



**Rui Miguel de  
Bernardes Rebelo**

**GESTÃO DE PARQUES DE ESTACIONAMENTO  
COM BASE EM TECNOLOGIAS SEM FIOS**



**Rui Miguel de  
Bernardes Rebelo**

**GESTÃO DE PARQUES DE ESTACIONAMENTO  
COM BASE EM TECNOLOGIAS SEM FIOS**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Electrónica e Telecomunicações (Mestrado Integrado), realizada sob a orientação científica do Dr. José Alberto Gouveia Fonseca, Professor Associado do Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro.

## O júri

Presidente

**Doutor António Ferreira Pereira de Melo**  
Professor Catedrático da Universidade de Aveiro

Vogais

**Doutor Mário Jorge de Andrade Ferreira Alves**  
Professor Coordenador do Departamento de Engenharia  
Electrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto

**Doutor José Alberto Gouveia Fonseca**  
Professor Associado da Universidade de Aveiro - Orientador

**Doutor Alexandre Manuel Moutela Nunes da Mota**  
Professor Associado da Universidade de Aveiro - Co-Orientador

## **Agradecimentos**

Aproveito esta oportunidade para agradecer a todos os Professores que, ao longo dos últimos anos, compartilharam comigo os seus conhecimentos e, dessa forma, permitiram que atingisse esta fase da minha formação acadêmica.

Aos Professores José Alberto Fonseca, Pedro Fonseca e Alexandre Mota um agradecimento especial pela sua orientação durante a elaboração deste trabalho.

À *Micro I/O* e a todos os seus colaboradores pelos meios disponibilizados, sem os quais não teria sido possível realizar este trabalho.

Agradeço também a todos os meus colegas, amigos e familiares todo o apoio e compreensão com que pautaram as suas atitudes para comigo durante a realização deste trabalho.

À Dra. Laurinda Rebelo pela revisão atenta que fez a estas páginas.

## Palavras-Chave

Parques de estacionamento, gestão de acessos, detecção de ocupação, comunicações sem fios, comunicações de proximidade sem contacto, *WPANs*, *ZigBee*, *RFID*, ultra-sons, painéis solares.

## Resumo

Actualmente, existem inúmeros parques de estacionamento pagos espalhados pelas nossas cidades, parques esses concessionados ou explorados por Empresas ou Câmaras Municipais. A sua utilização nem sempre é pacífica e exige, quase sempre, que o Utilizador possua trocos para poder adquirir tempo de estacionamento. A crescente necessidade de modernizar e simplificar o processo de exploração e de utilização dos parques de estacionamento conduz a este projecto. Este projecto, realizado em parceria com a *Micro I/O*, pretende desenvolver um sistema de pagamentos de Parques de Estacionamento inovador, com base em pré-pagamento, que seja robusto, simples e de fácil utilização. Pretendem-se criar vantagens para o Utilizador e para a Empresa exploradora e Fiscalizadora. Este projecto compreende a utilização de várias tecnologias, desde sensores de ultra-sons, até comunicações *ZigBee*, passando por comunicações de proximidade sem contacto *RFID*. Adicionalmente, o sistema deve ter autonomia energética, por exemplo com base em painéis solares.

Tendo em conta o grau de complexidade, o projecto passou por um levantamento de todas as tecnologias e pela especificação e definição da arquitectura do sistema a desenvolver. Tendo em conta que se pretende realizar um produto comercial, as decisões tomadas na sua especificação tiveram em conta também factores comerciais.

## **Abstract**

Currently there are numerous car parks which are paid, all over the central areas of large or medium sized cities. These parks are operated by companies or local councils. Their use is not always trivial and most of the times requires that the user has some coins with her/him to purchase parking time. The growing need to modernize and simplify the process of deployment and use of car parks leads us to this project. This project has been developed in partnership with *Micro I/O* to create an innovative payment system of car parks, based on pre-payment, which should be robust, simple and easy to use. The aim is to create benefits for the user and for the enterprise operator and also for the surveillance team. This project includes the use of various technologies, from ultrasonic sensors to *ZigBee* communications and *RFID*. Power is also a concern, being solar panels a solution to analyse.

Taking into account the degree of complexity, the project went through a survey of all technologies and the specification and definition of an architecture to develop the product. During this project, some decisions where taken, ruled by commercial requirements.

# Índice de conteúdos

<b>1 Introdução.....</b>	<b>1</b>
1.1 .Descrição geral.....	1
1.2 .Estrutura da dissertação.....	2
<b>2 Gestão de Parques de Estacionamento.....</b>	<b>1</b>
2.1 .Introdução.....	1
2.2 .State of the art - indoor.....	1
2.3 .State of the art - outdoor.....	6
2.4 .Levantamento de dados.....	9
<b>3 Determinação de distâncias com ultra-sons.....</b>	<b>1</b>
3.1 .Introdução.....	1
3.2 .Aplicações dos ultra-sons.....	1
3.3 .Como medir distâncias usando ultra-sons.....	4
3.3.1 <i>Emissor de ultra-sons</i> .....	4
3.3.2 <i>Receptor de ultra-sons</i> .....	5
3.3.3 <i>Configuração transdutor</i> .....	5
3.4 .Tipos de sensores de ultra-sons.....	6
3.4.1 <i>Sensor electrostático</i> .....	6
3.4.2 <i>Sensor piezoeléctrico</i> .....	6
3.5 .Factores que podem afectar a performance dos sensores.....	7
3.5.1 <i>Padrão da radiação</i> .....	7
3.5.2 <i>Frequência, comprimento de onda e atenuação</i> .....	8
3.5.3 <i>Factores ambientais</i> .....	8
3.5.4 <i>Características do alvo</i> .....	9
3.6 .Problemas Comuns em ultra-sons.....	10
3.6.1 <i>Ponto cego e múltiplas reflexões</i> .....	10
3.6.2 <i>Obstruções e reflexões indesejáveis</i> .....	11
3.6.3 <i>Ruído externo</i> .....	11
3.7 .Caracterização dos sensores SRF05 da Deviantech.....	12
3.8 .Testes com os sensores.....	13
3.8.1 <i>Alcance de detecção</i> .....	13
3.8.2 <i>Ângulo de detecção</i> .....	13
3.8.3 <i>Frequência de Funcionamento</i> .....	14
3.9 .Design dos sensores de ultra-sons para detecção de veículos.....	14
<b>4 Soluções de alimentação com base em painéis solares.....</b>	<b>1</b>
4.1 .Introdução.....	1
4.2 .Células fotoeléctricas.....	1
4.3 .Painéis Solares.....	3
4.3.1 <i>State of the art</i> .....	4
<b>5 Tecnologias de comunicação sem fios para redes pessoais.....</b>	<b>1</b>
5.1 .Introdução.....	1
5.2 .Bluetooth.....	2
5.2.1 <i>Topologia de rede</i> .....	2
5.2.2 <i>Arquitectura</i> .....	2
5.2.3 <i>Pilha Protocolar</i> .....	2
5.3 .Wifi.....	4
5.3.1 <i>Arquitectura</i> .....	4
5.3.2 <i>Topologias de rede</i> .....	5
5.4 .UWB - Ultra Wide Band.....	6
5.5 .ZigBee.....	7
5.5.1 <i>Pilha Protocolar</i> .....	8
5.5.2 <i>Camada física</i> .....	9
5.5.3 <i>Controlo de Acesso ao Meio (MAC)</i> .....	10
5.5.4 <i>Camada de rede</i> .....	11
5.6 .Camada de Aplicação.....	14
5.6.1 <i>Perfis</i> .....	15
5.6.2 <i>Serviços de Segurança</i> .....	15

<b>6</b>	<b>Tecnologias de comunicação de proximidade sem contacto - RFID.....</b>	<b>1</b>
6.1	Introdução.....	1
6.2	Near field communication - NFC.....	2
6.2.1	Comparação NFC vs Bluetooth.....	2
6.3	RFID.....	3
6.3.1	tags RFID.....	4
6.3.2	Aplicações RFID.....	8
6.4	Cartões RFID Mifare.....	11
6.4.1	Características.....	11
6.4.2	Descrição geral.....	11
6.4.3	Descrição funcional.....	12
<b>7</b>	<b>Sistema de Pagamento de Parques de Estacionamento.....</b>	<b>1</b>
7.1	Introdução.....	1
7.1.1	Actores do sistema.....	1
7.2	Descrição Genérica.....	2
7.2.1	Modo de funcionamento.....	2
7.2.2	Principais vantagens do sistema.....	3
7.2.3	Antevisão de problemas.....	4
7.3	Especificação técnica e arquitectura.....	4
7.3.1	Requisitos técnicos dos elementos do sistema.....	4
7.3.2	Arquitectura do sistema.....	6
7.3.3	Interacção entre os elementos do sistema.....	9
7.4	Use-cases.....	10
7.4.1	Características dos dispositivos.....	11
7.4.2	Use-case – Estacionamento simples.....	13
7.4.3	Use-case – Compra do Cartão de Utilizador.....	15
7.4.4	Use-case – Associação de Matrículas.....	16
7.4.5	Use-case – Carregamento do Cartão de Utilizador.....	16
7.4.6	Use-case – Compra do Cartão - POS.....	17
7.4.7	Use-case – Associação de Matrículas - POS.....	18
7.4.8	Use-case – Carregamento do Cartão de Utilizador - POS.....	19
7.4.9	Use-case – Comunicação do Fiscal com o Poste de Pagamentos.....	20
7.4.10	Use-case – Estacionamento sem fim.....	22
7.4.11	Use-case – Estacionamento terminado num Poste diferente do inicial.....	23
7.4.12	Use-case – Comunicação do Fiscal com a Máquina de Carregamentos ou POS.....	23
7.5	Plano de negócio.....	24
7.5.1	O Mercado subjacente ao produto.....	25
7.5.2	O posicionamento do produto no mercado.....	25
7.5.3	Historial da Empresa.....	25
7.5.4	Análise SWOT.....	25
7.5.5	Roll-out.....	27
7.6	Demonstrador.....	28
7.7	Arquitectura implementada.....	31
7.7.1	Hardware.....	31
7.7.2	Software.....	31
7.8	Avaliação de desempenho - Demonstrador.....	32
<b>8</b>	<b>Conclusões e Trabalho futuro.....</b>	<b>1</b>

## Índice de figuras

Figura 2.1: Sistema SIPARK [1].....	2
Figura 2.2: Exemplo sensor do sistema SIPARK[1].....	2
Figura 2.3: Painel informativo do sistema Parking Guidance System.....	3
Figura 2.4: Arquitectura do sistema Parquing Guidance System [3].....	3
Figura 2.5: Sistema produzido pela Photo Violation Meter [6].....	4
Figura 2.6: Arquitectura do sistema Parking Garage Management and Parking Assistance Device [7].....	5
Figura 2.7: Detector de ocupação por ultra-sons.....	5
Figura 2.8: Indicador de lugar livre.....	5
Figura 2.9: Indicador de lugar ocupado.....	5
Figura 2.10: Arquitectura do sistema SPIN.....	6
Figura 2.11: Sistema SPIN.....	7
Figura 2.12: Características dos elementos do sistema Streetline.....	7
Figura 2.13: Sistema Streeline.....	8
Figura 2.14: Protótipo sensor CarPark.....	8
Figura 2.15: Arquitectura do sistema CarPark.....	8
Figura 3.1: Sensor de enrolamento.....	2
Figura 3.2: Sensor de dobra.....	2
Figura 3.3: Sensor de altura.....	2
Figura 3.4: Sensor de posição.....	3
Figura 3.5: Sensor de colisão.....	3
Figura 3.6: Sensor de nível.....	3
Figura 3.7: Sensor de enchimento.....	4
Figura 3.8: Emissor de ultra-sons.....	4
Figura 3.9: Receptor de ultra-sons.....	5
Figura 3.10: Transdutor de ultra-sons.....	5
Figura 3.11: Transceívor de ultra-sons.....	6
Figura 3.12: Padrão de radiação de um emissor de ultra-sons.....	7
Figura 3.13: Cálculo velocidade do som.....	8
Figura 3.14: Exemplo reflexões múltiplas.....	10
Figura 3.15: Exemplo reflexão indesejada.....	11
Figura 3.16: Medição sem ruído.....	11
Figura 3.17: Medição com ruído.....	12
Figura 3.18: Diagrama de radiação do SRF05.....	13
Figura 3.19: Esquema de teste.....	13
Figura 3.20: Realização dos testes.....	14
Figura 3.21: Dimensões de um veículo actual (mm) [16].....	14
Figura 3.22: Dimensões dos diferentes lugares de estacionamento.....	15
Figura 3.23: Lugar de estacionamento e veículo.....	16
Figura 3.24: Pormenor da colocação do sensor.....	16
Figura 4.1: Painel solar.....	2
Figura 4.2: Célula foto voltáica.....	2
Figura 4.3: Corte de um painel solar [21].....	4
Figura 4.4: Esquema de uma célula [21].....	4
Figura 4.5: Painel flexível.....	5
Figura 4.6: Características de um painel actual [25].....	5
Figura 5.1: Pilha protocolar Bluetooth [30].....	3
Figura 5.2: Perfis Bluetooth [29].....	4
Figura 5.3: Arquitectura da pilha protocolar da tecnologia IEEE 802.11.....	4
Figura 5.4: Topologias de rede suportadas pelo protocolo IEEE 802.11 [29].....	6
Figura 5.5: Largura de banda e potência de transmissão autorizadas pela FCC para a tecnologia UWB.....	7
Figura 5.6: Pilha protocolar ZigBee [38].....	8
Figura 5.7: Estrutura da trama PPDU.....	10
Figura 5.8: Estrutura da superframe [39].....	10
Figura 5.9: Comunicação para o coordenador em modo beacon.....	11

Figura 5.10: Comunicação do coordinator para outro dispositivo.....	11
Figura 5.11: Formato da trama da camada MAC.....	11
Figura 5.12: Parâmetros máximos do número de nós numa rede ZigBee.....	13
Figura 5.13: Protocolo de endereçamento baseado no algoritmo de cluster tree.....	13
Figura 5.14: Exemplo de encaminhamento por vizinho.....	14
Figura 5.15: Exemplo de encaminhamento mesh.....	14
Figura 6.1: Exemplo tag RFID.....	3
Figura 6.2: RFID backscatter.....	4
Figura 6.3: Exemplo aplicação tag passiva.....	5
Figura 6.4: Funcionamento de uma tag passiva.....	6
Figura 6.5: Exemplo tag RFID activa.....	6
Figura 6.6: Exemplo tag semi-passiva.....	7
Figura 6.7: Funcionamento leitura de um cartão Mifare [46].....	12
Figura 6.8: Blocos funcionais [45].....	12
Figura 6.9: Organização da memória em sectores e blocos [45].....	13
Figura 7.1: Layout do Poste de Pagamentos.....	5
Figura 7.2: Layout da Máquina de Carregamentos.....	6
Figura 7.3: Cartão de Utilizador.....	6
Figura 7.4: Arquitectura do Poste de Pagamentos.....	7
Figura 7.5: Arquitectura do Dispositivo de Fiscalização.....	8
Figura 7.6: Arquitectura da Máquina de Carregamentos.....	8
Figura 7.7: Arquitectura da Máquina de Carregamentos – POS.....	9
Figura 7.8: Interação entre os diferentes elementos do sistema.....	9
Figura 7.9: Sistema Conceptual.....	10
Figura 7.10: Fluxo de informação – início de estacionamento.....	15
Figura 7.11: Fluxo de informação - fim de estacionamento.....	15
Figura 7.12: Funcionamento dos menus da Máquina de Carregamentos.....	28
Figura 7.13: Associação de Matrículas.....	29
Figura 7.14: Carregamento de Cartão.....	30
Figura 7.15: Início de Estacionamento.....	30
Figura 7.16: Fim de Estacionamento.....	30
Figura 7.17: Arquitectura Poste de Pagamentos.....	31
Figura 7.18: Arquitectura Máquina de Carregamentos.....	31
Figura 7.19: Diagrama das operações do Poste de Pagamentos.....	32

## Índice de tabelas

<i>Tabela 2.1: Questionário aos associados ANEPE.....</i>	<i>10</i>
<i>Tabela 3.1: Impacto da Temperatura na velocidade do som[9].....</i>	<i>8</i>
<i>Tabela 3.2: Variação da velocidade do som em função do meio onde se propaga[9].....</i>	<i>9</i>
<i>Tabela 5.1: Descrição das especificações técnicas da camada PHY do standard IEEE 802.15.4 [40].....</i>	<i>9</i>
<i>Tabela 5.2: Funcionalidades da camada NWK para diferentes dispositivos ZigBee [42].....</i>	<i>12</i>
<i>Tabela 5.3: Lista de Perfis em desenvolvimento [44].....</i>	<i>15</i>
<i>Tabela 6.1 Codificação NFC para ambos os dispositivos.....</i>	<i>2</i>
<i>Tabela 6.2 Comparação entre as tecnologias NFC e Bluetooth.....</i>	<i>3</i>
<i>Tabela 7.1: Tabela de utilizações do Cartão de Utilizador.....</i>	<i>11</i>
<i>Tabela 7.2: Tabela de eventos do Poste de Pagamentos.....</i>	<i>12</i>
<i>Tabela 7.3: Tabela de Cartões da Máquina de Carregamentos.....</i>	<i>12</i>
<i>Tabela 7.4: Estacionamento simples – início.....</i>	<i>13</i>
<i>Tabela 7.5: Estacionamento simples – fim.....</i>	<i>14</i>
<i>Tabela 7.6: Compra do Cartão de Utilizador.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabela 7.7: Associação de Matrículas.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabela 7.8: Carregamento do Cartão de Utilizador.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabela 7.9: Compra do Cartão de Utilizador- POS.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabela 7.10: Associação de Matrículas – POS.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabela 7.11: Carregamento do Cartão de Utilizador – POS.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabela 7.12: Download de informação pelo Fiscal.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabela 7.13: Upload de parâmetros pelo Fiscal (configuração).....</i>	<i>22</i>
<i>Tabela 7.14: Estacionamento sem fim.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabela 7.15: Download de informação pelo Fiscal da Máquina de Carregamento /POS.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabela 7.16: Actualização de parâmetros da Máquina de Carregamentos/POS pelo Fiscal.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabela 7.17 Requisitos Poste de Pagamentos.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabela 7.18 Tempo médios de operação – Poste de Pagamentos.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabela 7.19 Tempos médios de operação – Máquina de Carregamentos.....</i>	<i>33</i>



# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 . Descrição geral

A presente dissertação aborda o estudo e o desenvolvimento de um sistema de pagamento para parques de estacionamento. Este trabalho é realizado com a colaboração da *Micro I/O*, através do seu Departamento de Inovação, com forte ligação à Universidade de Aveiro. Apesar de existir já um produto de gestão de parques de estacionamento no portfólio da *Micro I/O*, este sistema pretende ser autónomo e inovar relativamente ao anterior.

A utilização dos parques de estacionamento actuais, tem por base o vulgar parquímetro e claro, os trocos no bolso de cada um. E aqui reside o problema; se por um lado obriga quase sempre a que os Utilizadores possuam trocos consigo, para que possam comprar tempo de estacionamento, por outro lado, do lado dos concessionários, existe o grande problema dos roubos. É também necessário repetir este processo sempre que acaba o tempo que o Utilizador comprou, o que o obriga a voltar de novo ao parquímetro e ao seu veículo. O sistema desenvolvido no âmbito desta dissertação de mestrado integrado, vem de encontro ao problema referido, trazendo simplicidade e inovação ao pagamento de parques de estacionamento.

Numa fase inicial deste trabalho, focamos as atenções num sistema de gestão e pagamento de parques de estacionamento que permitisse uma detecção do estado de ocupação de cada lugar de estacionamento individualmente. Assim, foi feito um estudo sobre sensores de ultra-sons e painéis solares, que permitissem criar um sensor no estilo *stand alone* e que comunicasse por uma interface *wireless* com os restantes elementos do sistema.

É apresentado um estudo sobre *WPAN* – *wireless personal area networks*, com vista à

identificação da melhor escolha, para a conectividade entre todos os elementos do sistema. É dado especial destaque à tecnologia *ZigBee*, pois foi esta a tecnologia escolhida.

O sistema desenvolvido envolve 4 actores, sendo eles, o Utilizador, o Fiscal, o concessionário e o cobrador. Ao nível dos elementos do sistema, estes são também 4, o Cartão de Utilizador, o Poste de Pagamentos, a Máquina de Carregamentos e o Dispositivo de Fiscalização.

Cada Utilizador irá possuir um Cartão de Utilizador de estacionamento, cartão esse com uma interface sem fios *NFC (RFID)*. Esse cartão será previamente carregado numa máquina própria para o efeito. O Utilizador, ao chegar ao Parque de Estacionamento encosta o cartão ao Poste de Pagamentos e dá assim início à contagem do tempo de estacionamento, para posterior pagamento.

Quando o Utilizador pretende terminar o seu estacionamento, procede exactamente da mesma forma, interagindo com o seu Cartão de Utilizador de estacionamento, no Poste de Pagamentos, dando por terminado então o seu estacionamento. É-lhe debitado o custo correspondente ao tempo que o Utilizador deixou o seu veículo no Parque de Estacionamento.

Cada Cartão de Utilizador de estacionamento terá associadas um número limitado de matrículas de veículos. Essa associação será feita no acto da aquisição do cartão de estacionamento (ou num processo de alteração). Assim, por parte da Fiscalização, o procedimento será extremamente simples, bastando descarregar do Poste de Pagamentos para um dispositivo móvel, através do interface sem fios, uma listagem com as matrículas cujo pagamento se encontra em curso. O Fiscal percorre o parque fazendo a verificação das matrículas com o pagamento válido, identificando assim, facilmente, os Utilizadores em infracção.

Vantagens para o concessionário: Não há dinheiro nos parómetros, logo evitam-se os roubos; Não é necessário recolher dinheiro; Podem-se otimizar os modos de exploração; Diminui-se drasticamente o nº de operações nas máquinas de pagamento.

Vantagens para o Utilizador: Não precisa de andar com trocos; Não tem de voltar ao carro após o início; Não tem de voltar por tempo esgotado; Pode mudar de carro sem problemas.

Novas funcionalidades: Podem existir cartões diferenciados, com preços de estacionamento diferenciados (Utilizador genérico, turista, morador, trabalhador no local, ...); Podem existir tarifas diferenciadas por hora, dia, local, ... ; Podem existir promoções; Podem ser oferecidos saldos, por exemplo, no comércio, através de transferência entre cartões com saldos pré-pagos.

Novas metodologias de exploração: Podem existir entidades distintas a explorar locais distintos (múltiplos Concessionários). A cobrança é feita pelo Cobrador e podem-se utilizar os dados dos postes para que o Cobrador pague ao Concessionário.

## 1.2 . Estrutura da dissertação

A motivação para a criação deste sistema de gestão e pagamento em parques de estacionamento, é descrita no Capítulo 2, assim como é feita uma análise das Empresas concessionárias de parques de estacionamento e possíveis futuros clientes deste sistema. A utilização de ultra-sons como detectores do estado de ocupação de um lugar de estacionamento é, hoje em dia, uma constante e assim é feita no Capítulo 3 uma análise a esta tecnologia, enquanto método para medir distâncias. Surgindo a possibilidade de realizar sensores de detecção do estado de ocupação completamente autónomos, para serem utilizados em parques de estacionamento *outdoor*, surgiu também a necessidade de realizar um estudo da tecnologia usada em painéis solares, como forma de alimentar esses mesmos sensores, apresentado no Capítulo 4. No Capítulo 5 apresentamos o levantamento das tecnologias de redes de área pessoal sem fios. Serão introduzidas as tecnologias *Bluetooth*, *Wifi*, *UWB* e *ZigBee*. Tendo o sistema sido pensado para ser utilizado por clientes possuidores de um Cartão de Utilizador, cartão esse com tecnologia de comunicações de proximidade, sem contacto, é feito o estudo da tecnologia *RFID* no Capítulo 6. Este sistema de pagamentos de parques de estacionamento é apresentado no Capítulo 7, assim como a sua especificação, arquitectura, *use-cases* e plano de negócio. Por fim no Capítulo 8 são apresentadas as conclusões do trabalho efectuado nesta dissertação assim como serão enumerados diversos trabalhos futuros a realizar.

## Capítulo 2

# Gestão de Parques de Estacionamento

### 2.1 . Introdução

Os sistemas de Gestão de Parques Automóveis operam através do acompanhamento da disponibilidade de lugares de estacionamento e tornam essa informação disponível, para os clientes e para os administradores. Os clientes usam a informação para detectar um lugar vago e os administradores usam a mesma informação na gestão global e planeamento do parque automóvel. As redes de sensores são um candidato natural a este tipo de aplicações, porque permitem que o estado do lugar de estacionamento seja controlado com precisão. As redes de sensores sem fios, têm a vantagem de poderem ser implementadas em parques de estacionamento já existentes, sem ter de se instalar qualquer tipo de cablagem.

Actualmente, as soluções na área de controlo de parques de estacionamento, envolvem dispositivos de controlo de entrada e saída, máquinas de pagamento, barreiras e reconhecimento de matrículas. Contudo, começam a surgir também parques com gestão inteligente, que indicam os lugares vagos e que orientam o condutor para os lugares vazios. Estas novas soluções baseiam-se, na sua maioria, em sensores de ultra-sons. Assim, importa estudar as soluções já implementadas, como foram implementadas, e ainda as vantagens e desvantagens de cada implementação.

### 2.2 . *State of the art - indoor*

Ao nível dos parques *indoor*, existem diversas soluções de gestão informatizada, dos lugares de estacionamento em tempo real. As soluções presentes no mercado são diversas, contudo o

princípio é o mesmo.

Um exemplo é o SIPARK da Siemens [1]. Este sistema possui dispositivos de controlo de entradas e saídas, máquinas de pagamento automáticas, barreiras, reconhecimento de matrículas e também orientação inteligente do motorista, com a sinalização de espaços vazios, sinalização de lugares para deficientes, etc. A solução da Siemens inclui também centros de controlo remoto e centros com fins de manutenção.



Figura 2.1: Sistema SIPARK [1].

O SIPARK oferece uma solução com base em sensores de ultra-sons, que monitorizam cada lugar individualmente, informando assim o condutor da presença de lugares livres (Figura 2.1 e Figura 2.2). Com o acompanhamento efectuado, esta solução oferece um controlo em tempo real do estado do Parque de Estacionamento, além de estatísticas e informações de manutenção. Visto incorporar também a leitura de matrículas, diminui as possibilidades de infracção. A Siemens oferece um sistema com uma abordagem modular e com base em padrões da indústria e sistemas de rede que podem ser facilmente adaptados a qualquer projecto com um ambiente específico [1].



Figura 2.2: Exemplo sensor do sistema SIPARK[1].

Outro sistema de gestão em tempo real dos parques de estacionamento é o oferecido pela *VehicleSense Inc.* o *SmartLot* [2]. Este sistema é composto por sensores magnéticos *wireless* de ultra-baixa potência, oferecem um sistema fácil de instalar e gerir, inclui *software* e integra-se com a infra-estrutura já existente. A solução *SmartLot* combina o controlo das receitas e o controlo de acessos. A sua modularidade permite que seja implementado quer em parques *indoor* quer em parques *outdoor*.



Figura 2.3: Painel informativo do sistema Parking Guidance System.

Um sistema que utiliza sensores de ultra-sons em soluções de parques de estacionamento *indoor* é o sistema disponibilizado pela *DKEE.Co.Ltd* o *Parking Guidance System* [3]. Este sistema usa sensores de ultra-sons, colocados no tecto, localizados em cima do lugar de estacionamento. Detecta assim a presença de veículos, indicando através de uma luz o estado de ocupação do lugar de estacionamento. Esta solução incorpora também painéis de informação variável, indicando ao condutor do veículo em que direcção existem lugares vagos, indicando zonas lotadas e ainda, por exemplo, a existência de lugares vagos para grávidas. Permite ainda uma gestão informatizada e o controlo de cada lugar individualmente.

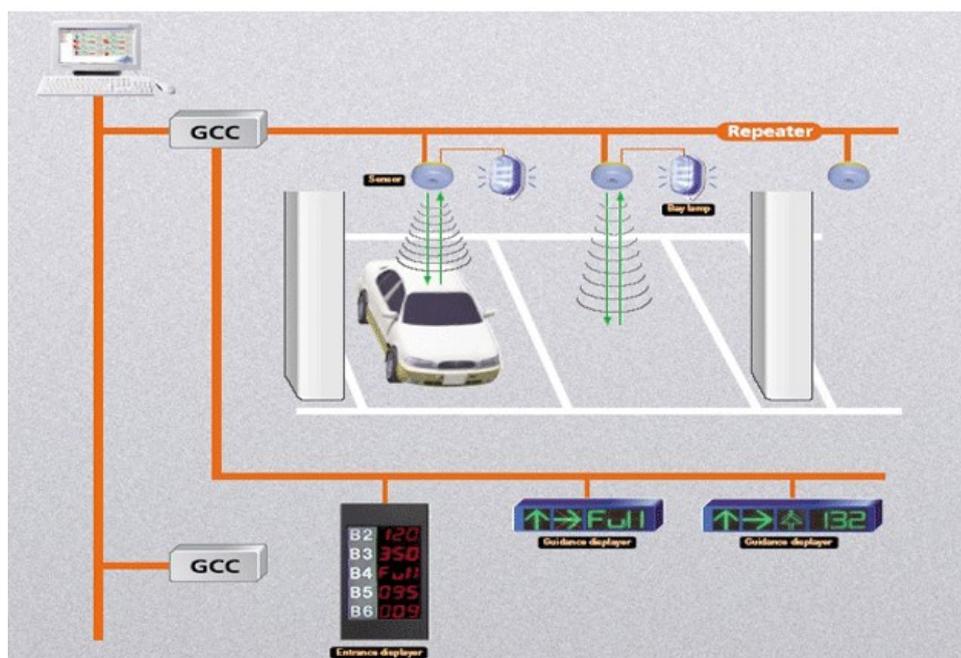


Figura 2.4: Arquitectura do sistema Parking Guidance System [3].

A *DKEE.Co.Ltd* apresenta como vantagens desta solução o facto de indicar a direcção dos lugares livres e de indicar o estado de cada zona do parque ao condutor do veículo. Os *displays*, informam a presença de lugares para grávidas, apresentam parques desactivados e ainda indicam parques para carros de pequenas dimensões. Este sistema também assinala veículos que sejam abandonados nos parques de estacionamento durante longos períodos de tempo, aumentando a eficiência do parque. Segundo a Empresa, o sistema apresenta ainda diversas estatísticas e analisa a situação do parque [3].

A Empresa *SKIDATA*, utiliza também sensores de ultra-sons no seu produto *SKIDATA Solutions for Car Park Operators*. Contudo, não é disponibilizada qualquer outra informação. A *SKIDATA* é representada em Portugal pela Empresa *Fernando L. Gaspar, SA* [4] e [5].

Também a *Scheidt & Bachmann* utiliza sensores de ultra-sons na sua solução de *Single Space*

*Detection*, que integra uma solução mais vasta, a *Internal Parking Guidance System (iPIs)*. Esta solução de detecção do estado de ocupação de cada lugar individualmente, utiliza ultra-sons e pode ser montada até 5 m de altura. Incorpora juntamente com o sensor um sistema de *LEDs*, que indica o estado do lugar, podendo tomar a cor verde para lugar livre e vermelho para lugar ocupado.

A *Photo Violation Meter™* [6], criou um sensor de ultra-sons que se pode aplicar em diversas áreas, entre as quais em de parques de estacionamento *indoor*.



Figura 2.5: Sistema produzido pela Photo Violation Meter [6].

A Empresa *Photo Violation Meter* utiliza o *Vehicle Sensor Puck* nas suas diversas aplicações. O *Vehicle Sensor Puck* é um sensor de reduzidas dimensões que detecta a presença de veículos. Este equipamento pode ser alimentado através de um pequeno painel solar ou de baterias. A *Photo Violation Meter* utiliza este equipamento não só em parques de estacionamento *indoor*, como *outdoor*, mas ainda no controlo cruzamentos/entroncamentos com sinalização luminosa [6].

Foi desenvolvido na *University of Illinois* um projecto, que pretende ajudar significativamente os Utilizadores dos parques, sem grandes custos para as entidades gestoras dos parques de estacionamento. O *Parking Garage Management and Parking Assistance Device* [7], tem por base um sensor de ultra-sons em cada lugar de estacionamento, o sistema possui duas características principais. A primeira é uma indicação luminosa de ajuda ao condutor do veículo, que lhe indica quando está em risco de bater na parede. A segunda tem por base a transmissão sem fios do estado de ocupação do lugar e pretende efectuar uma gestão centralizada e facilitada do Parque de Estacionamento automóvel.

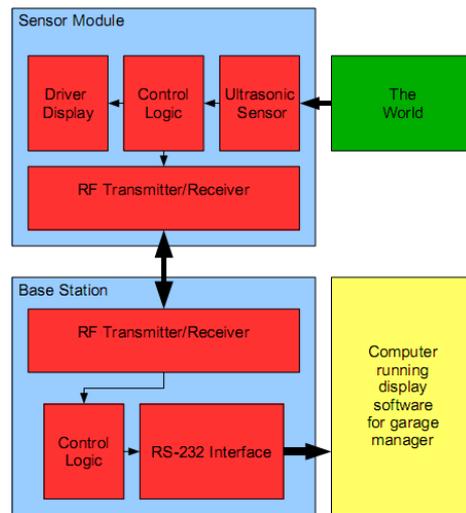


Figura 2.6: Arquitetura do sistema Parking Garage Management and Parking Assistance Device [7].

No nosso país, temos como exemplo de parques *indoor*, com uma gestão em tempo real de cada lugar de estacionamento individualmente, o Parque de Estacionamento do *El Corte Inglés* de Gaia. Nesta infra-estrutura, o acesso ao parque é controlado por barreiras, com leitura da chapa de matrícula. Ao longo do parque, existem diversos painéis de informação variável, onde o condutor é avisado da localização de lugares livres, de lugares para deficientes e da saída mais próxima. Junto a cada lugar, temos um sensor de ultra-sons, que detecta a presença do automóvel, e temos também uma luz indicadora do estado de ocupação do lugar.



Figura 2.7: Detector de ocupação por ultra-sons.

Figura 2.8: Indicador de lugar livre.

Figura 2.9: Indicador de lugar ocupado.

Este tipo de Gestão de Parques tem diversas vantagens, desde um controlo mais rigoroso de acessos, maior dificuldade de fraude, até possibilidades de controlo estatístico. Nos Parques equipados com esta tecnologia, o condutor não perde tempo à procura de um lugar vago, pois o próprio parque *conduz o condutor* até ao lugar vago mais próximo. O facto do sensor de ultra-sons se encontrar junto ao tecto do parque destina-se a evitar alguns problemas que poderiam advir no caso de se localizar no solo, desde danos provocados pelos veículos, água, etc.

### 2.3 . State of the art - outdoor

Parques de estacionamento *outdoor* nos quais a gestão é feita individualmente para cada lugar, em que existe detecção do estado de ocupação de cada lugar, estão a surgir cada vez com mais frequência. Existem algumas soluções de gestão para este tipo de parques, por exemplo o *SPIN On-Street Parking Management Solution* da *Vehicle Sense, Inc.* [18] que é um produto de gestão de parques automóveis que já data de 2002 e que no entanto ainda se mantém actual.

