



**Universidade de
Aveiro
2013**

Departamento de
Electrónica, Telecomunicações e Informática

**Miguel Maria
Rodrigues Madeira
de Sousa Gomes**

**Avaliação de sensores para deteção de
estacionamento de veículos**

Assessment of sensors for vehicle parking detection



**Miguel Maria
Rodrigues Madeira
de Sousa Gomes**

**Avaliação de sensores para deteção de
estacionamento de veículos**

Assessment of sensors for vehicle parking detection

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Electrónica e Telecomunicações, realizada sob a orientação científica do Doutor José Alberto Gouveia Fonseca, Professor Associado do Departamento de Electrónica Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro e coorientação do Engenheiro Rui Miguel de Bernardes Rebelo Diretor Técnico na Micro I/O, Lda.

Trabalho apoiado pelo QREN no âmbito do Projeto “Concepção e Desenvolvimento de Sistema de Controlo de Estacionamento Inteligente”, SII&DT Mº30161, Janeiro 2013



o júri

presidente

Prof. Doutor Paulo Miguel de Jesus Dias
Professor auxiliar do Departamento de Engenharia Electrónica e
Telecomunicações da Universidade de Aveiro

arguente

Prof. Doutor Francisco Manuel Madureira Vasques de Carvalho
Professor associado do Departamento de Engenharia Mecânica da
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

orientador

Prof. Doutor José Alberto Gouveia Fonseca
Professor associado do Departamento de Engenharia Electrónica e
Telecomunicações da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Gostava de agradecer, em primeiro lugar, ao professor José Alberto Fonseca pela oportunidade de desenvolvimento desta dissertação, bem como por toda a orientação e feedback que facultou ao longo da sua evolução. Para além da vertente académica, o professor proporcionou os meios para que, durante esta experiência, pudesse contactar com o ambiente empresarial e alargar a visão de análise necessária a este tipo de projetos, incluindo a vertente comercial. Considero que o desenvolvimento desta dissertação me possibilitou uma boa preparação para próximos desafios profissionais.

A todos os membros da Micro I/O, agradeço a enorme amabilidade e deferência com que me receberam na empresa, as notáveis condições de trabalho, o prazer das pausas e até das partidas de futebol e convívios que tornaram a minha estadia na empresa memorável. Queria deixar um agradecimento especial ao Daniel Silva pela dedicação e ajuda. Sem dúvida um colega notável com que adorei trabalhar e que foi sempre capaz de despoletar um enorme interesse nos assuntos que debatíamos, vital para a realização do projeto.

Quero também agradecer aos meus amigos que direta ou indiretamente me ajudaram, me apoiaram nos testes de campo e nos veículos necessários enriquecendo imenso este trabalho, tornando vários dias desta experiência um enorme prazer. Deixo um especial agradecimento ao João Vieira que me facultou o espaçoso ambiente de trabalho que precisei para realizar todos os testes, sem o seu contributo teria sido extremamente complicado realizar a forte componente prática deste trabalho. Um enorme obrigado por todos os dias e horas que por lá passei a trabalhar e por toda a ajuda e assistência.

Por fim, um último agradecimento aos pais, a quem devo, mais que tudo, a oportunidade do curso. Por cada ano da minha formação e por tudo o que cada um representou. Foi perfeito, muito obrigado.

palavras-chave

Trafego, estacionamento, *Smart-parking*, sensores magnéticos, IEEE 802.15.4, detetor, testes de campo, perfil magnético, otimização

resumo

A presente dissertação enquadra-se no âmbito de investigação e desenvolvimento associados ao conceito de *Smart-parking*, uma área que visa abordar tecnologicamente as questões relacionadas com a problemática do estacionamento em parques e zonas metropolitanas.

Genericamente, os sistemas que podem ostentar a designação de *Smart-parking* procuram simplificar e abreviar a tarefa de estacionamento, tornando esse ato mais fluido e com menos incómodos. Porém, para se garantir qualidade de serviço, são necessárias plataformas tecnológicas robustas e eficazes. Estas plataformas serão o principal alvo de análise neste estudo.

No presente trabalho parte-se de um módulo de deteção de veículos de um sistema que já se encontra no mercado, otimizando-se uma interface de obtenção de leituras do sensor aí integrado para exame de comportamento, direcionando-se a atenção deste trabalho para a observação do funcionamento do módulo e análise da interpretação e reconhecimento dos veículos por parte do mesmo.

Através de um estudo técnico das especificações da tecnologia à disposição, tornou-se possível definir um conjunto de testes ajustados às potencialidades e limitações do detetor, proporcionando-se uma análise da resposta do dispositivo bastante detalhada e completa.

As observações realizadas permitiram avaliar as potencialidades do sensor ao nível da deteção e identificação de veículos, nomeadamente distinguindo um veículo de outros elementos circulando na zona de deteção, distinguindo veículos, velocidades, trajetórias, etc. Estas observações proporcionaram pois conclusões importantes para o desenvolvimento do sistema, mas também destacaram as capacidades do dispositivo para potenciador novas linhas do projeto de *Smart-parking* e mesmo novos produtos. Esta possibilidade é também avaliada neste trabalho através de inquéritos ao mercado potencial.

keywords

Traffic, parking, Smart-parking, magnetic sensors, IEEE 802.15.4, detector, field testing, magnetic signature, optimization

abstract

This dissertation deals with a subject related to the concept of Smart-parking, a field that aims to make a technological approach to the issues regarding the problems associated with parking within parking lots and city areas.

In general, the systems that feature the Smart-parking designation are intended to simplify and shorten the parking operations, making them faster, more efficient and with less inconveniences to the users and operators. However, in order to ensure quality of service, there is the need for robust and effective technological platforms. These platforms will be the main subject of analysis in this study.

In the present work, the starting point is a vehicle detection module from a system in its way to the market. This module has been object of a study to try to optimize its interface, mainly in order to verify its ability to recognize vehicles in different circumstances either from its location or for the type of vehicle or even to the influence of nearby parked vehicles and other moving devices. After a technical study regarding the specifications of the available technology, it became possible to define an enlarged group of tests aimed to assess the potentials and limitations of the detector and to perform an analysis of the device's response with considerable details and extent.

The observations allowed the validation of the potentialities of the sensor regarding the detection and identification of vehicles, namely distinguishing a vehicle from other elements in the area, distinguishing different vehicles, speeds, trajectories, etc. These observations allowed thus important conclusions for the development of the system, but also highlighted the capabilities of the device as an enhancer for new Smart-parking functionalities and even new products. This possibility is also assessed in this work through inquiries to the potential market.

Índice

Lista de Figuras	iii
Lista de Gráficos	v
Lista de Tabelas	vii
Lista de Acrónimos	viii
1. Introdução	1
1.1. Contextualização	1
1.2. Objetivos	4
1.3. Abordagem	5
2. Estado da Arte	6
2.1. <i>Smart-parking</i>	6
2.2. Sistemas <i>Smart-parking</i>	6
2.2.1. Detecção	7
2.2.2. Comunicação	11
2.3. Sistemas relacionados	12
2.4. Sistema escolhido	15
2.4.1. Características gerais	15
2.4.2. Sensor Magnético	16
2.4.3. IEEE 802.15.4	17
2.5. Algoritmos	18
3. Sistema	21
3.1. Enquadramento	21
3.2. Detetor de veículo	21
3.2.1. Dispositivo	21
3.2.2. Detecção	22
3.2.3. Controlo	28
3.2.4. Auxiliares	29
3.3. Funcionamento	31
3.3.1. Inicialização	32
3.3.2. Rotina	34
3.4. Interação	36
4. Ensaios	39
4.1. Introdução aos testes	39
4.1.1. Abordagem	39
4.1.2. Adaptações	39
4.2. Teste de Controlo	40
4.3. Disposição do Detetor	44
4.3.1. Orientação	44
4.3.2. Complementaridade	47
4.4. Percepção do Veículo	50
4.4.1. Passagem	50
4.4.2. Estrutura	53

4.4.3.	Distorção.....	56
4.4.4.	Rapidez.....	58
4.4.5.	Diferenciação.....	59
4.4.6.	Ruído.....	68
4.5.	Influência do Meio.....	74
4.5.1.	Leituras.....	74
4.5.2.	Flutuação.....	76
4.5.3.	Deteção.....	77
4.6.	Contextualização dos testes.....	78
5.	<i>Upgrade</i>.....	81
5.1.	Motivação.....	81
5.2.	Exposição.....	82
5.3.	Viabilidade.....	83
5.3.1.	Tecnológica.....	83
5.3.2.	Prática.....	83
5.3.3.	Comercial.....	84
5.4.	Avaliação.....	88
6.	Conclusão.....	89
6.1.	Análise estrutural.....	89
6.2.	Avaliação de conteúdos.....	90
6.3.	Resposta aos objetivos.....	91
7.	Trabalho futuro.....	92
7.1.	Produto.....	92
7.2.	Desenvolvimento.....	93
7.3.	Teste.....	94
7.4.	<i>Upgrade</i>	94
	Bibliografia.....	95

Lista de Figuras

Figura 2.1: Sistema <i>Smart-parking</i> tipo	7
Figura 2.2: SmartEye da Smart Parking [11]	8
Figura 2.3: Sensor com sinalizador da Intelimotion [12].....	8
Figura 2.4: Estrutura do sistema SiPark da Siemens [13]	9
Figura 2.5: M3 Camera Sensor da Parkassist [15]	10
Figura 2.6: Sistema de reconhecimento de matriculas da Circontrol LPR-PARK [16]	10
Figura 2.7: Implementação do filamento indutivo da Swarco [17].....	10
Figura 2.8: Waspnote da Libelium [18].....	11
Figura 2.9: Comunicações entre componentes do parque e de controlo da SPARKS [19]..	12
Figura 2.10: Wireless magnetic based sensor system for road data collection [20]	13
Figura 2.11: Protótipo do sensor desenvolvido para monitorização do tráfego [20].....	13
Figura 2.12: Zonas de alocação de sensores [21]	14
Figura 2.13: Arquitetura do sistema [22]	14
Figura 2.14: Linhas de campo magnético da Terra ao longo do veículo [23]	16
Figura 2.15: Sensibilidade de cada tecnologia de sensores magnéticos [24]	17
Figura 2.16: Arquitetura da rede [6].....	18
Figura 2.17: Máquina de estados da deteção no sistema descrito na Figura 2.13 [22]	19
Figura 3.1: Detetor de veículo estudado [6].....	21
Figura 3.2: Diagrama de blocos organizacional de componentes e ligações no detetor [6]..	22
Figura 3.3: Ponte do sensor magnético [25]	22
Figura 3.4: Deteção segundo eixos [23]	23
Figura 3.5: Direções monitorizadas (azul e vermelho) e resultante (verde)	23
Figura 3.6: Circuito de Set/Reset da Honeywell [26] [23]	25
Figura 3.7: Esquema elétrico do sensor magnético	26
Figura 3.8: Esquema elétrico dos circuitos de amplificação	27
Figura 3.9: Esquema elétrico do circuito de Set/Reset	27
Figura 3.10: Esquema elétrico das ligações ao nível do microcontrolador	28
Figura 3.11: Esquema elétrico das ligações à DAC	29
Figura 3.12: Esquema elétrico do sensor de temperatura	30
Figura 3.13: Esquema elétrico das ligações ao nível do transceiver.....	31
Figura 3.14: Funcionamento do detetor em modo ativo [6].....	32
Figura 3.15: Processamento de sinal para realinhamento do sensor	33
Figura 3.16: Ilustração do detetor e malha de feedback da calibração.....	33
Figura 3.17: Conteúdo do registo de entrada da DAC [28].....	33
Figura 3.18: Trama de dados genérica [6].....	35
Figura 3.19: Organização dos conteúdos no campo de dados da trama de comunicação.....	35
Figura 3.20: Gateway/Datasink [6].....	37
Figura 3.21: Tratamento dos valores das ADCs.....	38
Figura 4.1: Orientação perpendicular e paralela respetivamente.....	41
Figura 4.2: Alocação do detetor	41
Figura 4.3: Configurações A, B, C e D, respectivamente	44

