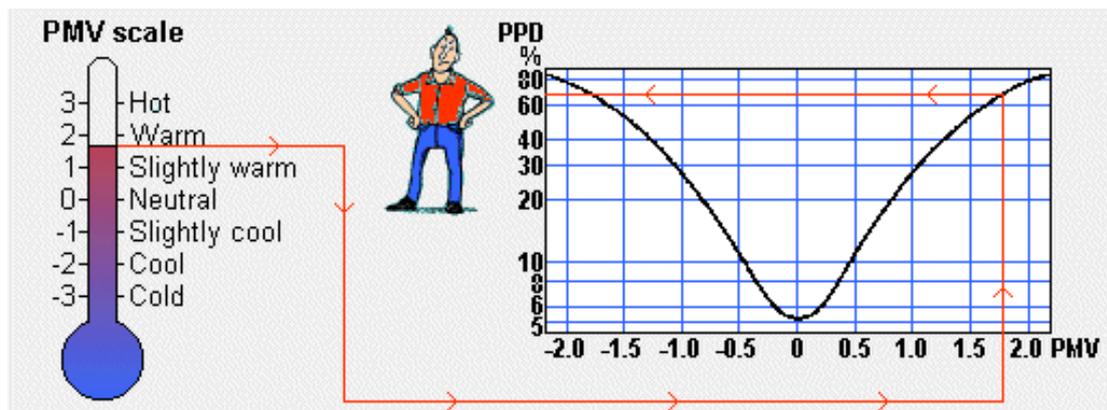
- ICL é o isolamento das roupas, em metros quadrados, Kelvin por watt (m<sup>2</sup> K / W);
- fcl é a área da superfície do vestuário;

- $T_a$  é a temperatura do ar, em graus Celsius ( $^{\circ}$  C);
- $T_r$  é a média da temperatura radiante, em graus Celsius ( $^{\circ}$ C);
- var é a velocidade relativa do ar em metros por segundo (m / s);
- $P_a$  é a pressão parcial de vapor de água, em Pascal (Pa);
- tcl é a temperatura da superfície da roupa, em graus Celsius ( $^{\circ}$  C).

A previsão de pessoas insatisfeitas, por sua vez, é representada pela Eq.2.9.

$$PPD = 100 - 95 * e - (0.03353 * PMV^4 + 0.2179 * PMV * 2) \quad (Eq. 2.10)$$

O cálculo do modelo PPD está dependente do resultado da fórmula PMV. A análise da função das duas variáveis está graficamente demonstrada na Figura 12.



**Figura 12 - Gama de PMV e PPD**

Zonas de conforto térmico são definidos com a gama de valores PMV de -0,2 a 0,2, -0,5 e -0,7 para 0,5 a 0,7, que correspondem, respetivamente, para valores abaixo de 6 PPD, 10 e 15%. A análise da Figura 3 permite concluir que, mesmo que as pessoas sejam por natureza diferentes, para a situação em que a população de neutralidade térmica ( $PMV = 0$ ), a percentagem de insatisfeito é de 5%.

### 2.6.3 British Thermal Unit

A BTU, abreviação de unidade térmica britânica, é uma medida básica da energia térmica (calor). BTU é a quantidade de energia necessária para elevar a temperatura de um objeto até uma determinada temperatura. Esta unidade não-métrica é utilizada em alguns países - incluindo

os EUA - e é usado principalmente para avaliar a saída de calor de combustíveis e eletrodomésticos<sup>5</sup>.

### **Métrica**

Apesar do nome, a unidade térmica britânica raramente é usado na Grã-Bretanha. É uma medida pré-métrica e é empregue sobretudo em países onde este sistema ainda não foi totalmente adotado. No mundo da ciência, o joule é a unidade normalmente usada para representar a energia mas, em alguns países, nomeadamente os EUA e o Canadá, a BTU é a medida de produção de calor para aparelhos como aquecedores, grelhadores a gás e para combustíveis como o carvão, petróleo e gás natural.

As classificações que aparecem nos aparelhos são, na verdade, BTU por hora, enquanto que para os combustíveis são peso por unidade. Por exemplo, um aquecedor de ar pode ser avaliado em 34.000 BTU/h, enquanto que, no caso dos combustíveis, alguns valores típicos são 35 milhões de BTU's por tonelada de carvão. A BTU é uma métrica de consumo de energia que pode ser convertida diretamente, em quilowatts-hora ( $3.412 \text{ BTUs} = 1 \text{ kWh}$ ) ou joules ( $1 \text{ BTU} = 1,055.06 \text{ joules}$ ). O ar condicionado para uso doméstico pode tipicamente produzir entre 5.000 e 15.000 BTU.

MBTU representa um milhão BTU, o que também pode ser expresso como uma *decatherm* (10 termias). Esta métrica é usada como unidade padrão de medição de gás natural e proporciona uma base conveniente para comparar o conteúdo energético dos vários tipos de gás natural e de outros combustíveis. Um metro cúbico de gás natural produz cerca de 1.000 BTUs, para 1.000 cu.ft. de gás é comparável a um MBTU. MBTU é expressa como MMBTU que pretende representar um milhar de mil BTUs.

### **2.6.4 Energia**

Na discussão da produção e uso de energia muitas vezes é conveniente falar em termos da quantidade de combustível a granel, por exemplo, um barril de petróleo ou uma tonelada de carvão. Estes termos são por vezes utilizados não só para indicar um volume ou massa, mas também para representar uma quantidade de energia<sup>6</sup>.

---

<sup>5</sup> <http://www.wisegeek.org/what-is-a-btu.htm>

<sup>6</sup> <http://www.aps.org/policy/reports/popa-reports/energy/units.cfm>

## **Unidades de Energia**

Muitos tipos de unidades são utilizados nas discussões de energia e podemos dividir em duas grandes categorias:

- unidades básicas - não está relacionado a um determinado tipo de energia;
- unidades da fonte - está relacionada as propriedades de tipo de energia específico.

Estas unidades, juntamente com tópicos especiais relacionados com a eletricidade, são discutidas nas secções seguintes.

### **Joule (J)**

Esta é a unidade básica da energia do Sistema Internacional de Unidades (SI). É definido em termos de funcionamento do contador, quilo e segundo.

### **Caloria (cal)**

Historicamente, o teor calórico foi definido em termos de aquecimento de água. Assim, numa definição tradicional, uma caloria é a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura da água de até 1 ° C, a partir de 14,5 ° C para 15,5 ° C. Mais recentemente, o teor calórico tem sido definido em Joule, a equivalência entre as calorias e joule é conhecido como o calor mecânico.

Várias definições de calorias estão agora em uso comum, inclusive (2):

- Termoquímica: 1 cal = 4,184 J
- Sistema Internacional: 1 cal = 4,1868 J

A definição mais utilizada é a segunda, sendo esta adotada por muitas empresas, por exemplo, pela Administração de Informação de Energia do Departamento de Energia dos EUA (DOE / EIA) e da Agência Internacional de Energia da Organização para a Cooperação Económica e Desenvolvimento (OECD/AF).

### **Unidade Térmica Britânica (BTU)**

Este é o sistema analógico Inglês das calorias tendo como conversão em calorias o seguinte valor:

- 1 Btu = 251,9958 cal.

Quanto ao teor calórico, há uma família de "Btu" em uso relativamente comum, incluindo:

- Termoquímica: 1 Btu = 1054,35 J
- Sistema Internacional: 1 Btu = 1055,06 J

Mais uma vez, a unidade do SI é o utilizado em publicações do DOE/EIA.

### **Unidades de grande escala**

Ao descrever os orçamentos de grandes quantidades de energia, é prática comum o uso de unidades de grande escala com base no *Joule*, *Btu*, e *kWh*.

### **2.6.5 Stress Térmico**

Os seres humanos, como regra, devem manter uma temperatura corporal interna de cerca de 37 ° C. As razões que levam para isso tem a ver com a temperatura ideal em que muitas reações químicas e processos funcionam. A temperatura interna é influenciada por uma série de fatores internos e externos e deve ter um sistema para regular a temperatura corporal. Em todos os momentos, o corpo está envolvido num ato de equilíbrio da geração de calor e libertação de calor.

Para libertar calor para o ambiente o corpo tem de primeiro transferir calor para fora a partir do núcleo interno do corpo, para as superfícies do corpo, perto da pele.

O primeiro desse mecanismo, evaporação, acontece quando uma pessoa suar. Suor é libertado através de glândulas na pele do corpo de uma pessoa. O suor líquido deve usar a energia para converter-se num gás e evaporar.

O segundo mecanismo, a condução, refere-se ao que acontece quando o organismo entra em contacto com um objeto que tenha uma temperatura inferior. Neste caso, o calor é efetivamente transferido da pele da pessoa para o objeto mais frio.

No entanto, às vezes, o corpo fica tão quente que os mecanismos de regulação da temperatura não conseguem eliminar o calor. Quando isso acontece, a temperatura interna do corpo começa a subir acima dos 37°C que afetam todos os processos fisiológicos na qual chamamos de Stress Térmico.

Ao Stress Térmico temos alguns sintomas associados como podemos ver de seguida:

- **Exaustão:** os sintomas de insolação são dor de cabeça, náuseas, vertigens, fraqueza, sede e tontura. Felizmente, essa condição responde prontamente a tratamento imediato. Exaustão pelo calor não deve ser menosprezada por várias razões. Uma delas é que o desmaio associado com exaustão pelo calor pode ser perigoso, porque a vítima pode estar a controlar uma operação que não deve ser deixado sozinho e, além disso, pode-se lesionar.
- **Cãibras:** causado pelo excesso de trabalho duro num ambiente quente. Este problema tem sido atribuído a um desequilíbrio de elétrico causado pela transpiração. Cãibras parecem ser causadas pela falta de água porque o suor é uma solução hipotónica ( $\pm 0,3\%$  NaCl) e o excesso de sal pode acumular-se no corpo se a água perdida não for reposta.
- **Desmaio:** quando o cérebro não recebe oxigénio suficiente, como resultado o indivíduo, quando exposto ao calor, pode perder a consciência. Esta reação é semelhante ao de exaustão de calor e não afeta o equilíbrio térmico do corpo.
- **Erupções:** com o aumento da transpiração, na zona das pálpebras começará a surgir uma sensação de formigueiro. Em muitos casos, a erupção de calor vai desaparecer quando o individuo voltar para um ambiente fresco.
- **Fadiga:** um fator que predispõe o indivíduo à fadiga é a falta de aclimação. O uso de um programa de aclimação para o trabalho em ambientes quentes é aconselhável. Os sinais e sintomas de fadiga prejudicam o desempenho mental e físico. Não existe tratamento para a fadiga, exceto para remover o stress térmico, na qual pode desenvolver problemas mais graves.

### **2.6.6 Índice de Stress Térmico**

O índice de stress térmico é definido como a relação da quantidade de evaporação (ou transpiração) com a capacidade máxima de uma pessoa transpirar (isto é, arrefecer o corpo). Quando o índice de stress térmico é alto, pode levar a condições físicas perigosas, em que, as pessoas podem morrer pelas elevadas temperaturas (Guide & Book, 2010). A desidratação grave ou a morte podem, também, resultar da exposição excessiva ao calor.

Os atletas, trabalhadores da construção civil, entre outros, que regularmente trabalham ao ar livre estão em risco, por exemplo, de insolação. Os atletas sofrem com a insolação quando fazem desporto durante o verão, quando a humidade e o calor atingem valores elevados (Consultation, 2005). A abundância de líquidos ao longo do dia, evitando longos períodos de

trabalho ao sol (em que o índice de stress térmico são mais elevados), os trabalhadores podem assegurar que estão a tomar as devidas precauções quando se trata de estar ao ar livre em clima quente.

### **Métrica**

O Índice de Stress Térmico é uma das razões do corpo sentir necessidade de efetuar a evaporação para manter o equilíbrio térmico ( $E_{reg}$ ), em que a evaporação máxima pode ser alcançada no ambiente ( $E_{max}$ ), expresso como uma percentagem (Belding escotilha e 1955). As equações seguintes permitem calcular o índice de stress térmico.

#### **Perda de Radiação**

$$R = k_1 * (35 - t_r) W m^{-2} \quad (Eq.2.11),$$

em que  $k_1 = 4.4$ ,  $k_1 = 7.3$ .

#### **Perda de Convecção**

$$C = k_2 * v * 0.6(56 - P_a) W m^{-2} \quad (Eq.2.12),$$

em que  $k_2 = 4.6$ ,  $k_2 = 7.6$ .

#### **Perda Máxima de Evaporação**

$$E_{max} = k_3 * v * 0.6(56 - P_a) W m^{-2} \quad \text{limite superior de 390 (Eq.2.13),}$$

em que  $k_3 = 4.6$ ,  $k_3 = 7.6$ .

#### **Perda Ideal de Evaporação**

$$E_{reg} = M - R - C \quad (Eq.2.14),$$

#### **Índice de Stress Térmico (HSI)**

$$HSI = \frac{E_{reg}}{E_{max}} * 100 \quad (Eq.2.15),$$

#### **Tempo de exposição (AET)**

$$AET = \frac{2440}{(E_{reg} - E_{max})} * 100 \quad (Eq.2.16)$$

onde:  $M$  = potência metabólica;  $t_a$  = temperatura do ar,  $t_r$  = temperatura radiante ;  $P_a$  = pressão parcial de vapor;  $v$  = velocidade do ar.

### **2.6.7 Índice de Carga**

Uma carga de aquecimento é uma medida da quantidade de calor necessária por hora para aquecer um determinado espaço, e para manter uma temperatura desejada. Uma série de fatores entram no cálculo da carga de aquecimento.

Carga de aquecimento é normalmente expressa em unidades térmicas britânicas (BTUs) por hora, usando uma unidade familiar de energia para garantir que as pessoas entendem imediatamente o que significa a medição. A carga de aquecimento é calculado antes de instalar um sistema de aquecimento e de refrigeração, para determinar qual o tamanho mais apropriado e também é calculado durante a criação de uma estrutura, para implementar as alterações que irão tornar a estrutura mais eficiente.

O aquecimento e as cargas de refrigeração ou cargas térmicas tem em conta:

- construção do edifício e do isolamento, incluindo pisos, paredes, tetos e janelas
- iluminação da habitação, com base do tamanho, desempenho, sombreamento e ofuscando.
- dimensão do espaço é um fator chave na carga de aquecimento. É preciso menos energia para aquecer um espaço menor do que um grande.
- potencial para a perda de calor através das portas, janelas e outras aberturas

Cargas térmicas mais baixas indicam que a habitação vai exigir menos aquecimento e refrigeração para manter condições de conforto. Cargas térmicas mais baixas não correspondem necessariamente ao menor uso de eletricidade. Na prática, o aquecimento ou arrefecimento podem ser produzidos por um aquecedor ou um ar condicionado.

Compreendendo a carga de aquecimento é importante. Ao instalar um aquecedor, se for demasiado pequeno para o espaço, ele terá dificuldade em aquecê-lo e usa uma grande quantidade de energia no processo. Por outro lado, se o aquecimento for demasiado grande para o espaço, ele não vai operar de forma eficiente, ao gerar energia desperdiçada, e vai aumentar o custo em relação ao tempo de vida da estrutura. A carga energética de aquecimento

também pode ser um fator importante quando se avalia a sustentabilidade ou o pensamento sobre as mudanças que poderiam ser feitas para fazer uma estrutura mais sustentável.

### 2.6.8 Rácio de Eficiência Energética

Em 1975, o Ar Condicionado e o Instituto da Refrigeração (ARI) introduziu o EER com a finalidade de classificar a eficiência de refrigeração e o aquecimento dos eletrodomésticos. Por outras palavras, é uma medida de eficiência de potência de arrefecimento BTU contra potência (watts) de entrada ou BTUH/WATT em um conjunto específico de bulbo seco no interior e exterior e as condições de temperatura de bulbo húmido.

Rácio de Eficiência Energética (*Energy Efficiency Ratio* ou EER), permite apresentar o quanto bem o ar-condicionado está a trabalhar com base na potência a ser utilizada. O EER é um número mais realista para se usar quando se quer descobrir a poupança de energia. Ao utilizar o conceito da REE no campo, um técnico pode eficazmente calculá-lo com esta equação simples:

$$EER = Capacidade * \frac{\left(\frac{Btu}{hr}\right)}{Power} \quad (Eq. 2.16)$$

Para calcular o EER basta dividir Capacidade total pelo uso total de energia KW. Sem ficar demasiadamente técnico, a capacidade pode ser calculada usando a alimentação e retornar leituras de bulbo úmido, convertidos para entalpia. Use a equação:

$$Q = (H2 - H1) * 4,5 * CFM \quad (Eq. 2.16)$$

H2 sendo a entalpia de retorno e H1 sendo Abastecimento.

Ao calcular o total de energia, usa:

$$Power = Volts * Amps * Fator de Potência \quad (Eq. 2.17)$$

A capacidade corrige o super-aquecimento e/ou sub-refecimento superando os watts usados pelo compressor<sup>7</sup>. Nós todos sabemos que se fizermos o compressor trabalhar mais com a introdução refrigeração, o consumo vai aumentar. Ajustar carga de refrigeração não é a única

---

<sup>7</sup> <http://homeenergypros.lbl.gov/profiles/blogs/energy-efficiency-ratio-eer>

maneira de correção, também corrigir problemas de fluxo de ar ou mesmo reduzir o uso de watt por substituição de componentes como ventiladores com alternativas mais eficientes.

### 2.6.9 Dry Bulb Temperature

A temperatura do bulbo seco (DBT) é, usualmente, referida como a temperatura do ar, porque é indicado por um termómetro não afetado pela humidade do ar (Brake, 2001). Quando o termómetro comum é exposto à atmosfera, indica a temperatura de bulbo seco, ou seja, a temperatura atmosférica<sup>8</sup>. A temperatura é geralmente dada em graus Celsius (°C) ou Fahrenheit (°F). A unidade SI é o Kelvin (K), aonde um 1k em graus, corresponde a -273°C.