O *SPIN* surgiu com a necessidade das entidades gestoras dos diferentes parques de estacionamento terem um modelo de gestão que lhes permitisse um controlo mais apertado das infracções. O *SPIN* possui detectores individuais de veículos, relatórios de ocupação, informação operacional, informação *wireless* dos sensores e parquímetros, informação do estado do equipamento. Esta solução usa comunicações sem fios para a transmissão de dados entre os sensores, os parquímetros, os fiscais e a central de dados, baseada numa *Parking Area Network*. Os controladores da *Parking Area Network* comunicam usando comunicações de largo espectro em frequências não licenciadas, dispensando assim licenciamento.

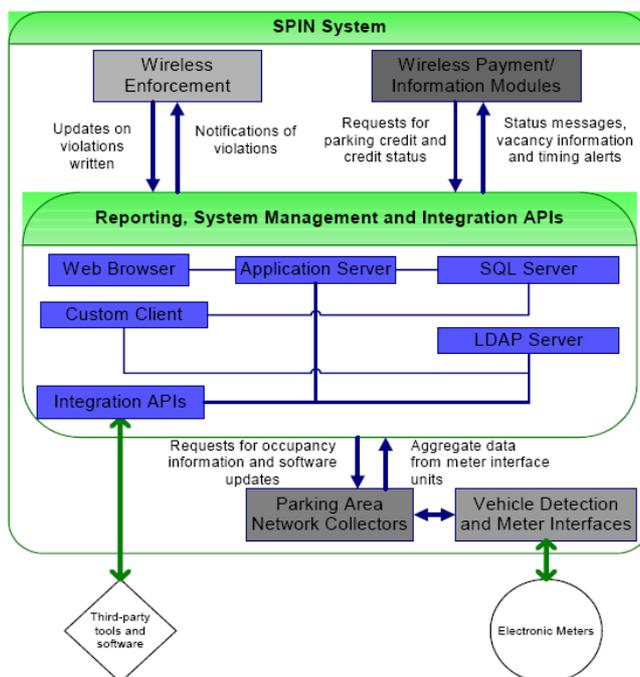


Figura 2.10: Arquitectura do sistema SPIN.

O *SPIN* foi desenvolvido no *Massachusetts Institute of Technology* como um mecanismo de gestão de parques de estacionamento em tempo real. A *VehicleSense* possui actualmente diversas parcerias com Empresas para a produção desta solução.

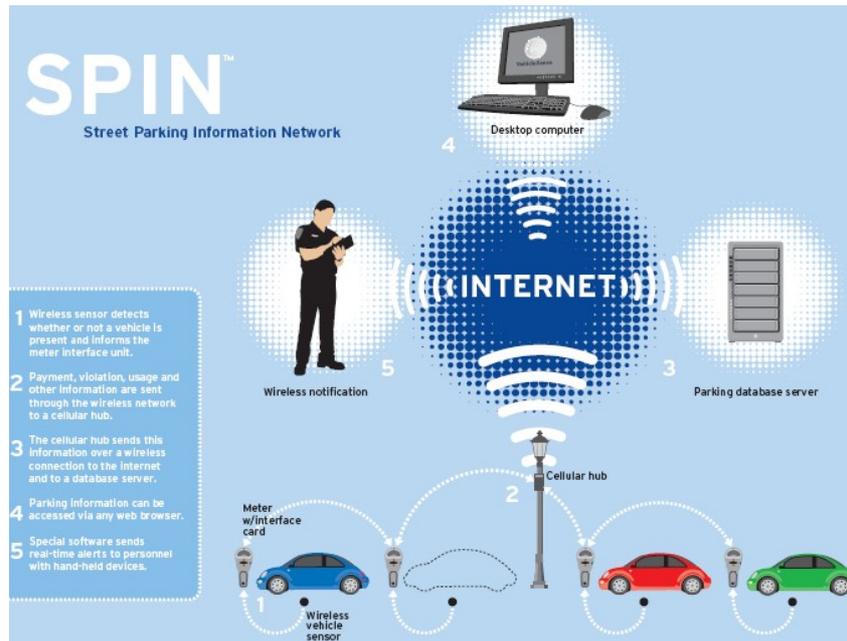


Figura 2.11: Sistema SPIN.

A empresa *Streetline – City Infrastructure Technologies* possui também uma solução de gestão de parques de estacionamento *outdoor*. A solução desta empresa é baseada em informação em tempo real sobre a ocupação do lugar, informação de pagamento, envio de informação para os computadores dos gestores e para os empregados no terreno. Possui diversas opções de pagamento, controlo de receitas e possibilidade de verificação de todos os componentes do sistema.

Streetline Vehicle Sensors		Streetline Meter Monitors		Streetline CIT	
Dimensions	4" x 4" x 0.8"	Dimensions	3" x 2" x 0.6"	Network	900MHz or 2.4GHz ISM Band fully redundant wireless mesh.
Mechanical	Completely sealed and filled, with no user serviceable parts. Lab and field tested for exceptional durability.	Mechanical	Packaged in ABS plastic case. Also available as an OEM component for installation inside meter mechanism.	User Interface	Web-based reporting and management tools. Native SMS and voice interface for workforce management and payment integration.
Battery Life	5 to 10 years on internal power supply	Battery Life	18 to 24 months on one AA battery	System API	XML, SOAP and other common interface protocols.
Temperature	Industrial (-40° C to +85° C)	Temperature	Industrial (-40° C to +85° C)	Service Environment	Available as a fully hosted service, or a licensed co-hosted package.
Deployment	Surface-mount or pavement-embedded using common tools and materials	Deployment	All parts fit completely within standard meter housings, with no alteration. Monitor plugs into meter data port.	Upgrade	All software and firmware is upgradeable over the network
Accuracy	Tested to >98% accuracy in detection of arrival and departure, with 100% reliable enforcement and billing data.	Compatibility	Compatible with over 90% of installed single space meters. Available for integration with multispace meters as well.	Scalability	Modular and scalable to support any size deployment. Recommended minimum is 100 parking spaces.

Figura 2.12: Características dos elementos do sistema Streetline.

Todos os dados obtidos pelo sistema da *Streetline* podem ser cruzados com informações de qualquer sistema *GIS* (*geographic information systems*). Na Figura 2.12 podemos ver uma descrição de alguns dos componentes da solução apresentada pela *Streetline* e ainda uma caracterização da aplicação.

Os sensores são auto-alimentados e possuem interface sem fios, pelo que a sua instalação é fácil e de muito baixo custo.

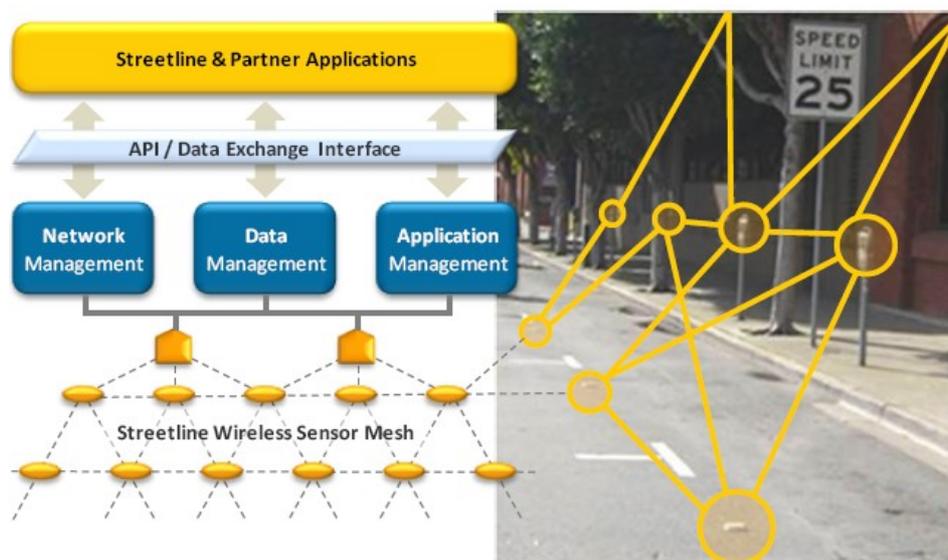


Figura 2.13: Sistema Streeline.

Possui aplicações que facilitam a gestão, como aplicações estatísticas, fornecendo dados úteis sobre a taxa de ocupação, a taxa de chegadas, a taxa de partidas e sobre o tempo médio de ocupação por veículo [19].

Ao nível de soluções para gestão de parques de estacionamento *outdoor*, existem também projectos de outras universidades, como por exemplo o *Car-Park Management using Wireless Sensor Networks* da *University College Cork* [20].

Este projecto é composto por um sistema completo de gestão de parques automóvel, usando uma rede *wireless*. Usando um sensor por lugar de estacionamento, sensor esse que é um sensor magnético, a rede *wireless* usada neste projecto foi o protocolo *ZigBee*. Durante a realização deste projecto foram encontradas pelos autores diversas dificuldades de implementação, nomeadamente ao nível da manutenção da rede, visto o objecto a ser detectado, o automóvel, interferir significativamente na transmissão de dados.

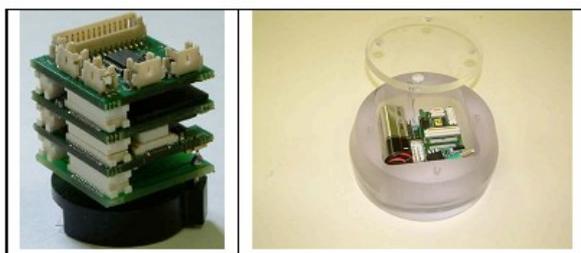


Figura 2.14: Protótipo sensor CarPark.

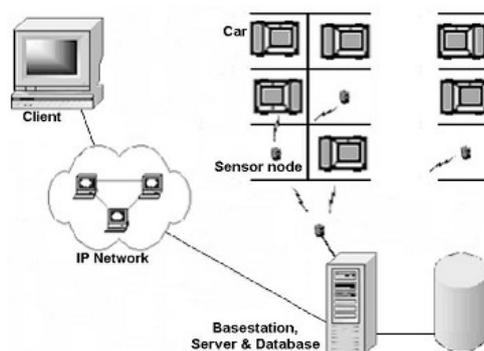


Figura 2.15: Arquitectura do sistema CarPark.

Neste Projecto as conclusões retiradas pelos autores foram as seguintes:

- A conectividade da rede não depende apenas do alcance do *transceiver* usado.
- As superfícies envolventes do ambiente de testes podem influenciar significativamente a conectividade.
- A conectividade é frequentemente assimétrica.

- A presença do veículo a detectar tem efeito significativo na conectividade.
- Os *transceivers* estão sujeitos a *black-outs* em comunicações do tipo *burst*.
- Estes *black-outs* normalmente são apenas locais, e não globais.

Ao nível das comunicações com *ZigBee* os autores exprimiram no final do projecto a convicção que uma rede dinâmica é a melhor opção, visto o Parque de Estacionamento ser um ambiente extremamente dinâmico.

No mercado actual ainda não existem muitas soluções para gestão de parques *outdoor*, sendo esta provavelmente uma área em que interessa investir, visto gerar receitas consideráveis.

Os sensores de estacionamento em aplicações *outdoor* são uma tecnologia ainda muito pouco usada. Sendo que sensores de estacionamento com base em sensores de ultra-sons são ainda menos comuns.

A maioria ou mesmo a totalidade das soluções encontradas, que possuíam sensores de estacionamento, baseavam-se em sensores magnéticos.

O facto de se desenvolver uma solução com base em sensores de estacionamento, de ultra-sons, permitiria uma maior panóplia de aplicações, quer para aplicação em ambientes *outdoor* quer em ambientes *indoor*, e logo uma maior portabilidade da solução desenvolvida.

## 2.4 . Levantamento de dados

Com vista ao levantamento de todas as Empresas concessionárias e exploradoras de parques de estacionamento em Portugal, foi contactada a *Associação Nacional de Empresas de Parques de Estacionamento – ANEPE* [8], que forneceu a sua base de dados com todas as suas associadas. Posto isto, foi elaborado um questionário, com os aspectos considerados relevantes, para realizar uma caracterização dos parques de estacionamento em Portugal e da gestão efectuada nos mesmos. Pretendíamos fazer o levantamento da quantidade de parques, o seu tipo e forma de gestão. Abaixo se apresenta o questionário enviado aos associados da *ANEPE*.

### 1. - Identificação Empresa

Questão	Resposta
1.1 - Nome da Empresa/Entidade?	
1.2 - Contacto?	
1.3 - Que tipo de Concessão têm?	

### 2. - Caracterização do Parque

Questão	Resposta
2.1 - Número de parques indoor?	
2.2 - Número de parques outdoor?	
2.3 - Localização dos parques? (Hospitais/Centros Comerciais/Escolas/outros)	
2.4 - Lotação dos parques/lugares normais? (*)	
2.5 - Lotação dos parques/lugares deficientes? (*)	
2.6 - Lotação dos parques/lugares grávidas? (*)	
2.7 - Lotação dos parques/GPL? (*)	

(\*) - Número correspondente ao somatório de todos os parques para a lotação em questão. Valor global.

### 3. - Gestão do Parque

## Capítulo 2 - Gestão de Parques de Estacionamento

Questão	Resposta
3.1 - Parque com algum tipo de Gestão?	
3.2 - Gestão centralizada?	
3.3 - Gestão parcial?	
3.4 - Gestão informatizada?	
3.5 - Quantos parques gere?	
3.5 - Possui controlo em tempo real do estado de ocupação do parque?	
3.6 - Se sim, com controlo estatístico?	
3.7 - Indicação ao condutor da existência ou não existência de lugares vagos?	
3.8 - Se sim, de que tipo? (semáforo/painel de informação/outro)?	

### 4 - Acessos

#### 4.A - Se Indoor

Questão	Resposta
4.A.1 - Formas de pagamento? (Parquímetro pré-pago/Parquímetro pós-pago/Telemóvel/Via verde/Outra).	
4.A.2 - Número de máquinas de pagamento? (Indicar o número)	
4.A.3 - Controlo de Acessos? (Barreira/Sensores/Reconhecimento de matrícula/Outro)	
4.A.4 - Existe um controlo do estado de ocupação dos lugares de estacionamento individualmente?( Sim/Não)	

#### 4.B. - Se outdoor

Questão	Resposta
4.B.1 - Formas de pagamento? (Parquímetro pré-pago/Parquímetro pós-pago/Telemóvel/Via verde/Outra).	
4.B.2 - Número de parquímetros? (Indicar número).	
4.B.3 - Tipo de Fiscalização? (Fiscal próprio/Municipal/Outro/Inexistente).	
4.B.4 - Percurso de Fiscalização? (Aleatório/Previamente estabelecido/Outro).	

Tabela 2.1: Questionário aos associados ANEPE.

A adesão ao questionário foi muito baixa, não produzindo por isso amostragem válida da situação dos parques de estacionamento em Portugal.

## Capítulo 3

# Determinação de distâncias com ultra-sons

### 3.1 . Introdução

Tendo em conta o estado da indústria automóvel actual, bem como da indústria envolvida na gestão de parques de estacionamento, a detecção do estado de ocupação de um lugar de estacionamento é preferencialmente efectuada recorrendo a sensores de ultra-sons. Esta escolha, prende-se com várias vantagens, em detrimento de outras tecnologias, como por exemplo os sensores de infra-vermelhos.

Os sensores de estacionamento, neste projecto, aparecem com o objectivo de detectarem a presença ou não dos veículos, em cada lugar de estacionamento individualmente, ou seja, de informarem o sistema sobre o estado de ocupação de cada lugar. Assim, neste capítulo, é efectuado um estudo dos ultra-sons enquanto instrumentos de medição de distâncias.

É também realizada uma análise ao sensor *SRF05*, uma vez que a *Micro I/O* já possuía alguns destes sensores e era necessário realizar um levantamento das suas características, que poderiam ser úteis a este projecto.

Foi adquirido um *array* de sensores de ultra-sons para aplicações de estacionamento, semelhante aos que se encontram à venda para aplicação nos veículos, com vista à sua análise e caracterização.

### 3.2 . Aplicações dos ultra-sons

Ultra-som, é uma onda acústica uma frequência superior àquela que o ouvido do ser humano pode perceber, aproximadamente 20 kHz. Alguns animais, como o cão, golfinho e o morcego, têm um limite de percepção sonora superior ao do ouvido humano e podem, assim, ouvir ultra-sons.

Existem "apitos" especiais nestas frequências que servem a estes princípios. Um som é caracterizado por vibrações (variação de pressão) no ar. O ser humano normal médio consegue distinguir ou ouvir sons na faixa de frequência que se estende de 20 Hz a 20 kHz, aproximadamente. Acima deste intervalo, os sinais são conhecidos como ultra-sons e abaixo dele, infra-sons.

A medição da distância com ultra-sons é um método de medição *non-contact*. As ondas ultra-sónicas, são ondas acústicas mecânicas, com frequências maior do que 20 kHz. O ultra-som interage com o objecto alvo (corpo duro) e parte da energia da onda incidente é reflectida para trás; recebendo esta onda e sabendo a diferença de tempos entre a onda enviada e a recebida é possível calcular a distância ao objecto. Se o objecto estiver em movimento, a frequência recebida difere da enviada devido ao efeito de *Doppler*.

Actualmente, as aplicações com ultra-sons estão dispersas por toda a indústria de uma forma genérica, por exemplo [10]:

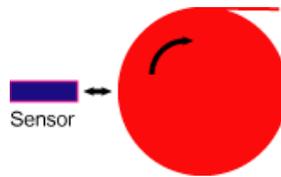


Figura 3.1: Sensor de enrolamento.

- Enrolamento e desenrolamento

Os sensores da Figura 3.1 são usados para detectar as mudanças no diâmetro dos cilindros e dos carretéis, enquanto são enrolados ou desenrolados. As indústrias que tipicamente usam esta aplicação são: Papel; Metalúrgicas; Têxteis; Empacotamento; Plásticos.

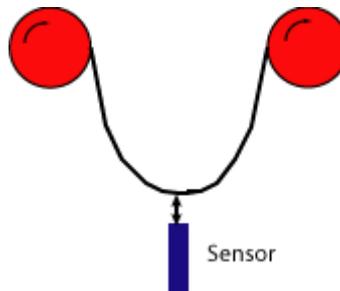


Figura 3.2: Sensor de dobra.

- Controlo de dobragens

Os sensores ultra-sónicos são usados também para monitorizar a inclinação dos diferentes materiais de um dado processo. São usados em conjunto com os motores, criando a forma desejada ao material a trabalhar, de acordo com o apresentado na Figura 3.2. As indústrias típicas são: Papel; Produtos químicos; Têxtil; Metalúrgicas.

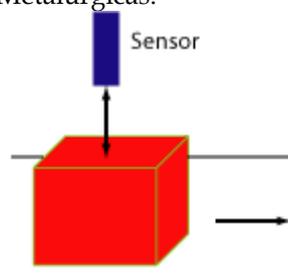


Figura 3.3: Sensor de altura.

- Medição de alturas

Com elevada precisão e repetibilidade, os sensores de ultra-sons são usados para medir a

altura dos objectos que se movem, passando pelo sensor como vemos na Figura 3.3. As medições são geralmente influenciadas pela superfície, acabamentos e formas dos objectos a medir. Indústrias onde este tipo de aplicação é encontrado incluem: *Automotive*; Embalagem e Distribuição; Impressão; Metalúrgica.

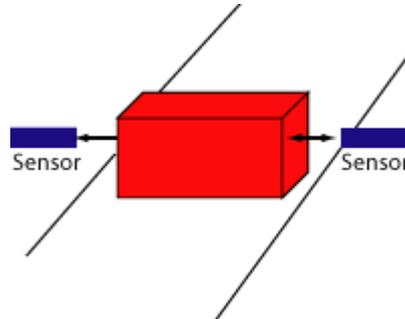


Figura 3.4: Sensor de posição.

- Controlo de posições

Os pares de sensores ultra-sónicos, como ilustrado na Figura 3.4, são usados para posicionar exactamente objectos. Ligados em conjunto com um sistema de controlo, os sensores fornecem os dados para um ajuste de posição dos objectos. As indústrias que usam estas aplicações incluem: *Automotive*; Empacotamento; Impressão; *Robotics*; Plásticos.

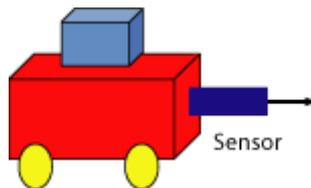


Figura 3.5: Sensor de colisão.

- Prevenção de colisões

Os sensores ultra-sónicos são colocados em equipamento móvel, com vista a fornecer uma prevenção de colisões, como representado na Figura 3.5. Os sensores são continuamente accionados fornecendo dados de proximidade a um controlador. Muitas indústrias incluem esta aplicação: *Automotive*; Automatização; Logística.

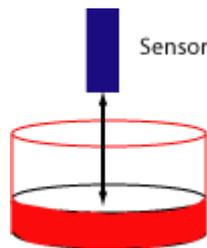


Figura 3.6: Sensor de nível.

- Controlo de níveis

Os sensores ultra-sónicos têm uma habilidade original para detectar superfícies desiguais e de retornar dados exactos da distância. Os sensores são usados em muitas aplicações onde a detecção do nível de um líquido num recipiente é necessária, como o caso da Figura 3.6. As indústrias típicas incluem: Alimentação e bebida; Produtos químicos; Tratamento de água.

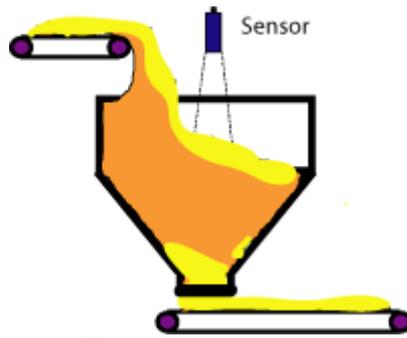


Figura 3.7: Sensor de enchimento.

- Sensores de Enchimento

Os sensores ultra-sónicos podem exactamente detectar os níveis de mudança dos pós, grãos e de outras substâncias semi-fluídas, como representado na Figura 3.7. Muitos utilizadores industriais a aplicam: Agricultura; Produtos químicos; Empacotamento; Manipulação fluída.

Actualmente, as aplicações mais visíveis dos ultra-sons são as aplicações na medicina, nos automóveis e em aplicações militares (sonares).

### 3.3. Como medir distâncias usando ultra-sons

O desenvolvimento de aplicações usando sensores de ultra-sons requer uma boa compreensão dos seus princípios operacionais e da sua interacção com o meio ambiente. As medições com ultra-sons têm em conta, o princípio do tempo de voo ou a propagação de ondas sonoras no ar. Os sistemas utilizam assim quer medidas do eco/reflexo do som do objecto (no caso em que o transmissor e o receptor estão no mesmo dispositivo), ou o tempo de voo da onda sonora a partir do transmissor ao receptor (no caso em que, ou o transmissor, ou o receptor são montados no objecto).

#### 3.3.1 Emissor de ultra-sons

O transmissor é composto por um circuito electrónico e um transdutor electromecânico. O circuito electrónico gera a frequência exigida para criar uma onda ultra-sónica, sendo esta convertida de sinais eléctricos para mecânicos e sendo enviada, para o meio, a onda ultra-sónica. O oscilar da superfície cria uma variação da pressão do ar, com uma frequência igual à da superfície em oscilação, como representado na Figura 3.8.

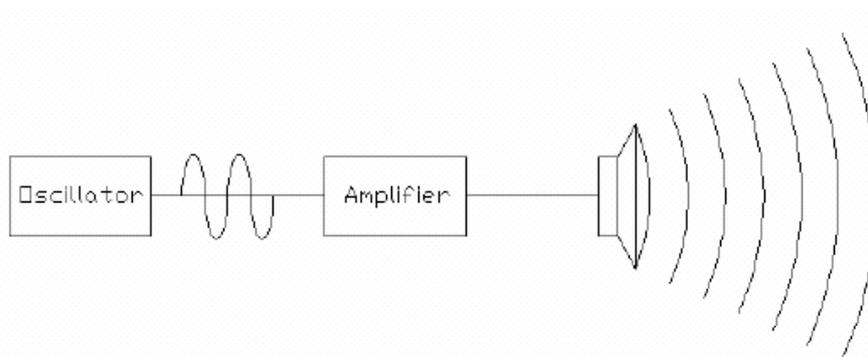


Figura 3.8: Emissor de ultra-sons.

### 3.3.2 Receptor de ultra-sons

O receptor possui a mesma configuração do transmissor, possui um transdutor e um circuito, que amplifica e trata o sinal eléctrico, convertido pelo transdutor, a partir da onda ultra-sónica recebida, ver Figura 3.9. As ondas sonoras viajam no meio e são reflectidas por qualquer objecto que se encontre no seu caminho. Determinando o tempo de voo da onda é possível saber a distância ao objecto.

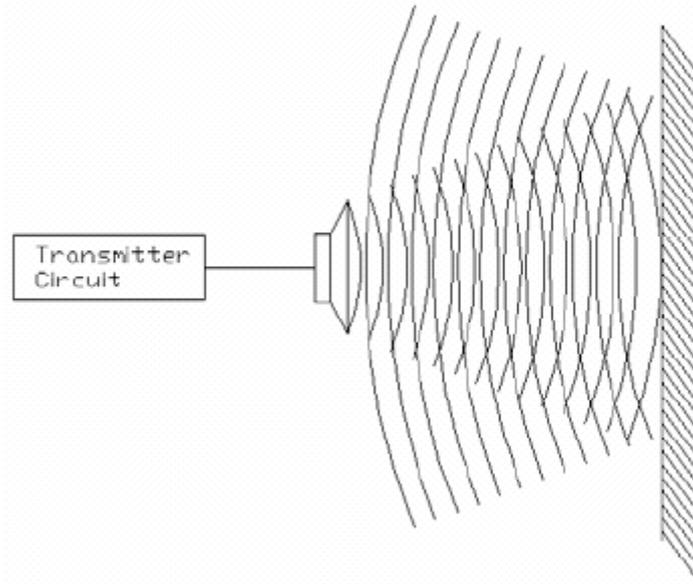


Figura 3.9: Receptor de ultra-sons.

### 3.3.3 Configuração transdutor

#### Par emissor-receptor

O par emissor-receptor consiste num transmissor e num receptor colocados no mesmo dispositivo. Existem dois transdutores (Figura 3.10), um para a emissão da onda ultra-sónica e outro para a recepção da onda reflectida. O transmissor emite o sinal de ultra-sons e o receptor espera até que a onda chegue.

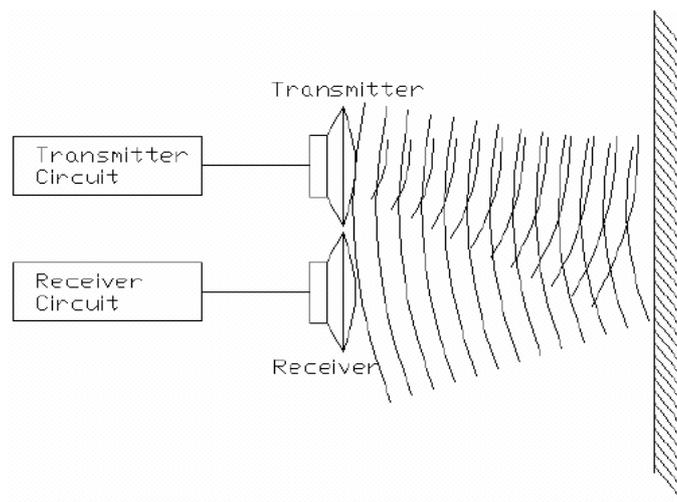


Figura 3.10: Transdutor de ultra-sons.

### Transceiver

O *transceiver* consiste num único transdutor (Figura 3.11), que actua como um transmissor e como receptor. O circuito electrónico para a transmissão e para a recepção é o mesmo, contudo estão presentes ambas as funções de recepção e de transmissão do sinal de ultra-sons.

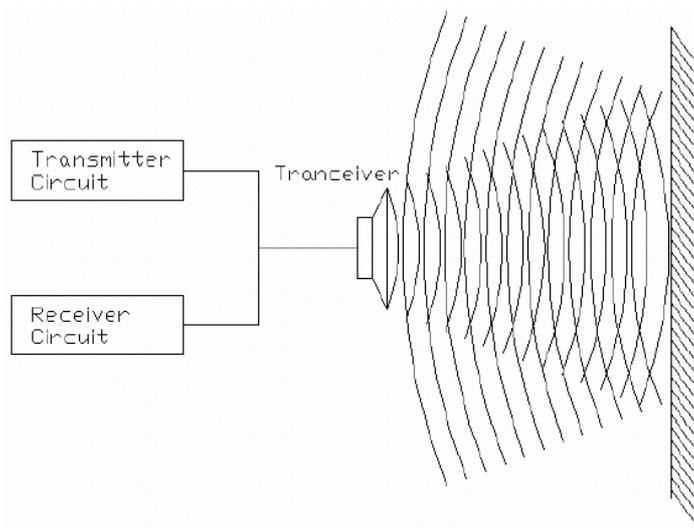


Figura 3.11: Transceiver de ultra-sons.

## 3.4. Tipos de sensores de ultra-sons

### 3.4.1 Sensor electrostático

Os Sensores de ultra-sons electrostáticos operam de forma semelhante a um condensador eléctrico. Estes sensores são habitualmente compostos por um condensador de placas, com uma placa condutora fixa e uma superfície metálica livre, revestida por um material isolante, que separa as duas placas. Quando uma diferença de potencial é aplicada, a placa livre desloca-se de encontro à placa fixa (dependendo da forma como se aplica a tensão eléctrica). Quando uma tensão eléctrica oscilante é aplicada à placa fixa, a placa móvel vai oscilar, de acordo com o sinal de tensão a que a placa fixa esta sujeita, criando deste modo ondas de pressão no ar. Ou seja, funciona do mesmo modo que uma coluna de som comum. Quando recebemos um sinal de ultra-sons, o sensor electrostático funciona de forma análoga. A variação da distância entre as placas, produzida pela onda recebida, vai fazer com que o valor da capacidade do condensador, criado pelas placas, também varie, sendo assim possível detectar a onda recebida.

### 3.4.2 Sensor piezoeléctrico

Os sensores de ultra-sons piezoeléctricos, são constituídos por um material piezoeléctrico e por uma superfície acústica. O material piezoeléctrico pode ser cerâmico ou cristal. O material piezo é conectado à superfície acústica, de forma que qualquer alteração física, na geometria do material, irá afectar a superfície acústica. Quando um sinal eléctrico é colocado através do material piezoeléctrico, as mudanças de forma geométrica do mesmo irão perturbar a geometria da superfície acústica, produzindo assim uma onda de som.

Na recepção, o princípio é o mesmo. Ao receber a onda, a superfície acústica irá oscilar de acordo com a mesma, comprimindo o material piezoelétrico, criando assim uma tensão eléctrica correspondente à onda recebida.

### 3.5 . Factores que podem afectar a performance dos sensores

A determinação da posição/distância usando sensores de ultra-sons é baseada na medição do tempo de voo das ondas acústicas, num determinado meio. Existem diversos factores, que podem influenciar a exactidão da medição e que, portanto, devem ser tidos em conta no projecto do sensor.

#### 3.5.1 Padrão da radiação

Todos os sensores de ultra-sons têm as suas especificações que são únicas. Este padrão da radiação acústica, é uma função do ângulo espacial, chamado ângulo de feixe (*beam angle*). O ângulo de feixe é definido como o ângulo total, formado pelos pontos entre os quais a potência do som se reduz a metade do seu valor de pico, vulgarmente conhecido como -3 dB. O diâmetro do feixe pode ser definido como:

$$D=2 \times R \times \tan (0.5 \alpha)$$

Onde  $\alpha$  é o ângulo do feixe (graus),  $D$  é o diâmetro do feixe, e  $R$  é a distância ao sensor (polegadas).

O padrão da radiação, consiste num lóbulo principal e em vários lóbulos secundários. A potência da radiação está principalmente na região central do sensor, uma vez que o lóbulo principal está em frente do sensor. Os lóbulos secundários estão logo a seguir ao lóbulo principal *sidewise*, com uma região nula entre eles. O padrão da radiação é essencialmente determinado por factores como a frequência de operação e com a forma e características acústicas da superfície de vibração. O padrão do feixe do transdutor, é independente da sua natureza, como transmissor ou receptor. Na maior parte das aplicações, os lóbulos secundários são reprimidos e são usados sensores de feixe estreito (*narrow beam sensor*). Esta alteração faz com que as características do padrão de radiação do sensor de ultra-sons não sejam iguais às do transdutor.

O reduzido padrão do feixe, é função do diâmetro da superfície radiante da onda sonora, na frequência de funcionamento. Se a relação  $D/\lambda$  ( $\lambda$  representa o comprimento de onda) aumenta o feixe fica mais estreito, e se a relação  $D/\lambda$  diminui obtemos um feixe mais largo. Na maioria das aplicações é preferível um feixe estreito e portanto desejamos uma relação  $D/\lambda$  grande. A Figura 3.12 seguinte mostra a radiação, os seus lóbulos principais e secundários com a atenuação relativa.

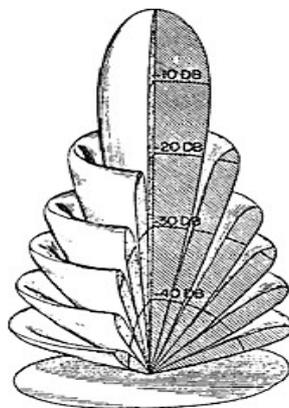


Figura 3.12: Padrão de radiação de um emissor de ultra-sons.

### 3.5.2 Frequência, comprimento de onda e atenuação

A frequência de funcionamento do sensor de ultra-sons é determinada pela frequência de ressonância do transdutor. O processo de escolha do transdutor, deve ter em conta factores, como o tamanho do transdutor, a resolução das medidas obtidas, o ruído de fundo, e a atenuação. O comprimento de onda do sinal de ultra-sons pode ser determinado com a seguinte formula  $\lambda=c/f$ , onde  $\lambda$  é o comprimento de onda (m),  $c$  é a velocidade do som ( $\text{ms}^{-1}$ ) e  $f$  é a frequência (Hz).

A velocidade do som,  $c$ , varia com a temperatura do meio onde a onda se desloca, com a pressão, com o meio onde se desloca, humidade do ar, turbulência, etc. Assim, devemos ter em conta estes factores no cálculo da velocidade do som, e portanto devemos usar a formula da Figura 3.13. Onde  $C_0$  é a velocidade a  $0^\circ\text{C}$ ,  $C_T$  é a velocidade do som a  $T^\circ\text{C}$  e  $T$  é a temperatura do ar em  $^\circ\text{C}$ .

$$C_T = C_0 \sqrt{1 + (T/273)}$$

Figura 3.13: Cálculo velocidade do som.

### 3.5.3 Factores ambientais

A atenuação da potência da onda de ultra-sons depende da velocidade do som, que, por sua vez depende de muitos factores ambientais, como temperatura, meio, pressão, humidade, interferências acústicas, interferências rádio, etc.

#### Temperatura

A velocidade do som, num determinado meio, varia com a temperatura. Portanto, o tempo gasto pela onda, desde que é emitida até que o eco é recebido, o tempo de voo, é proporcional à temperatura (Tabela 3.1). Assim a distância medida irá depender da temperatura do meio onde a onda se propaga, portanto a variação da temperatura induz erros na medição.