Figura 4.4: Estacionamento à retaguarda.....	47
Figura 4.5: Modelos escolhidos para os testes [31-38]	60
Figura 5.1: Ilustração do sistema	82
Figura 5.2: Colaborações [39-41]	84
Figura 5.3: Centro comercial Aveiro Shopping Center e respetivo parque de estacionamento	88

Lista de Gráficos

Gráfico 1.1.1: Evolução da posse de veículo próprio face ao PIB per capita de determinados casos de estudo entre 1972 e 2008 [2].....	1
Gráfico 1.1.2: Evolução da posse de veículo próprio face ao PIB per capita de determinados caso de estudo [2]	2
Gráfico 1.1.3: Distância total percorrida por automóveis em países desenvolvidos e projeções para a China [5]	3
Gráfico 3.1: Relação entrada/saída da DAC [28].....	29
Gráfico 3.2: Relação tensão(saída)/temperatura(ambiente) do sensor de temperatura [29]..	30
Gráfico 4.1: Teste de Controlo - Alinhamento paralelo.....	42
Gráfico 4.2: Teste de Controlo - Alinhamento perpendicular	42
Gráfico 4.3: Teste de Controlo - Alinhamento oblíquo aleatório.....	42
Gráfico 4.4: Elementos relevantes das leituras do Teste de Controlo.....	43
Gráfico 4.5: Leituras - Configuração A	45
Gráfico 4.6: Leituras - Configuração C.....	45
Gráfico 4.7: Leituras - Configuração B	46
Gráfico 4.8: Leituras - Configuração D	46
Gráfico 4.9: Estacionamento Traseiro - Alinhamento Paralelo.....	48
Gráfico 4.10: Estacionamento Traseiro - Alinhamento Perpendicular.....	48
Gráfico 4.11: Estacionamento Traseiro Alinhamento Oblíquo	48
Gráfico 4.12: Elementos relevantes das leituras do estacionamento à retaguarda.....	49
Gráfico 4.13: Passagem completa de frente - Alinhamento paralelo	51
Gráfico 4.14: Passagem completa de frente - Alinhamento perpendicular.....	51
Gráfico 4.15: Passagem completa em marcha a trás - Alinhamento paralelo	51
Gráfico 4.16: Passagem completa em marcha a trás - Alinhamento perpendicular.....	52
Gráfico 4.17: Contextualização de eventos e visualização de semelhança entre séries ADC	52
Gráfico 4.18: Contextualização de eventos e visualização de semelhança/disparidade entre séries ADC.....	53
Gráfico 4.19: Passagem completa com motor desligado - Alinhamento paralelo	54
Gráfico 4.20: Passagem completa com motor desligado - Alinhamento perpendicular	54
Gráfico 4.21: Passagem completa em marcha a trás com motor desligado - Alinhamento paralelo.....	55
Gráfico 4.22: Passagem completa em marcha a trás com motor desligado - Alinhamento perpendicular	55
Gráfico 4.23: Passagem a altas rotações - Alinhamento paralelo	56
Gráfico 4.24: Passagem a altas rotações - Alinhamento perpendicular	57
Gráfico 4.25: Comparação com a série de Mistura de referência	57
Gráfico 4.26: Passagem a 20km/h - Alinhamento Perpendicular	58
Gráfico 4.27: Passagem a 20km/h - Alinhamento Perpendicular	59
Gráfico 4.28: Smart - Passagem completa - Alinhamento paralelo	61
Gráfico 4.29: Smart - Passagem completa - Alinhamento perpendicular	61
Gráfico 4.30: Volvo C30 - Passagem completa - Alinhamento paralelo.....	62

Gráfico 4.31: Volvo C30 - Passagem completa - Alinhamento perpendicular	62
Gráfico 4.32: Citroen C3 - Passagem completa - Alinhamento paralelo	63
Gráfico 4.33: Citroen C3 - Passagem completa - Alinhamento perpendicular	63
Gráfico 4.34: Saab 93 - Passagem completa - Alinhamento paralelo.....	64
Gráfico 4.35: Saab 93 - Passagem completa - Alinhamento perpendicular	64
Gráfico 4.36: Carrinha Volkswagen Golf - Passagem completa - Alinhamento paralelo.....	65
Gráfico 4.37: Carrinha Volkswagen Golf - Passagem completa - Alinhamento perpendicular	65
Gráfico 4.38: Citroen C6 - Passagem completa - Alinhamento paralelo	66
Gráfico 4.39: Citroen C6 - Passagem completa - Alinhamento perpendicular	66
Gráfico 4.40: Nissan Dune 4x4 - Passagem completa - Alinhamento paralelo	67
Gráfico 4.41: Nissan Dune 4x4 - Passagem completa - Alinhamento Perpendicular.....	67
Gráfico 4.42: Passagem de bicicleta	69
Gráfico 4.43: Passagem de uma moto	69
Gráfico 4.44: Passagem com carga - Alinhamento paralelo.....	70
Gráfico 4.45: Passagem com carga - Alinhamento perpendicular	70
Gráfico 4.46: Estacionamento ao lado de uma disposição paralela	71
Gráfico 4.47: Estacionamento ao lado de uma disposição perpendicular	71
Gráfico 4.48: Estacionamento entre dois veículos - Alinhamento Perpendicular	72
Gráfico 4.49: Estacionamento entre dois veículos - Alinhamento Paralelo.....	72
Gráfico 4.50: Passagem de carrinho de mão com objetos diversos	73
Gráfico 4.51: Relação Temperatura/Tempo experimentada pelo detetor	75
Gráfico 4.52: Relação da magnitude dos valores feitos chegar às ADCs com tempo	75
Gráfico 4.53: Variação da temperatura no detetor ao longo da experiência.....	76
Gráfico 4.54: Flutuação progressiva das leituras com a temperatura.....	76
Gráfico 4.55: Passagem do veículo com 50°C na caixa do módulo.....	78
Gráfico 5.1: Percepção de ocupação de lugar do sistema original.....	81
Gráfico 5.2: Sobreposição das leituras magnéticas ao veículo de testes [34]	81

Lista de Tabelas

Tabela 1.1: Projeções para a posse de veículo próprio até 2020 (para uma população de 1000 e no total) em diferentes regiões do planeta [2].....	2
Tabela 3.1: Especificações comparativas da PIC18F26K20 [27].....	28

Lista de Acrónimos

PIB	Produto Interno Bruto
AMR	Anisotropic Magnetoresistive
PIC	Peripheral Interface Controller
S/R	Set/Reset
LCC	Leaded Chip Carrier
SOIC	Small-outline integrated Circuit
SIP	Single In-line Package
OPAMP	Operational Amplifier
ADC	Analog-to-Digital Converter

1. Introdução

1.1. Contextualização

Em inícios do século XXI o progresso tecnológico e a respectiva redução de custos de produção, conjugados com o aumento de poder de compra, têm fomentado o aumento do número de veículos próprios. Deste aumento verificam-se diferentes repercussões, de acordo com as particularidades de cada área urbana, definidas pelas próprias capacidades de resposta das mesmas à progressão da densidade dos veículos.

Para acomodar infraestruturas, serviços e crescimentos populacionais, nas últimas décadas, as cidades confrontaram-se com intensos desenvolvimentos, a construção em altura torna-se obrigatória, as dimensões das cidades acompanham o desenvolvimento e a mobilidade dentro das mesmas é gradualmente adaptada. Contudo, todas estas respostas às necessidades que vão surgindo defrontam-se com limitações, há crescimentos que são extraordinariamente difíceis de acompanhar dependendo, por vezes, de soluções inovadoras para garantir o progresso [1].

No âmbito da mobilidade, o acompanhamento da evolução da densidade de veículos nas grandes cidades e áreas urbanas, zonas de maior concentração automóvel, é de extrema importância uma vez que se trata de uma questão intrinsecamente relacionada com a qualidade de vida dos habitantes, quer seja de forma direta, quer indireta, para os não detentores de veículos.

Para uma melhor percepção da dimensão da questão mencionada, apresenta-se um conjunto de gráficos que incluem dados alusivos às últimas décadas, cuja pertinência advém da quantificação de uma realidade que é pouco conhecida e pelas perspetivas futuras apresentadas.

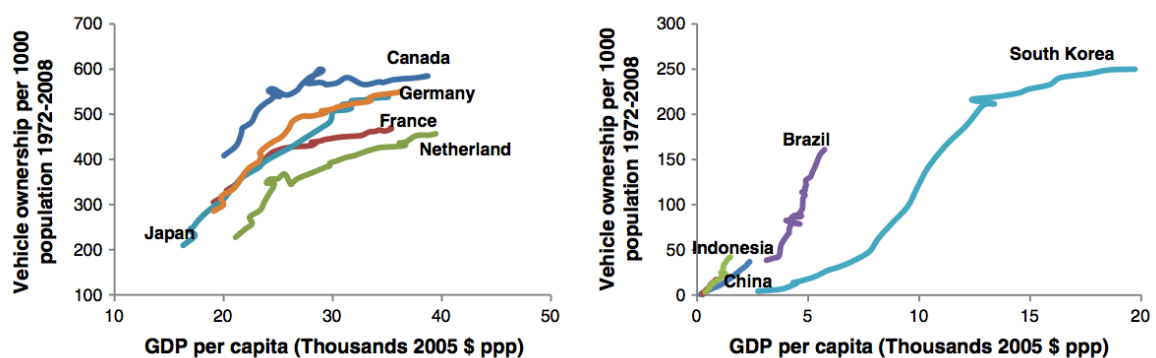


Gráfico 1.1.1: Evolução da posse de veículo próprio face ao PIB per capita de determinados casos de estudo entre 1972 e 2008 [2]