A transferência de calor de um termómetro de bulbo seco depende da radiação em onda longa. Assumindo uma emissividade  $\delta = 1,0$ , a radiação de ondas longas líquido pode ser expressa em termos de uma resistência à transferência de radiação ( $r_R$ ) em s-1 m.

$$R_n = \delta(T_s^4 - T_t^4) = \beta C_p \frac{(T_s - T_t)}{r_R} \quad (Eq. 2.18)$$

$T_s$  é a temperatura do ar em (K) e  $T_t$  é a temperatura do termómetro (K).  $\delta$  é a densidade do ar (kg m-3), e  $C_p$  é o calor específico com uma pressão constante (kJ kg-1 gC-1). A transferência de calor para o termómetro de bolbo seco é dada por:

$$H = \delta C_p (T_t - T) r_H^{-1} \quad (Eq. 2.19)$$

H é o calor e para o T termómetro é a temperatura do ar. Quando em equilíbrio,  $R_n = H$ , então:

$$\delta C_p (T_s - T_t) r_R^{-1} = \delta C_p (T_t - T) r_H^{-1} \quad (Eq. 2.20)$$

Reorganizando, obtemos:

$$T_t = \frac{r_H T_s + r_R T}{r_R + r_H} \quad (Eq. 2.21)$$

O resultado final é tentar ter o valor de  $T_t$  muito próximo de T. Isto só é possível se:

- $r_H \ll r_R$  usando um pequeno termómetro ou colocar mais ventilação no edifício

<sup>8</sup><http://www.brighthubengineering.com/hvac/39619-psychrometric-properties-dry-bulb-wet-bulb-or-dew-pointtemperature/>

- $T_s$  estar muito perto de  $T$ , através do isolamento entre as superfícies exterior e interior, ou através do aumento da ventilação no espaço.

### 2.6.10 Wet-Bulb Temperature

A temperatura de bulbo húmido (WBT) do ar também é medida pelo termómetro comum, mas a única diferença é que a ponta do termómetro é coberta por um pano molhado. Quando o ar entra em contacto com o pano molhado, absorve alguma humidade e a temperatura do ar é reduzida. Esta temperatura reduzida, medida pelo termómetro, é chamada a temperatura de bulbo húmido.

Se o teor de humidade no ar é muito baixa, a temperatura do bulbo molhado do ar será menor. Por outro lado, se o teor da humidade do ar é elevado irá perder menos calor para o ar e da temperatura de bulbo húmido será maior. Quanto maior é o vapor de água maior será a temperatura do bulbo húmido.

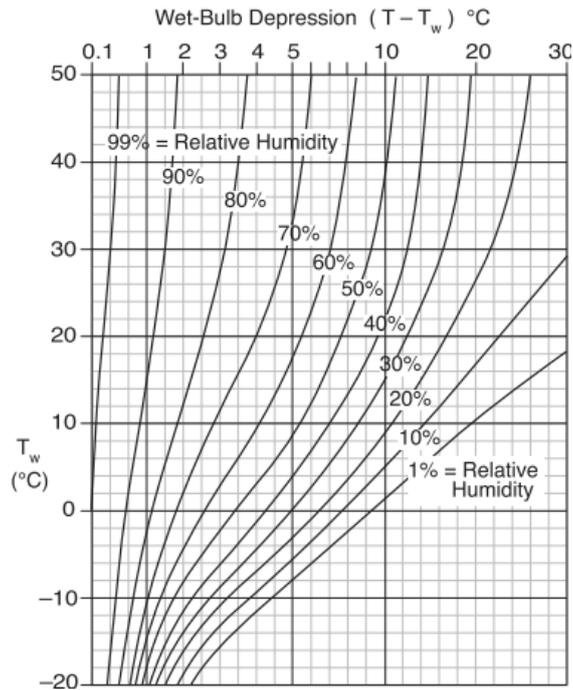
A temperatura de bulbo húmido do ar é sempre inferior à temperatura de bulbo seco do ar. A diferença entre o DBT e WBT é chamado de depressão do bulbo húmido.

Existem dois métodos para estimar do WBT ( $T_w$ ). Uma delas é uma aproximação empírica, representado na Eq.2.22, e o outro é um método gráfico chamado de Regra de *Normand*, representado pela Figura 13 (Brake, 2001).

A aproximação empírica para  $T_w$  (°C) no mar nível utiliza duas variáveis: a temperatura do ar  $T$  (°C) e a humidade relativa RH (%):

$$T_w = T \operatorname{atan} \left[ 0.151977(RH\% + 8.313659)^{\frac{1}{2}} \right] + \operatorname{atan}(T + RH) - \operatorname{atan}(RH - 1.676331) + 0.00391838(RH)^{\frac{3}{2}} \operatorname{atan}(0.023101RH) - 4.686035 \quad (\text{Eq. 2.22})$$

onde a função arco tangente (ATAN) retorna valores em radianos.



**Figura 13 - Regra de Normand**

Como alternativa, pode-se executar regressões com base nas variáveis  $T_w$ ,  $T$  e HR% para qualquer tipo de pressões, aonde diferentes valores podem levar a diferentes valores do  $T_w$ .

### 2.6.11 Dew Point Temperature

Quando a temperatura do ar é baixa, a temperatura do vapor de água presente no ar também diminui. O vapor de água no ar é semelhante ao vapor superaquecido no estado de vapor mas, muito mais baixa, pressão. De um modo semelhante, quando a temperatura do ar é reduzida de forma contínua, o ponto surge quando o vapor de água dentro do ar começa a ser convertido em orvalho. O nome da temperatura em que o vapor de água do ar se condensa é ponto de orvalho.

Quando qualquer objeto é arrefecido abaixo da temperatura do ponto de orvalho, podemos observar a formação de gotas na sua superfície. Um copo de água cheio de água gelada é possível exemplo.

A temperatura do ponto de orvalho do ar depende da humidade. Quanto maior a humidade, maior é a temperatura do ponto de orvalho. Quando o ar está saturado de humidade, os valores da temperatura de bulbo seco, a temperatura de bulbo húmido e a temperatura do ponto de orvalho são os mesmos.

O valor da temperatura do ponto de orvalho pode ser calculado a partir de três meteorológicos: a pressão atmosférica, a temperatura e a humidade relativa do ar.

A medida da pressão atmosférica é a soma de dois termos, a pressão parcial de ar seco ( $P_a$ ) e a pressão parcial de vapor de água ( $P_w$ ). A pressão do vapor de água é o que ocorre entre a temperatura do ar, e a temperatura do ponto de orvalho ( $T_d$ ), o qual é definido como a temperatura saturada com vapor de água.

Dada a temperatura do ar (T) e a humidade relativa (RH), é possível calcular a temperatura do ponto de orvalho. A fórmula limita o ponto de orvalho apenas a valores positivos, uma vez, que proporciona um cálculo mais eficiente, ao longo de um intervalo limitado (Lawrence, 2005). O algoritmo é baseado na fórmula Magnus Tetens, com o intervalo:

$0\text{ °C} < T < 60\text{ °C}$
$0.01 < RH < 1.00$
$0\text{ °C} < T_d < 50\text{ °C}$

**Tabela 1 - Intervalo de valores do Dew Point**

onde T é a temperatura (°C), RH é a humidade relativa do ar e  $T_d$  é a temperatura do ponto de orvalho (°C) (Snyder, 2005).

A fórmula da temperatura do ponto de orvalho é:

$$T_d = \frac{b \cdot \alpha(T, RH)}{a - \alpha(T, RH)} \quad (Eq.2.23),$$

$$\alpha(T, RH) = \frac{a \cdot T}{b + T} \ln(RH) \quad (Eq.2.24)$$

com  $a=17.27$  e  $b = 237.7$  (°C). A incerteza na temperatura do ponto de orvalho tem o valor de  $\pm 0,4$  °C.

## 2.7 Trabalhos Relacionados

O presente capítulo apresenta uma visão geral de vários projetos já desenvolvidos relacionados a área deste trabalho. Os objetivos definidos por cada um deles permite enriquecer o tema em desenvolvimento.

### **2.7.1 SPHERE**

O Reino Unido apresenta a maior taxa de obesidade da Europa e um crescente envelhecimento da população, em que se verifica, especialmente, riscos de isolamento, depressão, acidentes vasculares cerebrais e fraturas causadas por quedas em casa.

A Universidade de Bristol juntamente com as Universidades de Southampton e Reading, e apoiado pelo Conselho de Pesquisa em Ciências da Engenharia e Física (EPSRC) pretende implementar o SPHERE para ajudar a vida das pessoas em risco (idosos e jovens obesos) e combater o flagelo social (Costa, 2011). De uma forma geral, a ideia passa por utilizar sensores para prever quedas e movimentos, utilizar a câmara de filmar para analisar o comportamento alimentar, incluindo se as pessoas estão a tomar a medicação prescrita.

O SPHERE tem um conjunto de abordagens para desenvolver com estas tecnologias de sensores, para que sejam aceitáveis nas casas das pessoas (respeitar privacidade dos indivíduos) e resolvam problemas reais de saúde de uma maneira custo - efetiva<sup>9</sup>. Esta colaboração multiinstitucional foi desenvolvida desde o primeiro dia com médicos, assistentes sociais e cientistas clínicos de institutos reconhecidos internacionalmente, incluindo o Instituto do Coração de Bristol, Reabilitação de Southampton e Tecnologias Grupo de Saúde e o Grupo de Cirurgia Ortopédica do Hospital Southmead, em Bristol.

### **2.7.2 SENS**

SENS é um simulador de redes sem fio de uma rede de sensores. Para permitir simulações reais, usa-se valores reais dos sensores para representar o comportamento dos componentes. Tal comportamento inclui som e a potência do sinal de rádio e uso de energia. A SENS tem como principal característica de ser independente da plataforma, mas permite também, desenvolver aplicações portáteis e ser implementado e modelado em ambientes físicos. Aplicações com características RSSF apresentam forte integração na computação, comunicação e interação com o ambiente físico (Sundresh, Kim, Agha, & Goodwin, 2008).

SENS consiste em aplicar vários sensores a interagir o meio envolvente. Cada nó consiste em três componentes, chamados de aplicativos, rede e Física. Cada componente tem um relógio virtual e mensagens podem ser enviadas devido a qualquer atraso. Uma modularidade e a

---

<sup>9</sup> <http://www.bristol.ac.uk/news/2013/9358.html>

implementação cuidada pode ser útil, aumentando a eficácia dos resultados da simulação. Para fornecer aos utilizadores flexibilidade de modelar as diferentes aplicações com diferentes níveis de pormenor, o SENS, define o ambiente como uma grade permutável.

Atualmente, o projeto SENS apresenta-se com sensores, meio ambiente e um simulador *networking*. Porém, a sua arquitetura modular permite simular um conjunto diversificado de cenários com WSN.

### **2.7.3 Sensor9k**

Sensor9k visa a conceção e experimentação da RSSF (rede de sensores sem fios), baseadas em aplicações de *Smart Environment* (De Paola, Gaglio, Lo Re, & Ortolani, 2012). Em particular, pretende-se abordar a questão da implementação de políticas eficazes para o consumo económico da energia em ambientes interiores de edifícios. A infraestrutura sensorial pode ser utilizada para reunir informações sobre o uso da energia atual, bem como as condições ambientais, numa unidade central, onde técnicas de raciocínio artificiais podem ser implementadas.

Neste contexto, a plataforma de testes tem como objetivo impulsionar o desenvolvimento de aplicações para AMI.

Nesta perspetiva, Sensor9k fornece um conjunto de aplicações, que implementam funcionalidades inteligentes, mas básicas, no topo da infraestrutura distribuída e atuante. Sensor9k concentra-se, especificamente, em ambientes fechados, onde serão controlados e analisados através das RSSFs, previamente, implantados sem provocar um impacto negativo às estruturas pré-existentes.

### **2.7.4 ISLAB**

O trabalho desenvolvido foi concretizado porque, inicialmente, houve uma pesquisa profunda sobre outros projetos que se assemelham a este. A análise de artigos sobre diversos conceitos e teorias, passando por leitura de experiências e projetos sobre este tema, permitiu que se desenvolvesse as primeiras experiências, com sensores a recolherem informação sobre o ambiente que o rodeia.

Desta forma, a escolha do local a analisar recaiu para uma sala. Inicialmente, colocou-se os sensores do *Phidgets* em que os valores eram apresentados por uma interface gráfica. Porém, a experiência não se limitou a isto. Primeiro, aumentou-se sistematicamente a densidade dos sensores, a taxa de relatórios requerida e a observação do desempenho da rede. Agora foram inseridos os sensores do *NXT Education*. O simples acréscimo de mais sensores pode prejudicar o desempenho da rede. Isto mostra a necessidade de uma organização inteligente, a nível de inserção na base dados de forma a evitar o congestionamento e a perda de informação.

Após uma fase de aperfeiçoamento da recolha de informação a partir de toda a rede sensorial, em paralelo, construiu-se uma aplicação móvel que permite captar informações do tempo do exterior do edifício. A existência deste suporte tecnológico tem como objetivo permitir comparar informações interiores, com as informações exteriores do edifício e assim prevenir, da melhor maneira, os comportamentos do utilizador no contexto ambiental que o rodeia.

## **2.8 Síntese**

Este capítulo apresentou, resumidamente, diferentes índices térmicos que podem ser aplicados em *smart-homes*, diferentes dimensões de conforto, diferentes modos de controlo do clima interno e diferentes padrões de ocupação de edifícios. Porém, discutiu-se vários pontos fortes e fracos, destacou-se algumas melhorias desejáveis para as fórmulas, e mencionou-se alguns indicadores que têm sido propostos para substituir ou atualizar as fórmulas das TIC, tendo em conta as fraquezas identificadas.

Este conjunto de índices facilita o cálculo de processos envolvidos na avaliação das condições térmicas de um determinado local e é acessível na utilização de valores dos sensores, permitindo simular diferentes cenários. Os algoritmos permitem distinguir e avaliar os vários conceitos envolvidos no equilíbrio térmico do corpo humano numa dada situação.

De salientar, que estas fórmulas ficaram mais enriquecidas com utilização da fusão dos dados, e a adoção de estratégias para arquitetura da rede sensorial contribuiu para melhoria dos resultados.

Neste projeto, as fórmulas são um dos principais focos de investigação e contribuem para análise das condições térmicas dos espaços físicos, mas estas por si só não são o suficiente

para chegar a resultados concretos. Para isso torna-se bastante útil implementar redes sensoriais e fusão de dados para atingir objetivos e conclusões concretas, alimentando assim sistemas inteligentes.

# Capítulo 3

## Ferramentas

A análise e o desenvolvimento deste trabalho estão dependentes da utilização do suporte tecnológico. Cada ferramenta apresenta objetivos e funções diferentes, cujas características que cada um contém vão permitir reunir um conjunto diversificado de informação. Os instrumentos que vão ser apresentados vão permitir ir ao encontro dos objetivos do tema deste projeto.

### 3.1 Sensores

Uma solução confiável e prática para medição do estado ambiental de um determinado espaço são os sensores. A confiabilidade não é apenas alcançada através da sua alta precisão, mas também através de diversas opções de interfaces disponíveis entre o processo e o fenómeno. A sua fácil aplicabilidade em diferentes espaços físicos também se torna vantajosa para a escolha do local a analisar. Uma outra característica é a capacidade de gerar informações que possam ser transformadas num produto passível de interpretação, quer seja na forma de imagem, na forma gráfica ou de tabelas.

Um sensor é constituído basicamente por um coletor, que pode ser uma lente, espelho ou antena, e um sistema de deteção que pode ser outros dispositivos e um processador. Os sensores relevantes para o projeto, podem ser classificados de acordo com a sua função:

- Sensor Luminosidade: tem a função de detetar alterações na quantidade de luz em seu redor. Este tipo de sensor pode ser aplicado quando um determinado utilizador pretende, por exemplo como avaliar luminosidade em divisões de um edifício.
- Sensor Toque: a informação de toque pode ser usada, por exemplo, para a localização e reconhecimento de objetos, bem como para controlar a força exercida pelo robô num determinado objeto. No nível da sensorização, pode acompanhar e fornecer informações sobre o utilizador ou objeto, sendo considerado sensor de movimento.

- Sensor Temperatura: são dispositivos para medir a temperatura corporal, de máquinas, etc... Por exemplo, a utilização deste sensor permite que um estudante brasileiro testasse a temperatura média no clima do seu país e comprovar, em que momento surge boas condições térmicas, para que os ocupantes de uma sala se possam sentir confortáveis e aumentar o seu potencial produtivo (Coral et al., 2009).
- Sensor Ultrassónico: serve para medir distâncias e identificar potenciais obstáculos. Ele ajuda ao robô para evitar obstáculos ou para navegar. Pode ser útil em vários projetos, como por exemplo para fazer alarmes (os carros usam este tipo de sensor para detetar a presença de um objeto), ou então, para fazer um robô que se desvia de obstáculos. No nível da sensorização, pode acompanhar e fornecer informações sobre o utilizador ou objeto, sendo considerado sensor de movimento.
- Sensor Som: mede o volume do som do ambiente em que um robô está inserido. A finalidade deste sensor é testar, por exemplo, como um Lego NXT reage aos sons. Esta pesquisa pode ser útil para dois projetos. O primeiro projeto utiliza o sensor de som para controlar o robô para prender uma esfera por um soar comando quando o robô atinge a bola (Oliveira, Silva, Lira, & Reis, 2009). O segundo projeto usa a música para controlar vários robôs a dançar. No nível da sensorização, pode acompanhar e fornecer informações sobre o utilizador ou objeto, sendo considerado sensor de movimento.

## **3.2 Auxiliares dos Sensores**

### **3.2.1 Smartphone**

Numa tradução literal, um *smartphone* é um telefone “esperto”. Um *smartphone* é um telemóvel com bastantes funcionalidades e mais capacidades do que um telemóvel comum.

Tem um software aberto à instalação de programas e diversas aplicações. Consegue ainda ler documentos pdf, processador de texto, folha de cálculo entre outros e tem também ligação à internet e um organizador/agenda bastante desenvolvido.

A utilização de *smartphones* e os seus sensores permitem construir aplicações sensíveis ao contexto de cada utilizador. Possível conexão a sistemas externos para processamento e partilha de informação (alguns *smartphones* permitem conexão por infra-vermelhos ou

*bluetooth*). Podem ser integrados em plataformas de sensores e ser usados em processos de fusão de dados.

No contexto do tema a desenvolver, o utilizador do *smarphone* terá acesso a enumeras informações, desde a temperatura exterior ao edifício aonde está localizado até o histórico da temperatura no exterior do edifício. Na prática vai ser um auxiliar na toda de decisões para que crie um ambiente sustentável em redor do utilizador.

### **3.2.2 PC**

Um computador pessoal constitui uma ferramenta extremamente importante para o armazenamento e monitorização da informação fornecida pelos sensores.