$T$ em $^\circ\text{C}$	$c$ em $\text{m/s}$	$c$ em $\text{km/h}$	$\rho$ em $\text{kg/m}^3$	$Z$ em $\text{N s/m}^3$
-10	325,4	1.171,4	1.341	436,5
-5	328,5	1.182,6	1.316	432,4
0	331,5	1.193,4	1.293	428,3
+5	334,5	1.204,2	1.269	424,5
+10	337,5	1.215,0	1.247	420,7
+15	340,5	1.225,8	1.225	417,0
+20	343,4	1.237,0	1.204	413,5
+25	346,3	1.246,7	1.184	410,0
+30	349,2	1257,1	1164	406,6

Tabela 3.1: Impacto da Temperatura na velocidade do som[9].

#### Meio

A velocidade do som depende do tipo de meio onde a onda viaja, como se constata pela Tabela 3.2.

Meio	Velocidade
Borracha	54 m/s
O <sub>2</sub>	317 m/s
Ar	340 m/s
Água	1450 m/s
Ferro	5100 m/s
Granito	6000 m/s

Tabela 3.2: Variação da velocidade do som em função do meio onde se propaga[9].

### Pressão e Humidade

Com a diminuição da pressão, a densidade de partículas no meio decresce, fornecendo assim menos resistência à viagem da onda. Embora não seja de forma muito significativa, a pressão influencia a velocidade do som.

A humidade é definida como a quantidade de vapor no ar e tem pouco efeito na velocidade do som, mas porém, influencia de forma significativa as superfícies radiantes.

### Interferências

Se o ambiente contém um grande número de objectos que gera *background noise* (ruído de fundo), e se este sensibiliza o receptor do sensor de ultra-sons, vamos obter medições erróneas. O erro que irá afectar as medidas é tanto mais acentuado quanto menor o SNR (*Signal to noise ratio*), ou seja quanto menor é a relação entre a amplitude/potência do ruído de fundo e a amplitude do eco ultra-sónico.

Tipicamente, o ruído de fundo tem menor expressão a altas frequências. É aconselhável usar transdutores com feixe estreito nos locais onde existe elevado *background noise* (ruído de fundo).

### 3.5.4 Características do alvo

O princípio dos sensores de ultra-sons, baseia-se na transmissão de ondas, seguidas da recepção do eco. O retorno de eco é função da distância ao alvo, da geometria do alvo, da superfície, do tamanho, da composição, da orientação do alvo/sensor, etc.

#### Composição

Alguns dos objectos são bons reflectores e alguns são bons absorventes. Portanto, a onda reflectida, o eco, depende do tipo de material pelo qual o objecto é composto. Este efeito faz com que se obtenham medidas erradas, uma vez que mantendo a distância, iremos obter diferentes valores medidos de distância, consoante a composição do material.

#### Tamanho e forma

O tamanho e a forma influenciam a quantidade de onda reflectida, afectam o eco que irá ser recebido pelo sensor. Por exemplo, um objecto grande (maior que o feixe) irá reflectir quase todas as ondas incidentes e estas irão ser recebidas pelo receptor. Considerando os casos em que o objecto é relativamente pequeno, em comparação com o feixe, então, apenas parte da onda será reflectida e recebida pelo receptor e tudo o resto será perdido. A forma determina o ângulo em que a onda de ultra-sons será reflectida.

### Posição e orientação

Se o tamanho do objecto é pequeno, quando comparado com o tamanho do feixe, a medida depende da posição do objecto na região do feixe. Quando o objecto alvo está na região do lóbulo principal, o eco recebido pelo receptor é consideravelmente maior, do que no caso em que o objecto alvo está nos lóbulos secundários [11].

## 3.6 . Problemas Comuns em ultra-sons

Os sensores de ultra-sons, medidores de distância, são muito comuns em sistemas baseados em micro-controladores, usados em laboratórios, etc. Os sensores de ultra-sons funcionam medindo o tempo de ida e volta de uma onda ultra-sónica, desde que é emitida, até que é reflectida no objecto alvo e é novamente recebida. Na prática, quando se utiliza um sistema de medição de distâncias por ultra-sons é frequente encontrarmos vários tipos de dificuldades.

### 3.6.1 Ponto cego e múltiplas reflexões

Quando o mesmo transdutor é utilizado no envio e recepção do sinal de ultra-sons, após o envio do comboio de impulsos ultra-sónicos, a superfície vibrante do transdutor deve parar de vibrar, para que assim este possa escutar o sinal reflectido. A solução deste problema prende-se com a passagem ao estado de escuta, apenas após um determinado tempo de espera. Isto implica que os sensores não podem detectar objectos, cuja distância entre o sensor e o objecto seja inferior a metade da distância que o som percorre durante o tempo de espera.

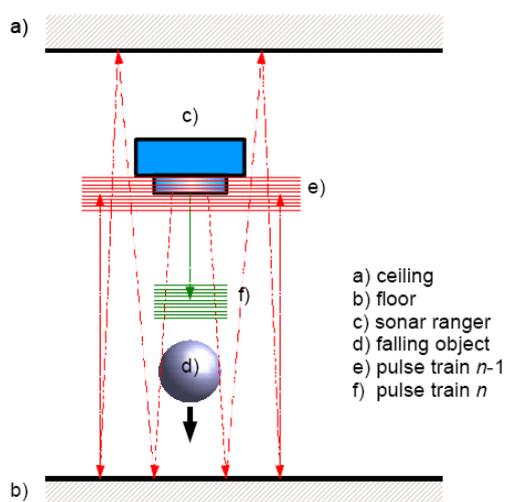


Figura 3.14: Exemplo reflexões múltiplas.

As reflexões múltiplas são mais comuns em medições verticais de queda livre (quando medimos a aceleração devido à gravidade -  $g$  ou a resistência do ar), quando os impulsos ultra-sónicos são reflectidos continuamente entre o chão e o tecto da sala, onde se efectuam as medições (Figura 3.14). Ou quando as medições se realizam numa pequena sala e as medições são perpendiculares a paredes lisas.

### 3.6.2 Obstruções e reflexões indesejáveis

Os sensores de ultra-sons detectam a posição de um objecto, que proporciona uma intensa reflexão, reflexão essa que tem que ser suficiente forte para sensibilizar o circuito reflector. Se existe algum objecto indesejado dentro do cone de detecção, então o sensor vê esse objecto indesejado e não o objecto alvo. Assim, o sensor não irá conseguir obter medições a partir de uma certa distância. Para obtermos boas medições, temos que garantir, que o cone de detecção permanece limpo de objectos passíveis de causarem reflexões indesejadas. Existem alguns detectores, que são capazes de excluir estas reflexões indesejadas, desde que estas sejam estáticas e facilmente caracterizadas. A Figura 3.15 mostra o efeito de uma reflexão indesejada a cerca de 1,5 m [12].

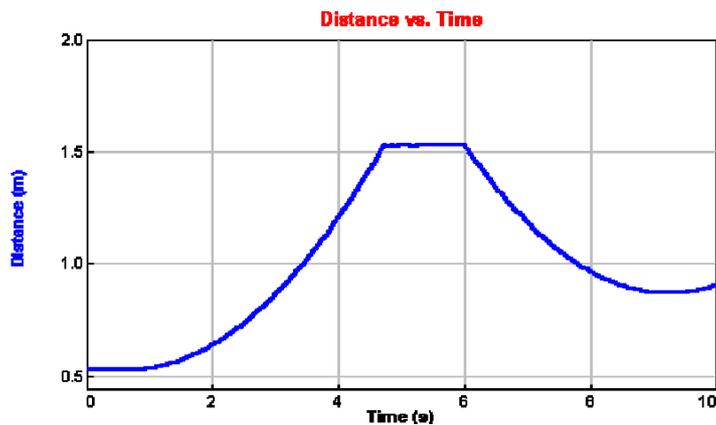


Figura 3.15: Exemplo reflexão indesejada.

### 3.6.3 Ruído externo

Os ruídos externos que são ao mesmo tempo suficientemente altos e que contêm frequências capazes de sensibilizar os sensores de ultra-sons, podem causar com que o receptor seja falsamente accionado e conseqüentemente obtenhamos falsos dados. A presença deste ruído pode ser confirmada ao desligar a fonte de ruído. Se o nosso objectivo for reduzir este tipo de ruído, podemos construir uma blindagem para o nosso sensor, de modo a que este ruído não perturbe as medições. A Figura 3.16 apresenta um exemplo de uma medição sem ruído e em contraste, a Figura 3.17 apresenta o mesmo exemplo sujeito a ruído [12].

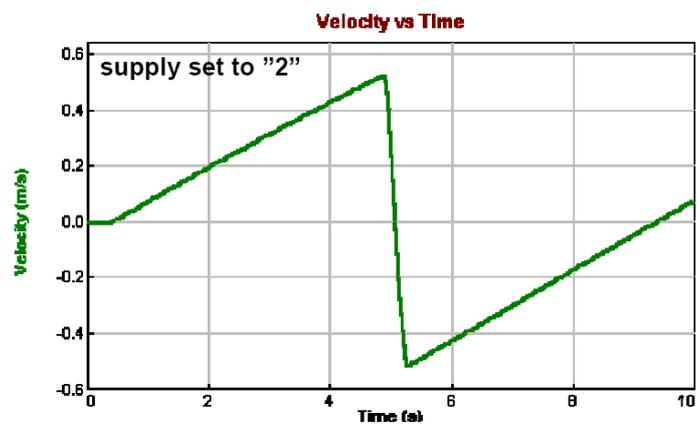


Figura 3.16: Medição sem ruído.

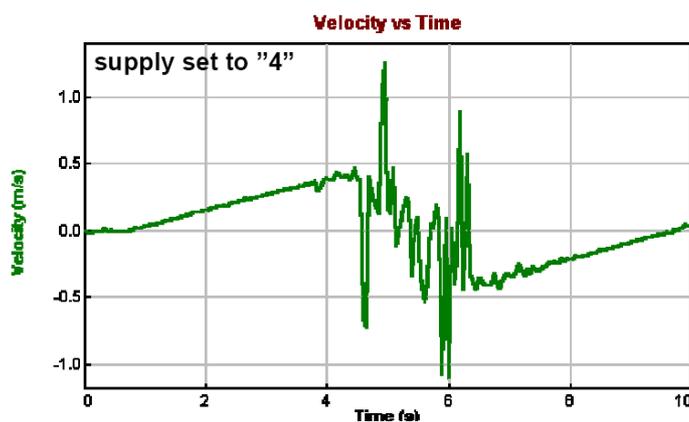


Figura 3.17: Medição com ruído.

### 3.7 . Caracterização dos sensores SRF05 da Deviantech

A utilização destes sensores, e os testes realizados com vista à sua caracterização, devem-se ao facto de estes já terem sido usados na *Micro I/O*, no Departamento de Inovação, e logo, de não ser necessário adquirir novo *hardware*.

Os sensores de medição de distâncias ultra sónicas são construídos usando dois dispositivos piezoeléctricos, em que um deles ao ser excitado, a 40 KHz, emite uma onda, que ao embater num obstáculo será reflectida, criando uma onda de eco, na direcção do segundo sensor piezoeléctrico.

Conhecendo a velocidade do som, para determinar a distância dos sensores ao objecto, basta medir o tempo decorrido desde o início da emissão até ao momento em que se recebeu o eco. Como a velocidade do som depende fortemente da temperatura do meio em que se propaga, é conveniente que a velocidade do som seja compensada tendo em conta este factor, como expresso na fórmula  $d = \frac{v_{som} \times \Delta t}{2}$  (m). A distância é dividida por dois, pois o tempo medido é o tempo da onda ir e vir do objecto alvo, considerando que esse tempo é igual nos dois sentidos, divide-se por 2.

$$v_{som} = 20.1\sqrt{\theta} \text{ (m/s)}$$

O sensor usado permite a detecção de obstáculos entre 3 cm a 3 m de distância, possui uma interface I/O com entrada e saída digitais *TTL* e dois contactos para alimentação (+5V).

Para iniciar a transmissão é necessário enviar um pulso com uma duração mínima de 10  $\mu$ s pelo pino *Trigger Pulse Input*. Após o envio deste sinal de *trigger* o módulo *SRF05* envia sinais ultrasónicos (serão enviados oito sinais). Caso exista um objecto na gama de medição do sensor, o módulo emite um sinal em que a duração é proporcional à distância a que o obstáculo se encontra (duração compreendida entre 100 $\mu$ s a 18ms). No caso de não serem detectados objectos é gerado um pulso com a duração de aproximadamente 30ms (correspondente a um *timeout - out of range*). Assim que o pulso emitido pelo módulo termina, temos de esperar no mínimo cerca de 10ms para emitir o próximo *trigger pulse*, este tempo de espera é dependente de diversos factores e tem como objectivo a não detecção de eco antigos. Para converter o tempo do pulso de saída para a distância em centímetros correspondente, basta dividir o tempo em  $\mu$ s por 58 [13], [14] e [15].

### 3.8 . Testes com os sensores

Com vista a uma utilização eficiente dos sensores, foram realizados testes tendo como fim uma caracterização dos mesmos. Os testes realizados incidiram na caracterização do feixe e no alcance do mesmo. A frequência máxima de funcionamento dos sensores é também uma característica a ser analisada.

#### 3.8.1 Alcance de detecção

Neste teste foram usados dois objectos alvo: um rectângulo de 50 cm de largura por 25 cm de altura e um de 10 cm de largura por 25 cm de altura.

Estes testes revelaram que podemos usar os sensores com uma elevada precisão até 320 cm (erro menor a 2 cm). Para distâncias superiores os valores obtidos vêm afectados de elevados erros e nem sempre o objecto alvo foi detectado.

#### 3.8.2 Ângulo de detecção

O sensor *SRF05* possui um feixe de ultra-sons que é capaz de detectar objectos que estejam colocados até aproximadamente  $20^\circ$  da perpendicular. O feixe do *SRF05* é cónico, pelo que detecta objectos posicionados até  $20^\circ$  em qualquer das direcções.

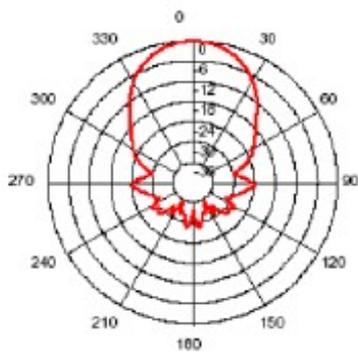


Figura 3.18: Diagrama de radiação do SRF05.

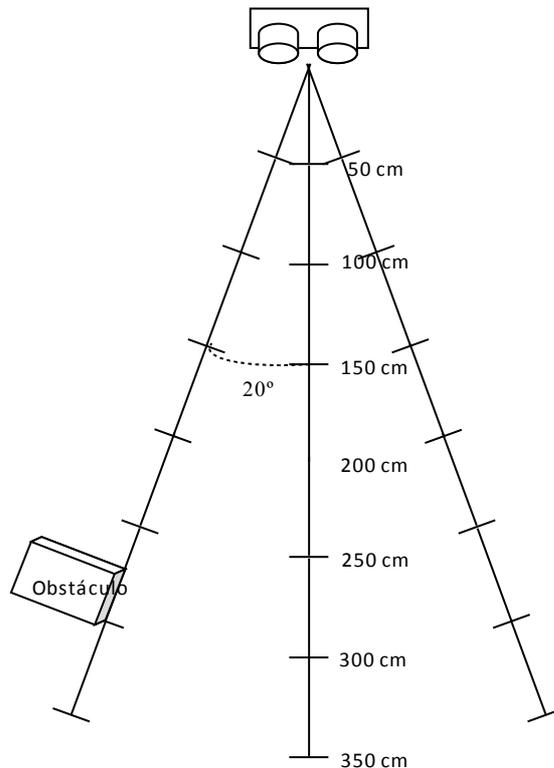


Figura 3.19: Esquema de teste.

### 3.8.3 Frequência de Funcionamento

Os tempos de leitura de cada funcionamento variam com a distância ao obstáculo, sendo que um obstáculo mais próximo irá ter uma leitura mais rápida. Os tempos de leitura podem variar entre 100  $\mu$ s e 25 ms segundo as especificações do fabricante.

Assim, para o correcto funcionamento dos sensores, temos que garantir um tempo de espera mínimo de cerca de 25 ms entre leituras dos mesmos sensores. Devemos também garantir um tempo de espera nas leituras de sensores adjacentes [14].



Figura 3.20: Realização dos testes.

### 3.9. Design dos sensores de ultra-sons para detecção de veículos

No desenvolvimento deste sensor teremos que analisar as características (Figura 3.21) dos automóveis, de forma a produzirmos uma detecção apurada. Devemos também analisar as características dos parques de estacionamento. Queremos garantir uma detecção com elevado grau de certeza, assim, teremos que garantir que o sinal de ultra-sons é reflectido no automóvel e detectado convenientemente.

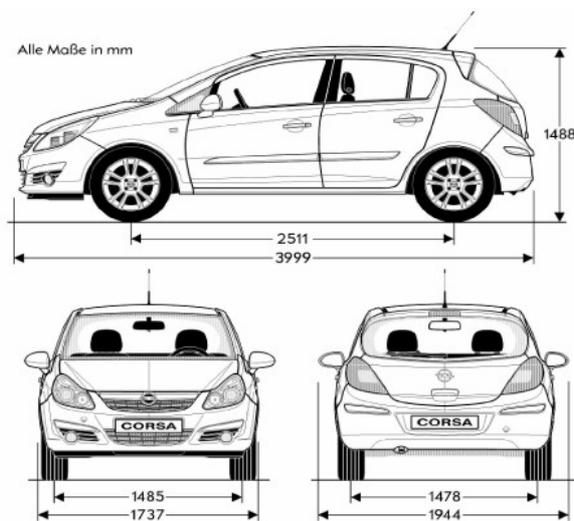


Figura 3.21: Dimensões de um veículo actual (mm) [16].

A integração do sensor no lugar de estacionamento é crucial para um bom funcionamento. Existem diversas configurações de parques de estacionamento, teremos que realizar o estudo de

implementação para o caso genérico.

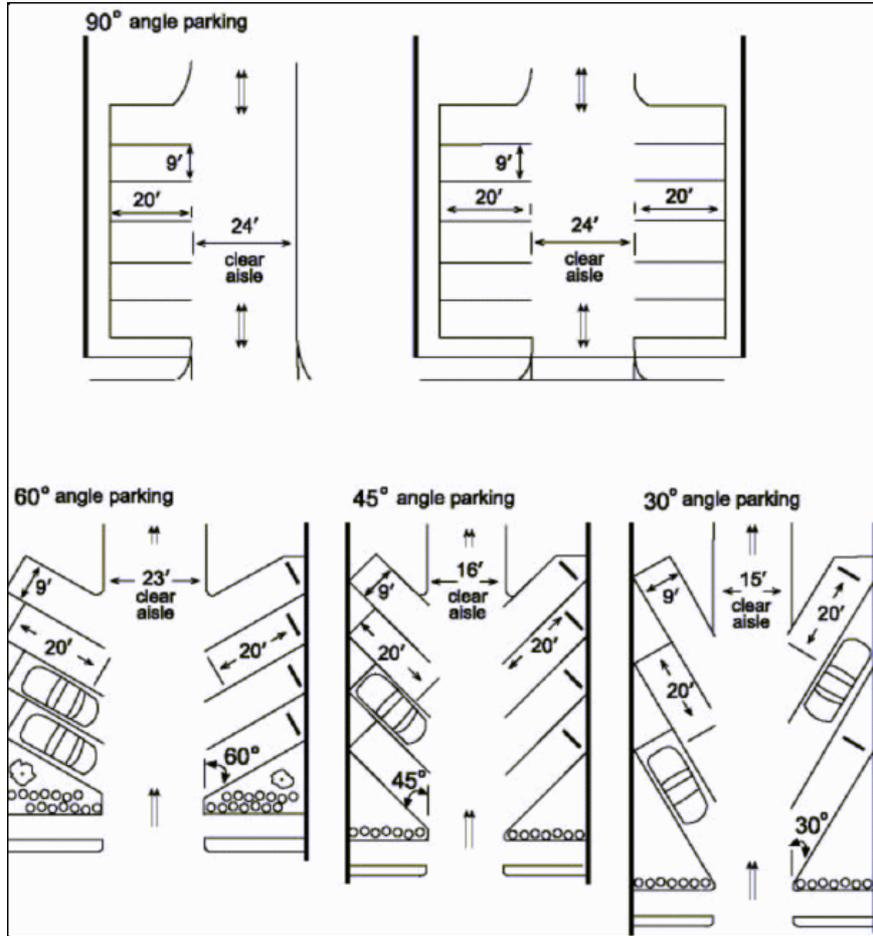


Figura 3.22: Dimensões dos diferentes lugares de estacionamento.

Na Figura 3.22 acima, podemos ver duas configurações comuns dos parques de estacionamento, o estacionamento *perpendicular*, indicado na figura como o estacionamento a 90°, e o estacionamento *em espinha*, indicado na figura como 60, 45 e 30°. É também comum o estacionamento paralelo.

### Localização

O sensor de estacionamento será implantado na via, ao nível do solo, sobre a linha divisora dos diferentes lugares. Assim, cada sensor (enquanto conjunto de dois sensores de ultrasons) detectará a ocupação, ou não, de dois lugares de estacionamento. Para o caso do estacionamento a 90°, a localização mais adequada será a meio da linha, de modo a ficar junto ao meio do carro.

No caso dos diferentes estacionamentos em espinha 60, 45 e 30°, visto o nosso detector de ocupação ser bidireccional, a melhor localização será também a meio da linha, de modo a ficar direccionado para a lateral traseira de um veículo e para a lateral dianteira do veículo oposto.

Para os estacionamentos paralelos, a melhor localização será também a meio da linha divisora, ficando o detector direccionado para a frente/traseira dos veículos.

### Inclinação

Para o estudo da inclinação que os sensores devem ter, devemos estudar as características dos diferentes veículos. O feixe do SRF05 deverá ser apontado para a *longarina* do automóvel, se for apontado mais para cima, ou mais para baixo, existe a possibilidade de o eco não ser recebido.

O objectivo será colocar o sensor com uma inclinação óptima. Os painéis laterais dos veículos são, genericamente, todos semelhantes. Já a altura ao solo varia de veículo para veículo. O pior caso será, um veículo todo-o-terreno, uma vez que devido à sua elevada altura ao solo o feixe do sensor pode passar por baixo do veículo e não detectar a presença do mesmo. Um veículo de estrada, dito normal, tem uma altura ao solo de aproximadamente 150 mm; um veículo todo-o-terreno possui uma altura ao solo de aproximadamente 230 mm [16].

As dimensões dos lugares de estacionamento comuns são 2.70 m de largura e 6 m de profundidade [17]. Tipicamente um veículo tem 1.70 m de largura [16], considerando o veículo centrado no lugar de estacionamento ficam 50 cm de cada lado do veículo

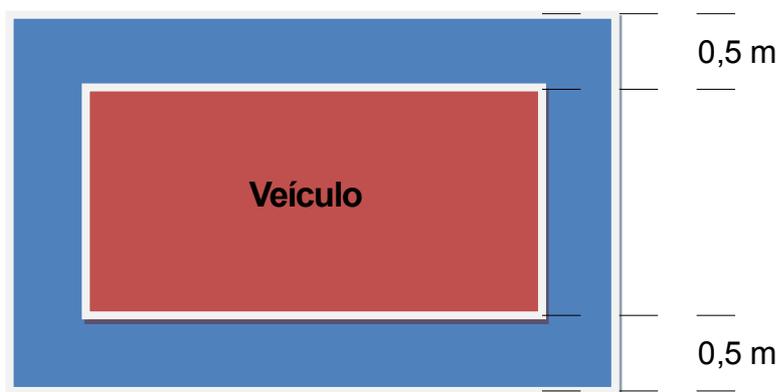


Figura 3.23: Lugar de estacionamento e veículo.



Figura 3.24: Pormenor da colocação do sensor.

Assim, obtemos para um veículo com 150 mm de altura ao solo uma inclinação do sensor de aproximadamente  $17^\circ$  e para um veículo todo-o-terreno uma inclinação de aproximadamente  $25^\circ$ . Portanto, como os cálculos demonstram, necessitamos de uma inclinação média dos sensores de aproximadamente  $21^\circ$ .

Tendo em conta que segundo o fabricante, os sensores possuem uma abertura do feixe de  $20^\circ$  relativamente à perpendicular dos mesmos, podemos concluir, que uma inclinação de aproximadamente  $20^\circ$  relativamente à horizontal (ao solo) será suficiente para uma detecção eficiente.

### Testes com veículos

Foram realizados diversos testes de interação dos sensores com os veículos, tentando

simular a utilização de um Parque de Estacionamento. Estes testes aos sensores tiveram como objectivo principal a validação ou não, dos pressupostos e cálculos efectuados, nomeadamente, a posição, a inclinação e o alcance do sensor na detecção do veículo.

Os testes efectuados validaram com sucesso todos os pressupostos tomados, e ainda, quanto à inclinação, foi verificado que, caso ao nível da implementação física do sensor seja impossível a colocação dos sensores com uma inclinação de 20°, estes funcionarão também com precisão, se colocados na horizontal ao nível do solo.



## Capítulo 4

# Soluções de alimentação com base em painéis solares

### 4.1 . Introdução

A necessidade de criar sensores *wireless* de detecção do estado de ocupação dos lugares de estacionamento autónomos, ao nível da energia, é premente. Um sensor auto-alimentado traz consigo inúmeras vantagens, desde logo no momento da montagem. Assim, surgiu este estudo sobre o estado da arte ao nível dos painéis solares, como soluções de alimentação. Um pequeno painel associado a um acumulador (pilha) ficariam responsáveis pela alimentação do sensor de ultra-sons, micro-controlador e interface *ZigBee*.

O estudo incidiu sobre as células fotoelétricas, nomeadamente sobre o efeito foto-voltaico, assim como nos painéis solares e no estado da tecnologia actual.

### 4.2 . Células fotoelétricas

Células fotoelétricas ou fotovoltaica são dispositivos capazes de transformar a energia luminosa, proveniente do Sol ou de outra fonte de luz, em energia eléctrica. Uma célula fotoelétrica pode funcionar como geradora de energia eléctrica, a partir da luz, ou como um sensor capaz de medir a intensidade luminosa.

Células geradoras de energia são chamadas também de "células solares", por se aproveitarem

principalmente da luz solar para gerar energia eléctrica. Actualmente, as células solares comerciais ainda apresentam uma baixa eficiência de conversão, da ordem de 16%. Existem células foto voltaicas com eficiências de até 28%, fabricadas de arseniato de gálio, mas o seu alto custo limita a produção dessas células solares ao uso da indústria espacial. Silício cristalino e arseniato de gálio são os materiais mais frequentemente utilizados na produção de células solares. Os cristais de arseniato de gálio são produzidos especialmente para usos foto voltaicos, mas os cristais de silício tornam-se uma opção mais económica, até porque são também produzidos com vista à sua utilização na indústria da microelectrónica. O silício policristalino tem uma percentagem de conversão menor, mas comporta custos reduzidos.

A primeira geração fotovoltaica consiste numa camada única constituída por uma grande superfície de junções p-n, capaz de gerar energia eléctrica utilizável a partir de fontes de luz com os comprimentos de onda da luz solar. Estas células são normalmente feitas utilizando placas de silício. A primeira geração de células constitui a tecnologia dominante na sua produção comercial, representando mais de 86% do mercado.



Figura 4.1: Painel solar.

A segunda geração de materiais fotovoltaicos está baseada no uso de películas finas de depósitos de semi-condutores. A vantagem de utilizar estas películas é a de reduzir a quantidade de materiais necessárias para as produzir, bem como os custos. Actualmente, existem diferentes tecnologias e materiais semicondutores em investigação ou em produção de massa, como o silício amorfo, silício poli-cristalino ou microcristalino, telúrico de cádmio e Cobre-Índio-Gálio-Selênio (CIGS).

A terceira geração fotovoltaica é muito diferente das duas anteriores, definida por utilizar semicondutores que dependam da junção p-n para separar partículas carregadas. Estes novos dispositivos incluem células foto-electroquímicas e células de nanocristais.

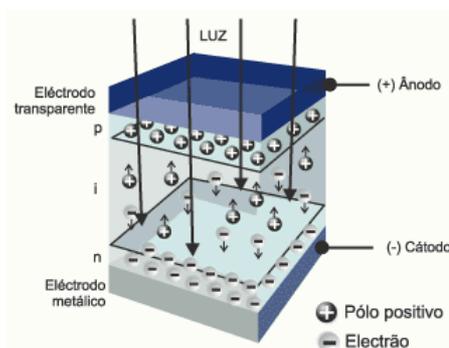


Figura 4.2: Célula foto voltaica.

O efeito foto-voltaico foi descoberto pela primeira vez em 1839 por *Edmond Becquerel*. Entretanto, só após 1883 as primeiras células fotoeléctricas foram construídas, por *Charles Fritts*, que cobriu o selénio semicondutor com uma camada extremamente fina de ouro, de forma a formar junções. Ao conjunto de células fotoeléctricas chama-se Painel Foto voltaico (vulgo painel solar), cujo uso hoje é bastante comum, em lugares afastados da rede eléctrica convencional. Existem painéis de várias potências e tensões diferentes para os mais diversos usos. Em residências rurais, algumas Empresas concessionárias de distribuição, usam painéis para fornecer energia aos Utilizadores, [22]. As principais tecnologias de fabricação de células fotoeléctricas utilizadas actualmente são as seguintes:

- Silício Cristalino (*s-Si*)

Esta tecnologia é a empregada no mercado, actualmente, com uma participação de 95% do mercado de células fotoeléctricas. Actualmente apresenta um rendimento de 15 a 21% em suas células; painéis solares feitos de células de silício cristalino têm rendimento de 13 a 17%.

- Silício Amorfo (*a-Si*)

Participação de cerca de 3,7% do mercado de células fotoeléctricas, tem rendimento de cerca de 7%.

- CIGS (Cobre-Índio-Gálio-Selênio)

Nome comercial para células de filme fino, fabricadas com Cu (In, Ga) Se<sub>2</sub>. Participação de 0,2% do mercado de células fotoeléctricas e rendimento de 13%. Actualmente sofre problemas com o abastecimento de índio para sua produção.

- Arsenieto de Gálio (*GaAs*)

Actualmente é a tecnologia mais eficiente, empregada em células solares, com rendimento de 28%. Porém, seu custo de fabricação é extremamente alto, tornando-se proibitivo para produção comercial, sendo usado apenas em painéis solares de satélites artificiais.

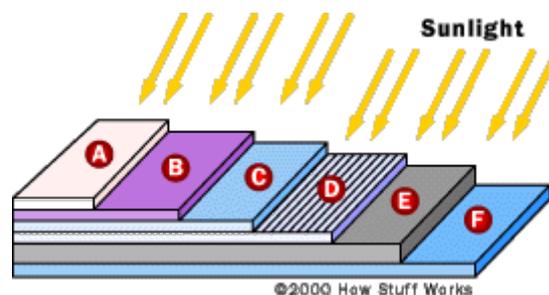
- Telúrio de Cádmiio (*CdTe*)

Participação de 1,1% do mercado de células fotoeléctricas, é uma tecnologia que emprega filmes finos de telúrio de cádmio. Apresenta pouco apelo comercial devida à alta toxicidade do cádmio.

### 4.3. Painéis Solares

Painéis solares são dispositivos utilizados para converter a energia da luz do Sol em energia eléctrica ou em energia térmica. Os painéis solares foto voltaicos são compostos por células solares, assim designadas já que captam, em geral, a luz do Sol. Estas células são, por vezes, chamadas de células foto voltaicas, ou seja, criam uma diferença de potencial eléctrico por acção da luz (seja do Sol ou não). As células solares contam com o efeito foto voltaico para absorver a energia do sol e fazem a corrente eléctrica fluir entre duas camadas com cargas opostas.

Um painel solar é um conjunto de células solares. Apesar de cada célula solar fornecer uma relativamente pequena quantidade de energia, um conjunto de células solares pode gerar uma quantidade de energia suficiente para ser útil. Para receber maior quantia de energia, os painéis solares devem estar direccionados directamente para o Sol, [21].





### Painéis *flexible thin-film*

Os painéis flexíveis são construídos na mesma linha de montagem. São criados pelo depósito da camada foto activa e das outras camadas necessárias num substrato flexível. Caso o substrato seja isolador (ex. poliéster) a “*monolithic integration*” pode ser usada. Caso o substrato seja condutor então a “*monolithic integration*” não pode ser usada e é usada uma outra técnica de conexão eléctrica. Os painéis flexíveis existentes baseiam-se na tripla junção do silício amorfo. A Figura 4.5 apresenta um painel flexível.

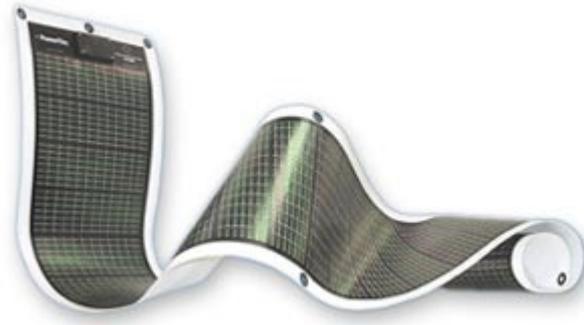


Figura 4.5: Painel flexível.

A Figura 4.6 apresenta as características de dois painéis actuais.

Typical Electrical Characteristics <sup>(1)</sup>	BP SX 20	BP SX 30
Maximum Power ( $P_{max}$ ) <sup>2</sup>	20W	30W
Voltage at $P_{max}$ ( $V_{mp}$ )	16.8V	16.8V
Current at $P_{max}$ ( $I_{mp}$ )	1.19A	1.78A
Warranted minimum $P_{max}$	18W	27W
Short-circuit current ( $I_{sc}$ )	1.29A	1.94A
Open-circuit voltage ( $V_{oc}$ )	21.0V	21.0V
Temperature coefficient of $I_{sc}$	(0.065±0.015)%/°C	
Temperature coefficient of $V_{oc}$	-(80±10)mV/°C	
Temperature coefficient of Power	-(0.5±0.05)%/°C	
NOCT <sup>4</sup>	47±2°C	

#### Notes

- These data represent the performance of typical modules in 12V configuration as measured at their output terminals, and do not include the effect of such additional equipment as diodes or cables. The data are based on measurements made in accordance with ASTM E1036-85 corrected to SRC (Standard Reporting Conditions, also known as STC or Standard Test Conditions), which are:
  - illumination of 1 kW/m<sup>2</sup> (1 sun) at spectral distribution of AM 1.5 (ASTM E892-87 global spectral irradiance);
  - cell temperature of 25°C.
- During the stabilization process which occurs during the first few months of deployment, module power may decrease approximately 3% from typical  $P_{max}$ .
- U versions.
- The cells in an illuminated module operate hotter than the ambient temperature. NOCT (Nominal Operating Cell Temperature) is an indicator of this temperature differential, and is the cell temperature under Standard Operating Conditions: ambient temperature of 20°C, solar irradiation of 0.8 kW/m<sup>2</sup>, and wind speed of 1 m/s.

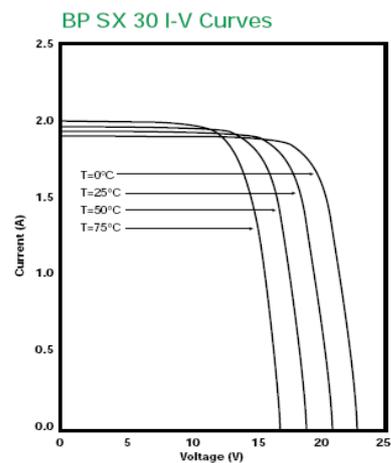


Figura 4.6: Características de um painel actual [25].