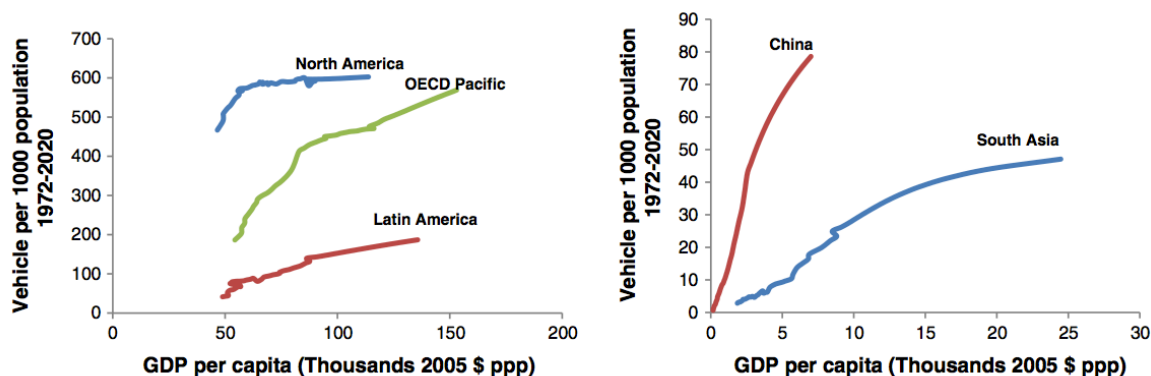


Gráfico 1.1.2: Evolução da posse de veículo próprio face ao PIB per capita de determinados caso de estudo [2]

Regions	Vehicle per 1000 population				Million vehicles			
	2008	2015	2020	Average annual growth rate	2008	2015	2020	Average annual growth rate
North America	594	599	603	0.09	269	289	303	0.94
Western Europe	445	475	500	1.13	180	197	209	1.39
OECD Pacific	471	530	569	1.64	95	107	115	1.65
Middle East and Africa	52	59	67	2	41	54	68	4
Latin America	132	164	187	2.68	55	74	87	3.57
South Asia	23	34	47	5.94	6	10	15	7.79
South East Asia	57	82	109	5.75	28	44	61	6.63
OPEC	80	101	112	2.09	31	45	54	3.84
Transition countries	270	315	323	0.61	73	87	90	0.88
China	37	62	79	5.69	49	87	113	6.09
Russia	263	322	363	2.28	37	44	49	1.9
India	17	43	65	11.97	21	55	88	12.46
World	140	159	174	1.75	855	1093	1253	2.77

Tabela 1.1: Projeções para a posse de veículo próprio até 2020 (para uma população de 1000 e no total) em diferentes regiões do planeta [2]

A partir dos valores apresentados, que, univocamente, apontam para um aumento gradual do número de veículos ao longo do tempo, nota-se que a mobilidade e monitorização veicular revelam-se e apresentam-se como áreas de grande interesse. A grande densidade automóvel em zonas metropolitanas é, já hoje, uma realidade com que se tem de lidar, mas, atendendo às tendências de crescimento, reafirma-se um bom investimento tanto como caso de estudo como de intervenção, retratando uma realidade que requer tanto planeamento como uma ampla margem de ação.

As implicações decorrentes de cidades com consideráveis e crescentes densidades de veículos são várias, nomeadamente: as questões energéticas, pela necessidade recursos para sustentação [2]; as questões ecológicas, pelas sérias repercussões quer atuais, quer futuras [3]; e a garantia de resposta às necessidades das pessoas, assegurando soluções para todas as implicações diárias decorrentes, com garantia de manutenção de qualidade de vida da população [4].

Perante o aumento do número de veículos, tanto a questão energética como ambiental requerem alterações mais complexas, são problemas estruturais que advêm das próprias características técnicas dos veículos. Porém, a questão da mobilidade dependente em grande parte da efetiva utilização dos veículos, apresenta-se com um campo de ação mais amplo e acessível, que pode até ter, indiretamente, repercussões positivas ao nível dos recursos e das

próprias condições ecológicas, nomeadamente, a diminuição dos consumos de combustível e de emissões de gases poluentes decorrentes da menor distância percorrida.

Para quantificar a utilização dos veículos recorre-se ao número de quilómetros viajados por ano, medida fundamental para conseguir o cálculo de consumos de combustível e emissões de CO₂. Para o caso, torna-se uma unidade interessante por clarificar o impacto do crescente número de veículos próprios e permitir uma melhor percepção do recurso aos mesmos em determinadas regiões.

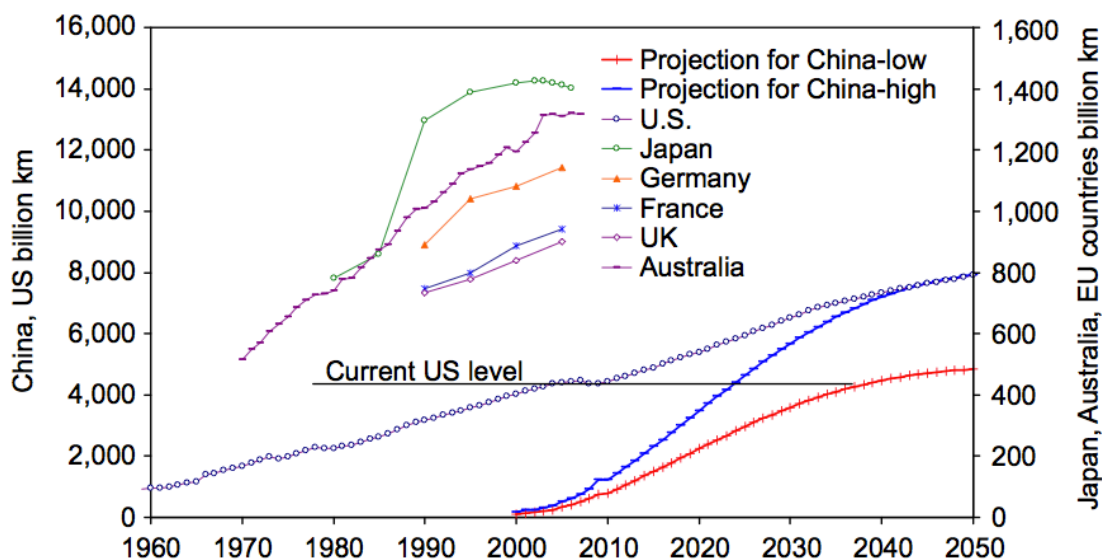


Gráfico 1.1.3: Distância total percorrida por automóveis em países desenvolvidos e projeções para a China [5]

A distância viajada pelos veículos está diretamente relacionada com o desenvolvimento económico da região, aumenta com o PIB, com particular intensidade no início e tendendo para uma estabilização terminal. No entanto, há outros fatores que têm impacto nesta questão e a Figura 1.1.3 consegue demonstrar essa interferência.

A partir da Figura anterior são visíveis os seguintes aspectos: a dimensão geográfica dos países leva necessariamente a um incremento dos quilómetros percorridos, há maior necessidade de recurso ao automóvel em países da dimensão da Austrália ou Estados Unidos; a existência e desenvolvimento de infraestruturas para automóveis tendencia a preferência e crescente utilização das mesmas, como na Alemanha; por outro lado, boas políticas de transportes públicos podem travar o recurso ao veículo particular, como no caso do Japão; e o próprio caso de estudo do artigo [5], a China, quando submetida a um crescimento de acordo com cidades europeias (azul) ou moderado por políticas semelhantes às do Japão (vermelho), demonstra que, dada a alternativa, poderá verificar-se uma preferência por transportes públicos e conseqüente abrandamento do crescimento destes números.

Em suma nota-se que, criadas as condições, investindo em projetos desenvolvidos para transformar mobilidade dentro das cidades, a questão do crescimento e uso do veículo próprio pode ser travada. O grande problema é a viabilidade de projetos de tamanha complexidade.

Quando se analisam alguns dos casos de estudo enunciados atrás, a tendência é a de se focarem grandes metrópoles onde o tráfego assume proporções desmesuradas e, para resultados significativos, a resposta aparenta ter de ser proporcionalmente complexa. Contudo, a análise de problemas de menor gravidade, num maior número de cidades de menor dimensão pode levar à descoberta de soluções simples que, com alguma estratégia, podem ser transpostas para realidades mais exigentes e manifestar o seu contributo numa larga escala.

Dentro do campo de ação que a mobilidade veicular engloba, neste estudo, dedicar-se-á a atenção ao estacionamento. Quando se aborda a questão do estacionamento, o que efetivamente se procura tratar é a gestão do espaço disponível dentro da cidade. Embora não seja um problema simples, este assume uma complexidade proporcional à dimensão da cidade, sendo a capacidade de acomodar os transportes particulares crucial para o bom funcionamento e fluidez dentro de todas as localidades.

Tratando-se de um problema transversal a todo o tipo de cidades, constitui uma plataforma de investigação e desenvolvimento interessante pela capacidade de evolução do nível de análise e extrapolação para situações progressivamente mais complexas. Assim, a partir de realidades familiares e acessíveis, em que as dimensões e implicações são conhecidas, podem desenvolver-se casos de estudo que, bem controlados, se podem tornar bons pontos de partida para projetos mais ambiciosos.

1.2. Objetivos

Simplificando o problema do estacionamento, o que se procurou foi conseguir fazer a monitorização de lugares com recurso a tecnologia, de forma a garantir a informação acerca da ocupação dos mesmos com rigor e em tempo real.

Para justificar a pertinência da informação de ocupação de espaços basta percorrer alguns casos do quotidiano em que, com acesso a esta, se teria à disposição uma ferramenta, capaz de combater infrações e colmatar lacunas existentes, que poderia trazer consideráveis benefícios à sociedade. Assim, possibilitar-se-ia: a capacidade de detetar estacionamentos indevidos ou abusivos; a notificação de vias e acessos obstruídos; a sinalização de lotação de parques, zonas e pisos de estacionamento; o controlo de chegada e partida de frotas; monitorização de espaços e lugares reservados; a notificação de incumprimento de horários; controlo estatístico de afluência; dados para optimização de recursos; automatização de serviços; entre muitos outros.

Para este trabalho o ponto de partida já incluía um sistema com grande potencialidade de adaptação às necessidades atrás mencionadas, a plataforma de trabalho já compreendia um detetor capaz de sinalizar a ocupação de lugar e a rede de comunicação com o mesmo, possibilitando o interface para monitorização de leituras.

Começou-se com um sistema já operacional, desenvolvido por Daniel Silva no âmbito da colaboração entre a Micro I/O e Intelimotion para criação de uma solução de baixo custo para a monitorização da ocupação de lugares em parques de estacionamento que fosse comercializável [6].

Com a plataforma de trabalho funcional, o desafio para este trabalho centrou-se na revisão e teste da mesma. Embora já se conseguisse a deteção com suficiente fiabilidade, o algoritmo de deteção apresentava algum espaço para melhoria e havia algum trabalho de campo a desenvolver, necessário para analisar o comportamento do equipamento e, através deste, se possível, propor alguma optimização do produto.

1.3. Abordagem

A organização da dissertação estará de acordo com a própria ordem dos trabalhos levados a cabo durante o desenvolvimento do estudo.

No capítulo inicial, procurou-se apresentar fundamentos sólidos que justifiquem e garantam viabilidade do investimento neste tipo de iniciativa, mostrando que se trata de uma tecnologia com grande potencialidade e, este, um estudo de extrema pertinência para a promover.

No segundo capítulo, contextualizar-se-á a tecnologia em estudo: o conceito de *Smart-parking* e a linha de trabalhos a ser desenvolvida nesta área. Será feita a descrição da tecnologia utilizada com recurso à comparação com o que há no mercado, explicando-se algumas preferências, com realce para as características cruciais contidas nos desafios e objectivos delineados para o sistema quando implementado.