No entanto, do ponto de vista do trabalho, uma das atividades que se pode executar com um computador pessoal é a transferência de informação a partir de *bluetooth*. O *bluetooth* é uma peça essencial no trabalho, pois é a partir dele que o utilizador consegue recolher informação do sensores do NXT. Para que a comunicação seja executada com êxito é necessário que primeiro o NXT mande “pedidos” e só depois o PC responde. A necessidade de explorar o potencial do NXT, levou a que se desenvolvesse um programa que permita recolher dados dos sensores para um posterior armazenamento no computador. O desenvolvimento do código teve em especial atenção a constante troca de informação que existe entre o PC e o NXT. Assim sendo, o algoritmo do lado do NXT está sempre atento a receber um array na qual em cada uma das suas posições é alocado o valor dos diferentes sensores conectados ao NXT, enquanto do lado do PC (com uma interface especial) é armazenado numa base dados essa informação.

Não menos importante, o pc como máquina *back-end* de processamento, obtém dados através de diversas fontes, phidgets nxt sensores, e diferentes meios como *bluethoth*, wi-fi e *usb*.

### **3.2.3 Lego MindStroms**

O *Lego Mindstorms Nxt* é uma linha de robôs programáveis, fabricado pelo *Lego Group, Company*. Contém um kit com vários pedaços de estruturas adaptadas para configurar o robô como o utilizador pretende, incluindo, sensores e cabos. No contexto deste projeto, o modelo usado é o *NXT Education 1.0*. Esta ferramenta permite aos programadores desenvolver

aplicações que interagem com o mundo exterior. As características dinâmicas associadas a essa interação com o ambiente físico exige que as ações do controle de software sejam executadas.

Por outro lado, explica os algoritmos desenvolvidos e as diversas possibilidades de as conceber. Neste sentido, os algoritmos podem ser classificados em dois grupos, aqueles que são demasiado sofisticados ou que são simples para serem colocados num NXT. Todo o software executado no PC é realizado em JAVA, porém API para programar no lado do robô, é denominado de *LejOS*.



**Figura 14 - NXT Education: motores, cabos e sensores**

O *NXT Education* é uma tecnologia constituída por um conjunto alargado de software a hardware . No que toca a comunicação, o *NXT Brick* contém integrado no sistema uma placa de bluetooth e disponibiliza uma porta USB, de suporte *.nxt*, para troca de informação com um PC. Os componentes mais físicos desta tecnologia são os Botões NXT. Quanto ao suporte sensorial tem quatro portas disponíveis para diferentes sensores. E no que toca a mobilidade, três portas para motores (A,B e C), porém só foram usadas a porta B e C. Sensores disponíveis para ligação ao NXT Brick:

- Luminosidade: quando ligado, ele brilha de um cone de luz vermelha para fora do LED vermelho, e as medidas retiradas são surgem através da lente clara. Os valores retirados são lidos como percentagem. A leitura mais alta e possível é de 100 por cento, que pode ser conseguido através da proximidade de uma lâmpada acesa. O valor mais baixo é de 0 por cento, que pode ser atingido a partir de um armário muito

escuro.

- Toque: neste sensor existe duas condições diferentes, pode produzir dois valores diferentes ou leituras. Se o botão for premido, o NXT lê o sensor de toque como tendo um valor de 1 e, se ele não está pressionado o NXT lê um valor de 0.
- Ultrassônico: permite que um robô consiga ver e detectar objetos, medindo a distância em centímetros e polegadas. O intervalo de valores na distância é de 0-255 centímetros e com uma precisão de +/- 3 cm. O sensor ultrassônico usa o mesmo princípio científico como morcegos: mede a distância pelo cálculo do tempo que leva uma onda de som bater num objeto – uma espécie de eco.
- Som: os valores de som podem ser detetados por decibéis ajustados (dBA) e decibel (dB). Quanto ao primeiro, a detecção do padrão de (não ajustadas) decibéis, todos os sons são medidos com a mesma sensibilidade. Assim, o som pode ser demasiado elevado ou demasiado baixo para o ouvido humano ouvir. No que toca ao segundo, na detecção de decibéis ajustados, a sensibilidade do sensor é adaptado para a sensibilidade do ouvido humano, ou seja, estes são os sons que o ser humano é capaz de ouvir. O sensor de som pode medir os níveis de pressão sonora de até 90 dB. Níveis de pressão sonora são extremamente complicados, por isso as leituras dos sensores de som no NXT MINDSTORMS são apresentados em percentagem (%). A menor percentagem o quanto mais calma o som. Por exemplo:
  - 4-5% - Sala esta em silêncio
  - -5-10% - Barulho no fundo da sala
  - -10-30% - Som normal numa sala
  - -30-100% - Pessoas a falar alto numa sala

### **3.2.4 Phidgets**

*Phidgets* é uma plataforma de sensores com capacidade para obter dados dele e efetuar ações através de atuadores. Não existe a necessidade de um conhecimento prévio do *hardware* ou experiência para usá-los. O *hardware* inclui interruptores, sensores e dispositivos de baixa

potência de saída, como *LEDs*. É apenas uma questão de ligar ou desligar os dispositivos do Kit de Interface que, por sua vez, está conectado à porta USB do computador. Depois disto, existe a possibilidade de utilizar uma *Application Programming Interface (API) do Phidgets* para acessar a estes dispositivos. No fundo, toda a complexidade USB está sob os cuidados desta API robusta.

Os Inputs analógicos podem ser usados para medir quantidades, por exemplo, como a temperatura, a humidade, a pressão, etc. Existem muitos sensores *plug and play* do *Phidgets* que não requerem montagem.

Os inputs digitais podem ser usados para transmitir o estado de botões, interruptores de limite, etc. No que toca, aos outputs digitais são utilizados para conduzir *LED's*.

As duas portas de output USB podem ser usadas para adicionar mais *Phidgets* ao projeto sem a utilização de mais portas USB no PC.

A *Board PhidgetInterfaceKit* é muito versátil, concebido para ser utilizado por uma grande variedade de projetos. É um controlador de USB constituído por:

- 8 Inputs analógicas
- 8 Inputs digitais
- 8 Outputs digitais
- 1 entrada USB
- 2 portas USB de saída

Uma fonte de alimentação externa é necessária para operar as portas de saída USB. O *PhidgetInterfaceKit* bordo 8/8/8 pode ser controlado a partir do *Windows*, *Linux* e *Mac OS X*. Interfaces de programação de alto nível estão disponíveis para o *Visual Basic*, *C*, *C++*, *Flash*, *.NET*, *Java*, *LabVIEW*, etc.

Sensores disponíveis para ligação à *Board PhidgetInterfaceKit*:

- Luminosidade - mede o nível da luz em lux. O intervalo de medição é de 1 lux a 1000 lux. O sensor é ligado a *Board* por um cabo de 60cm. Este sensor liga a uma entrada analógica no *PhidgetInterfaceKit 1018 8/8/8*.
- Temperatura - tem um intervalo grande e um erro típico de  $\pm 0,75$  graus Celsius, com

uma gama entre 0 °C e 80 °C. Um cabo do sensor de 60 centímetros está incluído. Este sensor está ligado a uma entrada analógica no PhidgetInterfaceKit 8/8/8. Ele também pode ser usado em qualquer microcontrolador com entrada ADC.

- Toque: muda o valor 1000 para 0 quando é tocado. Mais especificamente, este sensor é na verdade um sensor de mudança capacitivo. Quando se verifica a mudança da capacitância o sensor passa para zero.

### 3.3 Ferramentas de Programação

#### 3.3.1 Análise de Ferramentas

No universo das tecnologias são propostas várias ferramentas que permitem desenvolver projetos digitais. Apesar desta oferta ser consideravelmente elevada, nem todos podem fornecer as mesmas especificações para determinados projetos. Pelo menos três pilares são necessários para apoiar uma linguagem de programação universal hoje: portabilidade, rapidez e segurança.

As linguagens de programação que, normalmente, são utilizadas pelos programadores no mundo do *Software Engineer* são o *JAVA*, *C*, *C++*, *PYTHON*, *PHP*, *BASIC* ou, por exemplo, *RUBY*. A nível de performance podemos realizar a seguinte comparação.

Linguagem	Versão	Linhas de Código	Tempo por Iteração (ms)
JAVA	Sun JDK 1.6.0.03	101	1.6
C++	4.1.3 Compilado com otimização	86	3
Ruby	ruby 1.9.0 ruby 1.8.6 jruby : ruby 1.8.6	63	114 – 89 372 - 380 84 - 80
Python	2.5.1 Jython 2.2.1 on JRE 1.6.0.03 JVM: 1.6.0_03	41	225 884 360 104
PHP	PHP 5.2.3	85	593

**Tabela 2 - Comparação da performance entre as linguagens**

Na Tabela 2 podemos verificar que o JAVA apresenta melhores resultados do que as restantes linguagens. Em termos computacionais esta surge em boa posição, sendo útil para os projetos aplicativos definidos para este trabalho <sup>10</sup>.

<sup>10</sup> <http://thinklikecs.webs.com/articles/JavaVSOther.html>

Apesar de muitos programadores pensar que o Java é semelhante ao C ou C++, isso não é verdade, a não ser num nível superficial. O exemplo aonde ambos se podem confundir é na sintaxe básica, mas o Java não é descendente direto de C ou da próxima geração C++.

Java subscreve a filosofia C pois, também, é uma linguagem compacta, por outras palavras, deve ser suficientemente pequeno e regular, assim como o C, é extensível com bibliotecas, pacotes de classes.

C tem sido bem sucedida, pois fornece um ambiente de programação razoável, com alto desempenho e um grau aceitável de portabilidade. Java também tenta equilibrar a funcionalidade, velocidade e portabilidade, mas fá-lo de uma forma muito diferente. C fornece funcionalidades para a portabilidade, por sua vez, o Java inicialmente garantia velocidade para a portabilidade. O Java aborda questões de segurança, enquanto o C não.

Nos primeiros tempos antes da compilação JIT, o Java foi o mais lento das linguagens estaticamente compiladas mas o desempenho do Java é agora comparável ao C ou C++ para tarefas equivalentes. De fato, em 2004, o Quake2 motor de jogo de vídeo aberto da ID Software foi portado para Java. Se o Java é rápido para jogos de vídeo, certamente é rápido o suficiente para aplicações de negócios.

Linguagens de script, como *Perl*, *Python* e *Ruby*, são muito populares, e por boas razões. Apesar da linguagem de script ser adequada para aplicações de rede seguras, não são projetadas para a programação de grande escala. A atração de linguagens de script é que eles são dinâmicos, pois eles são ferramentas para o desenvolvimento rápido. Algumas linguagens de script como Perl, também, fornecem ferramentas para tarefas de processamento de texto. Linguagens de script também são altamente portáteis, ainda que em nível de código-fonte.

Não se deve confundir Java com *JavaScript*, uma vez, que *JavaScript* é uma linguagem de scripts baseada em objeto originalmente desenvolvido pela Netscape para aplicações dinâmicas e interactivas em *HTML*.

O problema com linguagens de script é que na sua maioria (com uma exceção hesitante para *Python* e versões posteriores do Perl) não é orientada aos objetos. Além disso, como tem um sistema tipagem simples, geralmente, não prevêem um desenvolvimento sofisticado de variáveis

e funções. Esta característica torna-o impróprio para a construção de aplicações de grande porte ou moldura. A velocidade é outro problema com linguagens de script. Apesar de partilhar algumas desvantagens com outras linguagens, uma que é inegável: linguagens de script nasceram pouco estruturados para sistemas de linguagens de programação e, geralmente, não são tão adequados para projetos complexos.

Apesar de o JAVA ter evoluído ao longo dos tempos oferece vantagens que lhe são transversais: é altamente dinâmico, sendo também, uma linguagem de baixo nível. Java 1.4 adicionou uma poderosa expressão regular API que compete com Perl para trabalhar com processamento de texto e Java 5.0 introduziu novos recursos de linguagem que facilitam a codificação, como "foreach" estilo de iteração sobre coleções, listas de argumentos variáveis e importações estáticas de métodos.

Desenvolvimento incremental com componentes orientados a objetos, combinado com a simplicidade do Java, torna-se possível desenvolver aplicações de dimensões elevadas. Estudos descobriram que o desenvolvimento em Java é mais rápido do que em C ou C++, estritamente com base em recursos de linguagem.

Porém o JAVA não se esbarra em aplicações fixas, também permite programar aplicações para telemóveis e/ou *SmartPhones*. Porém, muitos programadores iniciantes (ou não) são levados à linguagem Java quando pretendem entrar no mundo do *Android*. Isto é justificável pelo fato de tal linguagem ser oficialmente adotada pela *Google* para o desenvolvimento de aplicações para o SO móvel<sup>11</sup>. Contudo, existe um leque de linguagens de programação alternativas para o programador:

- C/C++: apoiada pela Google através do NDK (existente desde 2009) que permite os programadores criarem ou migrarem aplicativos nas linguagens C e C++ (código nativo) para a plataforma da empresa;
- .NET Framework: os programadores de linguagens da Microsoft podem utilizar *Mono for Android*, em que esta habilita a programação para Android através da linguagem C# e .NET Framework 4. Isto é feito através da transformação do código .NET em código nativo do Android;

---

<sup>11</sup> <http://www.blogdoandroid.com/2011/09/alternativas-de-linguagens-para-a-programacao-em-android/>

- **Scala:** esta ainda é uma linguagem pouco utilizada, é estática e funciona sobre a Máquina Virtual Java. Ainda possui pouco material sobre Scala, apesar de sua sintaxe ser semelhante ao Java, ela vem sendo defendida por permitir a escrita do código mais rapidamente e uma maior facilidade de compartilhamento do que a linguagem Java;
- **Python:** o projeto *Python for Android* possibilita a migrar aplicações para a plataforma Android. A ferramenta utiliza os recursos do projeto SL4A (Scripting Layer for Android), que permite usuário executarem linguagens tipadas no Android. As aplicações Python podem ser executadas no emulador e no dispositivo físico;

Ao longo deste capítulo, vamos apresentar uma visão panorâmica da linguagem Java.

### **3.3.2 Java**

A linguagem das aplicações desenvolvidas, de uma forma geral, é em *JAVA*, linguagem de programação de alto nível desenvolvida pela *Sun Microsystems*. O Java foi originalmente chamado *OAK* e foi projetado para dispositivos portáteis e set-top boxes.

Java é uma linguagem orientada a objetos semelhante a C++. Os ficheiros são compilados num formato chamado *bytecode*, que pode ser executado por um interpretador Java. O código Java compilado pode ser executado na maioria dos computadores, porque os intérpretores de Java e ambientes de tempo de execução, conhecido como Java Máquinas Virtuais (VMs), existem na maioria dos sistemas operativos. *Bytecode* também pode ser convertido diretamente em linguagem máquina por um compilador *just-in-time (JIT)*.

Java é uma linguagem de programação que contém uma série de características que tornam a linguagem adequada para uso na *World Wide Web*.

*JAVA Swing* é uma ferramenta JAVA que permite construir interfaces gráficas do utilizador (GUI), na qual faz parte do *Java Foundation Classes (JFC)* e inclui vários pacotes para o desenvolvimento de aplicações desktop ricas em Java. Inclui botões de imagem, painéis com guias, controles deslizantes, barras de ferramentas, optantes cores, mesas e áreas de texto para mostrar formato *rich text (RTF)* ou *HTTP*. Balanço oferece personalização do *look and feel* de cada componente numa aplicação sem fazer alterações significativas no código da aplicação. Componentes *Swing* são escritos inteiramente em Java e, portanto, são independentes da

plataforma. Esta particularidade faz com que escrever aplicações em Swing, seja de um modo geral, acessível e distingue-o de outras linguagens de programação nativas.

### **3.3.3 Android**

*Android* é um sistema operativo móvel desenvolvido pela *Google*. Ele é usado por vários *smartphones*, como o Motorola Droid, o Samsung Galaxy, e do próprio Google Nexus One.

O sistema operativo Android (OS) é baseado no *kernel* do Linux. Ao contrário do *iPhone OS*, Android é *open source*, ou seja, os programadores podem modificar e personalizar o sistema operativo para cada telefone. Portanto, diferentes telefones baseados em Android podem ter diferentes interfaces gráficas, embora eles usem o mesmo sistema operativo.

Os telefones *Android* normalmente vêm com várias aplicações instaladas. Os programadores podem criar programas para o *Android* usando o *Android SDK* livre (*Software Developer Kit*). Programas Android são escritos em Java e executado através de "Dávik", máquina virtual do Google que é otimizado para dispositivos móveis.

Uma vez que vários fabricantes fazem telefones baseados em *Android*, nem sempre é fácil saber se um telefone está executando o sistema operativo *Android*. Em toque de curiosidade, nome "Android" vem do termo *android*, que se refere a um robô projetado para agir como um ser humano.

### **3.3.4 OpenWeatherMap**

*OpenWeatherMap* é um serviço web que fornece uma API livre de previsões meteorológicas adequados para todos os serviços cartográficos, incluindo aplicações *web* e *smartphones*. Este serviço contém uma ampla gama de dados meteorológicos e tudo é acessível a partir de um mapa - com o clima atual, a previsão de semana, a precipitação, o vento, as nuvens, os dados de estações meteorológicas, dados de radares, pressão ou precipitação. Não menos importante, as funcionalidades de previsão de 5 a 14 dias, extrair um mapa do mundo ou um local específico com os dados também são uma realidade.

Com base no OSM é um serviço que oferece a qualquer pessoa dados do mundo, de um país, de uma região ou de uma cidade. Os dados meteorológicos são recebidos de mais de 40 mil estações meteorológicas.

### 3.3.5 Json

*JSON (JavaScript Object Notation)* é uma estrutura de dados em javascript, que permite armazenar informações de uma forma fácil e com um acesso organizado. Em poucas palavras, ele dá uma coleção legível de dados que podem ser acedidos de uma maneira muito simples.

O *JSON* pode substituir o *XML*, e é recomendável o seu uso quando se pretende trabalhar com respostas em *AJAX*. A estrutura de dados é simples de trabalhar e o tempo de execução de um script ao ler os dados em *JSON* é muito mais rápido do que ler um conteúdo *XML*. Por esta razão *JSON* é tipicamente usado em ambientes onde o tamanho do fluxo de dados entre o cliente e o servidor é elevado (daí seu uso por Google, Yahoo, etc., os quais servem milhões de utilizadores), onde a fonte dos dados pode ser explicitamente confiável, e onde a perda dos recursos de processamento *XSLT* no lado cliente para manipulação de dados ou geração da interface, não é considerada. As principais linguagens de programação *server side* tem suporte para escrever dados em *JSON*.