## Capítulo 5

# Tecnologias de comunicação sem fios para redes pessoais

### 5.1 . Introdução

As redes de comunicações sem fios para áreas pessoais (*WPAN: Wireless Personal Area Network*) podem ser definidas, como um conjunto de dispositivos que envolvem um Utilizador, os quais se podem mover e comunicar entre si usando interface rádio. Estes dispositivos podem estar sob o controle de um indivíduo ou sob o controle de dispositivos de outros Utilizadores. A partir deste conceito, uma *WPAN* pode ser definida como uma rede composta por dispositivos pessoais, usando tecnologias para comunicação sem fios de curto alcance. O grupo de trabalho *IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)* 802.15 concentra-se sobre as redes do tipo *WPAN* e permitiu o desenvolvimento de inúmeras tecnologias deste tipo de comunicações *wireless*, tais como a *Bluetooth (IEEE 802.15.1)*, *Ultra Wide Band (UWB) (IEEE 802.15.3)* e *ZigBee (IEEE 802.15.4)*.

Neste capítulo, falaremos sobre os protocolos de comunicação sem fios mais comuns, inseridos no grupo *WPAN*, nomeadamente o *Bluetooth*, *UWB* e *ZigBee*. O protocolo *wifi (IEEE 802.11)* será também abordado neste capítulo, apesar de pertencer ao grupo *WLAN (Wireless Local Access Network)* de maior raio de acção em relação ao *WPAN*. O protocolo *wifi* tem como aplicação o acesso *broadband* à rede, mas pode operar como standard de comunicações em aplicações industriais.

## 5.2. Bluetooth

O *Bluetooth* [26] é um protocolo de comunicações sem fios, para aplicações de transferência de dados multimédia, entre dispositivos localizados a curtas distâncias. Esta tecnologia possui inúmeras aplicações para trocas de dados entre periféricos e equipamentos móveis (telemóveis, *smartphones* e *PDA*s). O protocolo *Bluetooth* foi desenvolvido para permitir a utilização das comunicações sem fios, de um forma fácil para o Utilizador final, sem a necessidade de configurações prévias pelo Utilizador.

O protocolo opera na banda não licenciada de 2,4 GHz e as suas principais características são a robustez, complexidade reduzida, baixo consumo de energia e custo reduzido. A versão actual do protocolo *Bluetooth* é a *2.1+Enhanced Data Rate (EDR)*, editada em Julho de 2007. O grupo de trabalho IEEE 802.15 adoptou em 2002 a versão 1.1 do protocolo *Bluetooth* do *Special Interest Group (SIG)* e criou o standard IEEE 802.15.1 [27].

A versão 2 do protocolo *Bluetooth* introduz novas funcionalidades em relação à versão anterior, com especial relevância para o aumento da taxa de transmissão de dados para 3 Mbps. A versão 1.1 permitia a transmissão de dados até 720 kbps. Existem diversas classes de rádio que permitem um maior ou menor alcance e conseqüentemente menor ou maior consumo de energia. O alcance máximo do protocolo é de 100 metros, com consumo de 100 mW. No mínimo, um dispositivo *Bluetooth*, pode consumir 1 mW para uma esfera de interferência de 10 metros.

Os circuitos integrados *Bluetooth* são de pequenas dimensões, o que lhes confere uma fácil integração em sistema móveis com controladores de baixa complexidade, tipicamente *RISC (Reduced Instruction Set Computer)*, garantindo uma conectividade sem fios de elevada robustez. A robustez de performance do protocolo *Bluetooth* deriva do mecanismo de *FHSS (Frequency-Hop Spread Spectrum)*, minimizando a interferência entre sinais rádio na mesma gama de frequências.

Os dados podem ser transmitidos usando comunicação assíncrona ou síncrona. A tecnologia *Bluetooth* suporta um canal assíncrono para dados e pelo menos três canais síncronos para transmissão de voz.

### 5.2.1 Topologia de rede

O elemento atómico de uma rede *Bluetooth* é denominado por *piconet*. Cada rede *piconet* é composta por um *master* e pelo menos um *slave*, até ao máximo de sete *slaves* activos. Tipicamente, nas aplicações *Bluetooth*, podem coexistir várias *piconets*, independentes e não-sincronizadas nos saltos de frequência, evitando interferência entre *piconets*. Neste caso, é formado um sistema *ad-hoc*, denominado por *scatternet*, composto de múltiplas redes *piconet*, cada uma contendo um número limitado de dispositivos. Um dispositivo *Bluetooth* pertencente a uma *piconet*, pode participar em outras *piconets*, usando o mecanismo de *Time Division Multiplex (TDM)*. Um *master* de uma *piconet* pode ser um *slave* da *piconet* vizinha.

### 5.2.2 Arquitectura

A arquitectura da tecnologia *Bluetooth* é definida segundo duas componentes [28], o núcleo e os perfis. As especificações do núcleo definem o funcionamento da tecnologia (meio físico, pilha protocolar e topologia de rede). As especificações dos perfis focam o desenvolvimento de dispositivos inter-operáveis que utilizam as tecnologias do núcleo.

### 5.2.3 Pilha Protocolar

As especificações do protocolo *Bluetooth* não definem apenas o meio físico (comunicações rádio), mas também uma pilha de comunicações completa. Esta pilha é responsável pela definição dos protocolos de comunicação e por permitir que os dispositivos encontrem os seus vizinhos e

anunciem os seus serviços.

A pilha protocolar *Bluetooth* pode ser dividida em três blocos distintos: aplicação, *middleware* e transporte. O grupo de protocolos de aplicação é constituído pelas aplicações (baseadas em *Bluetooth* ou não) que utilizam a tecnologia *Bluetooth*. O grupo de tecnologias *middleware* consiste em protocolos específicos *Bluetooth*, como a emulação da porta série (*RFCOMM*) e outros protocolos adaptados, como o *Object Exchange Protocol (OBEX)*. Por fim, o grupo de protocolos de transporte é constituído por protocolos desenvolvidos exclusivamente para a tecnologia *Bluetooth*, como o *Logic Link Control and Application Protocol (L2CAP)* e o *Host Controller Interface (HCI)*.

A Figura 5.1 descreve a pilha protocolar *Bluetooth*.

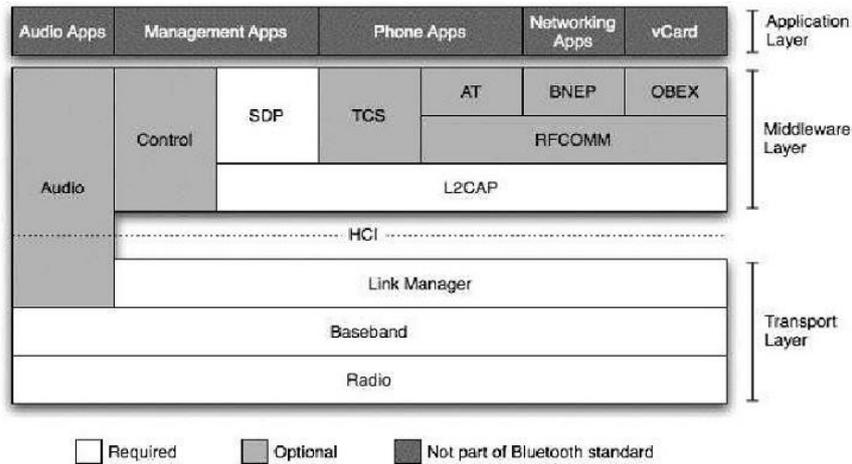


Figura 5.1: Pilha protocolar *Bluetooth* [30].

## Perfis

Os perfis do protocolo *Bluetooth* definem a forma como a tecnologia é utilizada, isto é, como componentes distintos da especificação do protocolo podem ser combinados, de forma a cumprirem os requisitos de um dispositivo *Bluetooth*. Um perfil pode ser visto como uma fatia vertical da pilha protocolar *Bluetooth*. Desta forma, são seleccionadas determinadas funcionalidades de cada camada, de acordo com as especificações da função *Bluetooth* a ser desenvolvida. O conceito de perfil permite reduzir o risco de problemas de interoperabilidade entre produtos de diferentes fabricantes. Estes perfis não acrescentam (normalmente) novas especificações ao protocolo *Bluetooth*. É por este motivo que, quando necessário, novos perfis podem ser adicionados.

Na Figura 5.2 encontram-se diversos perfis, de acordo com a listagem do grupo *SIG*. Como ilustrado, os perfis *Bluetooth* estão organizados em grupos. Cada grupo herda as funcionalidades do grupo que está abaixo. Este esquema permite a renovação de funcionalidades entre perfis, reduzindo deste modo os custos de desenvolvimento.

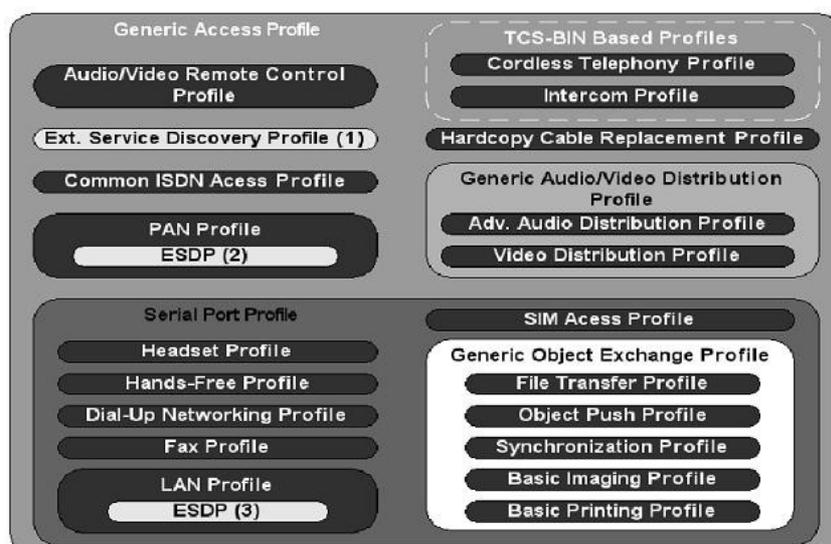


Figura 5.2: Perfis Bluetooth [29].

### 5.3. Wifi

O protocolo IEEE 802.11 [31] é actualmente o standard mais vulgarizado nas comunicações sem fios para redes locais. O objectivo inicial deste protocolo era desenvolver as especificações de Controlo de Acesso ao Meio (*MAC: Medium Access Control*) e da Camada Física (*PHY: Physical layer*) para a conectividade sem fios, de estações fixas, portáteis ou móveis numa área local.

Os dispositivos *Wifi* são essencialmente utilizados de forma a promover serviços de *broadband*, garantindo acesso a redes privadas ou públicas, através de interface sem fios.

Após o seu lançamento em 1997, o protocolo IEEE 802.11 foi rectificado em 1999, de forma a suportar taxas de transmissão acima da barreira dos 10 Mbps. Em 2003 foram introduzidas alterações de forma a alargar as taxas de transmissão para 54 Mbps, na banda dos 2.4 GHz. Esta evolução deveu-se à crescente necessidade de largura de banda, devido ao volume de informação crescente das aplicações.

#### 5.3.1 Arquitectura

Como acima referido, a norma IEEE 802.11 define a arquitectura das camadas *MAC* e *PHY*. A Figura 5.3 representa a correspondência entre o protocolo 802.11 e o modelo de referência *OSI*.

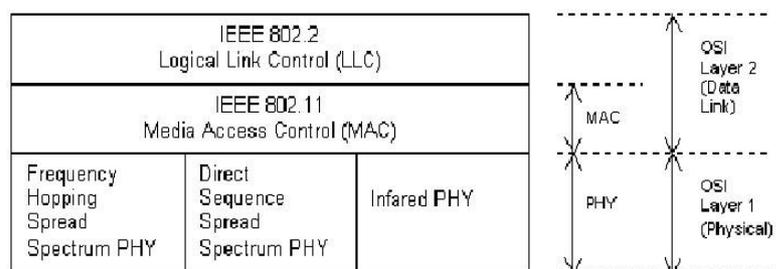


Figura 5.3: Arquitectura da pilha protocolar da tecnologia IEEE 802.11.

As redes 802.11 são constituídas por quatro componentes físicos: Sistema de Distribuição (*DS: Distribution System*), Pontos de Acesso (*AP: Access Point*), meio de comunicação sem fios e estações.

O *DS* é a interface que estabelece a ligação entre estações de uma rede *WLAN* para o mundo

exterior, reencaminhando os pacotes para os seus destinos. Os APs convertem os pacotes no formato 802.11 para diferentes formatos, permitindo deste modo que estes sejam transmitidos em diferentes canais de comunicação (por exemplo a *Ethernet*).

O protocolo IEEE 802.11 utiliza um meio sem fios como canal de comunicações. Este meio é baseado em dois tipos de acesso *PHYs*: Rádio Frequência (*RF*) e infravermelhos. O *PHY RF* tornou-se no mais popular devido ao maior alcance e melhor rendimento, visto não ser necessário que os dispositivos estejam em linha de vista. A estação é um dispositivo que contém as funcionalidades do protocolo 802.11, nomeadamente *MAC*, *PHY* e uma ligação ao meio sem fios.

Tipicamente estas funcionalidades estão implementadas no hardware e software de uma placa de interface à rede (*NIC: Network Interface Card*).

### Controlo de acesso ao meio (*MAC*)

A camada *MAC* do protocolo 802.11 fornece funcionalidades, que permitem o envio de dados para as camadas superiores, através do meio sem fios da camada *PHY*. O envio dos dados da camada *MAC* baseia-se no método assíncrono, *best-effort* e comunicação sem ligação. Não existem garantias de que as tramas serão entregues com sucesso.

O *MAC* providencia um mecanismo controlado de acesso ao meio sem fios partilhado, denominado *Carrier-Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA/CA)*. Através deste mecanismo, um dispositivo IEEE 802.11 apenas transmite um conjunto de dados após a verificação, por um período de tempo em que o canal se encontra livre para transmissão.

Outra funcionalidade do *MAC* é a de proteger os dados que são transmitidos através de serviços de segurança e privacidade. A segurança é disponibilizada pelos serviços de autenticação e por *Wireless Equivalent Privacy (WEP)*. O *WEP* é um serviço de encriptação de dados.

### Camada física

A camada física do protocolo 802.11 estabelece a interface entre o *MAC* e o meio sem fios, onde a informação é transmitida. Esta camada disponibiliza três funcionalidades: interface para a troca de informação com a camada superior do *MAC*, transmissão de dados através de uma portadora e uma indicação para que a camada *MAC* verifique a actividade do meio. O protocolo 802.11 define as seguintes vertentes da camada física *PHY*:

- Taxas de transmissão de 1 e 2 Mbps utilizando modulação *Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)* e *Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)*.
- Uma extensão ao protocolo inicial define taxas de transmissão de 5.5 e 11 Mbps (802.11a), utilizando modulação *High Rate DSSS (HR/DSSS)*
- Outra extensão ao protocolo 802.11 (802.11a) define múltiplas técnicas de multiplexagem na banda dos 5 GHz, de forma a atingir taxas de transmissão de 54 Mbps, utilizando modulação *Orthogonal Frequency-Division Multiplexing (OFDM)*.
- A versão 802.11g permitiu o aumento do ritmo de transmissão máximo dos dispositivos que operam na banda dos 2.4 GHz, para 54 Mbps, utilizando a mesma modulação utilizada na revisão 802.11a (*HR/DSSS*).

### 5.3.2 Topologias de rede

O Conjunto Básico de Serviços (*BSS: Basic Service Sets*) constitui o bloco básico de construção de uma rede sem fios, em que um grupo de estações comunica entre si. De acordo com a Figura 5.4, o *BSS* pode assumir duas formas: independente e infraestrutura.

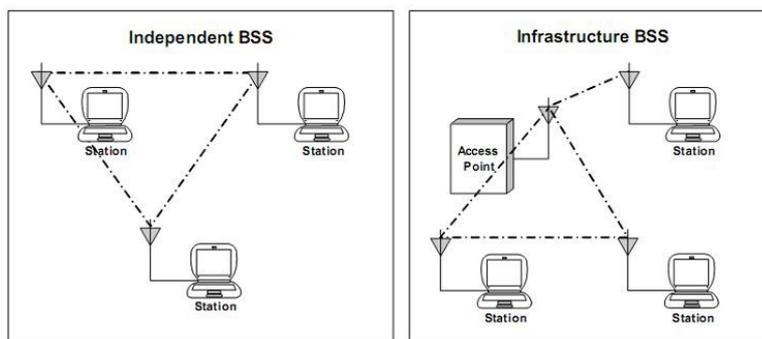


Figura 5.4: Topologias de rede suportadas pelo protocolo IEEE 802.11 [29].

A topologia mais básica de uma rede sem fios *wifi* é constituída por um conjunto de estações, que têm conhecimento dos componentes da rede, e que estão ligadas através do meio de comunicação sem fios de uma forma peer-to-peer. Este tipo de topologia de rede é conhecido por Conjunto Básico de Serviços Independente (IBSS: *Independent Basic Service Sets*) ou rede *Ad-hoc*. As redes IBSSs são estabelecidas de modo a permitir a conectividade em áreas de pequena dimensão, para um pequeno número de estações e durante curtos períodos de tempo. Redes com infraestruturas utilizam um componente denominado Ponto de Acesso (AP: *Access Point*) como intermediário nas comunicações. Quando uma estação pretende comunicar com outra, tem que enviar a informação para o AP (mesmo que a estação destino esteja dentro do raio de alcance da estação emissora), que posteriormente reencaminha a informação para a estação destino. Embora a comunicação seja efectuada em dois passos, existem duas vantagens neste processo:

- O alcance máximo de uma rede Infraestrutura BSS depende da cobertura do AP. Deste modo, é possível que duas estações que não estejam dentro do raio de alcance comuniquem entre si, usando o AP como intermediário.
- As estações são normalmente equipamentos móveis alimentados por baterias. Se os APs enviarem um reconhecimento às estações quando estas entram em modo de poupança energética, os APs podem armazenar toda a informação e enviá-la apenas quando solicitado. As estações poupam recursos energéticos porque não necessitam de estar continuamente à escuta de informação proveniente dos APs.

#### 5.4 . UWB – Ultra Wide Band

A tecnologia *Ultra-Wide Band* (UWB) é conhecida e utilizada há vários anos nas aplicações militares. Contudo, foi apenas nos anos 90, na Universidade da Califórnia do Sul que se iniciou o desenvolvimento do UWB como uma tecnologia de comunicações sem fios comercial [32]. Os primeiros sistemas UWB baseavam-se na tecnologia rádio, onde pequenos impulsos eram emitidos pelo ar [33]. Com base nesta técnica, em 1998, a Empresa *Time Domain Inc* produziu o primeiro transmissor UWB baseado no *chip PulsOn 100*. Mais tarde, uma Empresa recém formada, *XtremeSpectrum*, desenvolveu um circuito integrado denominado *Trinity* que suportava taxas de transmissão de 100 Mbps, usando o protocolo IEEE 802.15.3 MAC.

O crescente interesse nesta tecnologia em comunicações sem fios, para aplicações não militares, deveu-se à alocação do UWB no espectro de frequências por parte da *Federal Communications Commission* (FCC), na revisão da Secção 15 das regras da comissão. Foram propostas duas abordagens para a utilização de UWB em comunicações, o MB-OFDM (*Multi-Band Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) e o DS-UWB (*Direct Sequence UWB*). A Aliança Wimedia desenvolveu a proposta baseada em MB-OFDM.

Em Março de 2005, o grupo IEEE 802.15.4a propôs a utilização de impulsos rádio na gama de operação UWB para aplicações de baixa taxa de transferência.

A FCC define a tecnologia UWB como sendo qualquer sinal que ocupe pelo menos 500 MHz dos 7.5 GHz do espectro, entre as frequências 3.1 GHz e 10.6 GHz (Figura 5.5). Cada canal de rádio

pode ocupar mais de 500MHz da largura de banda, dependendo da frequência central.

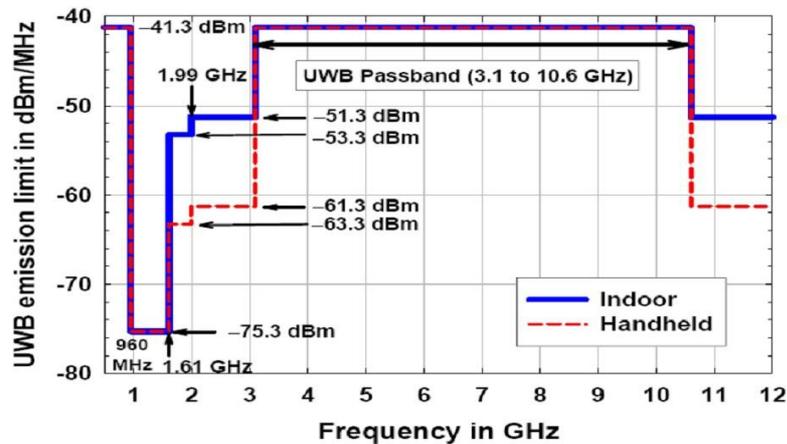


Figura 5.5: Largura de banda e potência de transmissão autorizadas pela FCC para a tecnologia UWB.

Para permitir uma largura de banda tão elevada, a FCC estabelece regras muito restritas na potência máxima emitida durante a transmissão de sinal. Deste modo, os dispositivos compatíveis com esta tecnologia podem utilizar uma largura de banda muito vasta sem o risco de ocorrência de interferência com outros dispositivos de comunicação rádio. Devido às limitações da potência do sinal emitido, os dispositivos compatíveis com a tecnologia UWB apresentam baixo consumo energético.

A Aliança WiMedia aproveita as vantagens da tecnologia UWB (taxas de transmissão de alto débito e consumos energéticos reduzidos) para definir uma plataforma de rádio comum que serve de suporte a outros protocolos. A plataforma de rádio comum WiMedia UWB define as especificações das camadas de Controlo de Acesso ao Meio (MAC) e Física (PHY), com base na modulação OFDM.

A Aliança Wimedia desenvolve uma base de suporte a novos protocolos de comunicação a emergir, tais como o Wireless USB, Wireless IP (WiNET), Bluetooth e IEEE1394. O protocolo Wireless USB possui a sua versão 1.0 concluída e existem já diversos produtos certificados no mercado.

As especificações MAC e PHY foram intencionalmente definidas de modo a adaptarem-se aos diversos requisitos definidos pelos organismos reguladores mundiais, nomeadamente, atingir reduzido nível de complexidade nos nós e suportar múltiplos modos de gestão de recursos energéticos e capacidade espacial elevada.

## 5.5. ZigBee

A tecnologia ZigBee [37] permite a construção de redes de sensores sem fios (WSN: Wireless Sensor Networks) em ambientes domésticos e industriais. Os requisitos de consumo de energia e complexidade de implementação são a base do desenvolvimento da tecnologia ZigBee.

A Philips foi a primeira promotora da tecnologia ZigBee. A então designada HomeRF Lite entrou em desenvolvimento decorria o ano de 1998. A tecnologia evoluiu e a agregação de novos colaboradores implicou a sucessiva alteração de nomenclatura desde PURLnet, RF Lite, RF Easy Link até que em 2001 adoptou o nome de ZigBee. O nome ZigBee é originário do princípio desta tecnologia e deriva do movimento em zig-zag efectuado pelas abelhas de forma a informarem a sua colónia da localização, distância e direcção de novas fontes de comida [35].

Decorria o ano de 2000, quando o núcleo ZigBee se associou ao grupo IEEE 802.15 para combinarem esforços para a criação de um novo protocolo para redes de baixo consumo de energia e baixo custo de implementação. Foi então criado o grupo 4 de forma a desenvolver um

standard *Low Rate Wireless Personal Area Network (LR-WPAN)*, o IEEE 802.15.4 [36].

A Aliança *ZigBee* foi formada em 2002 pelas Empresas *Philips, Motorola, Honeywell, Invensys e Mitsubishi Electric*, com a intenção de promover a tecnologia *ZigBee*, especificando as camadas superiores (*Network* e *Aplicação*), desenvolvendo perfis de aplicação e executar testes de conformidade e inter-operacionalidade entre dispositivos de diferentes fabricantes.

As principais características de uma rede *ZigBee* são o baixo consumo de energia, baixa complexidade da pilha protocolar, baixa latência e a possibilidade de estabelecimento de múltiplas topologias de rede, tais como a ponto-a-ponto, ponto-multiponto, *cluster tree* e *mesh*.

Numa rede *ZigBee* existem três dispositivos, que possuem diferentes funcionalidades na rede, são eles o *Coordinator*, os *Routers* e os *End Devices*. O *Coordinator* é responsável pela criação da rede, escolhendo o canal físico e identificador (*PAN ID*), cujos dispositivos que pretendam operar na mesma rede devem utilizar. Para a existência de uma rede é necessário a existência de um *Coordinator* e pelo menos um *Router* ou *End Device*. Os *Routers* possuem a capacidade de encaminhamento de pacotes, podendo estes comunicar com qualquer dispositivo na rede. Os *End Devices* são dispositivos de baixa complexidade, que se encontram em estado de baixo consumo, maioritariamente, e podem ser por isso alimentados por baterias. Os *End Devices* apenas podem comunicar com o seu parente e não efectuam encaminhamento de pacotes.

Nas próximas secções será apresentada a pilha protocolar *ZigBee*, incluindo os perfis desenvolvidos.

### 5.5.1 Pilha Protocolar

A pilha protocolar *ZigBee*, baseia-se nas camadas do modelo *OSI (Open Systems Interconnections)*. O standard desenvolvido pelo grupo de trabalho IEEE 802.15.4 define as camadas física (*PHY*) e de controlo de acesso ao meio (*MAC*) da tecnologia *ZigBee*. As restantes camadas são desenvolvidas pela Aliança *ZigBee* nomeadamente a camada de rede (*NWK*) e aplicação (*AL*).

Cada camada da pilha protocolar produz um conjunto específico de serviços para a camada que se encontra imediatamente acima. Cada entidade de serviço possui uma interface para a camada acima, através do *Service Access Point (SAP)* e cada *SAP* suporta um número de primitivas de serviços para obter a funcionalidade pretendida. A Figura 5.6 apresenta a arquitectura da pilha protocolar *ZigBee*.

A nível da camada física (*PHY*), existem duas bandas de frequências, onde os dispositivos podem operar, 868/915 MHz e 2.4 GHz. As bandas de baixa frequência são utilizadas, na Europa (868 MHz) e nas Américas e Austrália (915 MHz), como gamas livres de operação. A banda de 2,4 GHz é usada universalmente, como banda de utilização, para aplicações industriais científicas e médicas (*ISM: Industrial, Scientific and Medical*) [38].

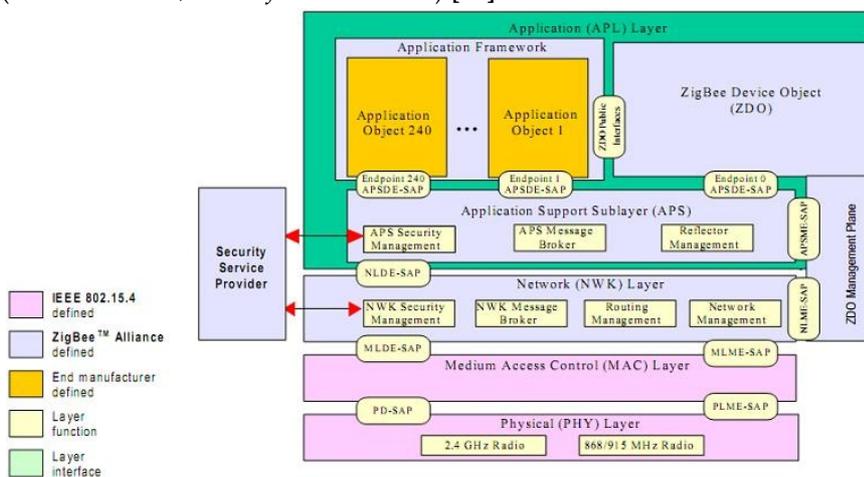


Figura 5.6: Pilha protocolar ZigBee [38].

A camada *MAC* (*Medium Access Control*), definida pela especificação IEEE 802.15.4, controla o acesso ao canal, utilizando o mecanismo de *CSMA-CA* (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*). As suas funcionalidades também incluem a sincronização entre dispositivos e garantia de fiabilidade nas transmissões. Ao nível da camada *MAC*, existem dois dispositivos distintos, o *FFD* (*Full Function Device*) e o *RFD* (*Reduced Function Device*).

A camada de rede possui mecanismo de associação e desassociação de elementos na rede e executa encaminhamento de mensagens, para o destinatário pretendido. A descoberta e manutenção das tabelas de encaminhamento é efectuada ao nível desta camada. Existem diferenças entre as camadas de rede dos diferentes dispositivos da rede.

A camada de aplicação é responsável pela manutenção das tabelas de *binding*, definição da quantidade de serviço entre dispositivos, determinação dos serviços de aplicação que este disponibiliza e descrição do ambiente, no qual os objectos das aplicações desenvolvidas são armazenadas nos dispositivos *ZigBee*.

## 5.5.2 Camada física

A camada *PHY* (*physical*) executa dois tipos de serviços, o *PHY data service* e o *PHY management service* com interface para o *Physical Layer Management Entity* (*PLME*). O *PHY data service* permite a transmissão e recepção de *PHY Protocol Data Units* (*PPDU*), através do canal físico de rádio.

As características da camada *PHY* são: a activação e desactivação do *transceiver* rádio, verificar a energia do canal (*Energy Detection*), a qualidade da ligação (*Link Quality Indication*), a selecção do canal e o *Clear Channel Assessment* (*CCA*). O *CCA* é o processo que determina o estado actual do canal em determinado instante [39].

As diferentes bandas de frequência, possuem diferentes números de canais físicos, assim como taxas de transmissão de dados. As frequências mais baixas são mais apropriadas para transmissões de maior alcance, devido às menores perdas na propagação. Por outro lado, as frequências mais altas permitem maiores taxas de transmissão, melhor performance e menor latência. Todas as frequências são baseados na técnica de *DSSS*.

A utilização de diversos canais, nas diferentes bandas de frequência, permite a realocação do canal, dentro do mesmo espectro. A técnica de modulação diverge nas duas bandas de frequência, para 868/915 MHz é utilizada modulação *Binary Phase-Shift Keying* (*BPSK*), enquanto para a banda de frequência de 2,4 GHz é usada a modulação *Offset Quadrature Phase-Shift Keying* (*O-QPSK*).

A Tabela 5.1 apresenta as duas bandas de frequências de operação do standard IEEE 802.15.4.

	Banda	Cobertura	Data Rate (kbps)	# de canais	Potência de tx (dBm)	Sensibilidade de Rx (dBm)	Link budget (dB)
868 MHz	-	Americas	20	1	-3	-92	89
915 MHz	-	Europa	40	10	-3	-92	89
2,4 GHz	ISM	Worldwide	250	16	-3	-85	92

Tabela 5.1: Descrição das especificações técnicas da camada *PHY* do standard IEEE 802.15.4 [40].

O mecanismo de *Direct Sequence Spread Spectrum* (*DSSS*) consiste na divisão dos dados a enviar, em pequenos pacotes, em que cada um destes é alocado numa frequência ao longo do espectro. O sinal de dados, no ponto de transmissão, é combinado com uma sequência de elevada taxa de transmissão (*chipping code*), que divide os dados de acordo com a taxa de dispersão do canal. A redundância do *chipping code* ajuda o sinal a resistir a interferências, assim como permite que os dados originalmente transmitidos sejam recuperados, mesmo com alguns bits danificados.

A estrutura do *PHY protocol data units* (*PPDU*) (Figura 5.7), possui um cabeçalho de sincronização (*SHR: Synchronization Header*), um cabeçalho da camada física (*PHR: physical header*) e

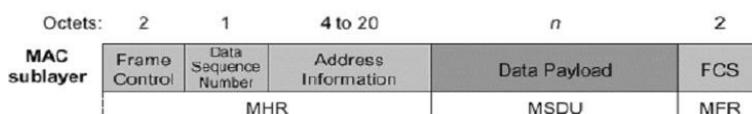


Figura 5.7: Estrutura da trama PPDU.

o campo de dados (PSDU: *PHY Service Data Unit*). O SHR permite a sincronização do dispositivo de recepção e o PHR possui o restante tamanho da trama (PSDU).

### 5.5.3 Controlo de Acesso ao Meio (MAC)

A camada MAC é responsável pela execução dos mecanismos de gestão do modo *beacon*, acesso ao canal físico, alocação de slots *GTS*, validação de tramas, entrega de *acknowledges*, associação e desassociação. Nesta camada são definidos dois tipos de dispositivos, *FFD* (*Full Function Device*) e *RFD* (*Reduced Function Device*). Os dispositivos *FFD* possuem todos os mecanismos definidos pela norma, enquanto os dispositivos *RFD* possuem menor complexidade, estando maioritariamente em modo de poupança de energia.

Existem dois modos de comunicação suportados pela camada MAC, o *beacon* e o *non beacon*. No modo *non beacon* todos os dispositivos concorrem pelo acesso ao meio, utilizando o mecanismo de CSMA-CA. No modo *beacon*, os diversos módulos encontram-se sincronizados com o *beacons Coordinator*, permitindo a atribuição de *slots* temporais a diversos módulos, garantindo fiabilidade e baixa latência nas transmissões. O modo *beacon* utiliza uma estrutura de *superframe*, que sincroniza e organiza os instantes de transmissão de todos os elementos na rede.

#### Estrutura Superframe

O modo *beacon* é caracterizado pelo envio periódico de uma trama com estrutura específica, essa estrutura é designada por *Superframe*. A inicialização desta estrutura é apenas efectuada pelo *Coordinator*. A estrutura é dividida em 16 *slots* temporais de igual período.

O *beacon* de sincronização é enviado, em primeiro lugar, para que todos os dispositivos na rede se encontrem sincronizados. A porção activa consiste no período de acesso com contenção (CAP: *Contention Access Period*) e no período livre de contenção (CFP: *Contention Free Period*).

A Figura 5.8 apresenta a estrutura *Superframe*.

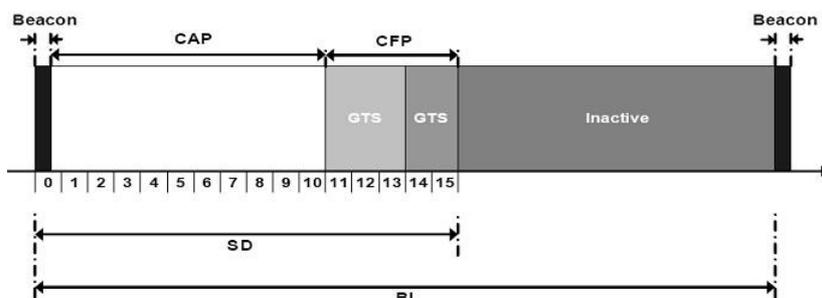


Figura 5.8: Estrutura da superframe [39].

Durante o CAP, cada dispositivo que pretende aceder ao meio, disputa-o, através de mecanismo CSMA/CA. No período de CFP, os *Guaranteed Time Slots* (GTSs), são atribuídos a diversos dispositivos e apenas estes podem comunicar durante estes períodos sem utilização de CSMA/CA. A atribuição de GTSs apenas pode ser efectuada pelo *Coordinator*. A utilização dos GTSs permite a diminuição da latência e atribuição de largura de banda dedicada. Na porção inactiva os módulos entram em modo de poupança de energia.

#### Modelos de transferência de dados

A camada MAC define três modos de transferência de dados entre dispositivos: do *coordinator*

para um outro dispositivo, de um dispositivo para um *coordinator* e entre dois dispositivos. O fluxo de transmissões depende da utilização de *beacons* ou não [39].