No terceiro capítulo, analisar-se-á o detetor de veículo com alguma minúcia e especial atenção às características técnicas, particularmente relevantes para a função que têm de exercer. Será explicado o seu funcionamento e capacidades, e feita a revisão das mesmas à luz das atualizações tecnológicas que se fizeram sentir desde que o módulo foi criado.

Vistas as especificações e funcionamento do detetor, passar-se-á para os testes de campo no quarto capítulo. Neste ponto repetiu-se um considerável conjunto de testes que procuravam representar o maior número de cenários expectáveis com que o sistema teria de lidar quando implementado, com o interesse de conseguir a mais pormenorizada descrição do comportamento do detetor.

A partir dos testes realizados no quarto capítulo, tiraram-se as ilações e ideias para o quinto capítulo, onde se exploraram algumas potencialidades e possíveis aplicações do módulo existente, ligeiramente fora do âmbito para que fora inicialmente concebido.

Terminar-se-á a dissertação com alguma reflexão e conclusões alusivas a todo o trabalho desenvolvido no âmbito do estudo do detetor de veículos, quer relativamente às questões de índole teórica, quer prática, incluindo-se também algumas perspectivas e propostas de trabalho futuro.

2. Estado da Arte

2.1. *Smart-parking*

Com a criação de uma plataforma tecnológica de monitorização de estacionamento que, independentemente das exatas particularidades de cada implementação, tem como principal objetivo a simplificação da tarefa, emergiu o conceito - *Smart-parking*.

Este conceito engloba uma vasta gama de iniciativas que visam a assistência do estacionamento de formas bastante diversificadas, embora a sua implementação mais frequente seja em parques de estacionamento com dimensões consideráveis. O interesse neste particular tipo de casos reside nas próprias características do mesmo, por apresentarem perfis ótimos para a implementação e funcionalidades deste tipo de sistemas.

Os parques que fazem parte de infraestruturas que apresentam grandes afluências serão necessariamente de grande capacidade, ocupando, portanto, vastas áreas ou vários pisos, sempre passíveis de alguma vulnerabilidade a congestionamento em horas de grande fluxo de veículos. Características que, inquestionavelmente, potenciam a implementação de sistemas de *Smart-parking*, capazes de controlar lugares ocupados e rapidamente direcionar utilizadores para zonas desocupadas, que veem o investimento feito na rede rapidamente compensado e a complexidade da mesma retratada na eficácia da gestão.

Há, contudo, uma série de aplicações que não apresentam tão rápido retorno ou evidentes resultados à primeira vista, ou de diferente índole, mas que também merecem a atenção pela potencialidade dos sistemas que integram e formas como abordam o problema e respectivos pormenores.

Nos próximos pontos serão, então, percorridas algumas soluções que já estão a ser comercializadas ou que se encontram ainda em desenvolvimento, mas que se integram neste conceito de *Smart-parking* e ilustram bem o trabalho que está a ser desenvolvido nesta área, proporcionando uma boa noção do estado da arte.

2.2. Sistemas *Smart-parking*

A tecnologia utilizada nos sistemas de auxílio ao estacionamento está intrinsecamente relacionada com as características do parque, sendo portanto estes que definem a gama de produtos existentes.

De acordo com as funcionalidades da tecnologia, os parques de estacionamento podem agrupar-se em quatro tipos principais: parques com sistemas de informação e encaminhamento, com sensores de ocupação por lugar e painéis informativos por sector; parques com identificação e pagamento, capazes de reconhecer os utilizadores; parques automatizados, capazes de estacionar os próprios veículos através de plataformas e elevadores; e parques que incluem a reserva e informação de estacionamento via internet ou SMS para optimização do serviço, que fazem, portanto, a partilha de informação [7] [8].

Os parques automatizados e os que são capazes de incluir pagamento abordam tecnologia que diverge, um pouco, do âmbito do estudo, o primeiro pela complexidade da infraestrutura e o segundo pela necessidade de manuseamento de pagamentos e dados privados de utilizador. Assim, a atenção será dedicada aos parques que se pretendam capazes de direccionar utilizadores e, até mesmo, de os informar previamente e permitir reservas, caso assim seja desejado [9] [10].

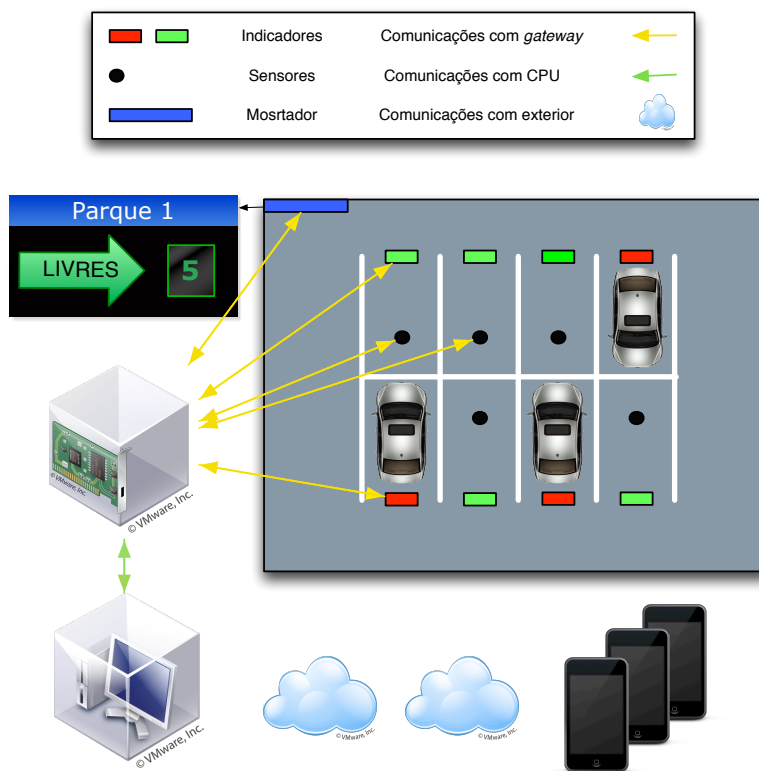


Figura 2.1: Sistema *Smart-parking* tipo

Os dois tipos de parques anteriores, alvo de estudo desta dissertação, apresentam as mesmas necessidades tecnológicas de base, constituindo a partilha de informação apenas uma questão de inclusão de uma última camada no sistema capaz de ligar utilizadores às bases de dados do parque.

Agrupados pela tecnologia utilizada na deteção, apresentam-se, a seguir, alguns exemplos de sistemas que já se encontram implementados em numerosas infraestruturas.

2.2.1. Deteção

Infravermelhos

Os sensores de infravermelhos são utilizados em deteção de estacionamento, mas também para controlo de velocidades. Podendo ser embutidos no pavimento, são um bom sensor para espalhar pelos lugares de um parque ou pelas próprias vias, possibilitando o

calcula da velocidade dos veículos em circulação através dos tempos de interrupção dos feixes emitidos pelos módulos.

Este tipo de sensores pode ser implementado tanto em parques cobertos como descobertos, com o devido encapsulamento dos módulos, mas é uma tecnologia que, exposta ao exterior, apresenta alguma vulnerabilidade, como a da redução de sensibilidade de baixo de chuva forte, nevoeiro ou neve.

Um exemplo do uso desta tecnologia em sensores de detecção de estacionamento é o SmartEye [11] da Smart Parking, um sensor wireless de alocação no pavimento.



Figura 2.2: SmartEye da Smart Parking [11]

Ultrassons

Outro tipo de sensor passível de ser encontrado é o sensor de ultrassons que funciona através da emissão de ultrassons e análise da reflexão dos sinais emitidos. De acordo com as diferenças entre os tempos de chegada dos sinais é possível determinar a existência de objetos nas proximidades e, mais importante, a distância a que estes estão, decorrente da gradual variação do meio, como verificado durante a chegada de um veículo.

Este tipo de sensores é bastante sensível ao meio, sendo utilizado preferencialmente em parques internos onde a exposição é mais reduzida.

Esta tecnologia é bastante comercializada, como exemplo, pela Intelimotion que apresenta no seu leque de produtos sensores que também utilizam ultrassons para a monitorização dos lugares em instalações de interior.



Figura 2.3: Sensor com sinalizador da Intelimotion [12]

A Siemens também apresenta um sistema cuja detecção veicular é feita através de módulos emissores de ultrassons, o SiPark.

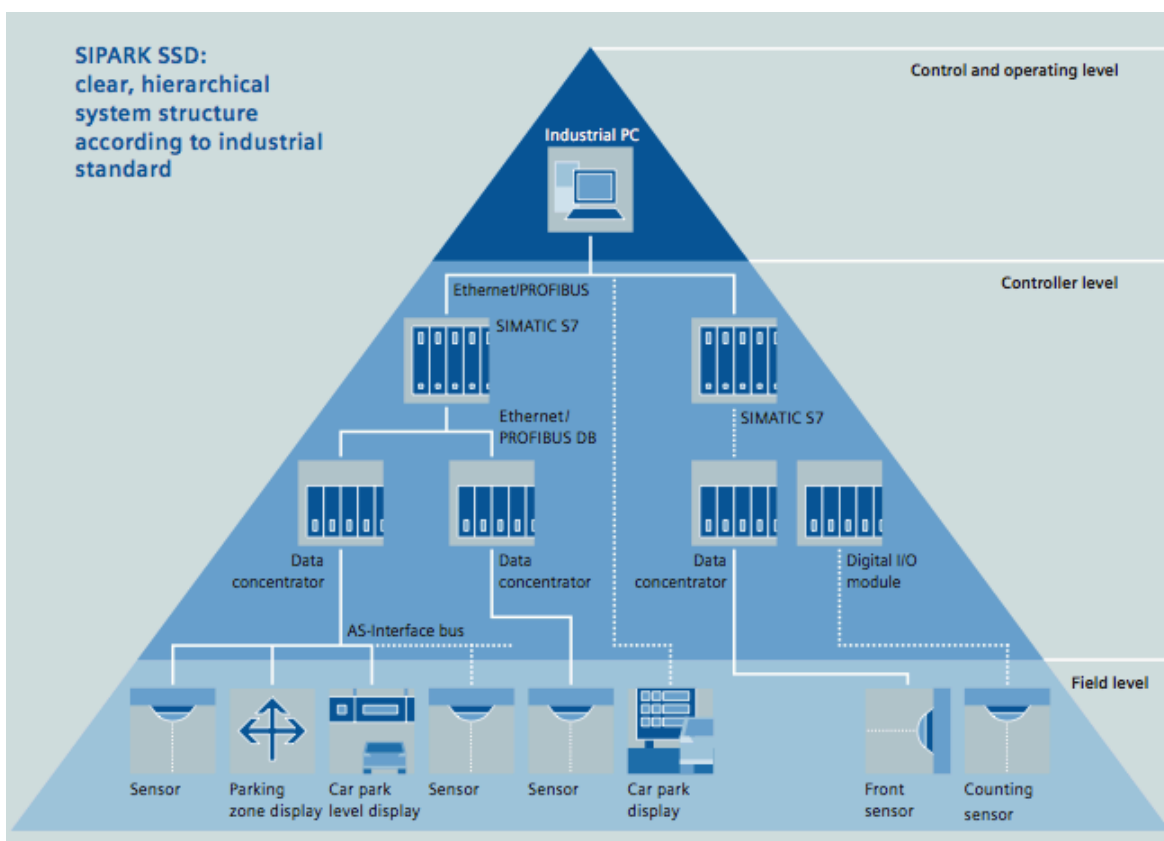


Figura 2.4: Estrutura do sistema SiPark da Siemens [13]

Imagem

Outro tipo de processo de controlo de ocupação de lugares ocorre pela captação de imagem. Neste caso, os sensores incluem uma câmara, podendo ser dedicados ao controlo de cada lugar individualmente ou, se alocados em altura, de zonas de estacionamento que englobam alguns lugares [14].