Como anteriormente foi mencionado, todas as implementações do *OpenWeatherMap* comunicam com um *browser* ou por um servidor na qual é usado um protocolo. Este protocolo define um serviço web *REST* usando *JSON* sobre *HTTP*. Em particular, *OpenWeatherMap* fornece os dados no formato de uma string. No projeto foi criada a seguinte url:

- <http://api.openweathermap.org/data/2.1/find/name> - Encontra toda a informação da cidade através da inserção do nome. O link ao ser invocado pelo lado do cliente retorna a string, cuja a versão completa se encontra no **Erro! A origem da referência não foi encontrada..**

```
{
    "coord": {
        "lon":0.12574,
        "lat":51.5085
    },
    "sys":{ ... },
    "weather":[ { ... } ],
    "base":"gdps stations",
```

```
"main":{
    "temp":299.58,
    "humidity":48,
    "pressure":1012,
    "temp_min":299.15,
    "temp_max":300.37
},
"wind":{ ... }
,"clouds":{ ... },
...
}
```

O protocolo assume que a API foi implementada num cliente que terá uma abordagem mais orientada a objetos, como demonstrado na Java API existente.

# Capítulo 4

## Trabalho Desenvolvido

Existem muitas aplicações, que integradas num Ambiente Inteligente, pode ter grande impacto no quotidiano das pessoas. Algumas dessas aplicações já foram implementadas por investigadores da Ami. Nesta secção, iremos destacar as aplicações construídas para o tema deste trabalho.

### 4.1 Prototipagem

A aplicação desenvolvida contém uma interface (construída em *swing*) que permite que as pessoas acessem à informação de acordo com suas preferências. Assim, os modelos de interação humano-computador podem responder adaptavelmente aos comportamentos dos utilizadores com a apresentação da informação sobre o meio em que o utilizador está inserido.

A Interface de Utilizador (IU) é uma técnica interativa em que os utilizadores estão envolvidos com o sistema.

Porém, o IU é uma peça estática que apenas apresenta resultados. O processo da construção de cada aplicação divide-se em três fases, como mostra a Figura 15.

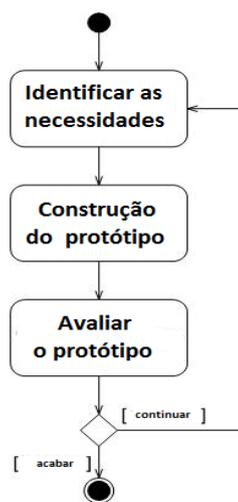


Figura 15 - Processo de construção de protótipos<sup>12</sup>

<sup>12</sup> <http://www.agilemodeling.com/artifacts/uiPrototype.htm>

#### **4.1.1 Recolher e analisar os requisitos**

O primeiro passo é analisar os requisitos necessários para construir interfaces que apresentem informação relevante para os utilizadores. Nesta fase, o esboço sobre os protótipos tem que conter um conjunto de requisitos que permitam ao utilizador efetuar uma análise e interpretação acessível dos dados recolhidos pelos diversos sensores.

Na construção das aplicações devemos ter em conta os requisitos que permitam configurar o melhor possível de informação, obter dados do exterior com sensores (independentemente, se estes são ou não heterogéneos, ou do *NXT Education* ou *Phidgets*) do meio envolvente sem esquecer a utilidade dos processos de fusão, bem como a implementação de estratégias do controlo de fluxo de informação. A utilização destes conceitos e estratégias nesta fase acrescenta qualidade no desenvolvimento do produto e enriquece os dados recolhidos.

#### **4.1.2 Construção do protótipo**

Após a definição dos requisitos e das necessidades dos utilizadores o próximo passo é a construção de um protótipo. As interfaces a construir devem potencializar a utilidade dos sensores disponíveis, o uso de estratégias coerentes que otimizem a fusão de dados e que enriqueça a informação sobre o ambiente envolvente. As plataformas devem estar preparadas para o armazenamento e controlo de grandes blocos de dados, tornando-se o controlo do fluxo de informação um aspeto a reter.

Ao longo da construção das interfaces vai-se encontrando novos requisitos que permitem enriquecer as informações recolhidas pelos sensores, ou seja, o desenvolvimento de software é um processo evolutivo.

Nesta fase de construção da aplicação é útil ter a noção das limitações físicas existentes, por exemplo, limite do número de sensores disponíveis ou até que nível de apoio a tecnologia móvel pode atingir.

#### **4.1.3 Avaliar o protótipo**

Depois de construído a primeira versão do protótipo foi necessário verificar se ele oferece ou organiza os dados de maneira a que forneça as melhores respostas aos utilizadores. O

---

investigador deverá levar a cabo um conjunto de testes que permita verificar o funcionamento global da aplicação, é por isso, benéfico criar diferentes tipos de cenários num determinado local e observar se os resultados correspondem aos requisitos. No momento de avaliação do protótipo deve-se confirmar se os sensores e as tecnologias utilizadas estão adaptados ao contexto e a função que nativamente lhes é concedido. A realização destes testes deve ter em conta se o suporte tecnológico é adequadamente usado e se o contexto em que são utilizados, nomeadamente, implementação nos indicadores de calor, as técnicas de fusão permite extrair os melhores resultados.

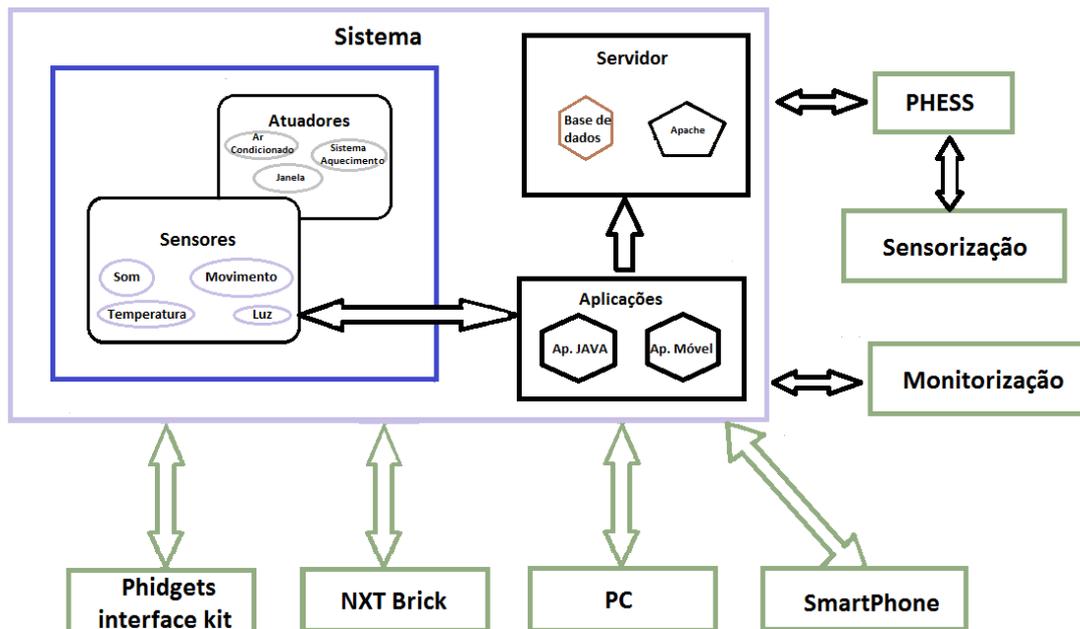
Depois de avaliar o protótipo, será necessário desfazer partes dela, modificar outras e até adicionar novas ideias. Este processo de prototipagem só termina quando se verificar que no processo de avaliação não surge mais ideias novas.

## **4.2 Descrição do Sistema**

O sistema *SmartHouse* consiste em ter diversos dispositivos espalhados por um edifício, que estão ligados entre si através de uma rede com fio ou sem fio. O computador funciona como um servidor que controla toda a troca de informações. Os dispositivos podem ser divididos em três categorias:

1. Atuadores, por exemplo, alarme, luzes, janelas, ar condicionado ou sistema de aquecimento
2. Sensores, por exemplo, temperatura, movimento, som ou luz

O sistema implementado para realizar o caso de estudo controla todos os dispositivos que permitam captar, analisar e apresentar os dados. Devido ao tipo de requisitos levantados, a arquitetura que melhor vai encontro das necessidades dos utilizadores é composto por um subsistema que tem inter-relacionado os sensores com atuadores, um servidor e um conjunto de aplicações tanto sensorial como em suporte móvel. Porém, esta estrutura está dependente de ferramentas e de funcionalidades tecnológicas externas, por isso foram representados a plataforma *PHESS*, os auxiliares tecnológicos *NXT BRICK*, *Phidgets Interface Kit* e um *SmartPhone*. A existência destes suportes físicos convergem na utilização das principais teorias que permitem chegar aos resultados esperados, nomeadamente, a aplicação dos conceitos de sensorização e monitorização.



**Figura 16 - O sistema implementado**

Como a Figura 16 ilustra, a base de dados do sistema está a desempenhar um papel importante: o armazenamento da informação. A conexão da aplicação JAVA com o ambiente envolvente é realizada através dos sensores em estudo. Os valores captados pelos sensores são influenciados pela interação do ocupante do local de estudo com os atuadores, pois sua função é aplicar ou fazer atuar sobre uma máquina, levando-a a realizar um determinado trabalho. Na aplicação móvel os sensores incorporados são uma mais-valia para recolher dados sobre o ambiente, a cuja aplicação desenvolvida neste trabalho recorre sistematicamente. O servidor Apache está instalado no PC, sendo uma tecnologia que permite dinamicamente integrar os dados recolhendo informação dos sensores em intervalos regulares. No que toca ao processo da transformação, reuniu-se toda a informação na mesma plataforma chamada PHESS. Essa plataforma construída em JAVA, mas executada a partir de Agentes, da linguagem JADE, tem como objetivo principal conectar-se aos sensores e com eles registar os valores do ambiente envolvente. Por outras palavras, o componente de comunicação que está incluído na presente plataforma é usado como forma de obter informação sobre o ambiente envolvente. Convém salientar que esta aplicação não é responsável pela inserção dos dados na base dados, apenas é responsável por criar a conexão aos sensores e obter os dados.

### 4.3 Dados Sensoriais

Os ambientes inteligentes requerem componentes de software que garantem uma funcionalidade robusta e eficiente. A construção destas aplicações visa apresentar e manipular

os dados dos sensores com os indicadores de calor e fórmulas matemáticas em estudo. Esses sensores são incorporados no ambiente inteligente, ou seja, sensores com fio para detetar ou medir o movimento, luz, temperatura, humidade e outras condições que sejam descritivas do meio ambiente. Em contraste, os sensores são posicionados direta ou indiretamente num canto discreto da sala. Eles precisam de enviar dados de uma forma contínua.

#### 4.3.1 Apresentação dos Dados Recolhidos

Uma interface típica para uma aplicação que apresente os resultados da sensorização do ambiente, dentro de um ambiente inteligente, permite construir diversas análises a esses resultados. Algumas interfaces permitem ao utilizador controlar componentes individuais, por exemplo, a taxa de desconforto no ambiente.

#### 4.3.2 Monitorização dos Dados

A primeira fase da construção desta aplicação passou por listar todos os dados numa tabela. Desta forma, pretende-se apresentar os resultados de uma forma organizada e devidamente estruturada. As estratégias de monitorização e tratamento de dados, descritas no tópico 2.5.2, foram implementadas na construção desta plataforma. A topologia que coloca os diferentes nós a encaminhar os dados para uma unidade central permite aplicar uma arquitetura, com um paradigma centralizado, e com uma estratégia de fusão de dados do tipo paralela.

Id	Tipo	Humidade	Pressão	Localização	Valor	Hora
5	Luminosity			ISLAB: ROOM	235.1428786367946	05/10/2013 23:47
8	Luminosity			ISLAB: ROOM	236.00435621758103	05/10/2013 23:47
11	Luminosity			ISLAB: ROOM	239.99134538154195	05/10/2013 23:48
14	Luminosity			ISLAB: ROOM	233.00051793989317	05/10/2013 23:48
17	Luminosity			ISLAB: ROOM	234.58493056720877	05/10/2013 23:49
20	Luminosity			ISLAB: ROOM	239.03821816782758	05/10/2013 23:49
23	Luminosity			ISLAB: ROOM	241.8848852563757	05/10/2013 23:50
26	Luminosity			ISLAB: ROOM	233.25001652605465	05/10/2013 23:50
29	Luminosity			ISLAB: ROOM	237.8694188492116	05/10/2013 23:51
32	Luminosity			ISLAB: ROOM	240.87961398820238	05/10/2013 23:51
35	Luminosity			ISLAB: ROOM	238.84969208854566	05/10/2013 23:52
38	Luminosity			ISLAB: ROOM	239.60614488835853	05/10/2013 23:52
41	Luminosity			ISLAB: ROOM	240.5483638259793	05/10/2013 23:53
44	Luminosity			ISLAB: ROOM	239.6163426977802	05/10/2013 23:53
47	Luminosity			ISLAB: ROOM	232.58174260626652	05/10/2013 23:54
50	Luminosity			ISLAB: ROOM	234.58613788593652	05/10/2013 23:54
53	Luminosity			ISLAB: ROOM	238.01198410558668	05/10/2013 23:55
56	Luminosity			ISLAB: ROOM	235.97739167689883	05/10/2013 23:55
59	Luminosity			ISLAB: ROOM	234.5986711193864	05/10/2013 23:56
62	Luminosity			ISLAB: ROOM	234.23710378619998	05/10/2013 23:56
65	Luminosity			ISLAB: ROOM	232.2794971771533	05/10/2013 23:57
68	Luminosity			ISLAB: ROOM	237.60557822739966	05/10/2013 23:57
71	Luminosity			ISLAB: ROOM	240.2476710868743	05/10/2013 23:58
74	Luminosity			ISLAB: ROOM	232.29866815008102	05/10/2013 23:58

<b>Id:</b>	<input type="text"/>
<b>Tipo:</b>	<input type="text"/>
<b>Localização:</b>	<input type="text"/>
<b>Valor:</b>	<input type="text"/>
<b>Humidade:</b>	<input type="text"/>
<b>Pressão:</b>	<input type="text"/>
<b>Tempo:</b>	<input type="text"/>

Figura 17 - Lista dos dados dos sensores

Segundo a Figura 17, os dados estão separados por sensor. As propriedades que constituem cada sensor permitem dividir a informação em diferentes parâmetros, com isto pretende-se separar e organizar os dados, pois o volume de informação é demasiado elevado.

### 4.3.3 Construção de Indicadores

Nesta fase da aplicação, os dados listados no tópico anterior, serão utilizados para cruzar informação sobre o estado do ambiente. O passo seguinte é apresentar esses resultados num ambiente gráfico, que conseqüentemente, facilite a análise e interpretação do utilizador. As fórmulas em estudo, nesta fase, são o índice de calor e o Calor Stress, cuja a definição de ambas, encontram-se no tópico 2.6. Com estas fórmulas pretende-se verificar como o utilizador reage fisicamente às condições analisadas num determinado contexto temporal. Na construção deste gráfico existirá o contributo dos diferentes sensores, independentemente, de serem ou não de diferentes fontes de *hardware*.



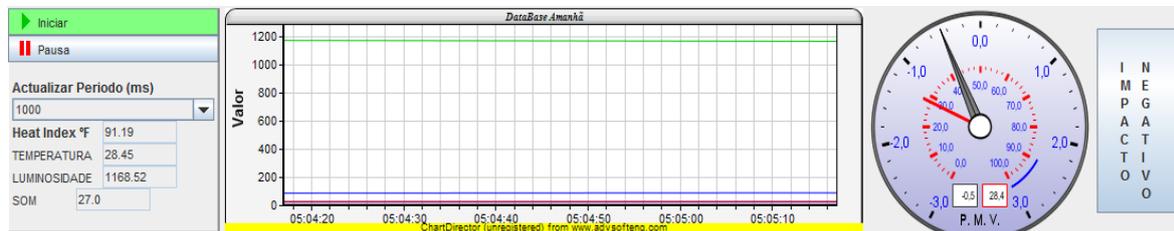
**Figura 18 - Gráfico do Índice de Calor e o Calor Stress**

Como podemos verificar na imagem Figura 18, é possível apresentar graficamente os valores recolhidos pelos sensores, aplicando as fórmulas em estudo. Cada uma das fórmulas tem uma diferente representação, enquanto a fórmula do índice de calor está inserida num gráfico, o calor stress, por sua vez, está desenhado num boneco animado, que permite identificar o estado físico dos utilizadores. O calor stress varia com os valores apresentados pelo índice de calor e isso visualiza-se, quando o desenho altera de cor, proporcionalmente à gravidade do índice de calor. Para conclusões mais concretas e para uma melhor extração da informação sobre o meio ambiente pode-se recorrer à comparação dos valores entre os diferentes gráficos.

### 4.3.4 Avaliação do Conforto do Utilizador

As variáveis que afetam o conforto têm sido usadas para estabelecer os índices térmicos que indicam o conforto. Esses índices foram implementados, embora as suas definições e limites de aplicabilidade sejam, por vezes, diferentes.

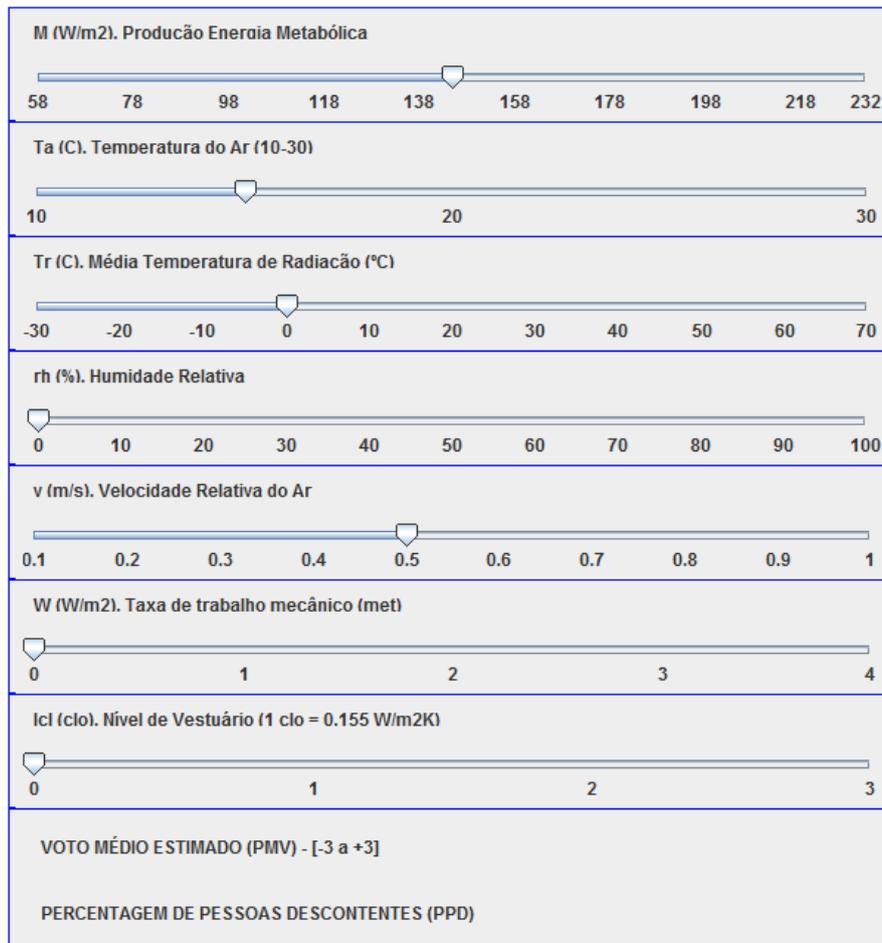
Com o propósito de enriquecer a análise dos dados, foi construído uma interface gráfica com o objetivo de medir o nível de conforto térmico do utilizador no meio envolvente. Para isso foi implementado um medidor de PMV e PPD (Comfort et al., 2002) igual ao da Figura 19.