A Figura 5.9 apresenta uma comunicação em modo *beacon*. O módulo aguarda a recepção do *beacon*, sincroniza-se com a estrutura *superframe* e envia a trama conforme método abordado anteriormente. Caso não se trate de modo *beacon*, o *Network Device* não teria de aguardar a recepção deste, podendo efectuar a transmissão a qualquer instante.

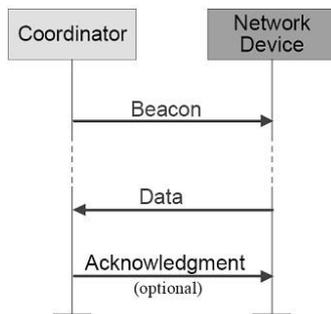


Figura 5.9: Comunicação para o coordenador em modo *beacon*.

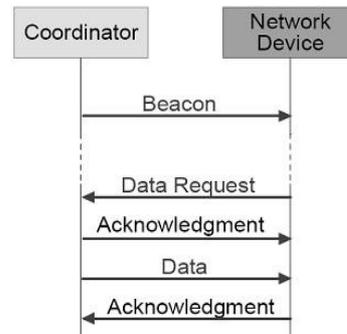


Figura 5.10: Comunicação do coordenador para outro dispositivo.

Quando o *coordinator* pretende enviar dados em modo *beacon*, este sinaliza a sua pretensão na mensagem de *beacon*. O dispositivo ao receber o *beacon* percebe que existem dados pendentes para lhe serem entregues. O dispositivo envia um *Data Request* ao *coordinator* usando *CSMA/CA*. Os dados são então enviados para o dispositivo, usando o mesmo mecanismo de acesso ao meio. A Figura 5.10 ilustra o referido processo.

Para redes em modo *non beacon*, o envio de dados do *coordinator* para um dispositivo é semelhante, sem que o dispositivo tenha de aguardar por sincronização.

Em redes *peer-to-peer*, cada dispositivo pode comunicar com qualquer outro, na sua esfera de interferência, sem que tenha de comunicar com o *coordinator*. Existem duas possibilidades de transmissão de dados, o dispositivo transmite os dados através de *CSMA/CA* ou os nós executam um processo de sincronismo um com o outro, de forma a poupar energia.

### Estrutura de uma trama MAC

O formato *MAC Protocol Data Unit (MPDU)* possui três campos, o *MAC Header (MHR)*, o *MAC Service Data Unit (MSDU)* e o *MAC footer (MFR)*. Cada um dos referidos campos pode possuir outros subcampos, como ilustrado na Figura 5.11.

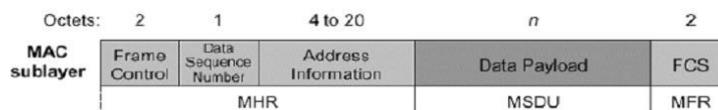


Figura 5.11: Formato da trama da camada MAC.

No *MHR* existe o campo *Frame control*, que especifica o tipo de conteúdo da restante trama. Os tipos de trama são: trama de dados, trama de *acknowledge*, trama de *beacon* e trama de comando. Os outros campos do *MHR* são o *Data Sequence Number* e o *Address Information*, estes permitem identificação da mensagem com o respectivo *acknowledge* e o endereço do módulo de destino.

O campo *MSDU* define os campos de dados usados pelas camadas de mais alto nível. O *MAC footer* é composto pelo *Frame Check Sequence (FCS)* que valida a integridade da trama.

### 5.5.4 Camada de rede

Na camada *Network (NWK)* são definidas as topologias de rede, os mecanismos de

associação/desassociação e o encaminhamento de tramas.

Os dispositivos *FFD* e *RFD*, definidos pelo protocolo IEEE 802.15.4, permitem o desenvolvimento de três diferentes dispositivos *ZigBee*, o *Coordinator*, os *Routers* e os *End Devices*. As camadas *NWK* dos três possíveis dispositivos diferem entre si. A funcionalidade de cada uma das diferentes camadas *NWK* de cada dispositivo é apresentada na Tabela 5.2.

<i>Funcionalidades</i>	<i>Coordinator</i>	<i>Router</i>	<i>End Device</i>
<i>Estabelecimento de nova rede ZigBee</i>	<i>o</i>		
<i>Atribuição de endereços de rede (16 bit)</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	
<i>Permissões para que outros dispositivos se associem à rede</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	
<i>Manutenção de listas de vizinhos e rotas</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	
<i>Reencaminhamento de pacotes de camada NWK</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	
<i>Transferência de pacotes de camada NWK</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>
<i>Associação/Desassociação de uma rede</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>

Tabela 5.2: Funcionalidades da camada *NWK* para diferentes dispositivos *ZigBee* [42].

### Topologias de rede

A camada de rede *ZigBee* suporta três topologias de rede: *star*, *cluster tree* e *mesh*. As diferentes topologias disponibilizam diferentes serviços, para diferentes tipos de aplicação. Uma rede *ZigBee* pode porém possuir as três topologias de rede integradas.

A topologia *star* é a topologia de menor complexidade. Esta consiste num grupo (tipicamente *End Devices*) de nós, que apenas comunicam com o seu parente (*Router* ou *Coordinator*). A topologia *star* é apropriada para aplicação de latência crítica e baixo consumo, devido aos *End Devices* se encontrarem maioritariamente em modo *sleep*. A desvantagem da utilização da tecnologia *star*, deve-se ao facto da extensão máxima da rede ser de dois saltos (*hops*). Para além disso, na topologia de rede, a fiabilidade é baixa, pois não podem existir caminhos alternativos em caso de falha do parente.

A topologia de rede *cluster tree* é constituída por uma árvore de múltiplos saltos, entre comunicações de diferentes dispositivos. Este tipo de topologia deve possuir elevado número de caminhos alternativos, especialmente junto da raiz da árvore, para que um elevado número de dispositivos não percam a comunicação, caso um módulo se encontre inactivo.

Uma rede do tipo *mesh* permite a existência de múltiplos caminhos, entre dois dispositivos *ZigBee*, aumentando a fiabilidade da comunicação. Os *routers* na topologia *mesh*, podem proceder à descoberta e caracterização de caminhos alternativos disponíveis e seleccionar o melhor. A desvantagem da utilização desta topologia, tem que ver com o consumo de energia, pois os *routers* não podem entrar em modo de baixo consumo. A latência em rede *mesh* é difícil de estimar.

### Arquitectura

A arquitectura da camada *NWK* executa dois tipos de serviços: *NWK Data Service* (*NLDE: Network Layer Data Entity*) e *NWK Management Service* (*NLME: Network Layer Management Entity*) acedidos através de dois *SAPs* (*Service Access Points*) pelas camadas superiores. O acesso aos dois serviços da camada *MAC*, é também acedido, através de dois blocos *SAPs*.

O *NLDE* executa os serviços de dados, que permitem a transferência de dados, entre dois ou mais dispositivos. Este bloco cria o *NPDU* (*Network Packet Data Unit*) e o protocolo de *routing*, específico da topologia, permitindo a transmissão do *NPDU* ao seu destinatário. O *NLDE* assegura a autenticidade e confidencialidade da transmissão.

A gestão dos serviços da camada *NWK* permite a uma aplicação, interagir com a pilha protocolar *ZigBee*, assegurada pelo bloco *NLME*. Este bloco pode inicializar nova rede, associar ou desassociar-se de uma rede existente, atribuir endereços de rede, descobrir, registar e partilhar informações dos módulos vizinhos e descobrir/manter informações acerca dos caminhos de rede.

### Atribuição de endereços

Durante o processo de associação de um dispositivo a uma rede *ZigBee*, é atribuído, ao novo dispositivo, um endereço de rede lógico. Em *ZigBee*, os endereços de rede são atribuídos pelo *Coordinator* ou pelos *Routers*, usando um algoritmo estruturado em árvore. A estrutura da rede é definida por uma entidade designada por *stack profile*.

A *stack profile* inclui a definição da profundidade máxima da rede (*maximum network depth*), número máximo de filhos *routers* (*maximum number of child routers*) e número máximo de filhos (*maximum number of children*). Estes parâmetros definem a forma da rede (Figura 5.12).

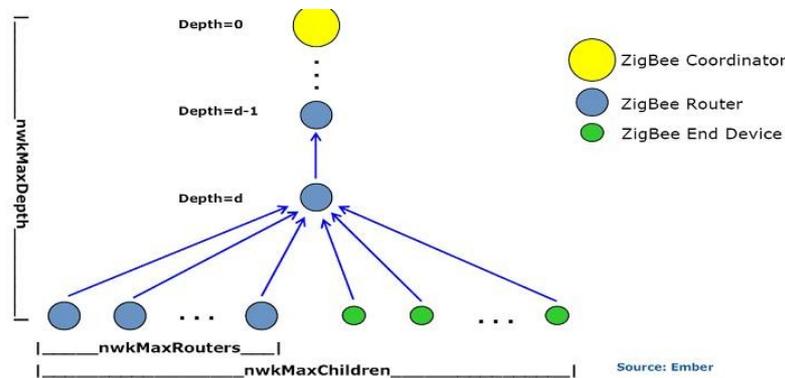


Figura 5.12: Parâmetros máximos do número de nós numa rede ZigBee.

O *maximum network depth* define o número máximo de saltos, entre o *Coordinator* e qualquer outro dispositivo. O *maximum number of child routers* e *children* definem o número máximo de *routers* e filhos em geral (*Routers* ou *End Devices*), que se podem associar a um *Router* ou ao *Coordinator*.

### Protocolos de encaminhamento

A camada *NWK ZigBee* possui dois mecanismos de encaminhamento de pacotes, o encaminhamento hierárquico, usando o algoritmo de *cluster tree* e o *AODV* (*Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing*), baseado em tabelas [43].

Ambos os dispositivos *Coordinator* e *Routers* implementam um ou mais mecanismos de encaminhamento. No algoritmo de *cluster tree* (Figura 5.13), os pacotes passam para cima e para baixo na árvore lógica de dispositivos, usando os endereçamentos lógicos de rede previamente atribuídos. A atribuição dos endereços define a localização lógica dos elementos de rede.



Figura 5.13: Protocolo de endereçamento baseado no algoritmo de cluster tree.

O mecanismo de descoberta de rotas é usado para actualização das tabelas de encaminhamento e para manutenção de informação acerca dos nós vizinhos. Um vizinho é um nó, com o qual se pode comunicar apenas com um salto. Este mecanismo usa o processo de *AODV*.

No encaminhamento por vizinho, caso o dispositivo destino possa ser atingido directamente, o pacote é encaminhado directamente, como ilustrado na Figura 5.14. No encaminhamento *mesh*, o *coordinator* e *routers* mantêm uma tabela do endereço, destino do próximo salto, do melhor caminho para atingir o dispositivo alvo. A Figura 5.15 ilustra o mecanismo de encaminhamento *mesh*.



Figura 5.14: Exemplo de encaminhamento por vizinho.

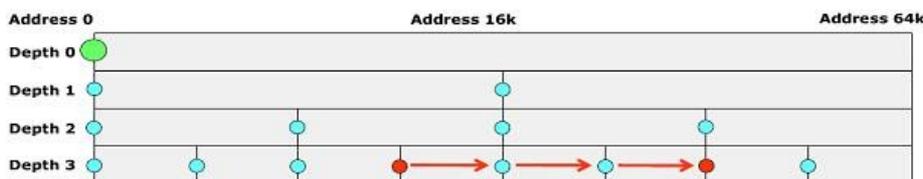


Figura 5.15: Exemplo de encaminhamento mesh.

## 5.6 . Camada de Aplicação

A tecnologia *ZigBee* implementa um conjunto de serviços, definidos pelos perfis de aplicação. Estes perfis permitem a interoperacionalidade entre aplicações *ZigBee* de diferentes fabricantes [42]. Os perfis de aplicação são geridos ao nível da camada Aplicação (*AL: Application Layer*).

A camada de aplicação da tecnologia *ZigBee* é constituída internamente por três blocos: o *Application Support Sublayer (APS)*, o *ZigBee Device Object (ZDO)* e o *Application framework (AF)*.

O bloco *APS* define uma interface entre a camada *NWK* e a restante camada *AL*, garantindo um conjunto de serviços, usados pelo *ZDO* e pela *AF*. O bloco *APS* mantém as tabelas de *binding*. As tabelas de *binding* definem a capacidade de combinação de dois dispositivos, baseados nos mesmos serviços, encaminhar pacotes entre dispositivos associados, definir grupos de endereços e filtrar pacotes de grupos de endereços.

O ambiente onde os objectos da aplicação são alojados, na pilha protocolar *ZigBee*, é na *Application Framework*. Na *AF*, os objectos definidos pelos fabricantes, executam as funções de controlo e gestão das camadas do protocolo *ZigBee*, assim como inicialização das funções de rede, através das interfaces públicas do *ZDO*.

O *ZDO* representa a classe básica de funcionamento, que permite a interface entre os objectos da aplicação, o perfil de utilização e a *APS*. O *ZDO* é responsável pela inicialização do *APS*, da camada *NWK* e o provedor de serviços de segurança (*Security Service Provider*), assim como agrega as informações de configuração da aplicação final, de forma a determinar e implementar o processo de descoberta, gestão de segurança, gestão da rede e gestão de *binding*.

### 5.6.1 Perfis

Para descrever os serviços gerados por um dispositivo *ZigBee*, a tecnologia *ZigBee* define o conceito de perfil. Um perfil é um objecto de aplicação da camada *AL*. Os dispositivos *ZigBee* são modelados, utilizando objectos de aplicação, que comunicam com outros dispositivos, trocando os objectos e atributos do perfil em que estão inseridos, garantindo a interoperacionalidade entre iguais perfis de aplicação de diferentes fabricantes. A Tabela 5.3 descreve alguns dos perfis actualmente em desenvolvimento pela aliança *ZigBee*.

<i>Nome</i>	<i>Descrição</i>
<i>Infraestrutura de metrologia avançada</i>	Aplicações de medição de dados e gestão de energia de forma a garantir mais eficiente utilização de energia.
<i>Automação comercial para edifícios</i>	Aplicações no domínio comercial, industrial e institucional para controlo, gestão e monitorização de edifícios.
<i>Cuidados pessoais, de habitações e hospitais</i>	Aplicações de exercício físico pessoal, equipamentos médicos ou hospitalares para monitorização da saúde e bem-estar.
<i>Aplicações de telecomunicações</i>	Aplicações para serviços de valor acrescentado em telecomunicações <i>WAN</i> ( <i>Wide Area Network</i> ). Inclui entrega de dados, pagamentos móveis e partilha de dados.
<i>Aplicações de redes de sensores sem fios</i>	Permite ambiente de monitorização, <i>tracking</i> de produtos e monitorização de estruturas.

Tabela 5.3: Lista de Perfis em desenvolvimento [44].

Existem diversos perfis públicos, que podem ser definidos e certificados pela Aliança *ZigBee*, que podendo ser utilizados pelos membros da aliança, no desenvolvimento de soluções inter-operacionais. Cada diferente perfil, possui um diferente identificador, atribuído pela aliança *ZigBee*. Existem ainda perfis privados, cuja utilização pretende ser exclusiva dos fabricantes.

### 5.6.2 Serviços de Segurança

Os serviços de segurança (*security*) são uma mais valia para a tecnologia *ZigBee*. A segurança *ZigBee* utiliza o modelo de segurança do IEEE 802.15.4, que especifica os mecanismos de *Advanced Encryption Standard* (*AES*) e o *Counter mode and Cipher block chaining Message authentication code* (*CCM*). Nas camadas de *NWK* e *AL* são configuradas as definições de segurança, nomeadamente os tipos de chave (mestre, ligação ou rede) e modo de operação *CCM*.

É garantida segurança ao nível da infraestrutura, assim como dos dados da aplicação. A segurança da infraestrutura executa o controlo de acesso à rede, mantém uma lista de dispositivos de confiança, integridade dos pacotes encaminhados e prevenção de transporte não autorizado. A segurança dos dados da aplicação executa quatro mecanismos fundamentais de segurança: *freshness*, integridade da mensagem, autenticação e encriptação.

O mecanismo de *freshness* consiste na rejeição de pacotes de dados, que tenham sido replicados. O dispositivo compara o valor de *freshness* com o último valor conhecido do mesmo dispositivo e rejeita a trama recebida, caso o valor de *freshness* não tenha sido actualizado desde a última transmissão. A integridade da mensagem, assegura que uma mensagem não foi alterada durante o transporte. A autenticação, promove a confirmação segura do emissor da mensagem. A autenticação pode ser implementada ao nível da rede (para ataques externos à rede) ou ao nível do dispositivo (para ataques internos à rede). Ao nível da rede existe uma chave comum a todos os dispositivos da rede *ZigBee*. Ao nível do dispositivo, são usadas chaves únicas, entre pares de dispositivos. A encriptação, diminui a interpretação das mensagens por quaisquer outro dispositivo, na rede *ZigBee*, a estes não destinadas. Tal como a autenticação, existe encriptação ao nível da rede e do dispositivo.



## Capítulo 6

# Tecnologias de comunicação de proximidade sem contacto - RFID

### 6.1 . Introdução

As Tecnologias de comunicação de proximidade sem contacto, também conhecidas por *Near Field Communication (NFC)*, encontram-se disseminadas pelo nosso dia-a-dia, desde cartões multibanco, a telemóveis, até mesmo junto dos códigos de barras dos produtos que adquirimos. *RFID* é um acrónimo do nome (*Radio-Frequency Identification*), em inglês, que, em português, significa Identificação por Rádio Frequência. Trata-se de um método de identificação automática, através de sinais de rádio, recuperando e armazenando dados remotamente, através de dispositivos chamados de *tags RFID* [9]. É uma das tecnologias de comunicação de proximidade sem contacto. Ao nível de cartões de estacionamento, existem já alguns sistemas de parques de estacionamento fechados, de algumas Empresas e instituições, que utilizam esta tecnologia para controlar o acesso aos seus parques. Na *Micro I/O*, existem já outros produtos que utilizam cartões com a tecnologia *RFID*. Contudo, nenhum dos produtos existentes realiza escrita de dados nos cartões *RFID*. Lendo apenas a *tag RFID* e acedendo assim à base de dados, sem necessidade de escrever no cartão. Tendo em conta que o sistema de pagamentos de parques de estacionamento, na sua versão base, não inclui conectividade, por omissão, entre os diferentes elementos do sistema, é necessário guardar dados nos cartões de Utilizadores.

## 6.2. Near field communication - NFC

*NFC (Near field communication)*, é uma tecnologia de comunicações de alta frequência e de curto alcance, sem fios, que permite a troca de dados entre dispositivos, até cerca de 10 centímetros de distância. Esta tecnologia, é uma simples extensão da norma *ISO 14443*, que define o standard para as comunicações de proximidade (*contactless card, RFID*) e combina a interface de um cartão inteligente com um leitor num único dispositivo. A tecnologia *NFC*, garante compatibilidade entre dispositivos *ISO 14443*, sejam eles cartões ou leitores, bem como com outros dispositivos *NFC*, compatíveis com as actuais infra-estruturas, já em contacto para a utilização de transportes públicos e de pagamento. *NFC* é essencialmente destinado a uso em telefones celulares.

Tal como a norma *ISO 14443*, a tecnologia *NFC* comunica com base num campo magnético induzido, onde duas antenas estão no alcance uma da outra, formando um cone de comunicação entre ambas. Esta tecnologia opera na banda *ISM (Industrial, scientific and medical)* a 13.46 Mhz, com uma largura de banda de aproximadamente 2 MHz. O alcance médio, com antenas compactas *standard*, é de cerca de 10 cm e pode funcionar com taxas de transmissão de dados de 106, 212, ou 424 kbit/s.

Nesta tecnologia definem-se dois modos de comunicação:

- ✓ **Modo Passivo:** O dispositivo iniciador providencia uma portadora e o dispositivo destino responde modulando a respectiva portadora. Neste sistema, o dispositivo destino pode retirar a sua alimentação do campo electromagnético, criado pelo dispositivo iniciador, sendo assim o dispositivo destino um *transponder*. Os típicos cartões *RFID* funcionam no modo passivo.
- ✓ **Modo Activo:** neste modo, tanto o dispositivo iniciador como o destino comunicam gerando o seu próprio campo electromagnético. Os dispositivos desactivam o seu campo magnético, quando estão à espera de receber dados. Neste modo de funcionamento, tipicamente, cada dispositivo tem a sua fonte de energia própria.

A tecnologia *NFC* emprega duas codificações diferentes para transferir dados. No caso de a transmissão ser efectuada por um dispositivo activo a 106 kbit/s, é usada a codificação de *Miller*, modificada com 100% de modulação. Em todos os outros casos é usada a codificação de *Manchester*, com uma taxa de modulação de 10% (Tabela 6.1).

	Dispositivo activo	Dispositivo passivo
424 kBd	<i>Manchester, 10% ASK</i>	<i>Manchester, 10% ASK</i>
212 kBd	<i>Manchester, 10% ASK</i>	<i>Manchester, 10% ASK</i>
106 kBd	<i>Modified Miller, 100% ASK</i>	<i>Manchester, 10% ASK</i>

Tabela 6.1 Codificação *NFC* para ambos os dispositivos.

Os dispositivos *NFC* são capazes de receber e de transmitir em simultâneo. Assim, os dispositivos escutam o meio e detectam uma colisão, se o sinal recebido não for igual ao sinal transmitido.

### 6.2.1 Comparação *NFC* vs *Bluetooth*

Ambas as tecnologias de comunicação *NFC* e *Bluetooth* são tecnologias de comunicação de curto alcance, que recentemente têm sido integradas em dispositivos de comunicação moveis, por exemplo telemóveis. A vantagem, significativa da tecnologia *NFC*, sobre a tecnologia *Bluetooth*, é o pequeno *set-up time*, como se vê na Tabela 6.2. Ao invés do *Bluetooth*, em que são necessárias configurações manuais para a detecção de outros dispositivos, a comunicação entre dispositivos *NFC* é estabelecida instantaneamente (< 0.1 s).

Para evitar o complicado processo de configuração da tecnologia *Bluetooth*, a *NFC* pode ser usada para transmitir os parâmetros de configuração entre dispositivos *Bluetooth*. A máxima taxa de transferência de dados na tecnologia *NFC* (424 kbit/s) é inferior à do *Bluetooth* (721 kbit/s). Devido ao seu curto alcance, o *NFC* providencia um elevado grau de segurança em locais públicos.

	NFC	Bluetooth
<b>Network Type</b>	<i>Point-to-point</i>	<i>Point-to-multipoint</i>
<b>Range</b>	<0.2 m	10 m
<b>Speed</b>	424 kbit/s	721 kbit/s
<b>Set-up time</b>	<0.1 s	6 s
<b>Compatible with RFID</b>	Yes	No

Tabela 6.2 Comparação entre as tecnologias *NFC* e *Bluetooth*.

### 6.3 . RFID

*RFID* – *Radio Frequency Identification*, é um método de identificação automática, baseando-se em armazenar e recuperar dados remotamente, usando dispositivos chamados *tags RFID* ou *transponders RFID*.

A maior parte das *tags RFID* (Figura 6.1) existentes contém pelo menos duas partes – a primeira composta por um circuito integrado para armazenar e processar informação, modular e desmodular os sinais *RF* recebidos e outras funções específicas, a segunda é a antena que recebe e transmite os sinais *RF*. A tecnologia *RFID chipless* permite a criação de *tags*, sem a necessidade de um circuito integrado, permitindo assim reduzir os custos significativamente.

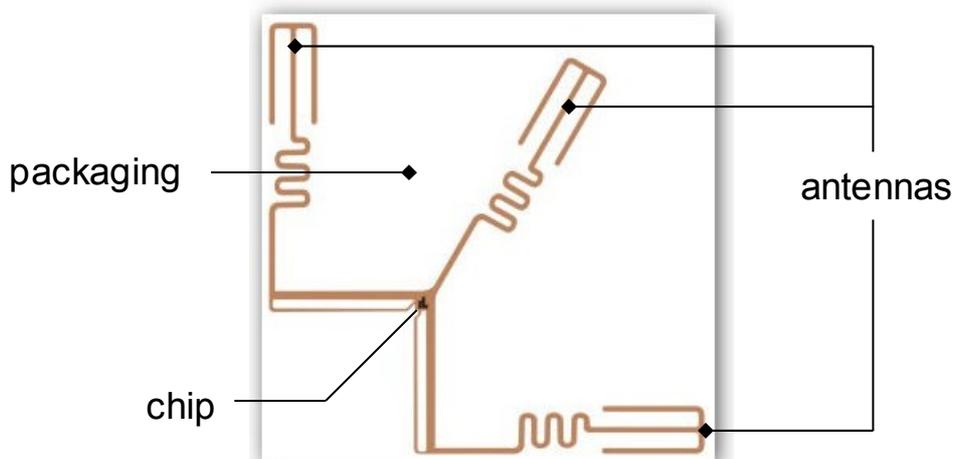


Figura 6.1: Exemplo tag RFID.

Hoje em dia, o grande impulso da tecnologia *RFID* está no uso Empresarial, nomeadamente na gestão de cadeias de abastecimento, melhorando a eficiência dos inventários e da monitorização e gestão de *stocks*, bem como em aplicações de pagamentos e gestão de acessos.

Em 1946, *Léon Theremin* [9], inventou uma ferramenta de espionagem na União Soviética, que retransmitia sinais de rádio, com base em certos incidentes áudio. As ondas sonoras faziam vibrar um diafragma, que alterava ligeiramente a forma do ressonador, que se reflectia na frequência modulada do sinal rádio. Ainda que este dispositivo fosse uma escuta passiva de dispositivos encobertos, e não uma identificação de *tags*, tem sido atribuído como um antecessor à tecnologia

RFID. A tecnologia RFID tem-se disseminado, desde o início da década de 1920, apesar de algumas fontes indicarem que tem sido apenas a partir de 1960.

Já em 1973, Mario Cardullo [9], registou uma patente com o que é o primeiro sistema RFID moderno, um *transponder* passivo com memória. O sistema inicial era um sistema passivo, alimentado pelo sinal do dispositivo interrogador. Foi apresentado publicamente em 1971, à Autoridade Portuária de Nova York e outros potenciais utilizadores. Constou de um *transponder* de 16 bits de memória para ser utilizado num sistema de portagens.

A patente base de Cardullo abrange o uso de RF como transmissão de dados. O plano de negócios apresentado aos seus investidores, em 1969, mostrava a sua utilização. Nos transportes (identificação de veículos, sistemas de portagem electrónica, encaminhamento de veículos, etc), na banca (cartões de crédito), na segurança (identificação pessoal, portões automáticos, vigilância) e em aplicações médicas (identificação dos pacientes, e o historial clínico dos mesmos).

Uma demonstração usando *modulated backscattered* em tags RFID passivas e semi-passivas, foi realizada por Steven Depp, Alfred Koelle e Robert Freyman [9] no Laboratório Científico Los Alamos, em 1973, usando um sistema portátil, operando a 915 Mhz e 12 bits, usando tags RFID. A primeira patente a ser associada com a sigla RFID foi concedida a Charles Walton, em 1983, U.S. Patent 4384288.

### 6.3.1 tags RFID

As tags RFID, podem ser divididas em três grandes classes: passiva, activa ou semi-passiva. As tags passivas não necessitam de fonte de alimentação interna (estão apenas activas quando um leitor se encontra nas proximidades e a alimenta com o seu campo). As tags semi-passivas e activas necessitam sempre de uma fonte de energia, geralmente uma pequena bateria.

Para comunicarem, as tags respondem às perguntas dos leitores com sinais não interferentes com os mesmos, pois estes sinais podem ser muito fracos. Além da técnica de *backscatter* (Figura 6.2), é aplicada também a *load modulation* para manipular o campo do leitor. Tipicamente, a técnica de *backscatter* é usada para campos mais afastados e a técnica de *load modulation* é usada para campos próximos, dentro de alguns comprimentos de onda.

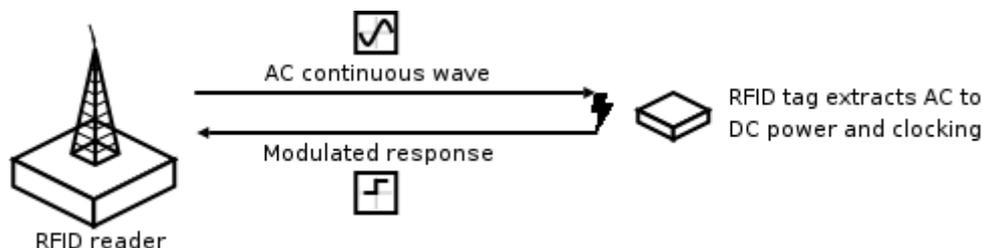


Figura 6.2: RFID backscatter.

#### tags RFID passivas

As tags RFID passivas (Figura 6.3) não têm fonte de alimentação; a corrente eléctrica induzida na antena RF, pelo sinal recebido, fornece a energia suficiente para alimentar o circuito CMOS e poder transmitir uma resposta.

A maior parte das tags passivas funcionam aplicando a técnica de *backscattering* à portadora do sinal emitido pelo leitor. Isto significa, que a antena tem de ser concebida, tanto para colectar energia do sinal recebido, como também para emitir o sinal de saída *backscatter*. A resposta de uma tag RFID passiva não é necessariamente apenas um número de identificação, o chip pode conter a tag não-volátil, e possivelmente uma EEPROM writable para armazenar dados (Figura 6.4).

As tags passivas podem comunicar até cerca de 10 cm (ISO 14443) ou até poucos metros (Electronic Product Code (EPC) e ISO 18000-6), escolhidos em função da frequência rádio usada e do

desenho/tamanho da antena. Graças à simplicidade do *design*, estas *tags* são adequadas para processos de impressão, ainda como não necessitam de fonte de alimentação, o dispositivo pode ser bastante pequeno, podendo ser colocado por baixo de um código de barras ou mesmo sobre a pele.



Figura 6.3: Exemplo aplicação tag passiva.

Em 2006 a *Hitachi, Ltd.* desenvolveu um sistema  $\mu$ -Chip passivo [9], medindo 0,15x0,15 mm (não incluindo a antena), e mais fina que uma folha de papel (7,5  $\mu$ m). É usada a tecnologia *Silicon-on - Isolador (SOI)* para atingir esse nível de integração. O *Hitachi  $\mu$ -Chip* pode transmitir o número de 128 bits, um número exclusivo de identificação que é codificado como parte do processo de fabrico. O *ID*, único do *chip*, não pode ser alterado, proporcionando assim um elevado nível de autenticidade para o *chip*, e em último caso dos itens guardados no *chip*.

Em 2007, a Companhia dinamarquesa *RFIDsec* [9] desenvolveu uma *tag RFID* passiva, com tecnologias de reforço da privacidade *built-in*, incluindo uma *firewall* embutida, com controlos de acesso, criptografia e comunicação em modo silencioso, para que o consumidor tenha o acesso exclusivo à chave para controlar a *tag*.

A *Hitachi  $\mu$ -Chip* tem um alcance de leitura típico de cerca de 30 cm. Em Fevereiro de 2007 a *Hitachi* anuncia um dispositivo *RFID* ainda menor, medindo 0,05 x 0,05 mm, e fino o suficiente para ser embutido em uma folha de papel. O principal problema dos actuais dispositivos *RFID* é que eles necessitam de uma antena, que pode ter um tamanho 80 vezes superior ao tamanho do *chip*. Os preços do silício e os novos métodos de fabrico mais económicos, para dispositivos embutidos, fazem com que esta tecnologia seja perfeita para aplicações na indústria, e para uma substituição dos actuais códigos de barras.

Existem *tags* produzidas a partir de polímeros semicondutores, que estão actualmente a ser desenvolvidas por várias Empresas a nível mundial. *Tags* de polímeros impressas, que operam a 13,56 MHz, foram demonstradas em 2005 pela *PolyIC* [9] (Alemanha) e *Philips* [9] (Holanda). Se forem comercializadas com sucesso, estas novas *tags* de polímeros, podem ser impressas e atingir um preço bastante baixo e acessível.



sensores são também combinados com *tags RFID* activas, incluindo sensores de humidade, choque/vibração (acelerómetros), luz, radiação, pressão, concentrações de gases, etc.

### *tags RFID* semi-passivas

As *tags* semi-passivas, também conhecidas por semi-activas, são semelhantes as *tags* activas na medida em que possuem a sua própria fonte de energia, mas a bateria apenas alimenta o circuito e não a transmissão do sinal (Figura 6.6). A resposta é geralmente alimentada por meio da técnica de *RF backscattering*, aproveitando a energia emitida pelo leitor, onde a energia é de novo reflectida para o leitor, como no caso das *tags* passivas. A bateria pode também ser usada para alimentar o armazenamento de dados.

Quando a energia emitida pelo leitor é armazenada e usada para uma resposta no futuro, a *tag* encontra-se a funcionar no modo activo.



Figura 6.6: Exemplo tag semi-passiva.

Como as *tags* passivas necessitam de colectar energia para poderem efectuar a resposta, as *tags* activas e semi-passivas são consideravelmente mais rápidas na resposta, possuindo uma menor latência. Pelo facto de serem assistidas por uma bateria, as *tags* semi-passivas possuem uma maior sensibilidade. O facto de possuírem uma maior sensibilidade conduz a um maior alcance e/ou a uma maior fiabilidade através da redução da taxa de erro por bit.

A maior sensibilidade das *tags* semi-passivas leva a um crescente de exigências relativamente à separação do leitor e de uma população de *tags*. Um sinal mais fraco pode ser *backscattered* para o leitor por um maior número de *tags* e a partir de uma maior distância. Isto conduz a técnicas de anti-colisão cada vez mais sofisticadas e a técnicas de processamento de sinal mais eficazes. No caso da comunicação com *tags* passivas o *link* que falha primeiro é o *leitor-to-tag*, já no caso de *tags* semi-passivas, o *link* que falha primeiro é o *tag-to-leitor*.

As *tags* semi-passivas apresentam três vantagens principais: uma maior sensibilidade do que as passivas; maior tempo de vida que as *tags* activas, devido ao tempo de vida da bateria; é possível executar funções de *tags* activas, como por exemplo *logging* de valores de temperatura com os seus próprios meios, mesmo quando o leitor não está presente.

## 6.3.2 Aplicações RFID

### Área Hospitalar

Investigadores da área de saúde, sugerem, que num futuro próximo, um pequeno *chip RFID* implantado debaixo da pele de um paciente, poderá transmitir ao seu médico todo o seu dossier e historial clínico. Funcionários do hospital, medicamentos e equipamentos podem também ser etiquetados, criando um potencial de administração automática, reduzindo erros e aumentando a segurança.

O implante de *tags RFID* em seres humanos é, hoje em dia, uma realidade. As *tags RFID*, actualmente, são do tamanho de um grão do arroz, são projectadas para serem injectadas no tecido do braço. Usando um leitor especial, os médicos podem ter acesso a toda a informação do doente, desde identidade do paciente, tipo do sangue e os detalhes de sua condição.

No caso de uma emergência, o *chip* pode salvar vidas. Acaba com a necessidade de testes de grupo sanguíneo, alergias ou doenças crónicas, além de fornecer o histórico de medicamentos do paciente. Assim, obtém-se maior agilidade na busca de informações, sem a necessidade de localização dos historiais clínicos.