Neste caso há a necessidade de processamento da imagem, havendo deteção de ocupação através da variação de imagem de acordo com um padrão de ocupação de um veículo, havendo sistemas com alguma complexidade acrescida capazes mesmo de reconhecer matriculas e as integrar nas bases de dados.

Outra grande limitação destes sistemas é a manutenção das lentes dos sensores que, particularmente em parques *outdoor*, apresentam deterioração com o tempo, o que tem implicações na qualidade de imagem e, portanto, no funcionamento do sistema.

Um exemplo de um produto que utiliza a imagem para reconhecer a ocupação de lugares é o M³Park Assist System da Parkassist em que os próprios sensores incorporam um sinalizador de ocupação, sendo dispostos em cada lugar do parque.



Figura 2.5: M3 Camera Sensor da Parkassist [15]

Com leques de produtos semelhantes aos da Intelimotion, a Circontrol apresenta também sistemas com capacidade de fazer captação e reconhecimento de matrículas.



Figura 2.6: Sistema de reconhecimento de matrículas da Circontrol LPR-PARK [16]

Indução

Uma tecnologia que é habitualmente utilizada para controlar a abertura e fecho de cancelas de parques, o filamento indutivo, que deteta a presença de veículos através de variações de corrente, pode também ser adaptado a lugares de estacionamento.

Há alguma vulnerabilidade à chuva no caso de instalações no exterior e a próprias implementações apresentam alguma dificuldade na medida em que tem de haver abertura do pavimento para inclusão dos filamentos.

Como exemplo de uma empresa que utiliza esta tecnologia na monitorização de lugares pode mencionar-se a Swarco [17].

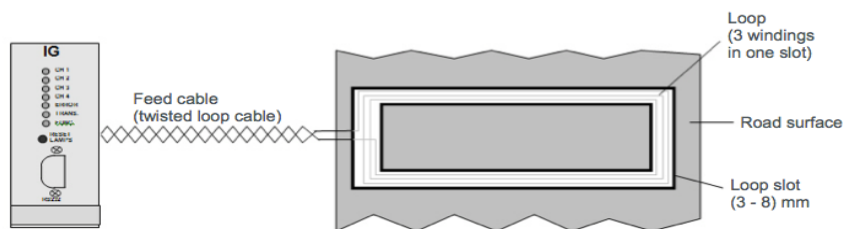


Figura 2.7: Implementação do filamento indutivo da Swarco [17]

Magnetismo

À semelhança da tecnologia que será utilizada durante o estudo e a concluir a listagem dos principais métodos de deteção de ocupação de lugar, apresenta-se a utilização das propriedades magnéticas dos corpos metálicos. De forma semelhante aos filamentos indutivos, também detetam corpos metálicos através das variações electromagnéticas que estes causam de acordo com a sua proximidade, mas através de variações da própria resistência.

Neste caso, os filamentos sensitivos são de ordem de grandeza bastante inferior aos anteriores e apresentam resistência variável de acordo com a exposição. A implementação dos módulos é bastante mais simples que grande parte das anteriores e a vulnerabilidade ao meio globalmente menor, embora a temperatura seja um fator a atentar, por permitir alterar as propriedades metálicas dos elementos do módulo.

Muito semelhante à solução em estudo, como exemplo de um sistema que utiliza a referida propriedade para detetar veículos, apresenta-se o Wasmote para *Smart-parking* da Libelium, que, encapsulado, é inserido no pavimento sob o lugar a monitorizar.

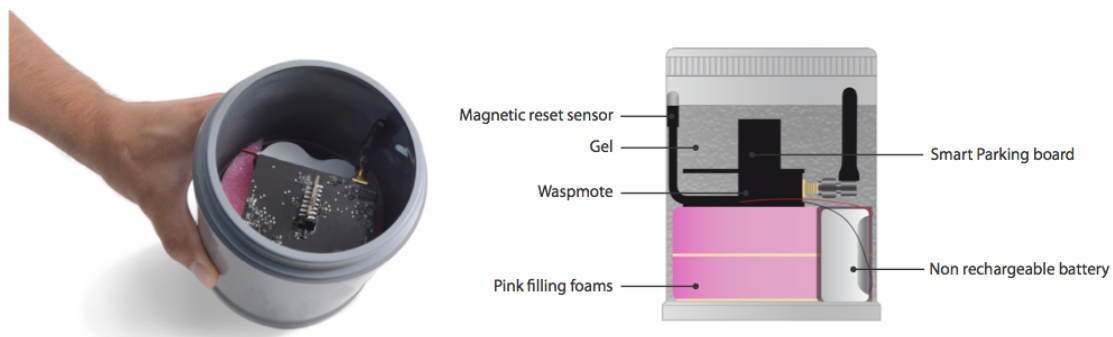


Figura 2.8: Wasmote da Libelium [18]

2.2.2. Comunicação

Apresentado um bom conjunto ilustrativo da tecnologia que está a ser utilizada em sistemas de *Smart-parking* para deteção de veículos, dedicar-se-á também um breve ponto às redes de suporte destas infraestruturas.

À semelhança da necessária coesão entre sensores e características do parque, nomeadamente no que toca aos fatores do meio a que os módulos terão de estar expostos e formas de deteção, também a própria rede de comunicação entre sensores e unidade de controlo deve estar adaptada às particularidades dos parques para evitar projetos demasiado dispendiosos.

A primeira questão fundamental é relativa à possibilidade de se recorrer ou não a ligações cabladas. À partida, um parque interior de vários pisos apresenta uma maior facilidade de haver ligação cablada entre elementos, a adaptação de calhas e suportes ao nível do tecto não é complicada, particularmente, se incluída logo à partida no projeto. A

questão surge quando é inviável instalar uma rede cablada, por questões de complexidade em parques não preparados, ou por custo, como acontece em vastos parques *outdoor*. Neste caso as redes *wireless* apresentam vantagens consideráveis.

A escolha do tipo de rede levará também à preferência por determinadas tecnologias para proceder à deteção de veículos, de acordo com as necessidade energéticas dos próprios módulos.

Para uma noção das escolhas mais frequentes listam-se algumas das preferências, de alguns dos exemplos mencionados: a nível de ligações cabladas podemos encontrar a Intelimotion e a Swarco com RS-485; RS-232; Ethernet e CAN-Bus como no caso do SiPark da Siemens; e a nível de ligações *wireless*: como no caso de estudo, IEEE 802.15.4; WiFi e Bluetooth como no caso do sistema SPARKS.

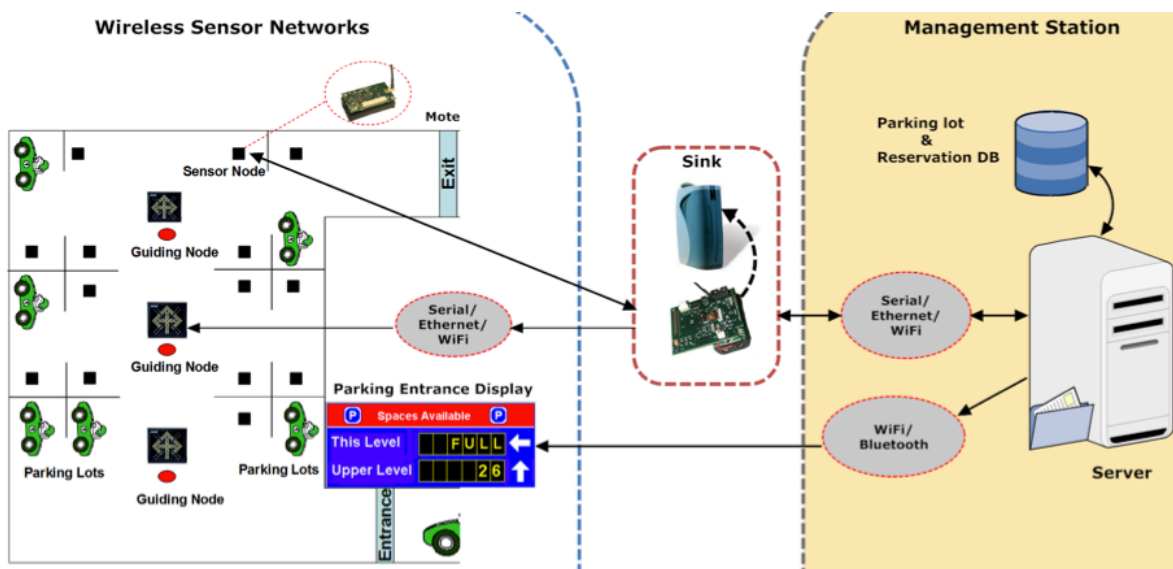


Figura 2.9: Comunicações entre componentes do parque e de controlo da SPARKS [19]

2.3. Sistemas relacionados

Apresentada uma síntese das tecnologias existentes no mercado para monitorização de lugares de estacionamento, há ainda um grupo interessante de sistemas a considerar para análise, pois, embora a finalidade seja diferente, as semelhanças técnicas são grandes e consegue-se um enriquecimento importante da listagem de sistemas de deteção de veículos.

Os sistemas em causa são sistemas de monitorização de tráfego, também parte da área veicular. São de mencionar pela semelhança do desafio em mãos, pois o objeto de monitorização continua a ser o veículo, mas, neste caso, revelam-se interessantes pela adaptação que houve dos sistemas com vista à deteção em vias em que os veículos apresentam velocidades consideravelmente diferentes das verificadas durante o ato de estacionamento.