**Figura 19 - Cálculo do PMV, PPD e Impacto Negativo**

Os valores do desconforto térmico e da percentagem do número de pessoas insatisfeitas não são simplesmente uma sensação subjetiva resultante do índice de calor ou da temperatura num determinado momento. Existe um conjunto de variáveis, que prevêem uma relação entre o conforto, o comportamento do indivíduo e da saúde. Desta forma, os resultados são calculados a partir da temperatura do ar, temperatura radiante média, humidade relativa, velocidade do ar, resistência térmica a roupas e taxa metabólica. Rotinas de otimização são fornecidos para determinar a temperatura do ar necessário ou temperatura radiante média para bom conforto térmico. O método de cálculo baseia-se na determinação por meio de um processo iterativo, da temperatura externa do vestuário, sendo o índice PMV calculado a partir de uma equação de equilíbrio térmico do corpo humano, onde a geração de calor interno e calor do meio ambiente são considerados.

No gráfico o valor do índice de calor continua a ser representado, bem como a temperatura, a luminosidade e o som. Como é descrito no tópico 2.6.2, o índice de conforto térmico está dependente de vários parâmetros, destacando-se a temperatura.



**Figura 20 - Cálculo manual do PMV e PPD**

A Figura 20 mostra as variáveis que constituem a fórmula do PMV e do PPD. O intervalo de valores de cada variável é limitado devido à natureza de cada um, isto porque poderia haver cenários em que, por exemplo, o PPD dava percentagens negativas o que no mundo real é impossível. O principal objetivo desta aplicação foi o desenvolvimento de ferramentas de software simples, user-friendly para o cálculo dos índices de conforto térmico.

Porém, o desenvolvimento desta parte da aplicação permite tirar outro tipo de conclusões, nomeadamente, do impacto negativo que os valores dos sensores podem trazer ao meio envolvente. O impacto negativo será descrito pormenorizadamente no tópico seguinte.

#### **4.3.5 Avaliação do Impacto Negativo no Sistema**

A capacidade para manter as temperaturas desejadas é uma das mais importantes conquistas da tecnologia moderna. Hoje em dia, os edifícios podem ser mantidos a qualquer temperatura que escolhermos, algo que era impossível há 100 anos. Mas, para manter os espaços com temperaturas confortáveis é necessário utilizar uma grande quantidade de energia.

Todas as fontes de energia afetam o meio ambiente, não existindo qualquer fonte de energia totalmente "limpa". Obter a energia que precisamos afeta o nosso meio ambiente de muitas maneiras diferentes. Algumas fontes de energia têm um impacto maior do que outros. A energia é perdida para o ambiente durante a sua transformação normalmente na forma de calor.

A construção da interface sobre o impacto negativo deve-se à necessidade de tornar os valores captados pelos sensores mais úteis e consciencializar o utilizador do impacto que o consumo energético está a causar no meio envolvente. Para tal, foram definidos os parâmetros, que estão representados na Figura 21.



**Figura 21 - Cálculo do impacto negativo**

Além da análise do Índice de Carga e do Rácio de Eficiência Energética explicados respetivamente nos tópicos 2.6.7 e 2.6.8, foram obtidos outros tipos de resultados, como o impacto químico, mecânico e térmico. No impacto químico que ocorre essencialmente nos recursos naturais temos a energia produzida a partir da combustão de óleo que é responsável pelas questões ambientais associadas à queima de petróleo e hidrocarbonetos; com a produção de energia a partir do gás natural que envolve emissões atmosféricas; a eliminação de resíduos líquidos e a quantia consumida de hidrogénio que sendo um recurso natural, comparado com outros recursos naturais existe em menor quantidade e é difícil de detetar em circunstâncias normais. Na cinética os valores de energia consumidos apresenta valores equiparados a uma viagem de carro e o dinheiro gasto. E por último, a nível térmico a energia consumida equivale à temperatura necessária para aquecer um tanque de água. O consumo energético a partir de energias fósseis necessita sempre de um processo de combustão tanto nas centrais eléctricas

para produzir electricidade como localmente em caldeiras ou motores de veículos.

Economizar energia significa diminuir a quantidade de energia utilizada quando da realização de qualquer atividade do nosso quotidiano. Gastar menos energia tem várias vantagens: é mais económico e é benéfico para o meio ambiente. Como alternativa e como se verifica na Figura 22, existe a hipótese de calcular manualmente a quantidade de energia que consome, simulando diferentes cenários.

Calculador de Watt e Energia

Energia	Tempo	Watt
<input type="text" value="0.0"/> Joules	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="0.0"/> Watts (UNID. DE ENERGIA)
<input type="text" value="0.0"/> Watt/Horas	Escolha	<input type="text" value="0.0"/> Kilowatts (UNID. DE ENERGIA)
<input type="text" value="0.0"/> Kilowatt/Horas		<input type="text" value="0.0"/> Horsepower (UNID. DE ENERGIA)
<input type="text" value="0.0"/> BTU/Horas		<input type="text" value="0.0"/> Tons
<input type="text" value="0.0"/> Térmico		

Calculate Cancel

Esta é a potência média, em plena luz solar que cai num  superfície quadrada pé, voltado para o sol, e recolher  horas por dia.

Química

- litros de gasolina (  ) euros
- euros de gás natural (  feet3 para  psi)
- euros de gás hidrogénio (  feet3 para  psi)
- A bateria de chumbo-ácido  euros

Mecânico(Kinetic)

- A volante topo de gama pesando cerca de  euros
- A  euro de viagem de carro são  milhas por hora

Thermal

- Aquecer um  litros de um tanque de água por  graus F.
- Evaporando  euros (sobre  litros) de água
- Aquecer um  pedaço de concreto por euro  graus.

**Figura 22 - Cálculo da Energia Consumida**

Para sermos absolutamente corretos é preciso avaliar cuidadosamente cada uma das alternativas disponíveis examinando todos os custos e os riscos envolvidos em cada fonte de energia. A transformação, transporte e uso final da energia causam impactos negativos no meio ambiente quer seja a nível local quer seja a nível global.

#### 4.3.6 Análise dos fatores de luminosidade no edifício

Nos últimos anos, as questões em torno do uso de energia vieram para o centro das atenções de todos, e iluminação tornou-se um foco de ideias de poupança de energia têm sido feitas tentativas de aplicar tecnologia para melhorar a eficiência da conversão da energia elétrica em

energia de luz visível.

Temos que considerar isto com muito cuidado quando se trata de um equilíbrio entre luz natural e artificial. Geralmente é muito fácil fazer um argumento que em iluminação a luz natural trás mais vantagens, no entanto, precisamos de levar em consideração as necessidades de energia adicionais para aquecimento ou arrefecimento necessários de modo a equilibrar as áreas envidraçadas.

Os desafios em torno de projeto para iluminação natural eficazes também variam de acordo com as condições climáticas locais. Sempre que há um nível mais baixo de luz solar direta disponível, então a única resposta são as áreas enormes de vidros abertos para céu nublado com algum grau de controle para moderar o luz quando o sol está a brilhar.

### Horas de luminosidade - Braga, Portugal

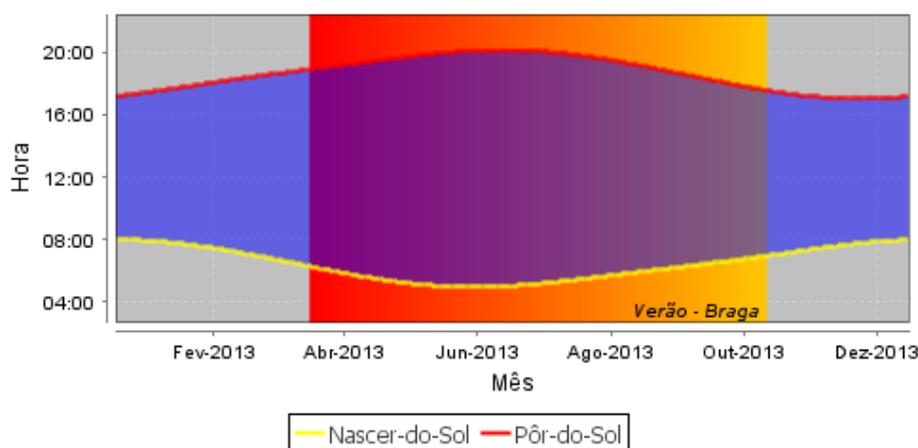
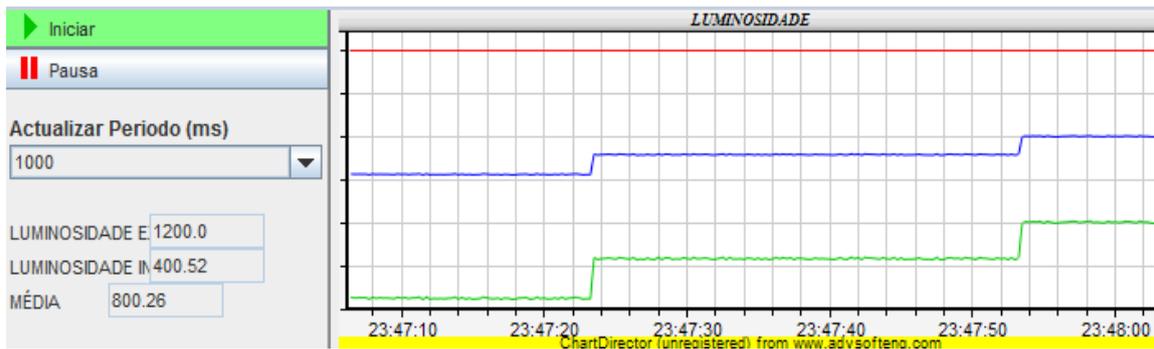


Figura 23 - Gráfico da anual da temperatura na cidade de Braga

A partir da Figura 23, podemos verificar que as temperaturas têm tendência a descer, acompanhado com uma diminuição de horas do dia, ao longo do ano, na qual assistimos ao seu pico no intervalo entre Junho e Julho. Possivelmente, esta variação de valores terá influência nos resultados das fórmulas em estudo e no grau do impacto negativo.

A apresentação do gráfico da luminosidade anual previsto para a cidade aonde está o nosso local de estudo, Braga, também, é essencial, contudo, estes valores são apenas previsões e variam de ano para ano. Os resultados obtidos a partir do Rácio de Eficiência Energética estão dependentes das temperaturas externas do ambiente envolvente.

A análise da luminosidade externa e interna do ambiente envolvente é bastante útil, por isso, foi construído uma interface específica. Na Figura 24 pode-se visualizar os valores que a luminosidade tende a ter ao longo do tempo.



**Figura 24 - Luminosidade externa e internamente**

Como se pode verificar, os valores médios resultantes do gráfico da luminosidade externo e interno podem representar o equilíbrio térmico no meio envolvente. Este equilíbrio tem influência nos resultados obtido das fórmulas em estudo e na análise geral do meio envolvente, tornando-se uma informação de elevada relevância.

#### **4.3.7 Cálculo do Índice de Calor e a Temperatura do Vento**

Com o conhecimento da temperatura do meio envolvente da velocidade do vento e da humidade local existe a possibilidade de calcular a velocidade do vento e o índice de calor. Segundo a Figura 25, existe dois tipos de unidades que se pode calcular, em Fahrenheit (English) e Celsius (Metric).

Temperatura Vento é uma medida do arrefecimento combinado entre a temperatura envolvente e o vento. Com o aumento do vento, o calor é transportado para fora do corpo, a uma taxa mais rápida, descendo tanto a temperatura da pele (que pode provocar queimaduras) e eventualmente a temperatura interna do corpo (que pode matar). O índice da temperatura do vento é a medida dessa relação.

O índice de vento frio combina a temperatura com a velocidade do vento para indicar o frio que realmente se sente do lado de fora, especialmente para a pele desprotegida exposta ao vento.

Temperatura:  °F

Vel. do Vento:  MPH

Humidade:  %

Metric  English

Vento Frio: 71,71 °F Índice de Calor: 76,93 °F

**Figura 25 - Calcular índice de calor**

O índice de calor como sabemos é a temperatura aparente. Com o aumento da humidade relativa do ar, este parece mais quente do que realmente é porque o corpo é menos capaz de arrefecer via transpiração.

Com o aumento do índice de calor, o mesmo acontece com os riscos à saúde. Quando o índice de calor é de 90 ° -105 ° F, é possível verificar no indivíduo no estado de exaustão. A insolação é possível quando o índice de calor é acima de 105 ° C e muito provavelmente quando é de 130 ° C. A atividade física e a exposição prolongada ao calor contribuem para o aumento dos riscos.

#### **4.3.8 Cálculo da BTU**

A capacidade de uma fonte de calor produzir um aumento da temperatura de uma substância depende não apenas da energia da fonte de calor mas também, do calor específico da substância. Diferentes materiais podem ter necessidade de diferentes níveis de aquecimento. Para calcular a energia necessária para, por exemplo, aquecer uma sala, é útil possuir uma quantidade de informação que irá encontrar o calor do ar, estabelece o volume do quarto, o cálculo do peso do ar e as unidades de conversão, conforme necessário. Porém, a importância deste leque de informação não acaba aqui, por exemplo, a dimensão do ar condicionado também é necessário saber.

**Calculador BTU**

Altura da Sala(m):	<input type="text" value="0"/>
Largura da Sala(m):	<input type="text" value="0"/>
Comp. da Sala(m):	<input type="text" value="0"/>
Área da Janela(m2):	<input type="text" value="0"/>
Tipo de Sala:	<input type="text" value="Escolha..."/>
Como é a parte de baixo da Sala:	<input type="text" value="Escolha..."/>
Como é a parte de cima da Sala:	<input type="text" value="Escolha..."/>
Tipo de paredes exteriores:	<input type="text" value="Escolha..."/>
Tipo de Janelas :	<input type="text" value="Escolha..."/>
Número de paredes exteriores :	<input type="text" value="Escolha..."/>

BTU: 0.0 BTU/hr  
Watts: 0.0 Watts/hr

**Figura 26 - Cálculo do BTU**

Usando a calculadora que se encontra na Figura 26, será possível encontrar o número ideal de ar condicionados e o tamanho ideal para o quarto. Não só significa que o utilizador vai sentir-se mais confortável, mas também, utilizar a quantidade apropriada de energia elétrica.

Em baixo, poderá verificar-se as quantidades necessárias/gastas de BTU (*British Thermal Units*) que o ar condicionado necessita para aquecer ou arrefecer uma casa. Adicionando o total de todos os quartos em casa ou do apartamento o resultado final será o BTUs de toda a casa.

#### **4.3.9 Cálculo do “Dew-point” e “Wet-bulb”**

Esta funcionalidade determina e informa a temperatura do ponto de orvalho e do Bulbo Húmido numa superfície de observação. Os dados de temperatura obtidos com os instrumentos neste capítulo são, em termos da escala Celsius ou em Fahrenheit. O ponto de orvalho é calculado em relação à água a todas as temperaturas.

**Calculador Índice de Calor**

---

**Métrica**

°C       °F       Humidade       PA

Dew Point       Índice de Calor

Wet-bulb      

---

**Inglês**

°F       °C       Humidade       PA

Dew Point       Índice de Calor

Wet-bulb      

**Figura 27 - Calculadora do Dew Point e Wet-Bulb**

A temperatura do ponto de orvalho é difícil de medir diretamente. Ao contrário é mais comum para medir a temperatura de bulbo húmido e usá-lo (juntamente com a temperatura) para determinar a humidade relativa do ar e temperatura do ponto de orvalho.

Evaporativos benefícios refrigeração cessar quando uma combinação de ambiental variáveis - humidade relativa do ar, da água pressão de vapor de saturação, e temperatura - chegar a um ponto onde a água líquida não pode vaporizar para o ar. *Outdoor* temperatura de bulbo húmido é a temperatura mais baixa que pode ser alcançado por evaporação puramente refrigeração e é o mais baixo possível a temperatura da água do processo deixando a torre. De bulbo húmido a temperatura é sempre menor do que ou igual ao do bulbo seco, ou à temperatura ambiente ar, a temperatura.

Ambos os indicadores contribuem para enriquecer a informação sobre ambiente envolvente ao utilizador, aonde os resultados obtidos a partir das respectivas fórmulas são apoiados no cálculo de outro indicador em estudo, o índice de stress.

#### **4.3.10 Cálculo do Índice de Stress e Tempo de Exposição**

O Stress térmico ambiental pode afetar negativamente o desempenho atlético e causar ferimentos ou morte. A expressão que permite evitar esses resultados indesejáveis é dado pelo *Wet Bulb Globe Temperature (WBGT)*, um poderoso índice de stress por causa do calor. Este

programa permite encontrar o valor do WBGT a partir da conjugação de dados da temperatura envolvente e da humidade.

Índice de Stress Térmico (HSI) e Tempo de Exposição Térmico(AET)			
Metabolismo (M):	<input type="text" value="0.0"/>	Temperatura do Ar (ta):	<input type="text" value="0.0"/>
Temperatura da Radiação (tr):	<input type="text" value="0.0"/>	Altitude (m):	<input type="text" value="0.0"/>
Humidade Relativa (rh):	<input type="text" value="0.0"/>		
Velocidade do Ar (V):	<input type="text" value="0.0"/>	Pressão Vapor Parcial (Pa):	<input type="text" value="0.0"/>
Entalpia:	<input type="text" value="0.0"/>		Escolha ▼
Perda de Convecção:	<input type="text" value="0.0"/>		Escolha ▼
Perda Máxima Evaporativa:	<input type="text" value="0.0"/>		Escolha ▼
Perda de Evaporação Requerida:	<input type="text" value="0.0"/>		
Índice de Stress Térmico:	<input type="text" value="0.0"/>		<input type="button" value="Calcular"/>
Tempo de Exposição Térmico:	<input type="text" value="0.0"/>		<input type="button" value="Cancelar"/>
Wet-Bulb Globe Temperature (WBGT):	<input type="text" value="0.0"/>		

**Figura 28- Aplicação de HSI e WBGT**

Além de o WBGT dar recomendações, contém uma riqueza de informações relacionadas ao stress térmico. O tempo médio do WBGT é um cálculo tedioso necessário somente se a tarefa a ser realizada pelo trabalhador deslocar-se através de várias áreas diferentes aquecidas.