Uma outra aplicação na área médica, pode ser o uso de lentes especiais com um *transponder* implantado no olho de um paciente com glaucoma. O glaucoma é uma doença na qual o aumento da pressão interna do olho vai tornando o campo de visão cada vez mais estreito. As medições de pressão não podem ser feitas a não ser através da cirurgia. Portanto, o uso de uma *tag* de dimensões reduzidas com um medidor de pressão, implantada no olho do paciente, numa cirurgia semelhante à efectuada às cataratas, pode comunicar com um leitor, realizando-se assim medições exactas [9].

### Implantes Humanos

Implantes de *chips RFID* usados anteriormente em animais estão já a ser aplicados também em seres humanos. Uma experiência com implante de *RFID* foi realizada pelo professor britânico de cibernética Kevin Warwick [9], que implantou um *chip* no seu próprio braço em 1998. A Empresa *Applied Digital Solutions* propôs que os seus *chips* fossem colocados debaixo da pele, como uma solução para identificar fraudes, controlo de acessos a determinados lugares, *login* em computadores, banco de dados de medicamentos, entre outros. O *Baja Beach Club* [9], uma casa nocturna em Barcelona e em Rotterdam, na Holanda, usa *chips RFID*, que implanta nos seus clientes VIP para uma identificação facilitada.

Em 2004, um escritório de uma firma mexicana implantou 18 *chips RFID* nos seus funcionários, com vista ao controlo de acesso a determinadas instalações. Actualmente, a *Applied Digital Solutions* anunciou o *VeriPay*, um *chip* implantado debaixo da pele, que funciona como cartão multibanco. Assim, sempre que o utilizador necessitar de fazer um pagamento, bastará fornecer o seu *PIN* e o leitor confirmará os dados lendo a sua *tag RFID*.

No entanto, especialistas em segurança alertam para o risco de autenticação de pessoas usando *RFID*. Devido ao risco de roubo de identidade. Serão necessários protocolos muito complexos para que seja possível impedir estes roubos de identidade.

### Indústria

A indústria dos meios de transporte é uma, entre muitas, que pode beneficiar com uma rede de leitores *RFID*. Por exemplo, *tags RFID* fixadas nos pára-brisas dos veículos, podem funcionar como identificadores em portagens, parques de estacionamento, etc. Podendo assim, além de dispositivo de identificação, fornecer também dados para que se possa efectuar os pagamentos respectivos.

Também as Empresas aéreas podem explorar esta tecnologia, colocando *tags RFID* nas bagagens. É possível diminuir consideravelmente o número de bagagens perdidas, pois os leitores *RFID* identificariam as bagagens e os seus destinos, direccionando-as assim de forma eficiente.

Na indústria, em geral, os sistemas de *tags RFID* tem várias aplicações. Uma delas é a identificação de ferramentas, que, no caso de grandes indústrias, facilita o processo de manutenção, substituição e administração das mesmas. Um outro campo em que estes sistemas melhoram a eficiência, rapidez, qualidade de serviço bem como a segurança, é na identificação de recipientes, embalagens e garrafas, principalmente de produtos químicos e gases, onde um erro de embalagem pode causar sérios prejuízos.

No ambiente industrial actual, os sistemas de identificação que existem, quando existem, são baseados em códigos de barras. Isto, além de não ser suficientemente fiável, também não permite guardar mais informações úteis, ao contrário dos sistemas *RFID*. Na indústria, as *tags* usadas trabalham na faixa de frequências < 135 kHz e têm de ser robustas ao ponto de conviverem com poeiras, impactos, radiações, ácidos e temperaturas muito altas (ou muito baixas).

### **Comércio**

Os leitores de *RFID* começam a ser instalados em dispositivos que fazem parte do nosso dia-dia, como por exemplo, os telemóveis. Colocando o nosso telemóvel junto de um produto com *RFID*, obtemos informações como o preço, especificações, etc. O nosso telemóvel pode também ser usado como meio de pagamento de compras, sendo que a companhia de cartões de crédito efectua o pagamento, com base na autorização que damos no telemóvel.

Podemos também usar este sistema em hotéis. Quando fazemos o *check-in*, o hotel envia a chave para o nosso telemóvel via *RFID* e, assim que chegamos junto da porta do nosso quarto, somos capazes de a abrir apenas com o nosso telemóvel.

### **Utilização em bibliotecas**

Em bibliotecas e centros de informação, a tecnologia *RFID* é utilizada para identificar o acervo bibliográfico, facilitando assim a leitura e a localização dos exemplares físicos das obras. Este sistema funciona colocando uma *tag RFID* em forma de etiqueta adesiva, de dimensões reduzidas (50 x 50 mm), possibilitando assim a codificação e a leitura dos dados dos livros.

Esta etiqueta é inserida, normalmente, na contracapa dos livros, perto da lombada, dentro de revistas e sobre materiais multimédia (CDs, DVDs, etc) para ser lida à distância. É possível converter facilmente os sistemas antigos de códigos de barras para etiquetas *RFID*, com equipamentos próprios para o efeito.

Entre as aplicações que a tecnologia *RFID* pode ter nas bibliotecas actuais salientam-se: o auto-atendimento, o controle de acesso de funcionários e Utilizadores, processo de devoluções, processos de empréstimo, estatística de consulta local, leitura de estante para inventário, localização de exemplares mal colocados, re-catalogação, etc

### **Segurança**

Na área da segurança, os sistemas *RFID*, além do controlo de acessos, podem também fornecer novas oportunidades de utilização. No início do anos 90, o roubo de automóveis aumentou significativamente, o que fez com que o mercado respondesse com alarmes e sistemas de imobilização. Os controlos de alarme, normalmente com alcance de 5 a 20 metros, não são mais do que simples transmissores de rádio frequência, na faixa dos 433.92 MHz. Neste tipo de sistema, além do controlo à distância, também a chave pode destrancar o carro, permitindo que ele seja aberto sem o alarme dar sinal. Aqui, o problema reside no facto de não ser possível verificar a autenticidade das chaves usadas.

A tecnologia de *tags RFID* pode actuar neste campo, verificando a autenticidade da chave.

Assim, podemos ter o sistema antigo do alarme e da chave como solução para trancar/destrancar o veículo e o *RFID* para tratar da imobilização do veículo se a chave não for genuína

### Identificação animal

Os sistemas de *RFID*, quando usados na gestão dos animais trazem inúmeras vantagens, nomeadamente no controlo de epidemias, facilmente verificando a proveniência dos animais.

Na identificação animal, a colocação da *tag RFID* pode ser feita de várias formas: colares, brincos, injectáveis ou ingeríveis. Os colares são os mais fáceis de aplicar e de serem transferidos de animal para animal, são geralmente usados dentro da mesma companhia. No caso de brincos, as *tags* são de menor custo, e podem ser lidas até à distância de um metro aproximadamente. As *tags* injectáveis usadas nos últimos 10 anos, são colocadas debaixo da pele, com uma ferramenta adequada, semelhante a uma injeção. Já a *tag* ingerível, é uma *tag* fina e comprida, com um revestimento especial que pode ficar no estômago dos animais durante toda a sua vida.

### Manutenção

Entre as principais preocupações que um processo de manutenção pode trazer, podemos destacar: falta de informações precisas e actuais sobre os objectos e o seu estado, transferências de informação em tempo real das informações dos incidentes críticos, e acesso rápido às bases de conhecimento necessárias para a solução do problema.

Um dos aspectos em que os sistemas *RFID* podem ser interessantes é na possibilidade de manter um histórico de manutenções, no próprio objecto, melhorando, dessa forma a sua manutenção.

Uma outra vantagem dos sistema *RFID*, é o facto da *tag RFID* se poder encontrar solidária com o objecto que marca. Cada objecto possui um *ID* único, não clonável. Assim, os prestadores de serviços não podem ludibriar os relatórios de manutenção, como por exemplo, relatando a troca de peças, que não foram efectivamente substituídas. O *RFID*, ainda propicia uma melhoria na documentação produzida, sobre os processos de manutenção, permitindo relatórios mais eficientes, além de uma redução de custos.

Nas instalações aeroportuárias, existe uma grande preocupação com a manutenção, tornando-se o *RFID* uma ótima solução, já que é possível identificar, localizar e fazer a monitorização de todos os objectos.

O aeroporto de Frankfurt, o segundo maior da Europa, com movimentos na ordem dos 50 milhões de passageiros por ano, iniciou em 2003, um projecto com vista a testar os benefícios dos sistemas *RFID*, nas suas instalações.

A manutenção do aeroporto de Frankfurt é deveras complicado, é efectuada por mais de 450 companhias diferentes. Com o novo sistema de *RFID*, os técnicos de manutenção tem acesso a todos os planos de manutenção, usando dispositivos móveis, registando assim todas as ordens de serviço. Todos os 22 mil extintores de incêndio existentes foram equipados com *RFID*, identificando assim todo o histórico de manutenção, incluído a última data de inspecção.

Diariamente, os técnicos percorrem o aeroporto efectuando as tarefas de manutenção necessárias. Os técnicos fazem a sua autenticação no seu dispositivo móvel (*RFID*) e recebem as suas actividades de manutenção para o dia. Após o término das manutenções, efectuem o registo, criando assim um registo com toda a manutenção do aeroporto.

Analisando o caso do aeroporto de Frankfurt, fica evidente o sucesso que os sistemas de *RFID* atingem, otimizando os processos de manutenção. Conseguiu-se um ganho extraordinário de eficiência administrativa, ao introduzir esta tecnologia, neste aeroporto.

## 6.4 . Cartões *RFID Mifare*

### 6.4.1 Características

As características dos cartões *RFID* da *Mifare*, mais relevantes para este projecto, encontram-se resumidamente apresentadas nos pontos seguintes.

#### **Interface *RF***

Transmissão de dados e de energia sem contacto (não é necessário bateria), funcionamento até cerca de 100 mm (dependendo da geometria da antena). Funcionamento na banda dos 13.56 MHz, taxa de transferência de dados de 106 kbit/s. Verificação da integridade dos dados após transmissão 16 bit CRC, bit de paridade, codificação de bit e contagem de bit. Sistema de anti-colisão, transmissão rápida, inferior a 100 ms.

#### ***EEPROM***

Capacidade de memória de 1 Kbyte, organizada em 16 sectores, cada um com 4 blocos de 16 bytes cada (cada bloco é um conjunto de 16 bytes). Condições de acesso definidas pelo Utilizador para cada bloco de informação. Capacidade de retenção de dados até 10 anos. Capacidade de escrita até 100000 ciclos.

#### **Segurança**

Processo de autenticação com três passos (ISO/IEC DIS9798-2), encriptação de dados na transmissão RF com protecção contra ataques. Conjunto de duas chaves por sector, para suporte de multi-aplicação com uma hierarquia de chaves, número de série único para cada dispositivo.

### 6.4.2 Descrição geral

A *Philips* desenvolveu os seus cartões inteligentes sem contacto, de acordo com a norma *ISO 14443A*. A camada de comunicações cumpre com as partes 2 e 3 do standard *ISO 14443A*. Já a camada de segurança é classificada como *CRYPTO1*, dentro da família *MIFARE*, o que garante uma enorme segurança da transmissão *RF*.

Nos sistemas *MIFARE*, o *chip* é ligado a uma espira com algumas voltas (Figura 6.7) e depois é colocado (embebido) num cartão plástico, para criar assim o cartão inteligente sem contacto. Não é necessário bateria, quando o cartão é aproximado da antena do dispositivo de leitura, o interface *RF* permite transferências de dados até 106 kBit/s.

Um sistema inteligente de anti-colisão, permite que sejam lidos mais que um cartão simultaneamente, dentro do mesmo campo. O sistema de anti-colisão selecciona cada cartão, individualmente, e garante que a transmissão de dados é efectuada correctamente, sem perda de dados e sem corrupção dos mesmos.

Foi dada especial atenção à segurança contra fraudes, encriptação de dados e autenticação de mensagens. Estes factores protegem o sistema contra qualquer tipo de ataque e tornam-no robusto para qualquer tipo de aplicação. Números de identificação que não podem ser alterados e que são únicos, garantem a identificação sem ambiguidade. Os cartões *MIFARE* oferecem funcionalidades para multi-aplicações, com uma hierarquia de chaves.

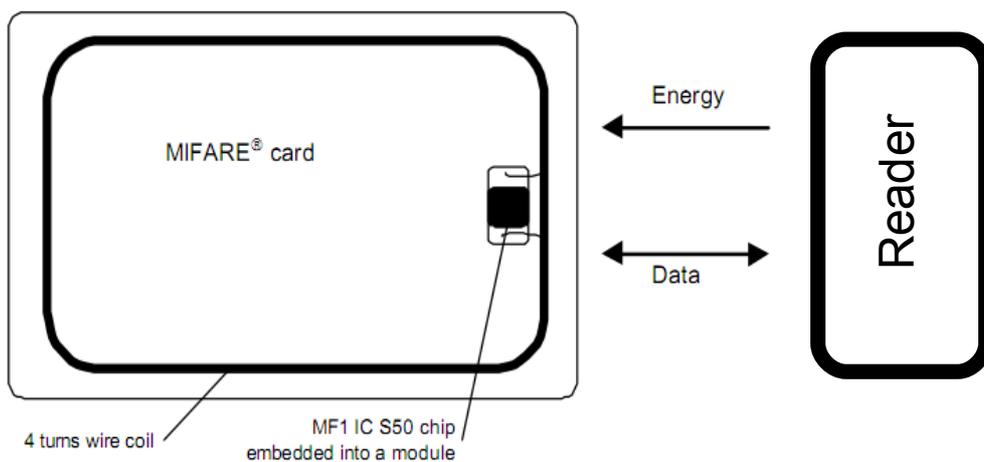


Figura 6.7: Funcionamento leitura de um cartão Mifare [46].

### 6.4.3 Descrição funcional

Os cartões produzidos pela *Mifare*, baseados no *chip S50*, são compostos por 3 blocos funcionais genéricos: uma memória de 1 Kbyte *EEPROM*, a interface *RF*, e a *Digital Control Unit* (Figura 6.8). Quer a energia necessária ao funcionamento do *chip*, quer os dados trocados, são transmitidos por uma antena, que consiste numa simples bobine, com algumas espiras ligadas directamente ao *chip*.

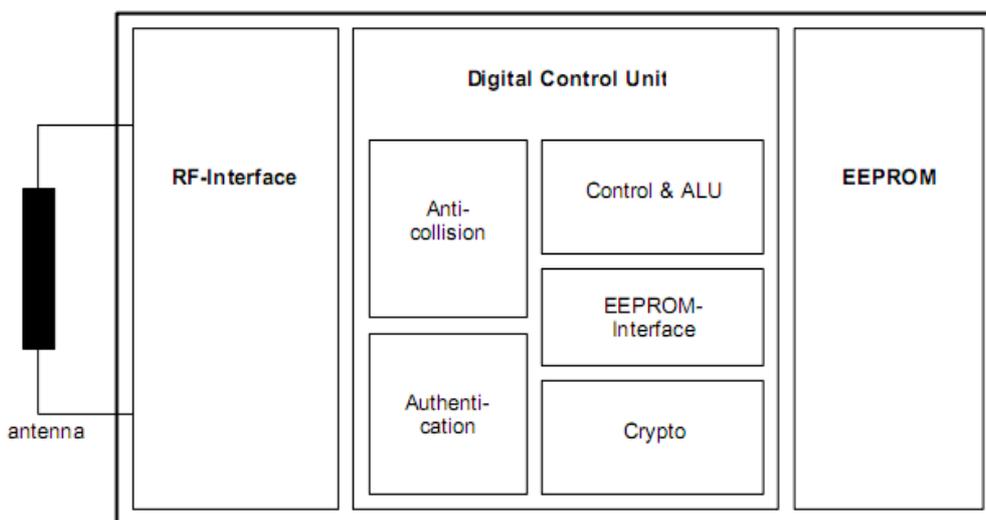


Figura 6.8: Blocos funcionais [45].

Quanto à interface *RF*, ela é composta, simplesmente, por um modulador/desmodulador, um rectificador, um regenerador de relógio e um regulador de tensão. O *Digital Control Unit* é composto pelos blocos de anti-colisão, controlo e *ALU* (*Arithmetic Logic Unit*), autenticação, interface com *EEPROM* e a encriptação. O bloco de anti-colisão permite comunicar com vários cartões, ao mesmo tempo e dentro do mesmo campo de comunicação. O bloco de autenticação tem como função restringir as operações na memória. Estas operações apenas são permitidas após fornecer duas chaves para cada sector. No bloco de Controlo e *ALU* é permitido que os dados sejam guardados, de uma forma redundante e que assim sejam permitidas operações de incrementação e de decrementação, sobre esses mesmo dados. Nem todos os sectores suportam

estas funções. Já o bloco de encriptação garante que todos os dados trocados com o leitor são encriptados, e assim as transferências são seguras. A memória *EEPROM* de 1 Kbyte está organizada em 16 sectores, cada sector contém 4 blocos, sendo que cada bloco é constituído por 16 bytes (Figura 6.9). O último bloco de cada sector é chamado de *trailer* e contém as duas chaves secretas e as condições de acesso ao respectivo bloco.

Sector	Block	Byte Number within a Block																Description
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
15	3	Key A				Access Bits				Key B								Sector Trailer 15
	2																	Data
	1																	Data
	0																	Data
14	3	Key A				Access Bits				Key B								Sector Trailer 14
	2																	Data
	1																	Data
	0																	Data
:	:																	
:	:																	
:	:																	
1	3	Key A				Access Bits				Key B								Sector Trailer 1
	2																	Data
	1																	Data
	0																	Data
0	3	Key A				Access Bits				Key B								Sector Trailer 0
	2																	Data
	1																	Data
	0																	Manufacturer Block

Figura 6.9: Organização da memória em sectores e blocos [45].



## Capítulo 7

# Sistema de Pagamento de Parques de Estacionamento

### 7.1 . Introdução

Neste capítulo, pretendemos apresentar toda a especificação e arquitectura do sistema de pagamentos de parques de estacionamento. Assim como os *use-cases* da sua utilização e o plano de negócio para a sua implementação no mercado. O sistema pretende ter por base o pré-pagamento do tempo de estacionamento, pretende ser robusto, simples e de fácil utilização. O sistema irá trazer vantagens, quer ao Utilizador, quer mesmo à Empresa exploradora e Fiscalizadora, quer ainda a outros intervenientes, tais como comércio, autarquia, turismo, etc.

#### 7.1.1 Actores do sistema

São actores do sistema os seguintes:

- ✓ Utilizadores: Indivíduos que pretendem estacionar o seu veículo num local.
- ✓ Fiscais: Indivíduos que verificam se os veículos estacionados têm o pagamento efectuado.
- ✓ Concessionário: Empresa ou indivíduo que explora o parque.
- ✓ Cobrador: Empresa ou instituição que recebe o pré-pagamento (eventualmente o próprio concessionário).

## 7.2. Descrição Genérica

Cada Utilizador irá possuir um Cartão de Estacionamento, cartão esse com uma interface sem fios *NFC (RFID)*. Esse cartão será previamente carregado numa máquina própria para o efeito. O Utilizador, ao chegar ao Parque de Estacionamento, encosta o cartão ao Poste de Pagamentos e dá assim início à contagem do tempo de estacionamento para posterior pagamento.

Quando o Utilizador pretende terminar o seu estacionamento, procede exactamente da mesma maneira, interagindo com o seu Cartão de Estacionamento no Poste de Pagamentos, dando por terminado então o seu estacionamento. É-lhe debitado o custo correspondente ao tempo que o Utilizador deixou o seu veículo no Parque de Estacionamento.

Cada Cartão de Estacionamento terá associado um número limitado de matrículas de veículos. Essa associação será feita no acto da aquisição do Cartão de Estacionamento (ou num processo de alteração). Assim, por parte da Fiscalização, o procedimento será extremamente simples, bastando descarregar, do Poste de Pagamentos para um dispositivo móvel, através do interface sem fios, uma listagem com as matrículas, cujo pagamento se encontra em curso. O Fiscal percorre o parque, fazendo a verificação das matrículas com o pagamento válido, identificando assim facilmente os Utilizadores em infracção. O sistema é portanto compatível com os actuais sistemas com base em recibos colocados no interior de veículos, sendo assim possível utilizar o sistema em paralelo com o já existente. O sistema pode também ser utilizado em parques de cancela. Exibe-se o cartão à entrada e exibe-se à saída.

### 7.2.1 Modo de funcionamento

- Utilizador
  - ✓ Compra previamente o Cartão de Estacionamento e efectua pré-carregamentos com o saldo que pretender.
  - ✓ O Utilizador estaciona a viatura e dá início à contagem do tempo, apresentando o cartão junto do Poste de Pagamentos. Um indicador luminoso pode indicar a leitura correcta e o início da contagem.
  - ✓ Para findar a contagem o Utilizador apresenta novamente o cartão no Poste de Pagamentos, concluindo assim a contagem, a qual pode ser sinalizada por uma indicação luminosa. O estacionamento pode ser terminado num poste diferente daquele deu início ao estacionamento.
  - ✓ O Utilizador pode eventualmente ser informado, pelo poste, do saldo remanescente ou da ultrapassagem do saldo disponível.
  
- Poste de Pagamentos
  - ✓ Quando o Utilizador passa o cartão dando início à contagem, é registada no cartão a hora de início de estacionamento, é colocada no cartão a informação que o cartão se encontra “em estacionamento” (através de uma *flag*). É ainda indicado com um sinal luminoso o início de contagem.
  - ✓ Quando o Utilizador finda a contagem, é registada a hora de fim de contagem, é fornecido um sinal luminoso adequado, é escrito no cartão o saldo remanescente e é colocada a *flag* de “em estacionamento” a zero.
  - ✓ Se o saldo for insuficiente, o poste regista no cartão um saldo negativo, que poderá ser compensado quando do próximo carregamento a efectuar pelo Utilizador.
  - ✓ O Poste de Pagamentos mantém um histórico de todas as utilizações de cada cartão, durante um período pré-determinado. Esse histórico pode ser destruído ou

- ✓ *up-loaded* para um sistema ou ainda tele-transmitido para um sistema de gestão.
- ✓ Em caso de avaria de um poste é possível terminar o estacionamento num outro poste.
  
- Máquina de Carregamentos
  - ✓ No momento da compra do Cartão de Estacionamento por parte do Utilizador, é-lhe pedido, que introduza um número limitado de matrículas, às quais o cartão ficará associado. Caso as matrículas que pretenda associar estejam na 'lista negra', o Utilizador é obrigado a deslocar-se a um escritório ou a um ponto de atendimento manual.
  - ✓ Pode ser utilizada como emissora de históricos de utilização e/ou recibos contabilísticos.
  - ✓ Pode ser instalada em locais de grande afluência de público, com alguma segurança (por exemplo Centros Comerciais, Turismo, Correios, ...).
  
- Dispositivo de Fiscalização
  - ✓ Quando o Dispositivo interage com o Poste de Pagamentos, através do interface *NFC*, é-lhe enviada uma lista com todas as matrículas cujo pagamento está válido e as situações com saldo esgotado.
  - ✓ O Fiscal pode ir fazendo a verificação das matrículas com o pagamento em curso, identificando assim, facilmente, os veículos em infracção (não está a matrícula na lista nem têm pagamento em papel – caso de sistemas híbridos).
  - ✓ O Fiscal pode decidir o que fazer em situações de saldo esgotado – por exemplo, pode ter uma lista de prevaricadores sistemáticos, aos quais multa e deixar passar casos pontuais.

## 7.2.2 Principais vantagens do sistema

- Para o concessionário:
  - ✓ Não há dinheiro nos parcometros, logo evitam-se os roubos.
  - ✓ Não é necessário recolher dinheiro.
  - ✓ Podem-se otimizar os modos de exploração.
  - ✓ Diminui-se drasticamente o nº de operações nas máquinas de pagamento.
- Para o Utilizador:
  - ✓ Não precisa de andar com trocos.
  - ✓ Não tem de voltar ao carro após o início.
  - ✓ Não tem de voltar ao local por tempo esgotado.
  - ✓ Pode mudar de carro sem problemas (dentro de 2 ou 3).
- Novas funcionalidades:
  - ✓ Podem existir cartões diferenciados, com preços de estacionamento diferenciados (Utilizador genérico, turista, morador, trabalhador no local, ...)
  - ✓ Podem existir tarifas diferenciadas por hora, dia, local, ...
  - ✓ Podem existir promoções.
  - ✓ Podem ser oferecidos saldos, por exemplo, no comércio, através de transferência entre cartões com saldos pré-pagos.
- Novas metodologias de exploração:

- ✓ Podem existir entidades distintas a explorar locais distintos (múltiplos Concessionários). A cobrança é feita pelo Cobrador e podem-se utilizar os dados dos postes para que o Cobrador pague ao Concessionário.

### 7.2.3 Antevisão de problemas

O sistema está sujeito a alguns problemas, e nesta fase, é necessário identificar os mesmos, de modo a definir estratégias para os debelar e construir um sistema mais robusto. Entre os problemas destacam-se:

- Esgotamento do saldo: há o risco de, se houver uma certa permissividade nas multas por ultrapassagem de saldo, o Utilizador deitar fora o cartão e comprar um novo. Isto, partindo do princípio que o cartão é comprado. Aqui a questão é: se o cartão é grátis, pode acontecer isto. Se é pago, pode haver resistências na adesão ao sistema (veja-se *Via Verde*). Solução: ser a preço de custo ou quase; lista negra de matrículas.
- O registo de movimentos nos postes tem de ser assegurado com elevado grau de segurança.
- O poste deve ter um elevado grau de tolerância a falhas pelo facto de reter o saldo ao cliente. Solução: registo de saldo retido no cartão, com indicação do poste. O montante pode ser devolvido nas máquinas de carregamento a partir de um registo de avarias nos postes.

## 7.3 . Especificação técnica e arquitectura

O presente Sistema de Pagamentos de Parques de Estacionamento envolve diversos equipamentos. Pretende-se apresentar as especificações que serão necessárias ao bom funcionamento do mesmo. Pretende-se criar um sistema robusto e de elevada fiabilidade, com o qual os clientes e os exploradores possam contar.

Este sistema possui os seguinte elementos: Cartão de Utilizador, Poste de Pagamentos, Dispositivo de Fiscalização e Máquina de Carregamentos; para os quais se apresentam de seguida os seus requisitos técnicos e as características que os elementos do sistema deverão cumprir.

### 7.3.1 Requisitos técnicos dos elementos do sistema

#### Cartão de Utilizador

- Dispositivo *NFC* (possivelmente *RFID*);
- Dispositivo passivo;
- Memória não volátil;
- Cartão plástico *RFID* ou outro dispositivo que venha a existir.

#### Poste de Pagamentos

- Leitor de cartões *RFID*;
- *Display LCD* 16x2 linhas com *backlight*;
- Memória não volátil (mínimo 32 ou 64 KBytes);
- Relógio digital (*YY\_MM\_DD.HH\_MM*);
- *Leds* indicadores;
  - 1 x Led 5 mm. Amarelo – Leitura de Cartão;

- 1 x Led 5 mm. Verde – Início de estacionamento;
- 1 x Led 5 mm. Vermelho – Fim de estacionamento;
- Impressora de recibos;
- Poste metálico, robusto;
- Alimentação (rede ou outra)

Tem por base uma unidade central de processamento que comunicará com os periféricos, nomeadamente com o leitor *RFID*, com o *LCD*, etc.. A comunicação com os periféricos será a que melhor se ajustar aos periféricos escolhidos.

O *layout* do Poste de Pagamentos será como se apresenta no desenho seguinte.



Figura 7.1: Layout do Poste de Pagamentos.

### Dispositivo de Fiscalização

- Dispositivo móvel (e.g. Telemóvel, *Smartphone*, *PDA* ou outro) com interface *RFID*;
- Dispositivo activo (leitura e escrita);
- Memória (alguns *MBytes*) e capacidade de processamento;
- Aplicação de leitura e escrita de dados no Poste de Pagamentos (Aplicação *Java*).
- Interface gráfica;
- Capacidade de exportar os dados para PC.

Dispositivo com Sistema Operativo *Symbian* ou *Windows Mobile*, capaz de correr aplicações *Java* e que permita comunicar com dispositivos *RFID*. O Fiscal terá acesso a várias opções, entre as quais o *download* da informação presente do Poste de Pagamentos, e a leitura e/ou alteração das configurações dos Postes de Pagamentos.

### Máquina de Carregamentos

- Interface *NFC (RFID)*;
- *Display LCD 16x2* linhas;
- Teclado alfa-númerico;
- Noteiro;
- Moedeiro;
- Dispensador de Cartões;
- Botões de pressão (2x);
- Impressora de recibos;
- Alimentação da rede;

- Pode ser eventualmente substituído por um *Point of Sales* - POS com leitor *RFID*.

Este POS ficará localizado num quiosque de atendimento manual da responsabilidade da entidade exploradora do Parque de Estacionamento. A Máquina de Carregamentos pensada como elemento autónomo do sistema não terá acesso a Base de Dados do sistema central. O *layout* deste dispositivo apresenta-se no desenho seguinte.

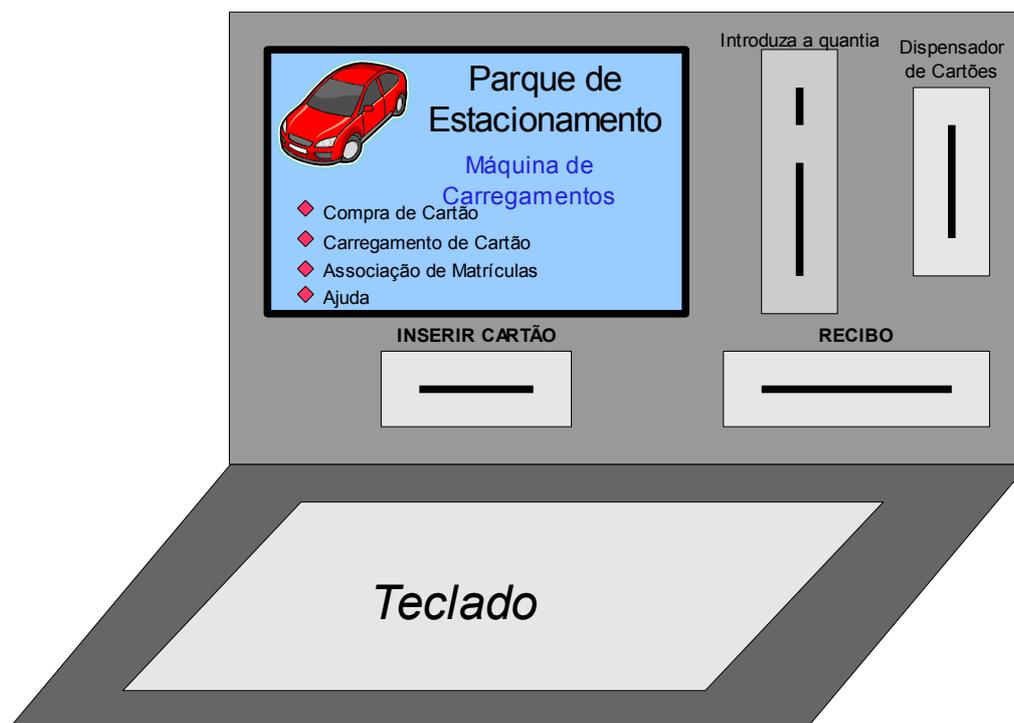


Figura 7.2: Layout da Máquina de Carregamentos.

### 7.3.2 Arquitectura do sistema

#### Cartão de Utilizador

O Cartão de Utilizador será um cartão *RFID* com memória, nessa memória estarão associados diversos campos.



Figura 7.3: Cartão de Utilizador.

Campos principais a guardar na memória do cartão *RFID*:

- *ID\_USER*;
- *MATRÍCULA* (uma ou mais);

- SALDO
- STATUS
- HISTÓRICO
  - INÍCIO\_DE\_ESTACIONAMENTO
    - ID\_POSTE
    - DATA\_HORA
  - FIM\_DE\_ESTACIONAMENTO
    - ID\_POSTE
    - DATA\_HORA

### Poste de Pagamentos

O Poste de Pagamentos terá por base uma unidade central de processamento, à qual estarão ligados os diferentes periféricos que permitirão ao sistema interagir com o Utilizador.

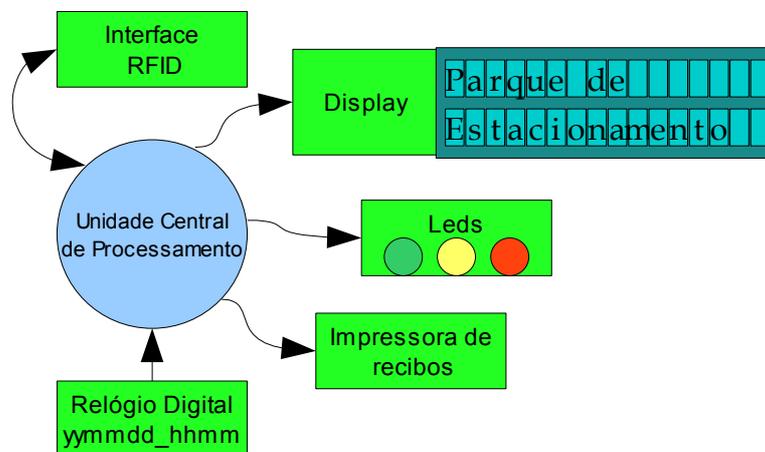


Figura 7.4: Arquitectura do Poste de Pagamentos.

A Unidade Central de Processamento poderá ser constituída por um *PC* ou por um microcontrolador *PIC*. Na escolha dos periféricos a usar tentar-se-à escolher, sempre que possível, os periféricos para os quais já exista *know-how* na *Micro I/O*.

O leitor de *RFID* será necessariamente um periférico de *input/output*, o *display LCD*, os *leds* e a impressora de recibos serão periféricos de *output*, enquanto o relógio digital é um periférico de *input*.

Para o caso em que a unidade central de processamento é um *PIC*, poderemos ter que prescindir por exemplo, da impressora, uma vez que é extremamente complexo integrar a impressora num sistema com um *PIC*.

Esta arquitectura corresponde à versão base do Poste de Pagamentos, podendo existir versões que não respeitem integralmente estas especificações e esta arquitectura.

### Dispositivo de Fiscalização

O Dispositivo de Fiscalização terá por base um dispositivo móvel a correr um Sistema Operativo (*Symbian* ou *Windows Mobile*). Terá uma aplicação com a qual o Fiscal irá interagir e lhe disponibilizará todas as opções e funcionalidades pretendidas. O Sistema terá uma interface *RFID* que permite ao Dispositivo de Fiscalização comunicar com o Poste de Pagamentos.

O Dispositivo de Fiscalização terá um teclado ou outro interface de entrada, que permita ao Fiscal interagir com a aplicação e assim realizar as operações desejadas. Ao fazer o *download* da informação dos diferentes Postes de Pagamentos, a aplicação irá automaticamente actualizar a

informação a apresentar ao Fiscal. A aplicação disponibilizará a informação correspondente aos Utilizadores com pagamento válido e a informação correspondente aos Utilizador constantes na 'lista negra'.

A aplicação do Dispositivo de Fiscalização permitirá também realizar actualizações aos parâmetros dos Postes de Pagamentos, por exemplo, os diferentes tarifários, os horários de facturação, etc.

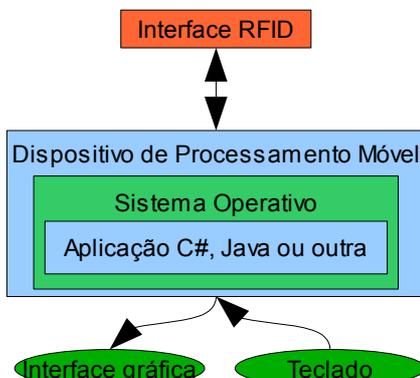


Figura 7.5: Arquitectura do Dispositivo de Fiscalização.