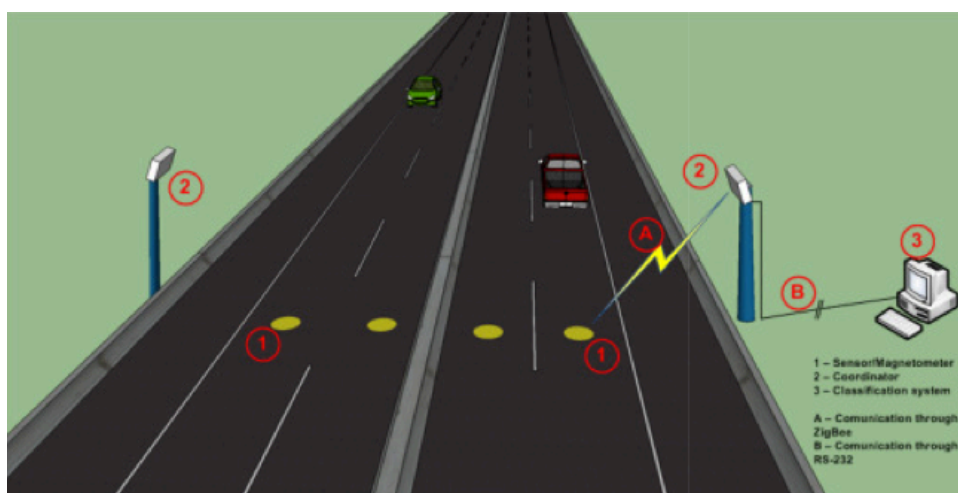


Figura 2.10: Wireless magnetic based sensor system for road data collection [20]

Destaca-se, por exemplo, o sistema desenvolvido no Instituto Superior Técnico, em colaboração com a Brisa, em que se recorre a sensores magnéticos (Figura 2.10 e 2.11) para detetar a passagem de veículos em determinados pontos nas estradas. Detecção que não serve apenas para contagem, pois o tipo de amostragem feita pelos sensores permite a obtenção de determinados sinais de acordo com o tipo de veículo, possibilitando uma classificação do mesmo e, com isto, uma otimização da efetiva densidade do trânsito na via [20].



Figura 2.11: Protótipo do sensor desenvolvido para monitorização do tráfego [20]

Com o intuito semelhante, de contagem e classificação de viaturas em deslocação em estradas, em Torino foi testado um sistema com uma análise mais detalhada relativamente ao tipo de circulação apresentada pelo veículo, havendo a alocação dos sensores em zonas preferencialmente de arranque, travagem e de velocidade constante, como se pode ver na Figura 2.12, a seguir. Este estudo é particularmente interessante pela atenção que foi dada à importância do tipo de deslocação durante deteção, tendo-se conseguido alcançar resultados com eficácia na ordem dos 90% [21].

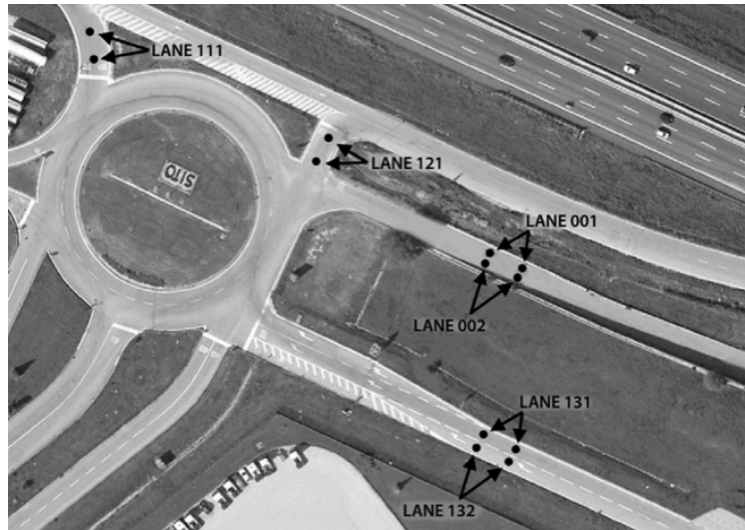


Figura 2.12: Zonas de alocação de sensores [21]

Importa também destacar o extra que foi incluído no sistema da Figura 2.13. Embora a monitorização do estacionamento dentro do parque ocorra de acordo com os exemplos apresentados até agora, há também a aglutinação de um sistema semelhante a ambos os anteriores, de controlo de velocidade e classificação de trânsito nas vias de acesso.

O projeto foi testado no parque de estacionamento exterior da própria instituição de desenvolvimento, Shenzhen Institutes of Advanced Technology, na China, e para ambas as tarefas de controlo de tráfego e ocupação de lugar foram utilizados os mesmos sensores magnéticos, sobre protocolos de comunicações *wireless* (Zigbee) e cabladas (RS-232). Apresenta-se a rede do sistema implementado na Figura 2.13, a seguir.

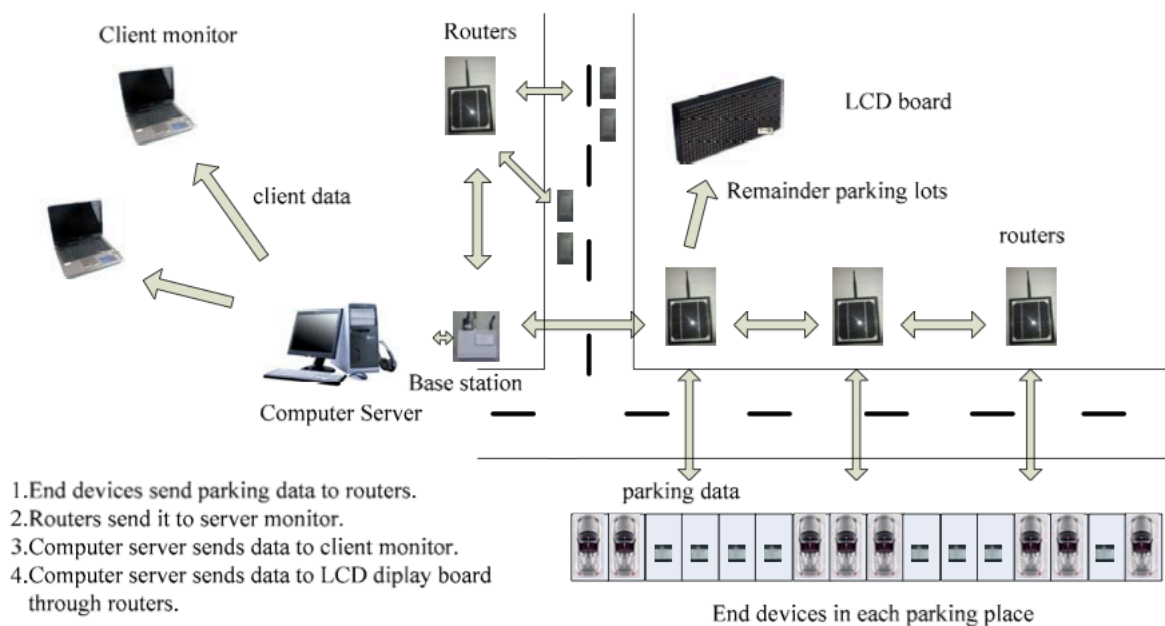


Figura 2.13: Arquitetura do sistema [22]

2.4. Sistema escolhido

Considerando o que hoje se encontra no mercado ou em desenvolvimento, dispõe-se de um produto ao nível da concorrência.

Importa, agora, averiguar do seu desenvolvimento, isto é, verificar como a tecnologia utilizada poderá permitir um sistema melhor, analisando-se a escolha com base na revisão dos sistemas apresentados anteriormente.

2.4.1. Características gerais

Percorridos sensores, comunicações e sublinhada a dependência de toda a rede dos sistemas face às características do parque e da instalação alvo, é interessante localizar o projeto em análise relativamente às suas características e comparativamente à concorrência.

Relativamente à deteção, particularmente a nível do módulo detetor, nota-se:

- **Vulnerabilidade:** O sensor à disposição será magnético, o que permite que o módulo apresente interferência mínima do meio, pois atendendo às dimensões do mesmo, é possível o encapsulamento sem contacto com o exterior, ficando apenas à mercê da temperatura;
- **Instalação:** Atendendo às pequenas dimensões do módulo e ao processo de deteção, a instalação é bastante simples, bastando colar o encapsulamento com o módulo ao pavimento no lugar que se deseja monitorizar, sendo, portanto, desnecessária infraestrutura de suporte;
- **Interação com a rede:** Sublinhando a facilidade de instalação, o módulo apresenta comunicações *wireless* e bateria capaz de garantir um período de funcionamento de cinco anos tornando, portanto, desnecessárias ligações físicas;
- **Manutenção:** A nível de manutenção, apenas se deverá requerer a substituição de bateria no fim do período de vida da mesma;
- **Robustez:** Embora ligado à rede via *wireless*, garante-se a deteção de veículos de acordo com as necessidades da aplicação, havendo a sinalização rápida da ocupação.

Relativamente à rede e ao sistema como um todo consegue-se:

- **Adaptabilidade:** Suportado maioritariamente por comunicações *wireless* IEEE 802.15.4 consegue-se adaptar a instalação a uma grande diversidade de parques;
- **Escalabilidade:** Caso necessário, há a possibilidade de integrar mais módulos num sistema já existente.

Comparativamente, é assim possível assegurar um sistema de grande potencial e bastante competitivo a nível da tarefa a desempenhar. Verificam-se todas as funcionalidades necessárias e, globalmente, uma maior robustez, face às vulnerabilidades apresentadas pelos sistemas rivais.

2.4.2. Sensor Magnético

Atendendo à constituição dos automóveis, com quantidades significativas de metais ferrosos, particularmente no motor, chassis e eixos das rodas, os sensores magnéticos apresentam-se uma boa solução para fazer a deteção de veículos.

É de notar, contudo, que relativamente aos sensores magnéticos deverá ser feita uma seriação, pois nem todos os automóveis são capazes de emitir campos magnéticos suficientemente intensos que viabilizem a utilização de sensores magnéticos “high field”, como sensores de efeito de Hall. Recorrer-se-á, assim, às deformações nas linhas de fluxo magnético da Terra decorrentes da passagem dos veículos, através da utilização de sensores magnéticos “medium field” ou “low field”.

Será de esperar que na passagem do automóvel, zonas com maior concentração de metais ferrosos leve à convergência das linhas de fluxo magnético e vice-versa, variação magnética que os sensores deverão também experimentar e, portanto, detetar o veículo. Não deve ser negligenciada a distância entre a localização dos detetores e o veículo, uma vez que está diretamente relacionada com a intensidade da variação do campo

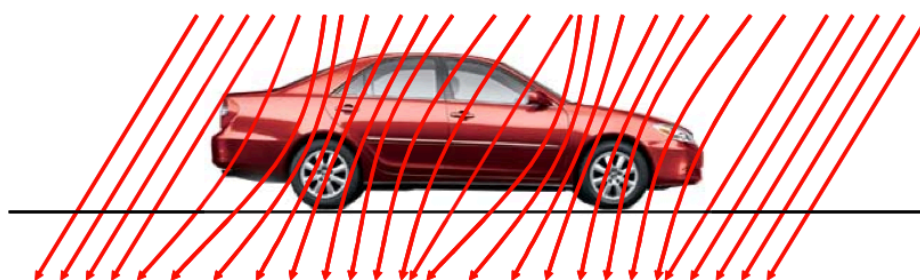


Figura 2.14: Linhas de campo magnético da Terra ao longo do veículo [23]

É de acordo com a intensidade de campo magnético prevista que é feita a escolha da categoria de sensores a utilizar. Tratando-se do campo magnético da Terra, podem ser postos de parte sensores para campos de grande intensidade, mas não será necessária, também, excessiva sensibilidade. Para uma melhor noção dos valores em questão atente-se à figura a seguir.