#### 4.4 Aplicação Móvel

Num contexto *Inteligência Ambiente* e o com a sofisticação da tecnologia, os dispositivos móveis têm cada vez mais influência nas decisões do utilizador. Os dados capturados, a partir deles, são utilizados principalmente para fornecer serviços específicos.

Mark Weiser, ex-investigador do Laboratório das Ciências da Computação na Xerox Palo Alto Research Center, em 1988 determinou que estes tipos de serviços devem ser efetuados a partir da “computação ubíqua”:

A “computação ubíqua descreve a operacionalidade das aplicações dentro de espaços inteligentes ou em contextos físicos do mundo real onde a computação e a tecnologia são transparentes para o indivíduo (Weiser, 1991)”.

Este tipo de computação permite a execução de diversos serviços para as pessoas através dos dispositivos móveis que funcionam em redes com ou sem fio. Neste tópico apresentamos uma aplicação que permite fornecer alguns serviços.

Independentemente da estação do ano, é bastante importante saber qual as previsões de tempo no exterior do edifício para que melhor se possa planear o dia a dia. Dependendo do local de habitação ou de trabalho o tempo pode ter um grande impacto sobre o tipo de dia que podemos ter, e informações confiáveis sobre a previsão do tempo é muito importante.

#### 4.4.1 Exemplo da Aplicação

A tela da aplicação que se encontra na Figura 29, aparece quando é implantado e executado no dispositivo/emulador Android, é previsto que o utilizador ao abrir o WeatherApp esta tela seja apresentada. Exibe um conjunto de opções tais como o Tempo Meteorológico, a Luminosidade e a Listagem da Meteorologia de um conjunto de cidades.



**Figura 29 - Menu principal**

No painel principal ao tocar em "Mais Cidades" permite mostrar, com algum detalhe, a meteorologia de uma lista das principais cidades da Europa e não só. Por outro lado, se colocar o dedo no botão luminosidade será apresentado um gráfico da quantidade de luz recolhida externamente do edifício, como internamente e a média de luminosidade recolhida no telemóvel.

Não menos importante ao carregar no “Tempo” este mostra detalhes extras de previsão, pressão barométrica, humidade, nascer e pôr do sol entre outras estatísticas da cidade à sua escolha.

### **Informação meteorológica**

Inserindo o nome da cidade na qual se deseja ver informações sobre o tempo, vai fazer com que internamente a API obtenha as informações sobre a cidade. Após o nome da cidade selecionado é apresentado no layout seguinte, dados meteorológicos detalhados. Tal como a Figura 30 mostra:



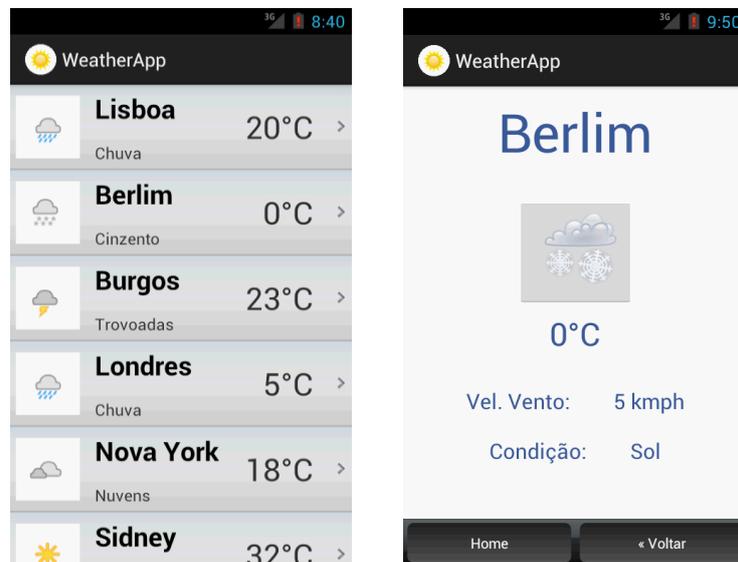
**Figura 30 - Informação detalhada sobre a meteorologia da cidade**

Uma vez que os dados do local são recolhidos a partir de um servidor meteorológico é apresentada numa visão geral, a temperatura do local, os limites da temperatura e velocidade do vento e algumas outras nuances climáticas.

### **Listar informação meteorológica de cidades**

Com o *WeatherApp* existe a possibilidade de visualizar vários locais de tempo, basta pressionar no botão “Mais Cidades” para ter acesso a uma lista de localidades que permite visualizar detalhadamente a sua meteorologia. Para explorar a lista basta arrastá-la para parte inferior ou

para parte superior do ecrã. A aplicação permitirá exibir uma lista de cidades como mostra na Figura 31.



**Figura 31 - Lista de cidades disponíveis e detalhe meteorológico da cidade**

Se clicar numa cidade, será apresentado ao detalhe a informação meteorológica. Caso o utilizador pretenda verificar mais alguma localidade basta carregar no botão “voltar” e voltar a efetuar o mesmo processo. Caso contrário, carrega em “Home” e volta para o menu principal.

#### **4.4.2 Outras Funcionalidades**

Além das funcionalidades apresentadas, o utilizador arrastando a tela para a direita, será fornecido diversos serviços como calcular o índice de Calor, Índice de Stress, BTU e o nível de conforto.

#### **B.T.U**

No que toca ao cálculo do B.T.U, existe diferentes variáveis a que temos de ter atenção desde logo, na dimensão da zona de conforto, ao isolamento do espaço, nomeadamente materiais de construção, tipos de janela, e por fim, o número de pessoas dentro do espaço. Como demonstra a **Erro! A origem da referência não foi encontrada.:**



**Figura 32 – Aplicação da B.T.U.**

Do ponto de vista da medição da energia em casa, escolher direito o ar condicionado em casa é mais fácil com as informações corretas. Antes de comprar um ar condicionado, é útil descobrir quantos BTU's são necessários, para isso, é preciso pensar no tamanho da sala.

Este tutorial irá informar o tamanho do ar condicionado mais eficiente. Escolher um ar condicionado de pequena dimensão (baixo valor BTU) para o quarto vai deixar o utilizador com a sensação de calor. E comprar um ar condicionado muito grande para o quarto pode ter os mesmos problemas.

### **Índice de calor**

No que toca a Figura 33, o utilizador poderá medir o índice de calor e do nível de risco através do cálculo da temperatura do ar com a humidade relativa do ar. A humidade relativa do ar é fornecido em percentagem.

Como forma de manter sempre o utilizador informado sobre comportamentos a efetuar em diferentes cenários, será possível a partir desta funcionalidade pesquisar sobre precauções a reter, medir o índice de stress e com ele definir as melhores decisões.



**Figura 33 – Aplicação do índice de calor e do calor térmico**

HI é por vezes referido como a "temperatura aparente". O HI, dado em graus F, é uma medida da quantidade de calor que se sente quando a humidade relativa (HR) é adicionado e a temperatura real de ar. Com a referência do OSHA, os níveis de risco estão divididos em quatro categorias - "baixo", "moderado", "alto" e "muito alto a extremo".

Como podemos verificar na descrição sobre Calor Térmico, no tópico 2.6.5, os problemas que surgem devido ao calor, estão hierarquizados nas categorias de OSHA (OSHA, 2008). A construção da aplicação móvel permite, enquanto o utilizador está ao ar livre, prevenir cenários que ocorram devido ao excesso de calor, por exemplo, a fadiga, câibras, exaustão e, em alguns casos, até mesmo a morte. A aplicação pretende fazer uma cuidadosa monitorização do índice de stress térmico, incentivando a que o utilizador previne sinais de emergência de calor, enquanto estiverem a trabalhar ou a treinar ao ar livre durante os períodos de maior perigo.

É importante para aqueles que trabalham com atletas ou efetuem trabalhos ao ar livre que exigem força física efetuar rastreios do índice de calor todos os dias, durante todo o dia, a fim de garantir a sua segurança. Para aqueles que se encontram nestas categorias, o aumento da hidratação e pausas mais frequentes podem ser benéficas para evitar problemas de stress por calor.

### **PMV e PPD**

Na última tab desta parte da aplicação, pela Figura 34, podemos verificar que o Índice do

conforto termal depende da agregação de múltiplos parâmetros de condições ambientais, metabólicas e do vestuário, cujo resultado será o valor do PMV e do PPD. O modelo PMV-PPD é um padrão utilizado para o projetos de sistemas de climatização em edifícios comerciais. A maioria dos estudos do conforto tentaram melhorar o conforto com a introdução de um modelo de PMV. Uma das ideias passa pela implementação desta funcionalidade em dispositivos inteligentes, e o objetivo é projetar e testar uma aplicação que contém como foco os níveis de conforto que depende de: temperatura, luz e da qualidade do ar, que têm o maior impacto sobre o consumo de energia do edifício e conforto dos ocupantes.



**Figura 34 – Aplicação do Conforto Térmico**

Na interface foi implementado a escala de conforto térmico, que inclui, sete graus de -3 a +3 (quente, morno, um pouco quente, Neutro, um pouco fria, Cool, e frio). Os três graus do meio (-1, 0, 1) são considerados satisfatórios; consequentemente, os cinco níveis (Fria, Cool, Neutro, morno, quente) foram incorporados na conceção da interface.

Embora no modelo PMV, seis fatores são a fatores que influenciam no índice de conforto térmico, a única índice tangível para os ocupantes expressar as suas preferências em relação ao conforto térmico é a temperatura. Numa analogia com o modelo PMV e sistemas de controlo individuais esta interface usa preferências da temperatura dos ocupantes como um índice que agrega todos os fatores.

## **Termostático**

O termostático tem um grande display que permite definir a hora /dia atual, definir o número de

vezes on/off, programar temperaturas e definir a temperatura atual. No estado de repouso o visor mostra o dia/hora atual, a função atual (ou seja, fora/programas/on), o status de conectividade de gateway, indicador de bateria fraca (se aplicável) e da temperatura atual. Pressionando os botões permite que visualize os horários atualmente configurados e temperaturas.

Ao definir os programas de aquecimento o dispositivo pode ter configurações independentes para cada 7 dias da semana ou com configurações diferentes para dia da semana/fim de semana. O termostático, atualmente, permite que crie duas vezes o controlo (por exemplo, de manhã em off/manhã e tarde on/off tarde), com ajustes de temperatura para cada um.



**Figura 35 - Aplicação do Termostático**

Na página principal, como demonstra a Figura 35, cinco grandes botões permitem definir o programa do aquecimento durante uma semana, na qual permite a escolha da temperatura atual.

A aplicação permite a escolha de uma hora/dia e uma temperatura e programar a temperatura ideal e o que acontece é que o aquecimento irá ligar no horário especificado e ficar no cargo até a casa chega a uma temperatura especificada antes de voltar para o seu programa set - um recurso bastante agradável.

## **4.5 Contribuições Tecnológicas**

A Inteligência Ambiente tem uma relação muito próxima com muitas áreas da ciência da computação. As tecnologias desenvolvidas contribuem para que no Aml exista a presença de

inteligência. Como tal, o algoritmo do Aml percebe com sensores o estado do ambiente e os utilizadores. A partir dos dados gerados por uma variedade de técnicas de IA, age sobre o meio ambiente de maneira a que o algoritmo atinga o objetivo pretendido. Desta forma, a tecnologia auxilia na deteção, raciocínio e no agir.

Por outro lado, enquanto Aml é invocado a partir do campo do AI, isto não significa que é um AI. O exemplo disso são as tecnologias de pesquisa que estão fora do alcance da pesquisa AI. Estes são interfaces homem-computador e sistemas de segurança.

#### 4.5.1 PHESS

A finalidade do tema a desenvolver está relacionada com outros temas desenvolvidos, nomeadamente previsão de comportamentos a partir das emoções dos utilizadores da SmartHome e da implementação de uma rede social que permite a difusão muito rápida de informação entre os utilizadores e a obtenção de informação relativa a indicadores sociais. Porém, todos se associam ao projeto PHESS.

PHESS é uma plataforma multiagente desenvolvida para avaliação da sustentabilidade entre o utilizador e o ambiente (Fábio Silva, Analide, Rosa, Felgueiras, & Pimenta, 2012).

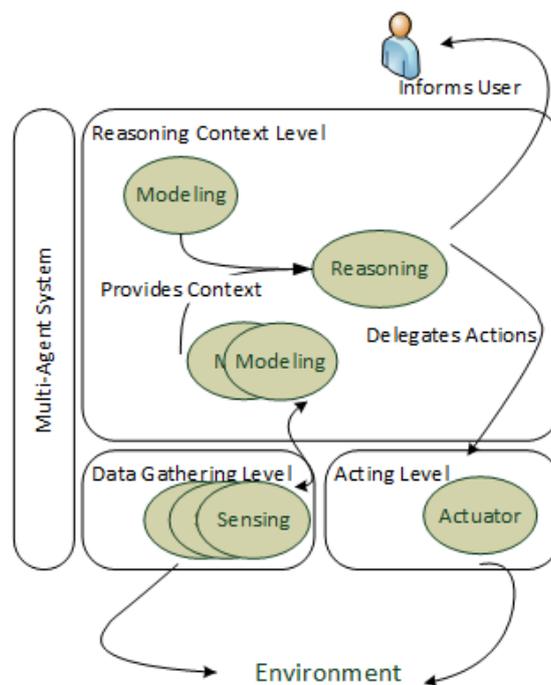


Figura 36 - Arquitetura do PHESS

Como podemos verificar, na Figura 36, a plataforma estabelece a sensorização do meio ambiente em constante atualização dos indicadores de sustentabilidade. Os indicadores de sustentabilidade mais atuais representam a avaliação em tempo real do ambiente, tendo em conta os dados históricos. O objetivo da plataforma é não só para avaliar e identificar práticas insustentáveis, mas também agir com o objetivo de melhorar os indicadores de sustentabilidade. Para tal acontecer, o comportamento do utilizador e do ambiente podem ter de ser alterados. Os indicadores de sustentabilidade são analisados na literatura como boa a identificar práticas insustentáveis e padrões ruins, mas não tão bom, nem útil na garantia, recomendações de sustentabilidade ou sustentável.

O nível de recolha de dados na plataforma PHESS inclui agentes responsáveis por controlar os sensores.

#### **4.5.2 Sensorização**

A inteligência ambiente é projetado para o mundo real em que a utilização de sensores é vital. Sem componentes físicos que permitam que um agente inteligente sinta e age, faz com que perca as vantagens ou potencialidades que a inteligência ambiente pode trazer.

Algoritmos de inteligência ambiente dependem de dados sensoriais do mundo real. O algoritmo de software percebe o ambiente e usa essa informação para a razão sobre o ambiente e para a ação que podem ser tomadas para mudar o estado do ambiente. Percepção é realizada usando uma variedade de sensores. Sensores foram concebidos para leituras da luz, som, temperatura, pressão, posição para criar sustentabilidade.

A análise dos dados de um determinado sensor é uma tarefa complexa. Eles geram grandes volumes de dados, havendo uma tentativa manual de analisá-los. Se os sensores forem imprecisos os dados podem ser ruidosos e, se um sensor falhar, pode estar ausente valores.

Ao analisar os dados de sensores, sistemas de Aml podem implementar um modelo centralizado ou distribuído. Como foi mencionado no capítulo anterior o modelo implementado foi centralizado. A escolha do modelo recairá no peso computacional da arquitetura ou do tipo de sensor que é usado para a tarefa. Em ambos os casos os dados serão recolhidos de diferentes fontes e mais tarde combinados, para produzir informação.

# Capítulo 5

## Caso de Estudo

Como foi mencionado anteriormente, o objetivo principal desta dissertação foi mostrar a eficácia da tecnologia para um ambiente sustentável e como impulsionador de boas práticas ambientais. Além disto, as plataformas descritas no capítulo anterior, permitem tirar resultados que possam ajudar ao utilizador a prevenir situações de risco e a tomar as melhores decisões. No capítulo a seguir, será explicado os resultados obtidos e as conclusões retiradas.

### 5.1 Metodologia

Para melhor determinar a eficácia das plataformas construídas, a ideia passou pela separação temporal das experiências e na construção de vários cenários. Como tal, os dados foram analisados em intervalos de espaçamento temporal semelhantes mas com objetivos diferentes. Quanto aos objetivos finais, nós implementamos na seguinte ordem:

1. Índice de Calor
2. Índice de Stress
3. Índice de Conforto
4. Impacto Negativo
  - a. Índice de Carga
  - b. Eficiência Energética
  - c. Nível químico
  - d. Nível termal
  - e. Nível mecânico (cinética)

No que toca ao espaço temporal, a aposta passou pela recolha de dados durante 24 horas, em intervalos de 30 em 30 segundos.

Posteriormente, e para um melhor tratamento, foram separados por três partes: valores da parte de manhã, da parte de tarde e da parte da noite. A análise térmico de determinado local permite

a que o utilizador tome decisões que leve a adaptar os seus comportamentos ao meio envolvente, e rentabilize a energia gasta por parte dos eletrodomésticos, como exemplo, desligar o ar condicionado nas horas de mais frio, etc... Convém salientar, que cada cenário está dependente do número de utilizadores no ambiente envolvente.

A necessidade de materializar a recolha destes dados levou a criar um conjunto de gráficos. A construção gráfica destes 3 cenários permite comparar o conforto térmico e o calor corporal de cada ocupante num determinado espaço físico. O passo da observação ganha assim outra relevância. A etapa da observação dos valores finais que as fórmulas em estudo (ver tópico 2.6) vão tendo ao longo do tempo permite retirar conclusões sobre as atitudes de prevenção a tomar por parte do utilizador e acompanhar as alterações térmicas do meio ambiente.

## **5.2 Especificação Caso de Estudo**

O local adequado para a investigação desta dissertação, recolha de dados e na construção de diferentes cenários de estudo com as ferramentas tecnológicas mencionadas no capítulo anterior, é o Laboratório de Sistemas Inteligentes, em inglês, *Intelligent Systems Laboratory* (ISLAB).