Este dispositivo será por exemplo um *Smartphone*, um *PDA*, ou mesmo um *UMPC*, dependendo das funcionalidades pretendidas e da disponibilidade/preço dos dispositivos existentes no mercado.

### Máquina de Carregamentos

Este dispositivo do sistema permitirá aos Utilizadores a compra e o carregamento do seu Cartão de Utilizador. Este pode ser substituído por um *POS*. Para ambos os casos é apresentada de seguida a arquitectura do sistema.

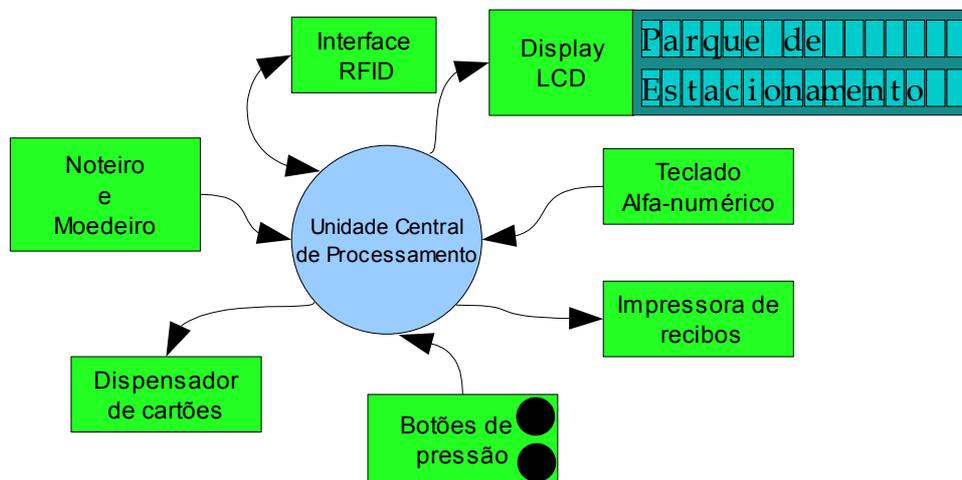


Figura 7.6: Arquitectura da Máquina de Carregamentos.

Este diagrama inclui a unidade central de processamento e os periféricos necessários à interação do sistema com o Utilizador. Os botões de pressão serão usados para o cliente optar entre as opções de Compra de Cartão e Carregamento de Cartão de Utilizador. O teclado alfa-numérico poderá ser substituído por um teclado do tipo *QWERTY* e terá como função a introdução das matrículas e da identificação do Utilizador.

No caso da Máquina de Carregamentos ser substituída por um *POS* a sua arquitectura será a seguinte:

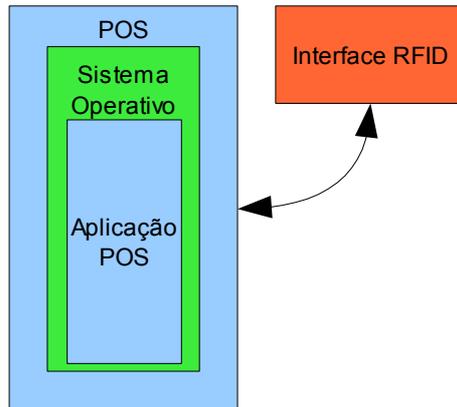


Figura 7.7: Arquitectura da Máquina de Carregamentos – POS.

Existem já diversos tipos de *POS* desenvolvidos pela *Micro I/O*, pelo que esta arquitectura estará dependente dos modelos aí existentes. Este *POS* ficará necessariamente num quiosque de atendimento manual.

No *POS* já estão implícitos diversos periféricos, entre os quais o teclado, o monitor, a impressora de recibos, etc.

### 7.3.3 Interação entre os elementos do sistema

Os elementos do sistema interagem entre si diferentemente, como se entende no desenho seguinte.

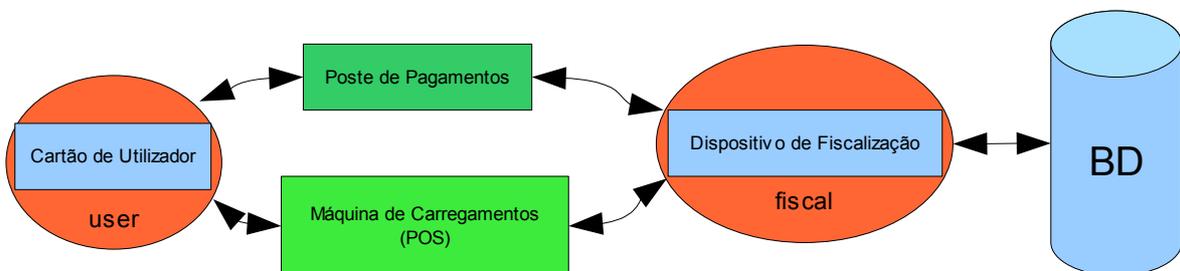


Figura 7.8: Interação entre os diferentes elementos do sistema.

O Dispositivo Fiscalizador é responsável pela troca de informação entre os diferentes elementos do sistema, ou seja, pela recolha de informação referente a eventos ocorridos nos diferentes elementos do sistema e sua centralização na BD do sistema. Assim como pela actualização de parâmetros pelos diferentes elementos do sistema.

Toda a informação recolhida, nos diferentes elementos do sistema, será transferida para a BD central e aí será tratada mediante as necessidades e escolhas da entidade exploradora. A BD, ficará situada num *back office*, onde poderão ser produzidos relatórios de utilização, estatísticos e outros que se acharem relevantes. Com base na informação recolhida, será definida a actuação dos Utilizadores com matrículas na '*lista negra*' e serão actualizados os diferentes elementos do sistema para actuarem em conformidade na restrição desses Utilizadores.

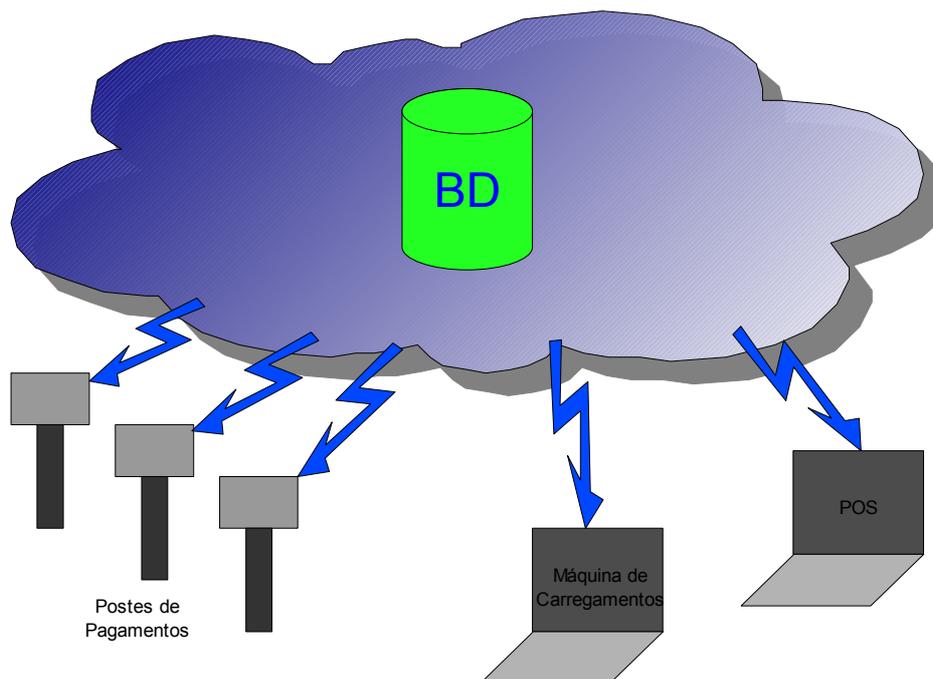


Figura 7.9: Sistema Conceptual.

No centro deste sistema, teremos uma base de dados, que centralizará todos os eventos ocorridos em qualquer elemento do sistema. Com base em toda esta informação recolhida, será possível actuar nos infractores mais recorrentes como a entidade exploradora assim entender.

A base de dados será organizada segundo um modelo relacional e será acedida através de uma aplicação a correr num *back office*. Esta base de dados receberá os dados dos diferentes elementos do sistema, através do Dispositivo Fiscalizador, que recolherá a informação junto destes e posteriormente a descarregará na base de dados. Será possível efectuar pesquisas e criar relatórios sobre utilizações, infracções, carregamentos etc.

#### 7.4 . Use-cases

Cada Utilizador, para poder utilizar este sistema, deverá possuir um Cartão de Utilizador. Quando o Utilizador pretender dar início ao estacionamento, aproxima o cartão do leitor do Poste de Pagamentos, que lhe irá indicar o saldo disponível, a hora estimada de fim de estacionamento (fim do saldo), e o sucesso da operação. Na operação inversa, para terminar o estacionamento, o Utilizador interage novamente com o Poste de Pagamentos, que lhe indicará o saldo remanescente e o sucesso da operação. Apesar de simples, estas operações implicam uma série de interacções que são, como se pretende, perfeitamente transparentes ao Utilizador.

Na actuação da entidade Fiscalizadora, o procedimento será também muito simples. O Fiscal, no início da ronda, interage com os Postes de Pagamentos do parque, recebendo no seu dispositivo uma listagem com todos os eventos que ocorreram naquele poste, sendo que lhe são apresentadas as matrículas cujo pagamento se encontra válido e a hora prevista de fim de saldo das respectivas matrículas. Pode agora percorrer o Parque verificando a situação de todos os veículos. Seguidamente, vamos fazer uma descrição mais detalhada dos dispositivos envolvidos, para que se possa perceber melhor os *use-cases* de cada utilização.

## 7.4.1 Características dos dispositivos

### Cartão de Utilizador

O Cartão de Utilizador é um dispositivo *RFID*, o qual permite ao Utilizador interagir com o sistema. O cartão deve possuir uma memória que permita guardar os campos de dados necessários. É necessário guardar no cartão as matrículas associadas, o saldo, *flag* de *status* e a tabela de utilizações. O campo matrículas será composto por vários sub-campos (um por matrícula), tantos quantos a entidade exploradora desejar associar por cartão; a tabela de utilizações será como se apresenta na Tabela 7.1, permitindo guardar assim um histórico das últimas utilizações.

INÍCIO		FIM	
ID_POSTE (2 bytes)	DATA_HORA (14 bytes)	ID_POSTE (2 bytes)	DATA_HORA (14 bytes)
#0	POSTE_#1	07.12.2007_15.21.34	POSTE_#3
#2	POSTE_#2	09.12.2007_20.03.45	
	.....	.....	.....
#9			

Tabela 7.1: Tabela de utilizações do Cartão de Utilizador.

A Tabela de utilizações do Cartão de Utilizador funcionará como um *buffer* circular com 10 posições. O *ID\_POSTE* (2 bytes) será constituído por um número identificador do sistema (1 byte) e por um número identificador do poste dentro do sistema (1 byte). O campo *DATA\_HORA* é constituído com 10 bytes, identificando o ano, mês, dia, hora, minuto e segundo em que o evento ocorreu. O Utilizador poderá então terminar o estacionamento num Poste de Pagamentos diferente do inicial, pois essa informação ficará guardada no Cartão de Utilizador e no Poste de Pagamentos onde o Utilizador efectuar a operação.

### Poste de Pagamentos

O Poste de Pagamentos deverá conter um interface que lhe permita comunicar com os cartões dos Utilizadores, assim como um relógio, uma memória, indicadores luminosos, um *LCD* e uma impressora de recibos. Conceptualmente, cada Poste de Pagamentos possuirá um *ID* único.

Cada Poste de Pagamentos deverá possuir em memória uma tabela, na qual fiquem registadas todas as ocorrências daquele poste. Essa tabela será constituída pelos seguintes campos: *DATA\_HORA* em que o evento ocorreu; matrícula que deu origem ao evento; o tipo de evento (início ou fim de estacionamento); com um campo *DATA\_HORA* de fim de saldo estimado; e uma *flag* de *LIDO*. Esta tabela funcionará também no modo de *buffer* circular, contendo cerca de 1000 entradas, de modo que se guarde um histórico razoável de eventos. Esta tabela poderá estar organizada contendo uma matrícula por linha (Tabela 7.2), ou uma linha por Cartão de Utilizador (3 matrículas por linha).

DATA_HORA		MATRÍCULA	EVENTO	FIM DE SALDO	LIDO
ID_CARTAO		MATRÍCULA_#1	INICIO, FIM ou CADUCOU	DATA_HORA	flag
#1	CARTAO_###	00_01_AA	INICIO	06.12.07_16.31.00	
.....	.....	.....	.....		

Tabela 7.2: Tabela de eventos do Poste de Pagamentos.

Esta tabela será transmitida ao Fiscal, no momento da interação deste junto do Poste de Pagamentos. Nessa situação actualizar-se-á a *flag LIDO* para verdadeiro. Apenas se transfere para o Fiscal as entradas com a *flag* a falso. Se esta transferência não for bem sucedida existirá sempre a possibilidade, de num processo semelhante, retirar toda a informação do *buffer* circular do Poste de Pagamentos.

### Máquina de Carregamentos

É na Máquina de Carregamentos que o Utilizador compra e carrega o seu cartão. Este dispositivo possui um interface sem fios, um dispensador de cartões, um noteiro e moedeiro, um teclado alfa-numérico, assim como uma impressora de recibos e um *LCD*. Este dispositivo pode ser substituído por um quiosque manual com um sistema informático (*POS*). A Máquina de Carregamentos possui uma memória, na qual ficam registadas todas as operações/eventos realizados pelos Utilizadores. Essa memória, organizada segundo uma tabela, contém o tipo de evento (compra, carregamento ou alteração de matrículas), o *ID\_CARTAO* que realizou o evento, as matrículas associadas ao cartão e o *SALDO* do cartão que realizou a operação.

EVENTO	ID_CARTAO	MATRÍCULA	SALDO
COMPRA	CARTAO_###	00_01_AA	5.00€ (exemplo de saldo por defeito na compra de um cartão)
CARREGAMENTO	CARTAO_###	00_02_AA	7.50€
	.....	.....	.....

Tabela 7.3: Tabela da Cartões da Máquina de Carregamentos.

A Máquina de Carregamentos, pensada como elemento autónomo do sistema, não terá acesso à Base de Dados do sistema central. Este dispositivo será desenvolvido numa segunda fase, será nesta primeira fase eventualmente substituído por um *POS*.

### Dispositivo de Fiscalização

Este dispositivo poderá ser por exemplo um *PDA*, um Telemóvel, ou outro dispositivo que possua uma interface *NFC (RFID)* que comunique com o sistema. Este dispositivo necessita de capacidade de processamento reduzida e necessita também de uma interface gráfica, que permita ao Fiscal visualizar com facilidade a informação dos Utilizadores, em situação válida e em situação de infracção. Deverá possuir uma aplicação que permita uma fácil utilização e visualização por parte do Fiscal. Eventualmente, realizará relatórios estatísticos, para um melhor controlo por parte da entidade exploradora do Parque de Estacionamento.

Este dispositivo será responsável por recolher a informação dos Postes de Pagamentos e actualizar a informação presente na base de dados central. Assim como proceder a actualizações

dos parâmetros dos Postes de Pagamentos (ex: tarifários). Será também responsável pela transferência de informação entre a Máquina de Carregamentos/POS e o sistema central.

### 7.4.2 Use-case - Estacionamento simples

Este *use-case* representa a situação normal de um estacionamento. O Utilizador estaciona o seu veículo, dá início ao estacionamento e algum tempo depois termina o estacionamento.

Neste *use-case* o actor é o Utilizador e o elemento do sistema é o Poste de Pagamentos. O objectivo do actor é efectuar um estacionamento e usa o Cartão de Utilizador como meio de interacção com o sistema. Assume-se que o cartão foi pré-carregado e como tal possui saldo positivo.

Utilizador	Poste de Pagamentos
1. Estaciona o veículo	
2. Introduce o Cartão no leitor	
	3. Detecta a presença do Cartão
	4. Activa indicação 'Não Retirar Cartão'
	5. Lê identificação do Cartão
	6. Lê estado do Cartão
	7. Se o Cartão não estiver em uso
	8. Copia as Matrículas associadas para a memória
	9. Copia o Saldo para a memória
	10. Escreve a identificação do poste de início no cartão
	11. Escreve a data e hora de início no cartão
	12. Coloca o estado do cartão em uso
	13. Verifica dados escritos no cartão.
	14. Activa flag de escrita correcta no cartão
	15. Desactiva indicação 'Não Retirar Cartão'
	16. Activa indicação de início com sucesso temporariamente
	17. Display o Saldo disponível
	18. Calcula Tempo estimado
	19. Escreve em memória o Tempo estimado
	20. Display Tempo estimado
21. Retira Cartão	

Tabela 7.4: Estacionamento simples - início.

O próximo *use-case*, descrito na tabela seguinte, descreve o término de um estacionamento. O actor é de novo o Utilizador e o elemento do sistema é o Poste de Pagamentos. O objectivo do actor é terminar um estacionamento iniciado algures no passado. Pressupõe-se que o saldo ainda não terminou, e portanto, a acção decorre sem problemas.



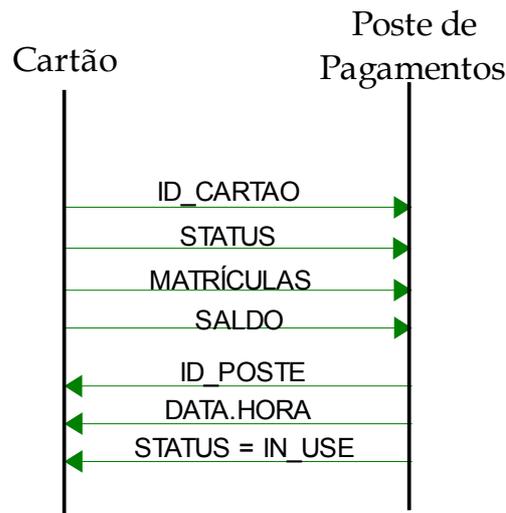


Figura 7.10: Fluxo de informação - início de estacionamento.

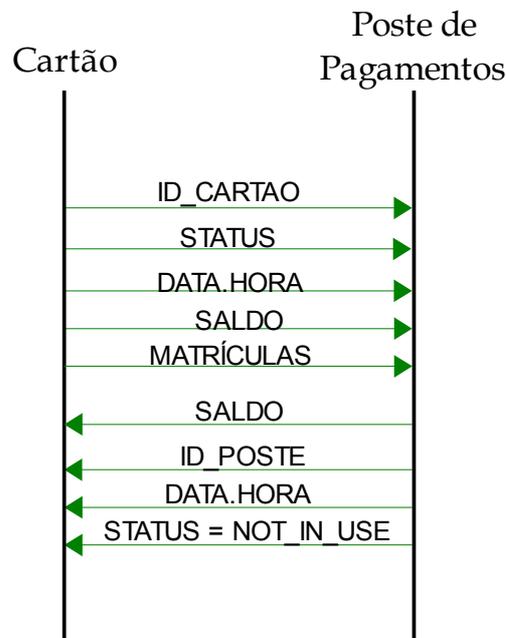


Figura 7.11: Fluxo de informação - fim de estacionamento.

### 7.4.3 Use-case - Compra do Cartão de Utilizador

Este *use-case* representa a compra de um Cartão de Utilizador numa Máquina de Carregamentos. O actor é o Utilizador e o elemento do sistema é a Máquina de Carregamentos. Pressupõe-se que a compra e o carregamento do cartão são acções independentes. O elemento do sistema aqui apresentado, Máquina de Carregamentos pode ser substituído, por exemplo, por um POS.

Utilizador	Máquina de Carregamentos
1. Selecciona opção <i>Compra de Cartão</i>	
	2. Display Preço
3. Introduce Moedas/Notas	
	4. Imprime Recibo
	5. Entrega Cartão
	6. Informa necessidade de associar matrículas ao cartão.
7. Retira Cartão	

Tabela 7.6: Compra do Cartão de Utilizador.

#### 7.4.4 Use-case – Associação de Matrículas

Este *use-case* representa a associação de matrículas ao Cartão de Utilizador. Este *use-case* representa também o processo de alteração de matrículas do Cartão de Utilizador, pois é em tudo semelhante. O actor é o Utilizador e o elemento do sistema é a Máquina de Carregamentos. O objectivo do actor é associar as matrículas dos seus veículos ao cartão que previamente adquiriu.

Utilizador	Máquina de Carregamentos
1. Selecciona opção <i>Associação de Matrículas</i>	
	2. Display <i>Introduza Cartão na ranhura.</i>
3. Introduce Cartão na ranhura	
	4. Detecta Cartão
	5. Lê a identificação do Cartão
	6. Copia a identificação do Cartão para a memória
	7. Display <i>Número de matrículas a Associar (MAX 3)?</i>
8. Introduce número de matrículas	
	9. Display <i>Introduza Matrícula 1</i>
10. Introduce Matrícula	
	11. Display <i>Confirmar Matrícula 1</i>
12. Confirma Matrícula	
	13. Guarda memória Matricula 1
	Repete 9 a 13 até número de matrículas a Associar.
	14. Verifica Informação escrita no Cartão
	15. Display <i>Retire o Cartão da Ranhura</i>
16. Retira Cartão	

Tabela 7.7: Associação de Matrículas.

#### 7.4.5 Use-case – Carregamento do Cartão de Utilizador

O presente *use-case* pretende descrever o crédito do Cartão de Estacionamento numa Máquina de Carregamento. O actor é o Utilizador, possuidor de um Cartão de Utilizador, e o elemento do sistema é a Máquina de Carregamento. Pressupõe-se que o Utilizador já pré-comprou o Cartão de

Utilizador. O objectivo do actor é carregar o seu Cartão de Utilizador usando a Máquina de Carregamento.

Utilizador	Máquina de Carregamento
1. Selecciona opção <i>Carregamento do Cartão</i>	2. Display <i>Introduza Cartão na ranhura.</i>
3. Introduz Cartão na ranhura	4. Detecta Cartão
	5. Lê a identificação do Cartão
	6. Lê Saldo
	7. Display <i>Introduza Moedas/Notas.</i>
8. Introduz dinheiro	9. Display <i>Quantia introduzida</i>
10 Confirma quantia introduzida	11. Escreve novo Saldo
	12. Confirma escrita correcta do Saldo
	13. Display <i>Retire Cartão da ranhura.</i>
	14. Imprime Recibo de utilização (não contabilístico).
15. Retira Cartão	

Tabela 7.8: Carregamento do Cartão de Utilizador.

#### 7.4.6 Use-case - Compra do Cartão - POS

Este *use-case* representa a compra de um Cartão de Utilizador num *point of sales*. Os actores são o Operador e o cliente, o elemento do sistema é o *POS*, o operador interage com o sistema de acordo com as necessidades do Cliente. O objectivo do actor neste *use-case* é realizar a venda do Cartão de Utilizador a pedido do Utilizador. Nesta situação, a compra e a associação de matrículas são efectuadas de seguida. Contudo, é possível realizar um processo de re-associação de matrículas a um determinado cartão, sendo o *use case* em tudo semelhante ao presente.

Utilizador	Operador	POS
1. Dirige-se ao quiosque		
2. Inicia compra do Cartão		
	3. Inicia Compra no POS	
		4. Display Colocar Novo Cartão no Leitor
	5. Coloca Cartão no Leitor	
		6. Grava memória identificação do Cartão
		7. Display Preço
	8. Informa Preço	
9. Efectua Pagamento		
	10. Efectiva Pagamento	
		11. Imprime recibo
	12. Retira Recibo	
	13. Entrega Recibo	
14. Recebe Recibo		
		15. Display Retirar Cartão
	16. Retira Cartão	
	17. Entrega Cartão	
18. Recebe Cartão		

Tabela 7.9: Compra do Cartão de Utilizador- POS.

#### 7.4.7 Use-case - Associação de Matrículas - POS

O presente *use-case* pretende descrever o crédito do Cartão de Estacionamento, num quiosque manual, através de um operador e de um POS. O actor é o Utilizador, possuidor de um Cartão de Utilizador, e o elemento do sistema é a Máquina de Carregamento. Pressupõe-se que o Utilizador já pré-comprou o Cartão de Utilizador. O objectivo do actor é carregar o seu Cartão de Utilizador, usando a Máquina de Carregamento.

Utilizador	Operador	POS
1. Dirige-se ao quiosque		
	2. Inicia Associação de Matrículas no POS	
		3. Display <i>Introduza Matrículas</i>
	4. Pergunta Matrículas a associar	
5. Informa Matrículas a associar		
	6. Inere as Matrículas	
		7. Apresenta Matrículas
	8. Confirma Matrículas	
		9. Display <i>Insira Cartão de Utilizador</i>
	10. Inere Cartão de Utilizador	
		11. Grava Matrículas
		12. Display <i>Operação concluída pode Retirar Cartão</i>
	13. Retira Cartão	
	14. Entrega Cartão	
15. Recebe Cartão		

Tabela 7.10: Associação de Matrículas – POS.

#### 7.4.8 Use-case – Carregamento do Cartão de Utilizador - POS

O presente *use-case* pretende descrever o crédito do Cartão de Estacionamento, num quiosque manual, através de um operador e de um POS. O actor é o Utilizador, possuidor de um Cartão de Utilizador, e o elemento do sistema é a Máquina de Carregamento. Pressupõe-se que o Utilizador já pré-comprou o Cartão de Utilizador. O objectivo do actor é carregar o seu Cartão de Utilizador usando a Máquina de Carregamento.

Utilizador	Operador	POS
1. Dirige-se ao quiosque		
2. Inicia carregamento do Cartão		
	3. Inicia Carregamento no POS	
		4. Display Colocar Cartão no Leitor
5. Entrega Cartão		
	6. Coloca Cartão no Leitor	
		7. Grava em memória identificação do Cartão
		8. Lê Saldo
		9. Grava em memória Saldo antigo
		10. Display Saldo
		11. Display <i>Quantia a carregar?</i>
	12. Pergunta quantia a carregar ao Cliente	
13. Informa quantia a carregar		
	14. Insere quantia	
		15. Calcula novo Saldo
		16. Grava novo Saldo no cartão
		17. Grava novo Saldo em memória
		18. Verifica escrita correcta no Cartão
19. Efectua Pagamento		
	20. Confirma e efectiva Pagamento	
		21. Imprime recibo
		22. Display <i>Retirar Cartão</i>
	23. Entrega Cartão e Recibo	
24. Recebe Cartão e Recibo		

Tabela 7.11: Carregamento do Cartão de Utilizador – POS.

A Máquina de Carregamentos/POS, ficará em memória com um registo de todos os eventos efectuados pelos Clientes/Operadores, desde a compra de cartão, associação de matrículas (*use case 3, 4 e 6*), e carregamentos de cartões (*use case 5 e 7*). Tendo em conta que se pressupõe que a Máquina de Carregamentos/POS não tem acesso directo à base de dados central do sistema, a transferência de informação será feita através do Dispositivo Fiscalizador.

### 7.4.9 Use-case - Comunicação do Fiscal com o Poste de Pagamentos

A comunicação de Dispositivo de Fiscalização com o Poste de Pagamentos desenrola-se com duas finalidades: com o objectivo de realizar o *download* de todos os eventos ocorridos no Poste de Pagamentos, para assim identificar os Utilizadores com o pagamento válido, e com o objectivo de realizar o *upload* de parâmetros configuráveis do Poste de Pagamentos (e.g. Tarifários).

Em primeiro lugar, vamos apresentar o *use-case* em que o Fiscal realiza o download dos eventos ocorridos num Poste de Pagamentos. Para este *use-case* o actor envolvido é o Fiscal, elemento da entidade Fiscalizadora, e os elementos do sistema são o Poste de Pagamentos e o Dispositivo de Fiscalização. O Fiscal interage com o Poste de Pagamentos, através do Dispositivo de Fiscalização, um dispositivo com uma interface *RFID*, por exemplo um telemóvel ou PDA. O Fiscal recolhe informação dos Postes de Pagamento, antes de iniciar a verificação dos infractores.

Fiscal	Dispositivo de Fiscalização	Poste de Pagamentos
1. Coloca Dispositivo de Fiscalização junto do Poste de Pagamentos		2. Detecta Dispositivo de Fiscalização
		3. Display <i>Comunicação com Fiscal</i>
		4. Activa indicação de Leitura
		5. Envia Opções
	6. Recebe Opções	
	7. Apresenta Opções	
8. Escolhe Opção <i>Download de eventos</i>	9. Envia Opção	10. Envia entradas de eventos para Dispositivo de Fiscalização
		11. Coloca indicação de entrada já lida nas entradas enviadas.
	12. Display <i>Download de eventos concluído</i>	13. Desactiva indicação de Leitura
		14. Display <i>Transferência concluída</i>
		15. Display <i>Pode Retirar Dispositivo</i>
16. Retira Dispositivo		

Tabela 7.12: *Download de informação pelo Fiscal.*

Apesar do Fiscal percorrer os Postes de Pagamentos por uma ordem arbitrária, o Dispositivo de Fiscalização irá condensar a informação à medida que esta é recolhida, actualizando assim as entradas correspondentes aos estacionamento iniciados num Poste de Pagamentos e terminados noutra. Assim, o dispositivo terá em memória todos os eventos ocorridos, contudo, apenas apresentará ao Fiscal as entradas relativas aos estacionamento em curso (iniciados, ainda não terminados e ainda com saldo válido).

No *use-case* seguinte, é apresentado o processo de actualização dos parâmetros do Poste de Pagamentos, com o Dispositivo de Fiscalização por acção do Fiscal.

Fiscal	Dispositivo de Fiscalização	Poste de Pagamentos
1. Coloca Dispositivo de Fiscalização junto do Poste de Pagamentos		2. Detecta Dispositivo de Fiscalização
		3. Display <i>Comunicação com Fiscal</i>
		4. Activa indicação de Leitura
		5. Envia Opções
	6. Recebe Opções	
	7. Apresenta Opções	
8. Escolhe Opção <i>Actualização de Parâmetros</i>	9. Envia Opção	
		10. Entra em Modo de Configuração
11. Dá início à actualização	12. Envia Parâmetro e valor	
		13. Guarda novo valor do parâmetro
		14. Envia Parâmetro e novo valor.
	15. Confirma parâmetro e novo valor	
	16. Repete 12 a 15 até actualização concluída	
17. Confirma fim de actualização	18. Envia Fim de Configuração	
		19. Deixa Modo de Configuração
		20. Desactiva indicação de Leitura
		21. Display <i>Configuração concluída</i>
		22. Display <i>Pode Retirar Dispositivo</i>
23. Retira Dispositivo		

Tabela 7.13: Upload de parâmetros pelo Fiscal (configuração).

### 7.4.10 Use-case - Estacionamento sem fim

Este *use-case*, representa a situação em que o Utilizador inicia o estacionamento e não o termina, que coincide, do ponto de vista do Poste de Pagamentos, com a situação em que o saldo termina. Neste *use-case* o actor é o Utilizador e o elemento do sistema é o Poste de Pagamentos. Pressupõe-se que o Utilizador inicia o estacionamento sem qualquer problema.

Utilizador	Poste de Pagamentos
	Início de Estacionamento - <i>use-case 1</i>
	...
	1. Detecta que o saldo chegou ao fim.
	2. Copia identificação do cartão para novo evento
	3. Copia as matrículas para novo evento
	4. Grava Tipo de Evento como Caducou
	5. Grava hora e data de Caducou

Tabela 7.14: Estacionamento sem fim.

Neste caso, é criada uma nova entrada de evento, correspondente às matrículas cujo pagamento caducou.

#### 7.4.11 Use-case - Estacionamento terminado num Poste diferente do inicial

Este *use-case* representa a situação em que o Utilizador termina o estacionamento num Poste de Pagamentos que não o inicial. Este *use-case* é igual ao *use-case 2 - Estacionamento simples - fim de Estacionamento* pelo que se considera já apresentado.

#### 7.4.12 Use-case - Comunicação do Fiscal com a Máquina de Carregamentos ou POS

Este *use-case*, representa o *download* de informação sobre os eventos ocorridos na Máquina de Carregamentos ou *POS*, pelo Fiscal, através do Dispositivo de Fiscalização. Este *use-case* pressupõe que não existe comunicação entre a Máquina de Carregamentos/*POS* e a BD Central do Sistema. O actor, neste *use-case*, será o Fiscal que tem como objectivo descarregar a informação referente aos eventos ocorridos na Máquina de Carregamento, para posterior actualização da BD do Sistema Central. Os elementos do Sistema serão o Dispositivo de Fiscalização e a Máquina de Carregamentos/*POS*.

Fiscal	Dispositivo de Fiscalização	Máquina de Carregamentos/POS
1. Coloca Dispositivo de Fiscalização junto da Máquina de Carregamentos		2. Detecta Dispositivo de Fiscalização
		3. Display <i>Comunicação com Fiscal</i>
		4. Display <i>Em Comunicação - Não retirar Dispositivo!</i>
		5. Envia Opções
	6. Recebe Opções	
	7. Apresenta Opções	
8. Escolhe Opção <i>Download de eventos</i>		
	9. Envia Opções	
		10. Envia entradas de eventos para Dispositivo de Fiscalização
		11. Coloca campo as entradas como ' <i>já lidas</i> '
	12. Recebe entradas de eventos	
		13. Display <i>Transferência concluída</i>
		14. Display <i>Pode Retirar Dispositivo</i>
15. Retira Dispositivo		

Tabela 7.15: *Download de informação pelo Fiscal da Máquina de Carregamento/POS.*

Este *use-case*, é muito semelhante, ao *use-case* referente ao *download* de informação do Poste de Pagamentos para o Dispositivo de Fiscalização. Este *use-case* aplica-se à comunicação com a Máquina de Carregamentos e com o *POS*.

Tendo em conta que na Máquina de Carregamento/POS existem parâmetros definidos pela entidade exploradora e que esses parâmetros podem ser alterados em qualquer altura, é apresentado de seguida, o *use-case* referente à actualização da Máquina de Carregamentos/POS com o Dispositivo de Fiscalização.

Fiscal	Dispositivo de Fiscalização	Máquina de Carregamentos/POS
1. Coloca Dispositivo de Fiscalização junto da Máquina de Carregamentos/POS		2. Detecta Dispositivo de Fiscalização
		3. Display <i>Comunicação com Fiscal</i>
		4. Display <i>Em Comunicação - Não retirar Dispositivo!</i>
		5. Envia Opções
	6. Recebe Opções	
	7. Apresenta Opções	
8. Escolhe Opção <i>Actualização de Parâmetros</i>		
	9. Envia Opção	
		10. Entra em Modo de Configuração
	11. Envia Parâmetro e valor	
		12. Guarda novo valor do parâmetro
		13. Envia Parâmetro e novo valor.
	14. Confirma Parâmetro e novo valor	
	15. Repete 11 a 14 até actualização concluída	
16. Envia Fim de Configuração		
		17. Deixa Modo de Configuração
		18. Display <i>Configuração concluída</i>
		19. Display <i>Pode Retirar Dispositivo</i>
20. Retira Dispositivo		

Tabela 7.16: Actualização de parâmetros da Máquina de Carregamentos/POS pelo Fiscal.

No caso de se utilizar um POS, em detrimento de uma Máquina de Carregamentos, esta actualização de parâmetros/configurações poderá ser feita manualmente, pelo operador, junto da aplicação que corre no POS.