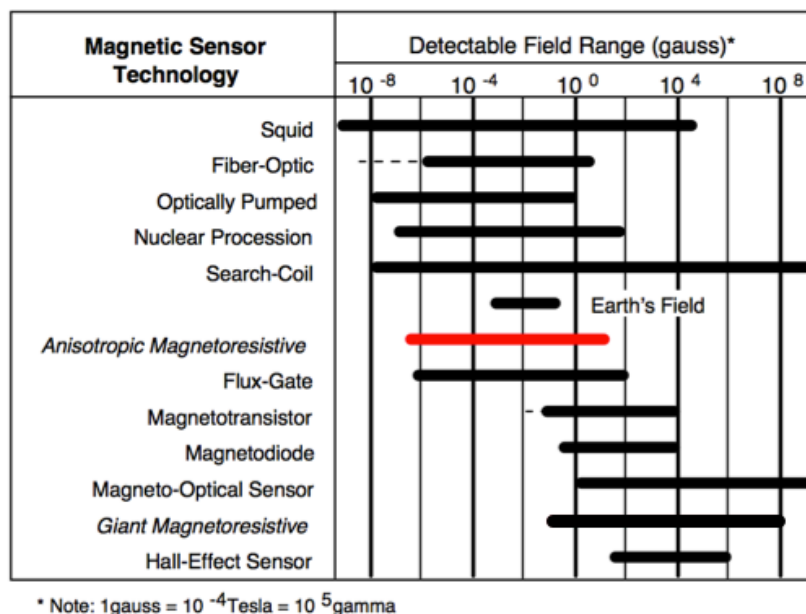


Figura 2.15: Sensibilidade de cada tecnologia de sensores magnéticos [24]

Dentro das tecnologias “low field” as Squid, Fiber-Optic, Optically Pumped e Nuclear Precession apresentam capacidades que excedem as necessidades da tarefa em questão, são portanto, de por de parte, uma vez que mais sensíveis e são compreensivelmente mais caras.

Por outro lado, no fim da lista, as tecnologias “high field” apresentam sensibilidade insuficiente para a detecção de variações no campo magnético da Terra, restando, assim, as tecnologias “medium field”, na zona central da tabela.

Das tecnologias que melhor cobrem a ordem das variações magnéticas esperadas, salientam-se as “magnetoresistive”, pois embora as bobinas Flux-Gate e Search-Coil, fossem implementáveis, tendem a apresentar maiores dimensões e necessidade de circuitos osciladores auxiliares.

A tecnologia Anisotropic Magnetoresistive, a preferida, dispõe ainda de sensores direcionais, capazes de medir a intensidade do campo magnético segundo uma direção. Assim, para além de ser a mais adequada para a detecção dentro do leque de escolha, proporciona ainda a personalização da forma como se deseja fazer a mesma, permitindo alinhamento dos sensores de acordo com a prevista movimentação dos veículos para eficácias acrescidas.

2.4.3. IEEE 802.15.4

A norma IEEE 802.15.4 escolhida para as comunicações dentro da rede do sistema consegue responder perfeitamente às necessidades deste tipo de projetos, correspondendo também à escolha de certas empresas enunciadas atrás como a Intelimotion ou a Libelium.

O alcance está na ordem de poucas dezenas de metros, suficiente para cobrir consideráveis áreas de estacionamento e, permitindo topologias em árvore, garante-se ainda a possibilidade de expansão, caso necessária.

Uma outra grande vantagem desta tecnologia reside no facto de os *transceivers* IEEE 802.15.4 apresentarem baixos consumos. Tratando-se de uma rede sem fios, em que os sensores estão dependentes da alimentação proveniente das baterias, a questão energética toma uma importância considerável uma vez que o tempo de vida das baterias se torna a principal necessidade de manutenção.

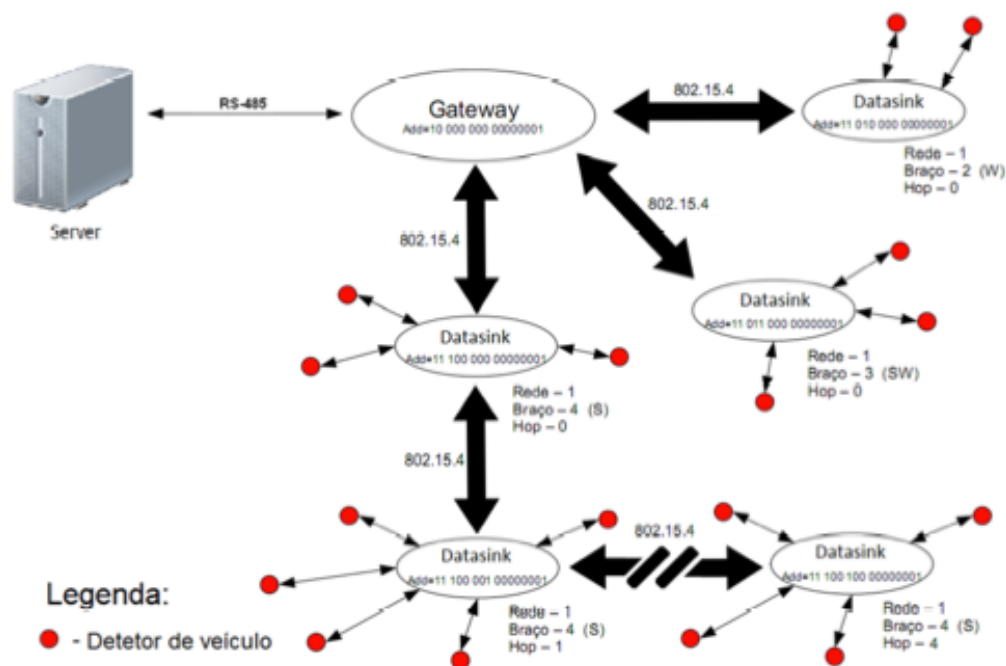


Figura 2.16: Arquitetura da rede [6]

2.5. Algoritmos

Antes de concluir a revisão do estado da arte, dedicar-se-á ainda um último ponto a alguns mecanismos de deteção. O algoritmo de deteção assume um papel crucial no sistema, particularmente quando há a inclusão de sensores *wireless*, em que o período de vida dos módulos está diretamente dependente da gestão energética feita pelo sistema.

Tão importante como a competitividade e a conformidade da tecnologia escolhida, o balanço entre o tempo de funcionamento e períodos de *sleep* refletir-se-á também na preferência pelo sistema. Importa por isso ter alguma noção das soluções que se podem encontrar no mercado e em desenvolvimento.

Durante a revisão do estado da arte, a grande maioria dos algoritmos de funcionamento encontrados apresentavam os seguintes elementos em comum:

- *Setup*: Independentemente do exato tempo requerido pelo estado inicial, há a necessidade de, com o arranque do dispositivo, definir as leituras por defeito, ou seja, definir o *input* que se considerará como ausência de veículo;
- Verificação de *thresholds*: Confirmação de patamares que distingam *inputs* de ruído de *inputs* de sinal, tolerância, portanto, a variações do meio que não se pretende que disparem falsas deteções, visando-se apenas sinalizações válidas de ocupação ou desocupação;

- Comunicação por disparo: Em sistemas com comunicações *wireless*, alimentados por bateria, a interação com níveis superiores do sistema é bastante controlada, tomando lugar apenas quando se verificam detecções ou ao fim de determinados períodos com determinada frequência (sinais: “*I’m alive*”);
- Estados de baixo consumo: Novamente por questões de gestão de energia, sempre que possível, os módulos deverão entrar em regimes de baixo consumo energético;
- Modos de funcionamento: De acordo com as necessidades da instalação, haver a possibilidade de dar entrada em modos de funcionamento especiais, adaptados à intensidade da utilização, nomeadamente, em períodos que os parques não se encontrem abertos e o sistema não tenha de estar ativo.

A forma como se lida com estes elementos principais é o que define o cerne dos algoritmos de funcionamento destes sistemas. Para clarificar a interação entre eles, procurou-se um exemplo de um algoritmo adotado por uma solução que partilhasse os princípios de funcionamento da estudada.

Atente-se, a seguir, ao algoritmo que foi usado no sistema representado atrás, na Figura 2.13, implementado a nível da deteção, em que se apresenta a máquina de estados ilustradora dos mecanismos de passagem entre as várias etapas do algoritmo.

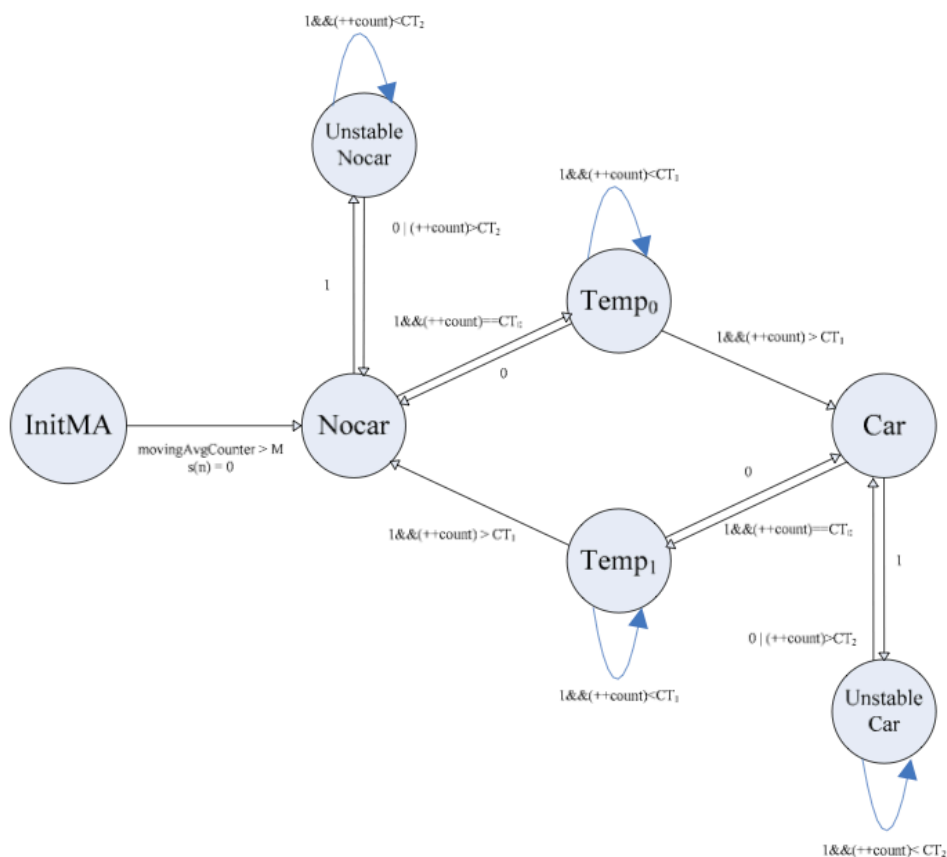


Figura 2.17: Máquina de estados da deteção no sistema descrito na Figura 2.13 [22]

No algoritmo apresentado, a mudança de estados dá-se através de contagens, os limites de contagem representam determinados *thresholds* e as variações magnéticas criam os incrementos das contagens.

O sistema parte do estado “InitMA” e após recolhidas bastantes amostras para defeito, dá entrada no estado “Nocar”, que identifica o estado de lugar desocupado onde permanece até se fazerem sentir variações magnéticas.