O laboratório localiza-se no Departamento de Informática (DI), na Universidade do Minho, no Polo de Gualtar, cidade de Braga. A escolha deste espaço deve-se a sua localização estratégica que permite captar sol a partir das janelas do lado Este do DI, sendo o restante espaço isolado por paredes. Porém, as condições térmicas do espaço são influenciadas pela grande radiação de calor que se faz durante o período da tarde, do sistema de ar condicionado e do sistema de aquecimento incorporados. O ISLAB é uma estrutura capaz de reunir as condições tecnológicas necessárias, equipado com as mais recentes tecnologias no que toca a sensores e tecnologias de sensorização fornece todo tipo de equipamento para a análise e desenvolvimento deste caso de estudo. O conjunto de sensores que vão enriquecer a investigação estão estrategicamente dispostos pelo laboratório para que os valores captados sejam os mais completos e o mais ricos em informação.

O tipo de ocupantes que utiliza esta parte do Departamento de Informática é, essencialmente, alunos e alguns docentes da Universidade com uma faixa etária entre os 19 e 40 anos.

### **5.2.1 Viabilidade e Usabilidade do cenário implementado**

A criação de um cenário que facilite concepção das atividades diárias no ambiente da sala mostra uma visão global das relações homem-ambiente inteligente. O resultado final é proporcionar conforto e segurança aos utilizadores do espaço analisado. Os serviços a fornecer, no contexto do desenvolvimento deste trabalho, são:

- Segurança e controlo (por exemplo, deteção do utilizador, aquecimento, iluminação, deteção de inatividade, etc);
- Deteção de atividade (deteção de movimentos, detecção de som etc);
- Comunicação dispositivos (por exemplo, smartphones, acesso à Internet, conexão com fio, conexão sem fio, etc);
- Planeamento de atividades (por exemplo, agenda e lembretes, palm-tops, etc);
- Informação (por exemplo chamada em conferência, a construção da comunidade, tradução, educação, etc).

O(s) utilizador(es) devem estar inseridos num ambiente com equipamentos de monitorização instalados. A localização dos sensores devem ser minimamente em locais seguros e discretos, onde a sua organização deve estar estrategicamente bem definida para tirar os melhores resultados possíveis.

### **5.2.2 Recolha de Dados**

A *Smart-Home* está equipado com sensores heterogéneos distribuídos a cerca de 1 metro de distância ao longo do espaço. Os dados do sensor são capturados utilizando uma rede de sensores e é armazenado numa base de dados.

Para as nossas experiências foram recolhidos dados de sensores, enquanto estavam várias pessoas na sala, os utilizadores eram estudantes e dos dois sexos.

Os dados foram obtidos durante um dia, enquanto a inserção de dados foi efetuada 30 em 30 segundos, contabilizando 2880 inserções. No momento da inserção foram recolhidos o ID do sensor, a data e hora, e o valor do sensor.

### 5.3 Tratamento de Dados

Nesta etapa, os dados recolhidos foram alvo de uma estratégia de fusão numa base dados. Porém, para um melhor tratamento dos dados a categorização destes dados para diversos cenários de investigação torna-se bastante útil. A separação da informação relacionada com os objetivos traçados para o desenvolvimento desta dissertação facilita na construção de gráficos sobre a descrição de diferentes cenários. Porém, foquemos nesta fase na comparação dos valores recolhidos sobre o ambiente envolvente em três contextos temporais diferentes, na parte da Manhã, durante a Tarde e na Noite, tal como a Tabela 3.

Cenário	Temperatura	Luminosidade	Som	Dia-Hora
Manhã	21.68	525.00	27.87	06:15 – 12:30
Tarde	22.84	1128.31	28.22	12:30 – 18:30
Noite	14.11	52.98	27.09	18:30 – 06:15

**Tabela 3- Apresentação dos valores médios dos sensores por cenário**

No que toca a Tabela 4, podemos verificar que o índice de calor, índice de conforto e o Calor Térmico descrevem o ambiente térmico que está relacionado com uma determinada resposta humana, permitindo, assim, realizar previsões de decisões futuras, e definir as condições que são agradáveis aos ocupantes.

Como um dos objetivos do desenvolvimento desta investigar diferentes contextos para os cenários em análise, aliada à necessidade de enriquecer mais os dados e aplicar as fórmulas térmicas, levou a que fosse construído a Tabela 4.

Cenário	Índice de Calor	Índice de Stress Térmico	Calor Térmico	Dia-Hora
Manhã	79.11	-6.53	Não há desconforto.	06:15 – 12:30
Tarde	81.32	-7.07	Não há desconforto.	12:30 – 18:30
Noite	79.05	-6.19	Não há desconforto.	18:30 – 06:15

**Tabela 4 – Apresentação dos valores médios dos indicadores térmicos por cenário**

Cenário	PPD	PMV	Dia-Hora
Manhã	-2.37	66.02	06:15 – 12:30
Tarde	-2.57	68.64	12:30 – 18:30
Noite	-2.24	66.22	18:30 – 06:15

**Tabela 5 - Apresentação dos valores médios dos indicadores térmicos por cenário**

Como sabemos, uma das características desta etapa do caso de estudo é a manipulação de grandes blocos de dados e, não faria sentido apresentar uma tabela exaustiva de todos os

valores recolhidos. Também é importante referir que, sempre que fosse iniciado um teste, havia o cuidado de não desrespeitar a ordem dos cenários. No que toca a recolha e tratamento de informação, o processo de cálculo dos índices foi acompanhado com recomendações adequadas aos valores apresentados, como mostra a Tabela 6.

Cenário	Recomendação	Dia-Hora
Manhã	Cuidado – Possibilidade de fadiga com exposição prolongada e/ou actividade física	06:30 – 12:30
Tarde	Cuidado – Possibilidade de fadiga com exposição prolongada e/ou actividade física	12:30 – 18:30
Noite	Nenhum aviso relacionado com o calor ou que esteja associado a este índice de calor	18:30 – 06:15

**Tabela 6 - Recomendações por tipo de cenário**

Porém, o tratamento dos dados recolhidos permitiram analisar outro tipo de contexto, desta vez, do ponto de vista do impacto negativo. A tentativa de criar as melhores condições de conforto para utilizador num determinado espaço leva, por vezes, a um consumo maior de energia, a reorganizar a eficiência energética, e conseqüentemente, isso pode-se de levar comparar à energia gasta em outro tipo de situações nomeadamente, a nível químico, nível termal e a nível mecânico. A representação dos parâmetros da análise do impacto negativo na construção de condições para o conforto do utilizador nos três diferentes cenários estão na Tabela 7 e Tabela 8.

Cenário	Índice de Carga	Eficiência Energética	Nível Químico (Gás natural)	Dia-Hora
Manhã	5523.66	3236.76	239106603.62	06:15 – 12:30
Tarde	5523.68	1015.07	239107009.97	12:30 – 18:30
Noite	5523.60	3777.61	239103328.92	18:30 – 06:15

**Tabela 7 - Impacto negativo nos diferentes cenários**

Cenários	Nível Termal (Calor água)	Nível Mecânico (Viagem Carro)	Dia-Hora
1º cenário - Manhã	10	1360000	06:15 – 12:30
2º cenário - Tarde	10	1360000	12:30 – 18:30
3º cenário - Noite	10	1360000	18:30 – 06:15

**Tabela 8 - Impacto negativo nos diferentes cenários**

A análise do impacto negativo também pode ser útil para reforçar possíveis gestos de prevenção e consciencialização por parte do utilizador no meio ambiente. O índice de carga e a eficiência energética são parâmetros negativos que estão interrelacionados, porém, os seus valores podem ser equiparados ao impacto negativo a nível químico, termal e mecânico. A transformação, transporte e uso final da energia causam impactos negativos no meio ambiente, tanto a nível local como global. Inicialmente, e durante a fase de exploração, produzem-se resíduos, contaminam-se as águas e os solos, além de se gerarem emissões para a atmosfera (nível

químico). Também o transporte e a distribuição da energia afetam o meio ambiente através do impacto criado pelas redes elétricas ou oleodutos e gasodutos, ou pelas chamadas marés negras, com dramáticas consequências para os ecossistemas e economias das zonas afetadas (nível mecânico).

Paralelamente, o consumo energético, a partir de energias fósseis, necessita sempre de passar por um processo de combustão, tanto nas centrais elétricas para produzir eletricidade, como localmente, em caldeiras ou motores de veículos. Esta combustão dá lugar à formação de CO<sub>2</sub>, o principal gás causador do efeito de estufa, e de outros gases e partículas poluentes que prejudicam a saúde (nível térmico).

## 5.4 Análise dos Dados

Após a recolha e tratamento dos dados, a etapa seguinte, passa por analisá-los e tirar conclusões. Após o tratamento de dados é necessário definir um problema de estudo. No contexto do tema, o exemplo de estudo pode ser a energia necessária para manter o número de utilizadores dentro de um determinado ambiente em condições térmicas favoráveis. Como foi mencionado anteriormente, o grande volume de informação não podia ser todo representado, por isso, continuaremos a fazer dos três cenários o nosso caso de estudo. Os efeitos dos valores da Tabela 4 nos índices em estudo estão representados na Figura 37.

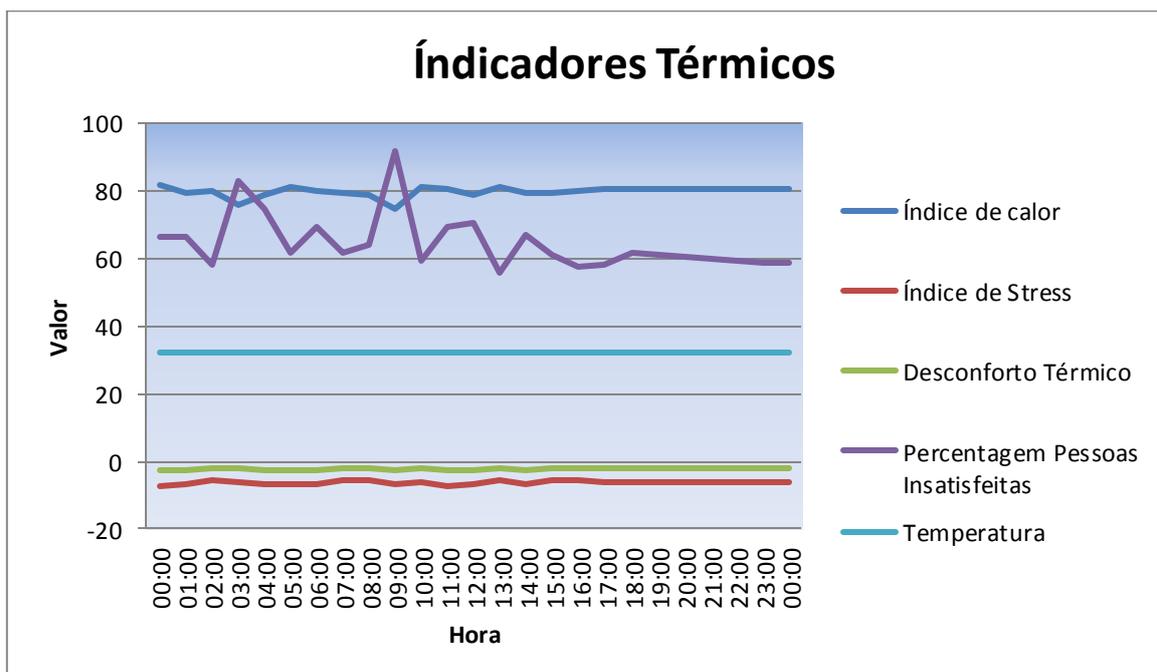


Figura 37 - Apresentação dos dados por cenário

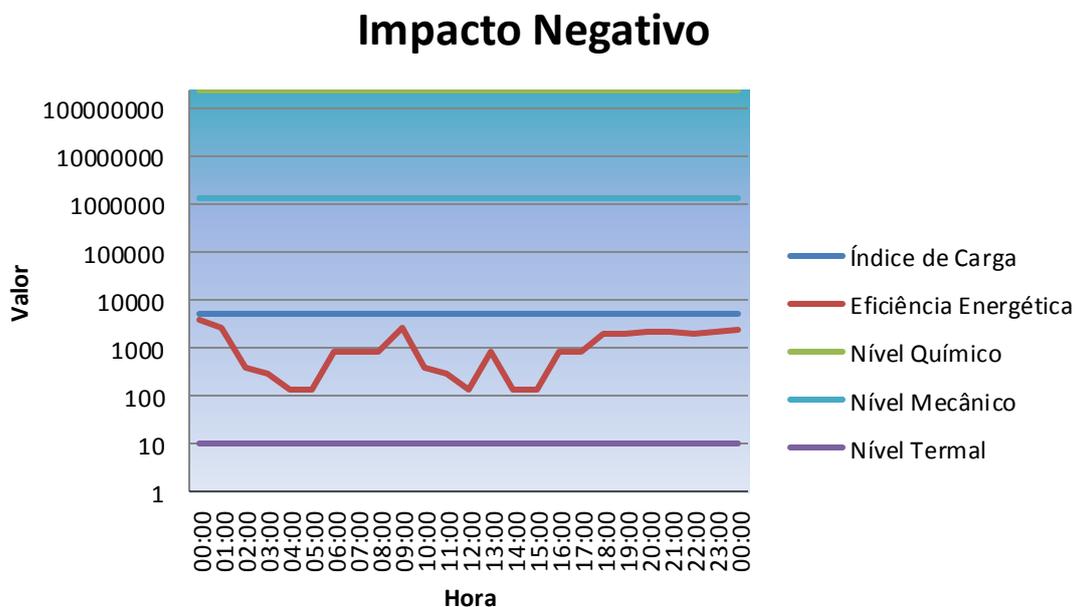
Como se pode verificar nota-se algumas diferenças entre os três gráficos. Como era previsível, as temperaturas externas máximas e mínimas ao longo do dia diferem, o que leva a que os cálculos das fórmulas em estudo apresentem dados e valores finais diferentes. Convém salientar, e como muitos artigos defendem, a temperatura do ambiente envolvente (temperatura da sala) é diretamente influenciada por tais resultados externos. Assim podemos verificar, que o cenário “Tarde” tem a temperatura máxima e mínima mais alta do que em relação as outras categorias. Consequentemente, as temperaturas interiores sobem e os valores das fórmulas em estudo terão valores, consideravelmente, maiores.

A comparação das temperaturas máximas e mínimas são o ponto de partida para a comparação do índice de calor, stress térmico e calor térmico entre os três cenários. Segundo a Figura 37, o cenário “Manhã” apresenta-nos uma zona de conforto normal aonde derivado as temperaturas os utilizadores do espaço estão a realizar as suas atividades sem necessidade de, por exemplo, retirar o vestuário. No segundo gráfico, o cenário da “Tarde” apresenta valores mais altos devido a um crescente aumento da temperatura exterior. Porém, a razão de tal cenário não se deve exclusivamente a fatores externos do edifício, os próprios ocupantes emitem energia para o espaço envolvente na forma de calor seco (calor corporal) e humidade (respiração, transpiração). Esta liberação de energia pode ter um efeito positivo ou negativo sobre o consumo de energia, principalmente, durante períodos de aquecimento que vai reduzir a necessidade de aquecimento do espaço, mas, também, quando a refrigeração do espaço for necessária, pois requer energia para colocar o sistema de arrefecimento. Por último, no gráfico do terceiro cenário as temperaturas máximas e mínimas atingem valores mais baixos que em relação aos cenários anteriormente analisados, isto deve-se, também, a temperatura exterior e a luminosidade que diminuiu. Tal como no cenário número dois, o consumo de energia para colocar a funcionar o sistema de aquecimento em certos casos pode ser necessário, normalmente, em épocas de temperatura mais baixas.

Porém, o índice de calor, índice de Stress Térmico sofre a influência da massa corporal, e o nível de atividade dos utilizadores do espaço ou do vestuário usado. No que toca ao Calor Térmico este variou ao longo dos 3 cenários entre estados de calor que provocam sensação de conforto, em que este tipo de clima não necessita de qualquer mudança para se tornar agradável, e o sintoma térmico do tipo tolerável que apenas ocorre quando o tempo não é agradável, mas

fisiologicamente é tolerável para corpo humano. As recomendações nestes tipos de sensações térmicas recaíram, essencialmente algumas mudanças no microclima interior (ligar ou desligar o ar condicionado, desligar os equipamentos que dissipem muito calor, por exemplo portáteis) e/ou mudança das condições físicas do homem (como roupas, beber bebidas frias ou quentes, limitando a tempo de exposição à radiação).

Os valores das fórmulas têm influência no consumo energético, por sua vez, a necessidade energia para colocar a funcionar, por exemplo, o ar condicionado ou o sistema de aquecimento trará consequências negativas a qual o utilizador tem que ser consciente. Desta forma, os valores encontrados demonstram que existe uma influência bastante grande no que toca aos resultados do impacto negativo.



**Figura 38 - Apresentação do impacto negativo por cada cenário**

Nas três fases a diferença de impactos ao ambiente envolvente é notória e as consequências negativas diversificam durante os diferentes períodos do dia. Enquanto a “Manhã” mostra um consumo energético ligeiro, essencialmente, devido aos portáteis dos utilizadores que se encontram dentro do recinto analisado. No entanto, o aumento no consumo de energia para o arrefecimento do espaço foi alterada na parte de tarde o que por consequência provocou um impacto negativo mais nitido nos níveis químico, termal e mecânico. No período da “Noite” os gráficos apresentam valores mais baixos que em relação aos valores da “Tarde”. Uma das

principais causas está na temperatura atinge valores mais baixos no intervalo do pôr de sol até ao nascer e aonde os valores da luminosidade, por sua vez, são uma nulidade.

Combinando a energia diária dos consumos de ambos os cenários, verifica-se que o consumo diário de energia em comparação com outros dias diminui na totalidade.

# Capítulo 6

## Conclusão

Esta parte apresenta o conjunto das conclusões mais importantes, obrigatoriamente discutidas no texto respondendo aos objetivos propostos. É uma síntese do que é efetuado ao longo do desenvolvimento da tese.

### 6.1 Síntese do Trabalho

O comprimento dos objetivos delineados, e que orientam este relatório, esteve sempre presente, porém, houve diversos momentos que obrigaram uma investigação mais profunda sobre um determinado assunto, a necessidade de reformular conceitos, e reorganizar o documento, ou em situações mais práticas, reformular as ferramentas inteligentes construídas. Por consequência, as fases idealizadas com intuito de contribuir para a organização e temporização do trabalho a desenvolver, sofram alterações devido aos obstáculos encontrados ao longo da investigação. Apesar da derrapagem temporal em determinadas secções, outras até foram consideravelmente rápidas, contribuindo assim para um equilíbrio temporal das fases, bem como, no comprimento dos objetivos que essas fases continham. Nesta subsecção estaremos mais focalizados, em termos gerais, aos problemas que foram surgindo.