## 7.5 . Plano de negócio

Pretende-se apresentar de seguida um Plano de Negócio Inicial - um *Start Up Plan*. Plano esse, que define as linhas gerais desta nova ideia de negócio, apresentando o Produto, o Serviço, o Mercado, etc. Pretende-se fundamentar a ideia/projecto, face ao mercado que o sistem e face aos aspectos técnicos que definem o produto. Pretende-se também realizar uma análise *SWOT*, com vista à melhor percepção do produto, por parte dos elementos envolvidos no seu desenvolvimento e também com vista ao refinamento progressivo das suas características.

### 7.5.1 O Mercado subjacente ao produto

O produto a criar, destina-se a ser aplicado em Parques de Estacionamento abertos, e a Parques de Estacionamento fechados, de cancela. Tendo em conta que este sistema pode ser aplicado em paralelo com os parquímetros de moeda normais, existe um grande mercado para este produto. Os principais clientes podem ser autarquias e Empresas exploradoras e concessionárias dos Parques de Estacionamento. Visto ter características como diferenciação dos clientes, com tarifários distintos, é extremamente útil em zonas residenciais, em que queremos distinguir os clientes moradores dos clientes não moradores, podendo beneficiar os moradores, por exemplo de um tarifário diferente. Existe também mercado para este produto, em Parques de Estacionamento junto a zonas e centros comerciais, com a possibilidade de os lojistas oferecerem saldo em função das compras realizadas pelos clientes.

### 7.5.2 O posicionamento do produto no mercado

Este produto pretende ser um sistema eficaz, com elevada fiabilidade e simplicidade. Pretende-se que funcione em paralelo com o sistema actual de parquímetros de moedas, para que tenha uma melhor aceitação, de forma gradual, pelo mercado.

### 7.5.3 Historial da Empresa

A *Micro I/O* tem já um produto no mercado na área dos Parques de Estacionamento, o *C-Park*. O *C-Park* é uma solução de gestão de parque(s) de estacionamento, com acesso controlado, que pode usar, de forma transparente, diferentes tecnologias de identificação, para controlar o acesso e permanência, tais como cartões de proximidade sem contacto e banda magnética. É um produto de gestão de Parques de Estacionamento fechados, com cancela. Existem já algumas instalações deste equipamento. São características do *C-Park*: Monitorização em tempo real do parque; Controlo remoto das cancelas (para acessos não previstos); Gestão de cartões; Pagamento por mensalidades; Pagamento por tempos. Contudo, para Parques de Estacionamento abertos, *de rua*, não existe ainda nenhuma solução na *Micro I/O*.

### 7.5.4 Análise SWOT

#### Pontos Fortes - *Strengths*

Dividindo os Pontos Fortes do sistema aqui apresentado, vamos analisar as vantagens para os concessionários e para o Utilizador.

Do ponto de vista dos concessionários, existe logo à partida uma maior segurança e protecção contra-roubos, uma vez que deixa de existir dinheiro nos parquímetros e logo evitam-se inúmeros prejuízos, visto estes se localizarem em locais nem sempre seguros. O facto de não existir dinheiro nos parquímetros elimina também a necessidade de fazer a sua recolha e logo temos uma diminuição da mão-de-obra necessária para o funcionamento do sistema. Diminui-se também o número de operações nas máquinas de pagamento.

Para o Utilizador, temos uma mais valia na facilidade e simplicidade do processo. O Utilizador não necessita de andar com trocos para o pagamento do seu estacionamento. Não necessita de voltar ao carro para colocar o *ticket* após a compra deste, assim como não necessita de voltar e realizar todo o processo novamente, se o tempo se esgotar. O Utilizador pode mudar de carro, dentro de um número limitado, mantendo o mesmo Cartão de Utilizador.

Genericamente, este novo sistema apresenta novas funcionalidades, que trazem mais valias

para todos os intervenientes. Desde a possibilidade de existirem tarifários diferenciados, por exemplo, para turistas, moradores ou trabalhadores no local, assim como tarifas diferentes para diferentes horários. Existe a possibilidade de se criarem promoções com a alteração dos tarifários em vigor. Outra mais valia que o sistema apresenta, é a possibilidade de se oferecer saldo, por exemplo por parte de comerciantes aos melhores clientes, transferindo saldo entre cartões.

Com este sistema, criamos novas metodologias de exploração e de concessão dos parques de estacionamento. Uma vez que podem existir entidades distintas a explorar locais distintos (múltiplos concessionários). Sendo a cobrança feita pelo cobrador, utilizam-se os dados dos postes de pagamentos, para os pagamentos do cobrador ao concessionário.

### **Pontos Fracos - Weaknesses**

No caso de o Cartão de Utilizador ser pago, pode existir uma certa resistência pelos Utilizadores a aderirem ao sistema. Contudo, se for demasiado barato, corre-se o risco de os clientes após terem ultrapassado o saldo, comprarem um novo cartão em vez de regularizarem a situação.

Este sistema, tendo em conta que é necessária uma acção prévia - a compra do Cartão de Utilizador - para ser utilizado, perde todos aqueles Utilizadores ocasionais, que não usam o sistema diariamente. Pois, certamente os Utilizadores não se darão ao 'trabalho' de aderir ao sistema para apenas realizarem utilizações esporádicas.

Uma desvantagem para os Parques de Estacionamento que utilizam o sistema de recibos, colocados no *tablier* do veículo, é o facto de neste sistema, ter que existir um Dispositivo de Fiscalização, para que a entidade Fiscalizadora possa efectuar a verificação dos infractores.

Pelo facto deste sistema (especificação), na sua versão base, não incluir conectividade entre os diferentes Postes de Pagamentos e mesmo entre os Postes de Pagamentos (*front office*) e a Máquina de Carregamentos (*back office*), implica que quando o Fiscal inicia uma ronda, terá que passar por todos os Poste de Pagamentos, antes de iniciar a verificação das matrículas. Assim como, sempre que é necessário uma actualização de algum parâmetro, é necessário actualizar todos os Postes de Pagamentos um a um.

### **Oportunidades - Opportunities**

Tendo em conta o já referido mercado para produtos deste tipo, existem diversas e variadas oportunidades para que este produto possa singrar e tornar-se numa solução comum e utilizada por todos nós no dia a dia.

Grande parte das zonas residenciais, hoje em dia, tem problemas de estacionamento. Os principais prejudicados são os próprios moradores, quer porque têm dificuldade em arranjar lugar, quer porque são obrigados a pagar para poderem estacionar os seus veículos junto das suas casas. Com o produto que este projecto apresenta, é possível discriminar, positivamente, os moradores das zonas residenciais, atribuindo-lhe um tarifário 'especial' de morador.

Existem também oportunidades para este produto, em parques de estacionamento de centros comerciais, em que os clientes podem ser ressarcidos ou podem ver a sua taxa de estacionamento diminuída, em função das compras que realizarem. Tendo em conta que os lojistas podem oferecer crédito de estacionamento aos seus clientes, ou mesmo atribuir um tarifário especial para os clientes frequentes. Podem também, os próprios lojistas, na zona, terem um tarifário especial para estacionarem os seus veículos.

Este produto permite, assim, que as autarquias e/ou as entidades concessionárias, coloquem zonas de estacionamento pagas, sem prejudicarem os moradores, trabalhadores na zona, etc. Criando assim mais receita sem afectarem os municípios. Temos ainda que, havendo saldo no cartão, todo o estacionamento é pago, o que no sistema de *ticket* não é garantido. Também não existe a desvantagem da troca de *tickets* entre clientes.

### **Ameaças - Threats**

O produto que se pretende desenvolver tem como principais opositores ao seu sucesso outros produtos de características e aplicações semelhantes. O sistema de pagamentos de Parques de Estacionamento com base no sistema de recibos no *tablier* é uma das grandes ameaças ao nosso produto, uma vez que é extremamente simples quer para o Utilizador quer para a Entidade Concessionária. Ao contrário do nosso produto, que necessita de uma acção prévia, a compra do Cartão de Utilizador, o sistema dos recibos não pressupõe qualquer tipo de acção e por conseguinte é passível de ser utilizado em qualquer altura e por qualquer pessoa.

#### **7.5.5 Roll-out**

Nesta secção, pretende-se descrever um sistema piloto, que permita realizar testes e afinar, quando necessário, o sistema. Pretende-se também definir os testes a realizar, assim como e onde colocar o sistema experimental. Define-se aqui um Sistema de Pagamentos em Parques de Estacionamento mínimo que permita demonstrar as capacidades do sistema, assim como permita identificar fraquezas e defeitos para permitir efectuar ajustes e melhoramentos, antes da versão final do produto.

##### **a) Sistema mínimo**

O sistema SPPE desenvolvido e apresentado, necessita, para uma versão experimental, de testes de funcionamento dos elementos: Cartão de Utilizador, Poste de Pagamentos, e *POS* (funcionalidades de associação de matrículas e carregamento de cartões).

O Poste de Pagamentos para esta versão experimental não necessita de ter todas as funcionalidades implementadas, nomeadamente a comunicação com o Dispositivo Fiscalizador, pois este não está presente nesta versão. O *POS* terá um *software* mais simples do que na versão final, permitindo a associação de matrículas e o carregamento dos Cartões de Utilizador.

Dependendo do local a implementar o sistema piloto, o Poste de Pagamentos pode ser substituído por uma funcionalidade extra do *POS*, passando este a funcionar como Máquina de Carregamentos e como Poste de Pagamentos. Esta opção poderá ser aplicada por exemplo numa Empresa (ou outra) na qual todos os funcionários entrem e saiam pela mesma porta, podendo então usar o *POS* para realizar as operações de início e termino do seu estacionamento. Contudo esta opção poderá não ser viável em todas as situações.

##### **b) Onde?**

O sistema piloto terá de ser aplicado num Parque de Estacionamento de dimensões reduzidas, para facilitar todo o processo de testes. Poderá ser um Parque de uma Empresa, entidade ou de um condomínio, em que os Utilizadores são conhecidos e recebem uma explicação sobre o sistema e o seu modo de utilização. Dever-se-á realizar um levantamento dos Parques possíveis, analisando a melhor situação e encetando diálogos para a possibilidade da instalação do sistema piloto.

##### **c) Testes a Realizar**

Com a implementação do sistema piloto, temos a possibilidade de realizar diversos testes às funcionalidades e desempenho do SPPE. Nomeadamente testes relativos ao tempo de escrita/leitura dos Cartões de Utilizador; testes a eventuais falhas do sistema; teste de identificação e protecção a burlas, não identificadas na fase de especificação e desenvolvimento; testes ao número máximo de operações. O levantamento dos testes a efectuar, deverá sempre ter em conta, todos os problemas encontrados pela *Micro I/O* em produtos que utilizam tecnologia semelhante.

## 7.6 . Demonstrador

Foi realizado um demonstrador/protótipo que implementa algumas funcionalidades descritas nos use-cases apresentados neste documento. Nomeadamente, os use-cases relativos à associação de matrículas, carregamento de Cartão de Utilizador, início de estacionamento e fim de estacionamento. O demonstrador implementa assim as funções básicas dos dispositivos Máquina de Carregamentos (*POS*) e Poste de Pagamentos.

Este demonstrador foi escrito em linguagem C#, pelo facto do leitor *RFID* usado (*ACR120* do fabricante *ACS - Advanced Card Systems Ltd.*) não disponibilizar bibliotecas em linguagens que nos permitissem abdicar de licenciamento. Este demonstrador é constituído por um PC, um monitor *touchscreen* e um leitor *RFID*.

Na Máquina de Carregamentos, o demonstrador implementa um menu principal. Deste menu principal pode-se aceder a um novo *display*, onde podemos ler as matrículas já associadas ao Cartão de Utilizador e associar novas matrículas. Assim como é também possível ler o saldo que o Utilizador possui e efectuar carregamentos de saldo.

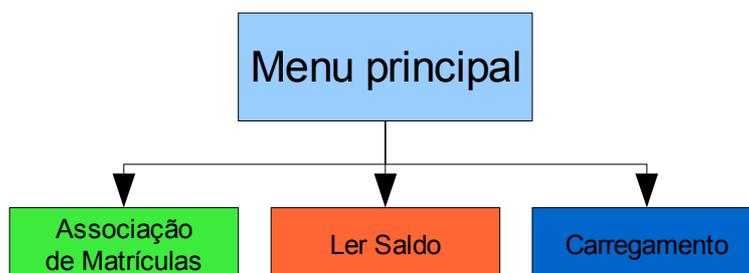


Figura 7.12: Funcionamento dos menus da Máquina de Carregamentos.

O processo de associação de matrículas é extremamente simples. O Utilizador pode clicar em 'Ler Matrículas' (Figura 7.13) e ter acesso assim às matrículas já associadas ao cartão. Seleccionando cada matrícula individualmente, o Utilizador preenche as matrículas que deseja associar ao seu Cartão de Utilizador. Se não desejar ler as matrículas associadas ao cartão, o Utilizador tem a possibilidade de apenas introduzir as novas matrículas. A aplicação vai validando as matrículas à medida que são introduzidas pelo Utilizador, ou seja, sabendo que cada matrícula possui dois pares de números e um par de letras. A aplicação desactiva e activa o teclado consoante os dados introduzidos.

Após introduzir as matrículas, basta clicar em 'Gravar Matrículas' e a aplicação grava os dados no cartão. Caso o cartão não esteja no leitor, no momento da leitura ou gravação, ou mesmo se ocorrer algum erro no processamento dos dados, a aplicação avisa o utilizador e é repetido todo o processo. Em qualquer momento a operação pode ser cancelada, mantendo o cartão os dados iniciais.



Figura 7.13: Associação de Matrículas.

É possível também o Utilizador ler o saldo que possui no seu cartão, bastando para isso seleccionar a opção de '*Ler Saldo*'. Assim, caso o cartão esteja no leitor e não ocorra nenhum erro de leitura ou de acesso ao cartão, é mostrada uma mensagem com o saldo que o Cartão de Utilizador possui.

No processo de carregamento (Figura 7.14) os procedimentos são também muito simples. É introduzida a quantia a carregar e de seguida basta apenas premir o botão de *OK*. O valor máximo a carregar é tal que o saldo após o carregamento não pode ultrapassar os 99.99€. No caso do saldo que o cartão possui ser negativo (caso o Utilizador tenha utilizado mais tempo do o seu saldo lhe permitia), é sempre necessário que o valor mínimo de carregamento resulte num valor final de saldo positivo. Caso ocorra algum erro de gravação ou de leitura de dados é informado o mesmo e é repetido o processo.



Figura 7.14: Carregamento de Cartão.

Em ambos os processos são disponibilizados teclados (alfa-numérico no caso da associação de matrículas e numérico no caso do carregamento do cartão) pois pretende-se que o demonstrador funcione num écran *touchscreen*. O tamanho dos botões teve em conta um écran com uma resolução de 1024 x 768.

No Poste de Pagamentos o demonstrador implementa as funcionalidades de início e fim de estacionamento. O Poste de Pagamentos não apresenta qualquer menu, neste caso implementamos uma imagem com instruções ao Utilizador. Assim que o Utilizador aproxima o seu cartão do Leitor, é iniciado ou terminado o seu estacionamento, consoante o estado do cartão. O Utilizador recebe como *feedback*, no écran, (Figura 7.15 e Figura 7.16), uma mensagem indicando o sucesso ou insucesso da operação.



Figura 7.15: Início de Estacionamento.

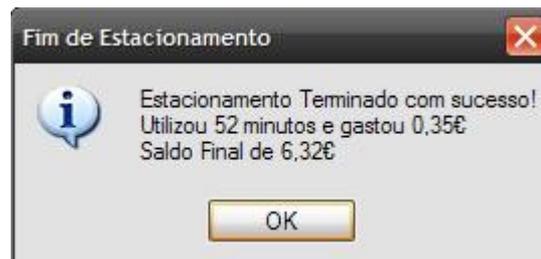


Figura 7.16: Fim de Estacionamento.

Este demonstrador/protótipo inclui também um registo de todas as operações efectuadas. São registadas as operações e os dados necessários, não só para uma possibilidade de *debugging*, se algo não estiver a funcionar correctamente, mas também para transmissão futura ao Fiscal dos dados necessários.

O demonstrador necessita de mais ensaios, com vista à criação de uma aplicação robusta, capaz de dar origem a um sistema fiável e com elevada tolerância a falhas.

## 7.7. Arquitectura implementada

### 7.7.1 Hardware

As aplicações comunicam com os cartões de Utilizador através do leitor *ACR120* que comunica com o *PC* através da porta série. Por sua vez as aplicações, comunicam com o Utilizador através do écran *touchscreen*.

As comunicações entre o cartão e o leitor são encriptadas, o algoritmo usado pela *Mifare* garante segurança nas transferências de dados.

### 7.7.2 Software

Em ambas as aplicações (Máquina de Carregamentos e Poste de Pagamentos), é usada a biblioteca disponibilizada pelo fabricante do leitor, assim como classes em comum. Nomeadamente a classe *ACR120*, que interage com a biblioteca do fabricante; a classe *MessageBox* que disponibiliza as caixas de mensagens com *timeout*. As classes *associar*, *carregar*, *iniciar* e *terminar* são responsáveis pelos use-cases respectivos, como o próprio nome indica. As classes *associar* e *carregar* são utilizadas na aplicação da Máquina de Carregamentos (*POS*) e as classes *iniciar* e *terminar* na aplicação do Poste de Pagamentos. Em ambas as aplicações, a detecção da presença do Cartão de Utilizador e a leitura da respectiva *tag* é feita recorrendo a um *thread* (*Leitor*) à parte do processamento da aplicação principal (Figura 7.17). Este *thread*, foi implementado para que a aplicação não bloqueasse sempre que existisse algum problema, com a leitura ou escrita no cartão.

A Máquina de Carregamentos, pelo facto de as operações serem efectuadas 'ao click', não possui este *thread* e não necessita de um detecção continua da presença do cartão (Figura 7.18).

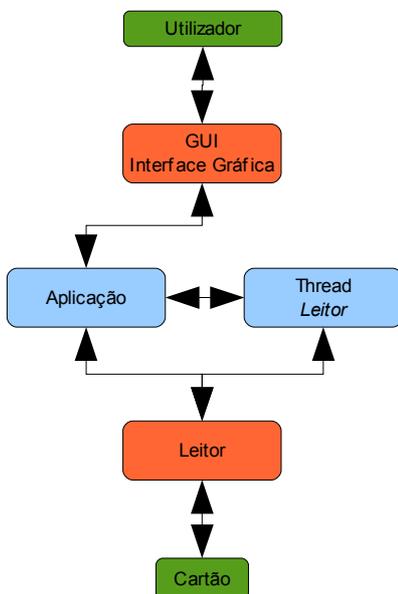


Figura 7.17: Arquitectura Poste de Pagamentos

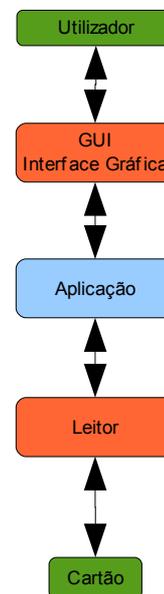


Figura 7.18: Arquitectura Máquina de Carregamentos

As operações no poste de pagamentos encontram-se descritas na Figura 7.19. A operação de início de estacionamento inclui um conjunto de outras pequenas operações, entre as quais o teste se o saldo é positivo, a escrita no *buffer* de histórico, etc. Assim como a operação de fim de

estacionamento inclui diversas operações, como leitura do saldo, cálculo e escrita do novo saldo, escrita no *buffer*, etc.

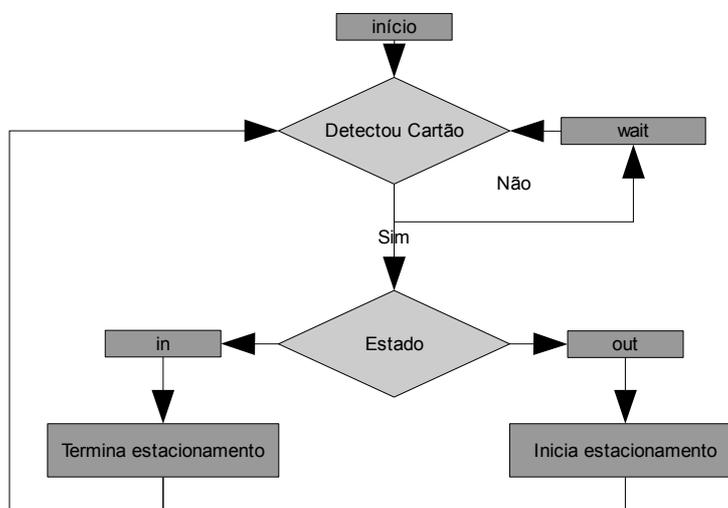


Figura 7.19: Diagrama das operações do Poste de Pagamentos

## 7.8. Avaliação de desempenho - Demonstrador

Com vista à identificação dos recursos necessários à execução da aplicação, foi realizada uma avaliação ao demonstrador/protótipo, nomeadamente ao *overhead* computacional necessário. Este tipo de avaliação pretende avaliar as necessidades ao nível do *hardware* mínimo necessário para a execução desta aplicação.

Os requisitos necessários para a aplicação do Poste de Pagamentos encontram-se na Tabela 7.17. Com estes requisitos, foram efectuados testes com vista à determinação dos tempos de resposta do sistema. Os requisitos foram determinados com o funcionamento do sistemas após largos minutos e dezenas de operações, garantindo assim que a memória alocada para a aplicação não aumentaria acima dos requisitos.

Requisito	Valor
Espaço em disco disponível	50 MB
Capacidade do Processador	<i>Pentium Mobile 2.0 GHz</i>
Memória RAM necessária	128 MB

Tabela 7.17 Requisitos Poste de Pagamentos

Assim, foram determinados os tempos médios das operações início de estacionamento e fim de estacionamento. Estes valores (Tabela 7.18) foram determinados desde que o utilizador apresenta o cartão até que é informado do sucesso da operação.

Operação	Tempo médio (S)
Início de estacionamento	0,82
Fim de estacionamento	0,93

Tabela 7.18 Tempo médios de operação – Poste de Pagamentos

Para se analisarem os valores médios obtidos tem de ter sempre em conta o facto de o *thread* responsável pela detecção do cartão ter uma frequência de activação de 500 *mS*, o que, no pior dos casos representa um tempo extra de 500 *mS* (quando o cartão apareceu no leitor logo após o último teste de leitura). Foram efectuadas 50 amostragens por cada operação.

No caso da Máquina de Carregamentos, os requisitos são idênticos aos apresentados para o Poste de Pagamento (Tabela 7.17). As operação possíveis na Máquina de Carregamentos são Associação de Matrículas, Leitura de Saldo e Carregamento de Saldo. Assim, para estas operações foram também medidos os tempos necessários para que o sistema as executasse (Tabela 7.19), desde que o operador dá a ordem (*click* no botão respectivo), já com o cartão no leitor, até que a mensagem com o sucesso da operação é apresentada.

Operação	Tempo médio (S)
Associação de Matrículas	<< 1
Leitura de Saldo	<< 1
Carregamento de Saldo	<< 1

Tabela 7.19 Tempos médios de operação – Máquina de Carregamentos.

Neste caso, os tempo são muito inferiores a 1 segundo, e conseqüentemente não são mensuráveis. Ao contrário do Poste de Pagamentos, não existe um *thread* a verificar a presença do Cartão, este apenas é detectado quando o utilizador pretende realizar alguma operação, leitura ou escrita. Este factor, bem como o menor número de operações de leitura e escrita necessárias justificam as diferenças de tempo.

O ficheiro que possui o registo de todas as operações realizadas no Poste de Pagamentos pode atingir alguns Mbytes de tamanho. Assim, se considerarmos um parque com aproximadamente 200 movimentos diários, o registo diário ocupa em média 15 Kbytes. Ao fim de 60 dias de uso temos um ficheiro com cerca de 1 Mbyte. Assim, é possível definir um período de 'limpeza' do registo aceitável de 6 meses, tendo o ficheiro cerca de 3 Mbytes.



## Capítulo 8

### Conclusões e Trabalho futuro

Do estudo realizado no âmbito deste projecto, é possível concluir que um produto como este, que integra várias tecnologias de comunicação, será certamente uma mais valia para todas as Empresas exploradoras e concessionárias de parques de estacionamento bem como, claro está, para o Utilizador.

Os principais objectivos deste trabalho prendiam-se com o levantamento de todas as tecnologias que um produto desta natureza necessita, assim como toda a especificação do produto, dos seus equipamentos e dispositivos e ainda com o início do desenvolvimento do mesmo.

O levantamento das tecnologias e do estado da arte das mesmas foi realizado com sucesso. Este processo foi iniciado com o levantamento de produtos similares, existentes no mercado (Capítulo 2), quer para soluções *indoor*, quer para soluções *outdoor*. Após este levantamento, as tecnologias que um produto desta natureza necessitaria ficaram evidentes, pelo que se aprofundou então cada uma das tecnologias e o seu estado da arte.

Tendo a ideia base deste projecto incluído sensores do estado de ocupação de cada lugar de estacionamento, foi feito um estudo e desenvolvido um sensor de teste para esta função (Capítulo 3). Este sensor funcionaria através da utilização de pulsos de ultra-sons, para a determinação de distâncias, e assim concluir sobre o estado de ocupação do lugar de estacionamento. Este sensor seria um *stand-alone*, pelo que necessitaria de uma fonte de alimentação e de comunicações sem fios, para que pudesse ser um sensor totalmente autónomo e de fácil montagem (como se pretende um produto comercial, tendo em conta factores que podem ser vantagens no mercado tais como o tempo de instalação). Para o problema da alimentação foi feito um estudo sobre painéis solares que pudessem ser aplicados nos sensores e fornecer a energia suficiente ao seu funcionamento

(Capítulo 4).

Para a conectividade entre os diferentes sensores, e entre os diferentes postos do sistema assim como *back-office* e *front-office*, foi feito um levantamento das tecnologias de comunicação para redes pessoais (WPANs), com especial ênfase na tecnologia *Zig-Bee*, (Capítulo 5).

Para que cada Utilizador pudesse usufruir deste sistema, utilizaram-se cartões com tecnologia de comunicação de proximidade sem contacto – *RFID* (Capítulo 6). Na *Micro I/O* existia já algum *know-how* sobre esta tecnologia, pelo que foi possível aproveitar alguma dessa informação. Contudo, todas as utilizações que já foram realizadas com esta tecnologia ficaram-se pela leitura da *tag* do cartão. Para este projecto não é de todo suficiente, pois é necessário manter um histórico de utilizações no cartão, bem como informação relativa às matrículas e saldo disponível. O histórico nunca poderá ir além de algumas dezenas de entradas, pois os cartões têm uma memória limitada, 1Kbyte.

Posto isto, tendo-se realizado o levantamento de todas as tecnologias que, à partida, seriam necessárias para o sistema, foi iniciada a respectiva especificação e de parte da sua arquitectura (Capítulo 7), assim como foram preparados os *use-cases* da utilização do sistema. Foi também efectuado um Plano de Negócio, analisando o mercado subjacente ao produto, assim como foi realizada uma análise *SWOT* e foi estabelecida uma estratégia comercial para o produto.

Foi implementado um demonstrador, com algumas das funcionalidades que se pretendem que o sistema final possua. Este demonstrador/protótipo ainda carece de alguns ensaios e testes com vista à detecção e correcção de possíveis falhas que possam por em causa a robustez do sistema. Pretende-se colocar o demonstrador em testes num pequeno Parque de Estacionamento Empresarial ou outro, no qual as condições de teste sejam facilmente controláveis.

O sistema foi recebendo diversos ajustamentos ao longo do processo de especificação e definição de arquitectura, quer por razões que se prenderam com a tecnologia, quer com razões que se deveram a decisões comerciais.

Um sistema como este, possui inúmeras vantagens para todos os intervenientes no processo de estacionamento dos veículos. Desde o Utilizador até ao concessionário dos parques, bem como à entidade Fiscalizadora. Um produto comercial, com aplicação modular, destinado a instalações *indoor* e a instalações *outdoor* seria certamente bem recebido pelo mercado, quer ao nível de Empresas concessionárias e exploradoras, quer mesmo ao nível de autarquias.

Como trabalho futuro, existem diversos passos que têm de ser realizados, tendo em vista a concretização de uma solução final. É necessário implementar o Dispositivo de Fiscalização, realizando para tal um levantamento de todas as possibilidades ao nível dos dispositivos móveis que possam ser utilizados. É também necessário desenvolver os respectivos *use-cases*.

Ao nível do sensor *indoor* é necessário integrar as comunicações *ZigBee* e o painel solar, e testar as comunicações num parque movimentado onde os automóveis em movimento podem causar *blackouts* nas comunicações.

É também necessário tornar este sistema mais apetecível para as empresas, por exemplo realizando diversas melhorias ao nível das interfaces, necessidades de *hardware*, robustez.

Refira-se ainda que este sistema foi objecto de pedido de patente submetida ao gabinete que dá apoio à *Micro I/O* e Universidade de Aveiro em 15/7/2008.

# Bibliografia

- [1] SIPARK, Siemens Intelligent Traffic Systems; [www.siemens.com/traffic](http://www.siemens.com/traffic); Outubro 2007
- [2] SmartLot - VehicleSense Inc.; [www.vehiclesense.com](http://www.vehiclesense.com); Outubro 2007
- [3] Parking guidance system; DKEE CO., LTD; [www.dkee.com](http://www.dkee.com); Outubro 2007
- [4] SKIDATA Solutions for Car Park Operators; [www.skidata.com](http://www.skidata.com); Outubro 2007
- [5] Sistemas de Gestão de Tráfego; [www.flgaspar.pt](http://www.flgaspar.pt); Outubro 2007
- [6] Vehicle Sensor Puck - Photo Violation Meter; [www.photoviolation.com](http://www.photoviolation.com); Outubro 2007
- [7] K.Mazhar, D.Parente, T.Mangogia. "Management and Parking Assistance Device" University of Illinois at Urbana-Champaign, Fall 2007
- [8] ANEPE; [www.anepe.esimples.com](http://www.anepe.esimples.com); Janeiro 2008
- [9] Wikipédia; [www.pt.wikipedia.org](http://www.pt.wikipedia.org); Janeiro 2008
- [10] Finemech - Precisions Mechanical Components; [www.finemech.com/tech\\_resources/ultrasound\\_application.shtml](http://www.finemech.com/tech_resources/ultrasound_application.shtml); Outubro 2007
- [11] David Birchfield, Assegid Kidane, Rakesh Shiwale; "Position sensing system using ultrasonic proximity sensors"; Arizona State University
- [12] A.Hämäläinen and D. MacIsaac; "Using Ultrasonic Sonar Ranger: Some Practical Problems and how to overcome them"
- [13] "SRF05 - Ultra-Sonic Ranger Technical Specification"; Devantech
- [14] "SRF02 - Ultra-Sonic Ranger Technical Specification"; Devantech
- [15] Pedro Simão, Tiago Roque, José A. Fonseca; "Desenvolvimento e ensaio de sistema de detecção de obstáculos de baixo consumo com interface sem fios"; Relatório Técnico - Universidade de Aveiro
- [16] Opel Portugal, [www.opel.pt](http://www.opel.pt); Novembro 2007
- [17] Câmara Municipal de Lisboa; [www.cm-lisboa.pt](http://www.cm-lisboa.pt); Novembro 2007
- [18] SPIN - On-street Parking Management Solution, Vehicle Sense. [www.vehiclesense.com/website/vs\\_solutions.html](http://www.vehiclesense.com/website/vs_solutions.html); Novembro 2007
- [19] Streetline Networks, Inc. [www.streetlinenetworks.com/](http://www.streetlinenetworks.com/), Novembro 2007
- [20] J. P. Benson, T. O'Sullivan, U. Roeding, C. Sreenan, "Car-Park Management using Wireless Sensor Networks"; University College Cork, Cork, Ireland
- [21] How Stuff Works; [www.howstuffworks.com](http://www.howstuffworks.com), Outubro 2007
- [22] 4eolic - Novas Energias; <http://www.4eolic.com>; Outubro 2007
- [23] NaturLink; [www.naturlink.pt](http://www.naturlink.pt); Outubro 2007
- [24] FVGEnergy; [www.fvgenergy.com](http://www.fvgenergy.com); Outubro 2007
- [25] BP Solar; [www.bp.com](http://www.bp.com); Outubro 2007
- [26] Specification for the Bluetooth System 1.1, Technical Report Specification Volume 1, Bluetooth Special Interest Group (SIG), 2001.
- [27] IEEE Std 802.15.1 - IEEE Standard for Information technology - Telecommunications and information exchange between systems - Local and metropolitan area networks - Specific requirements Part 15.1: Wireless medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications for wireless personal area networks (WPANs). Technical report, IEEE Computer

Society, 2002.

- [28] J. Kardach. "Bluetooth Architecture Overview", Intel Technology Journal, 2000.
- [29] Paulo Bartolomeu, "Evaluating Bluetooth® for the wireless transmission of MIDI", Universidade de Aveiro, 2005
- [30] Vasco Santos, "Comunicações em Aplicações de Domótica para Apoio a Pessoas com Limitação Funcional", Tese - Universidade de Aveiro, 2007
- [31] "Information technology - Telecommunications and information exchange between systems - Local and metropolitan area networks - Specific requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications", Technical Report ISO/IEC 8802-11:1999(E), International Standard ISO/IEC, 1999
- [32] UltRa Lab, University of Southern California, 2006, <http://ultra.usc.edu/>, Dezembro de 2007
- [33] M. P. Wylie-Green, P. A. Ranta, and J. Salokannel. "Multi-band OFDM UWB Solution for IEEE 802.15.3a WPANs. In Advances in Wired and Wireless Communication", IEEE/Sarnoff Symposium on, 2005.
- [34] Nokia Reserach Center, <http://research.nokia.com/research/programs/uwb/index.html>, Dezembro 2007
- [35] Evans-Pughe, C., "Bzzzz zzz [ZigBee wireless standard]", IEEE Review, March 2003
- [36] "Home Networking with IEEE 802.15.4: A Developing Standard for Low-Rate Wireless Personal Area Networks", IEEE Communications Magazine p.70-77, August 2002, Ed Callaway, Paul Gorday, and Lance Hester, Motorola Laboratories, Jose A. Gutierrez and Marco Naeve, Eaton Corporation, Bob Heile, Apparent Technologies, Venkat Bahl, Philips Semiconductors
- [37] Aliança ZigBee, [www.zigbee.org](http://www.zigbee.org), Dezembro de 2007
- [38] "ZigBee Specification", Document 053474r13, ZigBee Alliance, Dezembro 2006
- [39] IEEE 802.15.4 - 2003 Specification, Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs), October 2003
- [40] Safaric, S, Malaric, K., "ZigBee wireless standard", p.259 to 261, 48<sup>th</sup> International Symposium ELMAR 2006, Zadar, Croatia, Junho 2006
- [41] "ZigBee/IEEE 802.15.4 Summary", Sinem Coleri Ergen, September, 2004
- [42] Forbes, H., "ZigBee in a Nutshell: Suited for Industrial Applications?", ARC Advisory Group, August 2005
- [43] Oehen, P., "ZigBee: An Overview of the upcoming standard", Distribute Computing Seminar - ZigBee.
- [44] Phil Jamieson, "ZigBee Application Profiles", ZigBee Open House, França, Maio de 2007
- [45] Mifare - Standard Card IC MF1 IC S50 Functional Specification (Maio 2001)
- [46] Mifare - Standard Card IC MF1 IC S70 Functional Specification (Maio 2001)