No que toca no desenvolvimento da parte teórica a fase mais complicada foi a do estado de arte, apesar da existir grande disponibilidade bibliográfica na internet, alguns conceitos eram incompletos, ou por vezes, ambíguos havendo a necessidade de pesquisar vários artigos com diferentes experiências para chegar a fórmulas ou definições concretas. De uma forma mais específica, as definições fusão de dados e informação, as estratégias e métodos de análise a eles subjacentes foram complicados de entender e de os distinguir apesar, de um nível geral, serem muito semelhantes há particularidades que os diferencia. Contudo, o tempo necessário para estas pesquisas vieram a ser bastante positivas porque o conhecimento destes conceitos permitiu enriquecer as ferramentas tecnológicas e o alcance do comprimento de outros objetivos.

Na construção de ferramentas e sistemas multiagente que apoiem na análise do ambiente a ideia passou pela construção da plataforma PHESS que tem como missão buscar todos os valores dos sensores em simultâneo. Esta plataforma tem a capacidade de criar e gerir todos os dados que serão inseridos na base dados. A maior dificuldade nesta fase foi realizar a sincronização entre Agentes e Sensores. Inicialmente, era recolhido apenas uma vez os valores, mais tarde, implementou-se um sistema que permite recolher em intervalos de tempo desejados pelo utilizador. Porém, o PHESS é limitado aos sensores que lhe é fornecido, não estando devidamente preparado para receber espontaneamente novos sensores, contudo, esta limitação não prejudica a análise do ambiente, nem interferem com os outros objetivos propostos.

Os atrasos ao nível de desenvolvimento de ferramentas digitais verificaram-se apenas na aplicação em JAVA. Tal como se pretendia, a aplicação realiza um conjunto de estatísticas e análises com os valores dos sensores, contudo, a necessidade de implementar as fórmulas em estudo para uma plataforma tecnológica tornou-se demorada. Tornar autónomo o cálculo das fórmulas necessitou um estudo especial à veracidade dos resultados, o passo mais burocrático foram as conversões entre as unidades de medida.

Ainda nesta fase, o processo que suscitou mais dúvidas foi a escolha de do método ou da estratégia que melhor se adequa-se ao contexto em que foi elaborado a monitorização dos sensores em estudo. Apesar de já haver um intrusamento positivo entre os sensores e as aplicações desenvolvidas, foi necessário escolher uma estrutura que permitisse realizar a separação dos dados, e posteriormente, a sua agrupação adequada. A dificuldade de decidir qual a utilizar levou a um ligeiro atraso no final da conceção deste relatório.

No fim da realização de testes, chegamos a última fase da dissertação. Como já foi indicado no capítulo anterior, os resultados alcançados foram muito positivos, porém, não fica de parte uma possível melhoria funcional.

## **6.2 Trabalho Relevante**

Durante este ano o trabalho desenvolvido não se limitou ao tema em investigação. Como tinha sido, previamente, definido no plano de trabalhos, foram realizadas contribuições científicas, logicamente, pegando nos conceitos abordados. Isto permitiu, não só, aprofundar conceitos e abordagens científicas do tema a desenvolver, como divulgar o projeto de doutoramento à

comunidade científica. Desta forma, é importante sublinhar os colegas que apoiaram e os artigos desenvolvidos:

- Silva, F., Analide, C., Rosa, L., Felgueiras, G., Pimenta, C. "Ambient Sensorization for the Furtherance of Sustainability", em ISAmI'13
- Silva, F., Analide, C., Rosa, L., Felgueiras, G., Pimenta, C. "Social Networks Gamification for Sustainability Recommendation Systems", em DCAI'13

De salientar que ambos os artigos foram aprovados por toda a comunidade científica.

### **6.3 Trabalho Futuro**

Como em qualquer projeto, existe sempre pormenores que podem ser melhorados e outros que podem surgir, a partir deste, portanto, ainda há trabalho a ser feito. Tornar as aplicações mais autónomas, e talvez, sem a necessidade da presença do utilizador ou sem que este interfira, também, é um dos objetivos a desenvolver.

Ao iniciar a construção dos protótipos, verificou-se que existia um certo limite de análise ao ambiente envolvente. Talvez o simples facto de necessitar de intervenção humana, a análise a cenários em que o utilizador poderia não estar presente, tornou-se impossível. Não menos importante é realçar que existem limitações nas tecnologias móveis. De acordo com Weatherapp, apenas o Samsung Galaxy S4 oferece "o telefone mais completo" em termos de sensores, pois é o único capaz de monitorizar as leituras da temperatura, pressão, humidade, intensidade de luz e fluxo magnético, e comparar suas leituras ao longo do tempo. Outros smartphones também podem recolher alguns destes dados, dependendo da versão da tecnologia e do tipo de sensores incorporados.

Ao longo do estado de arte podemos verificar que diversos artigos analisados não se preocupam se os dispositivos estão ou não a funcionar autonomamente, mas sim se são bons conselheiros ou sugerem prevenções adequadas aos contextos em que estão inseridos. Os resultados formados pelos dados neste caso, são totalmente influenciados, mas focou-se nos cenários que nos era permitido, mas fica desde já a intenção de evoluir para outros.

Não menos importante, o intervalo de tempo de análise é escasso. Não existindo propriamente um artigo, que defenda e prove tal ideia, mas quantos mais dias de análise fizermos maior era a

quantidade de informação e o desvio padrão dos resultados poderia ser menor. O objetivo não é fazer uma análise ambiental, mas sim como o utilizador se comporta nesse mesmo ambiente, pois isto iria permitir reconhecer os hábitos do utilizador. Este patamar temporal no futuro poderia ser alargado e até talvez contribuir para ideias a desenvolver.

Falta aprofundar a conexão e o inter-relacionamento com os outros temas do projeto PHESS. Não é demais, lembrar que este tema está englobado num projeto académico de Doutoramento e representa uma parte desse projeto. Assim, apesar de ter pequenas partes que conectam aos outros subtemas, o patamar de desenvolvimento de todos os subprojetos, não estava em estado para que tal interligação ocorresse. Porém, o objetivo não está distante, faltando apenas mais tempo e um pouco mais de pesquisa.

Todavia, todo o desenvolvimento exceto o objetivo do parágrafo anterior, foi cumprido. De salientar que o que foi feito até este ponto pode ser explorado mais ao pormenor e evoluir para níveis de desenvolvimento superiores. Em primeiro lugar, a partir dos diferentes conceitos e fórmulas, tentar encontrar pontos que possam ser coincidentes e que permitam desenvolver aplicações mais abrangentes e com melhores resultados. A ideia neste ponto também passa por evoluir as aplicações consoante o nível da pesquisa.

Em relação às opções disponíveis nas aplicações, não há trabalho a realizar. Do mesmo podemos falar dos conceitos e fórmulas utilizadas que, a partir dos resultados obtidos, demonstram que foram cumpridos os objetivos inicialmente propostos. Mas fica a porta aberta, para no futuro, o nível em que se encontra este projeto pode evoluir para um patamar superior.

# Referências

- Ahuja, D., & Tatsutani, M. (2009). Sustainable energy for developing countries. *SAPI EN. S. Surveys and Perspectives ....* Retrieved from <http://sapiens.revues.org/823>
- Amador, J. (2010). Produção e Consumo de Energia em Portugal: Factos Estilizados. *Boletim Económico*, 71–86. Retrieved from [http://www.bportugal.pt/pt-PT/BdP Publicaes de Investigao/AB201007\\_p.pdf](http://www.bportugal.pt/pt-PT/BdP_Publicacoes_de_Investigao/AB201007_p.pdf)
- Augello, A., Ortolani, M., Re, G. Lo, & Gaglio, S. (2011). Sensor mining for user behavior profiling in intelligent environments.
- Augusto, J., Nakashima, H., & Aghajan, H. (2010). Ambient intelligence and smart environments: A state of the art. ... *of Ambient Intelligence and Smart ...*, 1–29. Retrieved from <http://www.springerlink.com/index/w470817r3u3qllt6.pdf>
- Aztiria, A., Izaguirre, A., & Augusto, J. C. (2010). Learning patterns in ambient intelligence environments: a survey. *Artificial Intelligence Review*, 34(1), 35–51. doi:10.1007/s10462-010-9160-3
- Blasch, E. P., & Plano, S. (2002). JDL Level 5 Fusion Model “ User Refinement ” Issues and Applications in Group Tracking, 4729, 270–279.
- Brake, D. (2001). natural (unventilated) wet bulb temperature, psychrometric dry bulb temperature and wet bulb globe temperature from standard psychrometric measurements. *J Mine Vent Soc S Afr.* Retrieved from [http://www.mvaust.com.au/pages/documents/Papers/V02 Calculation of the natural unventilated wet bulb temperature.pdf](http://www.mvaust.com.au/pages/documents/Papers/V02_Calculation_of_the_natural_unventilated_wet_bulb_temperature.pdf)
- Brydon-Miller, M., Greenwood, D., & Maguire, P. (2003). Why action research? *Action research*, 1(1), 9–28. Retrieved from <http://arj.sagepub.com/content/1/1/9.short>
- Carlos, M. (2007). SPREADSHEETS FOR THE CALCULATION OF THERMAL COMFORT INDICES.

Coimbra, U. De. (2010). Alterações climáticas , riscos ambientais e problemas de saúde : breves Considerações, 1–11.

Comfort, T., Equation, T. C., Temperatures, E., Discomfort, L. T., Air, V., Difference, T., ... Reading, F. (2002). Thermal Comfort, 1–25.

Commission, E. (2010). Energy 2020: A strategy for competitive, sustainable and secure energy. *COM (2010)*. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:ENERGY+2020+:+A+strategy+for+competitive+,+sustainable+and+secure+energy#0>

Consultation, W. S. (2005). Heat stress, (June).

Coral, G., Coltri, P. P., Pinto, H. S., Junior, J. Z., Ramirez, M., Marin, F. R., & Lazarim, C. G. (2009). Relações entre a temperatura do Ar, a radiação solar ea temperatura das folhas de cafeiros, em dia com alta nebulosidade.

Corporation, I. (2012). IBM TRIRIGA Energy Optimization. *Integrated software solution for improving buildings management and facilities operations.*

Costa, E. (2011). BEIRA INTERIOR PUBLIC SPHERE RECONSIDERED INTERNATIONAL CONFERENCE.

De Paola, A., Gaglio, S., Lo Re, G., & Ortolani, M. (2012). Sensor9k : A testbed for designing and experimenting with WSN-based ambient intelligence applications. *Pervasive and Mobile Computing, 8*(3), 448–466. doi:10.1016/j.pmcj.2011.02.006

Economia, M. da. (2001). EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E ENERGIAS ENDÓGENAS.

Galushka, M., Patterson, D., & Rooney, N. (2006). Temporal Data Mining for Smart Homes. In JuanCarlos Augusto & C. Nugent (Eds.), *Designing Smart Homes* (Vol. 4008, pp. 85–108). Springer Berlin Heidelberg. doi:10.1007/11788485\_6

Guide, T., & Book, W. (2010). Heat Stress, (202).

- Heeger, D. J., & Hager, G. (1988). Egomotion And The Stabilized World. In *ICCV* (pp. 435–440). IEEE. Retrieved from <http://dblp.uni-trier.de/db/conf/iccv/iccv1988.html#HeegerH88>
- Henderson, TC, & Hansen, C. (1986). *Multisensor knowledge systems*. Retrieved from <http://www.cs.utah.edu/~tch/publications/pub110.pdf>
- Henderson, ThomasC., Dekhil, M., Kessler, R., & Griss, M. (1998). Sensor fusion. In B. Siciliano & K. Valavanis (Eds.), *Control Problems in Robotics and Automation* (Vol. 230, pp. 193–207). Springer Berlin Heidelberg. doi:10.1007/BFb0015084
- Jungert, E., Silvervarg, K., & Horney, T. (2002). Ontology Driven Sensor Independence in a Query Supported C 2 -System, (September), 10–13.
- Junior, B., & Rodrigues, B. (2008). Fusão de dados paralela em redes de sensores sem fio densas utilizando algoritmo genético. Retrieved from <http://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/11694>
- Khaleghi, B., Khamis, A., Karray, F. O., & Razavi, S. N. (2013). Multisensor data fusion: A review of the state-of-the-art. *Information Fusion*, *14*(1), 28–44. doi:10.1016/j.inffus.2011.08.001
- Kleinberger, T., Becker, M., Ras, E., & Holzinger, A. (2007). Ambient Intelligence in Assisted Living : Enable Elderly People to Handle Future Interfaces, 103–112.
- Kludas, J., Bruno, E., & Marchand-Maillet, S. (2008). Information fusion in multimedia information retrieval. ... *Multimedial Retrieval: Retrieval*, .... Retrieved from <http://www.springerlink.com/index/4k2t3520267k2h31.pdf>
- Lawrence, M. G. (2005). The Relationship between Relative Humidity and the Dewpoint Temperature in Moist Air: A Simple Conversion and Applications. *Bulletin of the American Meteorological Society*, *86*(2), 225–233. doi:10.1175/BAMS-86-2-225
- Leake, D., Maguitman, A., & Reichherzer, T. (2006). Cases, context, and comfort: opportunities for case-based reasoning in smart homes. *Designing Smart Homes*, 109–131. Retrieved from <http://versita.metapress.com/index/M7678654802K47U7.pdf>

- Li, Jiaming, Luo, S., & Jin, J. S. (2010). Sensor data fusion for accurate cloud presence prediction using Dempster-Shafer evidence theory. *Sensors (Basel, Switzerland)*, *10*(10), 9384–96. doi:10.3390/s101009384
- Li, Jingyuan, Wu, Y., Stankovic, J. a., Son, S. H., Zhong, Z., He, T., ... Joo, S.-S. (2010). Predictive dependency constraint directed self-healing for wireless sensor networks. *2010 Seventh International Conference on Networked Sensing Systems (INSS)*, 22–29. doi:10.1109/INSS.2010.5573547
- Macedo, D. (2006). Um protocolo de roteamento para redes de sensores sem fio adaptável por regras de aplicação. Retrieved from [http://opus.grude.ufmg.br/opus/opusanexos.nsf/4d078acf4b397b3f83256e86004d9d55/4a77d7de0a371ee60325724100680e54/\\$FILE/DanielFernandesMacedo.pdf](http://opus.grude.ufmg.br/opus/opusanexos.nsf/4d078acf4b397b3f83256e86004d9d55/4a77d7de0a371ee60325724100680e54/$FILE/DanielFernandesMacedo.pdf)
- Observatory, M. (2011). Key figures, (June).
- Oliveira, G., Silva, R., Lira, T., & Reis, L. (2009). Environment mapping using the lego mindstorms nxt and lejos nxj. *EPIA'2009*. Retrieved from <http://paginas.fe.up.pt/~ei04085/psite/LejosPaper.pdf>
- OSHA. (2008). Using the Heat Index : A Guide for Employers Introduction.
- Pereira, M. (2003). Tutorial sobre redes de sensores. ... *do IME. Série ...*, 2015–2022. Retrieved from <http://tcc-gerenciador-contextos.googlecode.com/svn/trunk/RedesDeSensores.pdf>
- Schreurs, W., & Gasson, M. (2005). Future of Identity in the Information Society, (507512).
- Shi-Kuo, C., Costagliola, G., & Jungert, E. (2002). Multi-sensor information fusion by query refinement. ... *Advances in Visual Information ...*, 1–16. Retrieved from <http://www.springerlink.com/index/bqr28053wve2vn96.pdf>
- Silva, F, Cuevas, D., & Analide, C. (2013). Sensorization and Intelligent Systems in Energetic Sustainable Environments. *Intelligent Distributed ...*, 1–6. Retrieved from <http://www.springerlink.com/index/880V6313020W1166.pdf>

Silva, Fábio, Analide, C., Rosa, L., Felgueiras, G., & Pimenta, C. (2012). Social Networks Gamification for Sustainability Recommendation Systems.

Snyder, B. R. L. (2005). Humidity Conversion, (1930).

Steadman, R. G. (1979). Heat index.

Steinberg, A. N., Bowman, C. L., & White, F. E. (1998). Revisions to the JDL Data Fusion Model.

Sundresh, S., Kim, W., Agha, G., & Goodwin, N. (2008). SENS : A Sensor , Environment and Network Simulator, (Figure 1).

Szewczyk, S., Dwan, K., Minor, B., Swedlove, B., & Cook, D. (2009). Annotating smart environment sensor data for activity learning. *Technology and health care : official journal of the European Society for Engineering and Medicine*, 17(3), 161–9. doi:10.3233/THC-2009-0546

Térmica, C. (2005). Higiene Laboral.

Votano, J., Parham, M., & Hall, L. (2004). Cadeias Produtivas. *Chemistry & ....* Retrieved from <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cbdv.200490137/abstract>

Weiser, M. (1991). The computer for the 21st century. *Scientific American*, 1(1), 19–25. doi:10.1109/MPRV.2002.993141

White, F. (1991). Data fusion lexicon, 15(0704). Retrieved from <http://oai.dtic.mil/oai/oai?verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=ADA529661>

Xiong, N., & Svensson, P. (2002). Multi-sensor management for information fusion: issues and approaches. *Information Fusion*, 3(2), 163–186. doi:10.1016/S1566-2535(02)00055-6

Young, M., Rapp, E., & Murphy, J. (2010). Action research: enhancing classroom practice and fulfilling educational responsibilities. *Journal of Instructional Pedagogies*. Retrieved from <http://www.aabri.com/manuscripts/09377.pdf>

# Anexos A

## Anexo 1 – Output de Dados do OpenWeatherMap

```
{
  "coord":
    {
      "lon":0.12574,
      "lat":51.5085
    }
  , "sys":{
      "country":"GB",
      "sunrise":1374639224,
      "sunset":1374696019
    },
  "weather":[
    {
      "id":801,
      "main":"Clouds",
      "description":"few clouds",
      "icon":"02d"
    }
  ],
  "base":"gdps stations",
  "main":{
      "temp":299.58,
      "humidity":48,
      "pressure":1012,
      "temp_min":299.15,
```

```
        "temp_max":300.37
    },
    "wind":{
        "speed":1.03,
        "gust":3.08,"deg":273}
    ,"clouds":{"all":20},
    "dt":1374682998,
    "id":2643743,
    "name":"London",
    "cod":200
}
```