Para se acompanhar o restante desenvolvimento do algoritmo, imagine-se a chegada de um veículo, que, de acordo com a proximidade, origina crescentes variações magnéticas. Numa primeira instância, as variações são pequenas, dando-se apenas a passagem para o estado temporário “Temp0”, se o veículo invertesse o sentido e com isso diminuísse subitamente a magnitude das variações o módulo acabaria por retornar ao “Nocar”, mas simulando-se um estacionamento, estas variações tenderiam a aumentar e proporcionar-se-iam valores suficientes para se alcançar o estado de ocupação de lugar “Car”. Dentro do patamar de existência de veículo, enquanto não houvesse a estabilização das leituras, o módulo saltaria para o estado “UnstableCar”, temporariamente, e então com sinais sem flutuações, correspondentes à imobilização do veículo, haveria o retorno ao estado “Car”.

O processo de abandono do lugar teria um comportamento semelhante ao explicado, mas pelo trajeto: “Car”, “Temp1”, “Nocar”, “UnstableNocar” e por fim, novamente, “Nocar”.

O algoritmo implementado no sistema estudado será abordado ao pormenor nas secções que se seguem, mas, relativamente ao que se encontrou em desenvolvimento noutras empresas, nomeadamente face ao descrito nos parágrafos anteriores, adianta-se que o processo de deteção segue as principais linhas de funcionamento vistas até agora.

À semelhança de outras escolhas, como as referentes à tecnologia para deteção ou à plataforma de comunicações, tomou-se um caminho que não fica atrás da concorrência e desenvolveu-se um algoritmo capaz de responder às necessidades de monitorização de parques, integrando-se perfeitamente o conceito de *Smart-parking*.

3. Sistema

3.1. Enquadramento

O sistema desenvolvido apresentava capacidade de monitorização de lugares com sinalização de ocupação e painéis informativos com disponibilidade e encaminhamento para lugares livres.

Para as duas funcionalidades principais, o sistema incluía quatro elementos: os detetores, instalados por lugar; *datasinks* para comunicação *wireless* com os detetores, permitindo a expansão da rede, sem recurso a cablagem; *gateways* para transmitir as leituras dos detetores entre os *datasinks* e os servidores podendo esta comunicação ser cablada, através de RS-485; e, por fim, os sinalizadores de ocupação, por lugar e com comunicações *wireless* também com os *datasinks*.

Contudo, este estudo incidirá sobre os detetores e, particularmente, na deteção. Como tal, a análise dos restantes elementos será menos importante, dedicando-se a maior parte da atenção aos módulos utilizados na deteção para completa percepção da mesma. Assim, embora parte de uma rede maior, apenas se recorreu e consideraram dois elementos, um detetor, cerne do estudo, e um *gateway* para possibilitar o acesso às leituras através do computador.

Os próximos pontos desta secção, alusiva ao sistema, abordam todo o funcionamento do detetor de veículo a nível de hardware e software para que se possa partir para a fase seguinte, de campo, com total conhecimento do módulo utilizado, possibilitando-se uma série de testes adequada.

3.2. Detetor de veículo

3.2.1. Dispositivo

Para dar início à análise técnica do detetor de veículos, começar-se-á por uma primeira noção geral do conteúdo do módulo e da forma de interligação dos elementos.

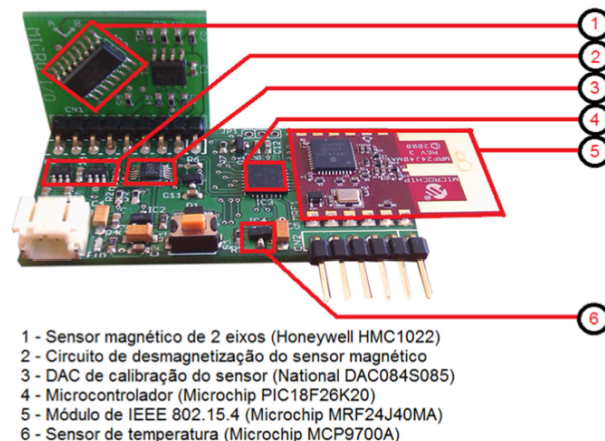


Figura 3.1: Detetor de veículo estudado [6]

Na anterior Figura 3.1 estão em destaque alguns dos elementos principais do detetor com que se irá trabalhar: o sensor magnético e circuitos auxiliares, para a efetiva deteção de variações magnéticas; o micro controlador, base de todo o processamento a este nível; um sensor de temperatura; e o *transceiver*, para as comunicações com a rede.

Para se construir uma ideia inicial das conexões entre estes componentes, apresenta-se também um diagrama de blocos que retrata a interligação entre os elementos de acordo com as comunicações entre eles.

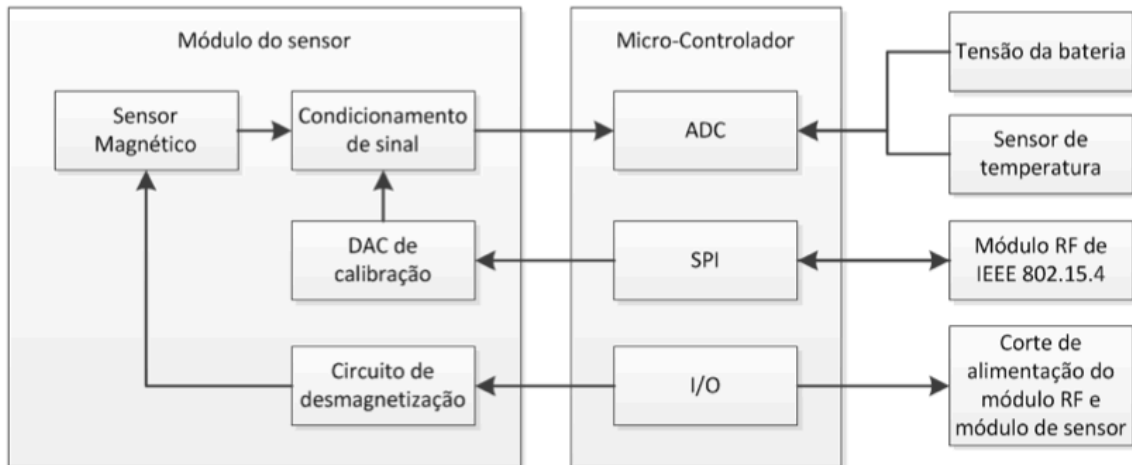


Figura 3.2: Diagrama de blocos organizacional de componentes e ligações no detetor [6]

O objetivo dos próximos pontos será, então, o esclarecimento de cada bloco do anterior diagrama a nível da sua funcionalidade e respectivas características técnicas. Análise feita com particular atenção aos detalhes de maior relevância para a tarefa de cada elemento.

3.2.2. Deteção

Sensor magnético

Para fazer a abordagem do módulo começar-se-á pelo transdutor, o sensor magnético, componente através do qual as variações magnéticas do meio dão entrada no circuito e são convertidas em valores elétricos.

Os sensores AMR são constituídos por elementos resistivos, dispostos de forma semelhante à de resistências numa ponte de Wheatstone, esquema apresentado na próxima figura.

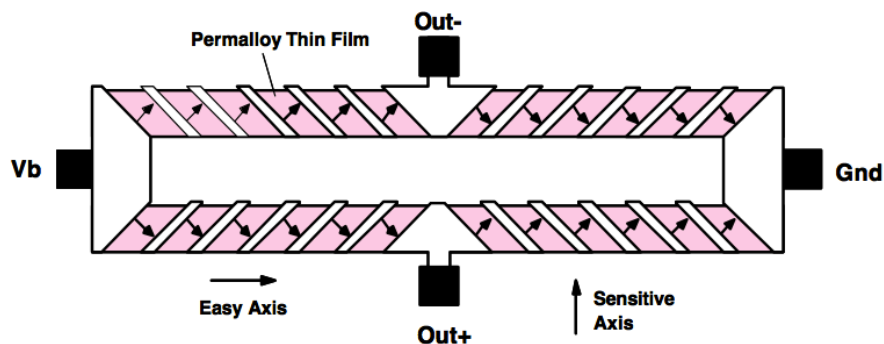


Figura 3.3: Ponte do sensor magnético [25]

Como será de esperar, com um funcionamento semelhante ao de uma ponte de Wheatstone, à saída, obtém-se uma tensão de acordo com a variação do campo magnético a que o sensor é exposto, relação dada pela equação que se apresenta.

$$V_{out+} - V_{out-} = S \times V_b \times B_s$$

Com S : Sensibilidade (Nominal 1mV/V/gaus); V_b : Tensão de alimentação da ponte em Volts e B_s o fluxo magnético aplicado à ponte em gauss [25].

Combinando mais sensores, consegue-se medir campos segundo componentes, como demonstrado na figura que se segue.

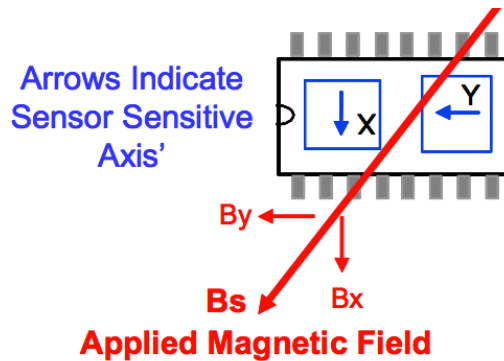


Figura 3.4: Detecção segundo eixos [23]

Aumentando número de sensores, a medida ganha consistência e até se tornam possíveis novas aplicações, pois recorrendo-se às componentes do campo consegue-se uma melhor percepção do meio. Não é de esquecer, contudo, que o número de sensores leva a um aumento do custo e da complexidade do módulo, o utilizado tem dois sensores.

Como sensor utilizado, recorreu-se ao HMC1022 da Honeywell, um sensor magnético de dois eixos, que foi disposto perpendicularmente ao solo de modo a que ambas as componentes de deteção estivessem viradas para cima e alinhadas a 45° do solo com 90° entre si (Figura 3.5).

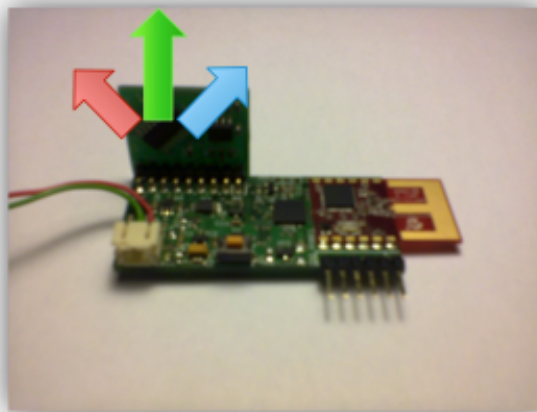


Figura 3.5: Direções monitorizadas (azul e vermelho) e resultante (verde)

Alvo de algum escrutínio, destacam-se algumas das particularidades mais relevantes que o componente escolhido apresenta, à luz da tarefa que terá de desempenhar [25]:

- **Sensibilidade:** O HMC1022 da Honeywell apresenta uma relação sensibilidade/gama que é favorável à experiência, englobando bem a ordem das variações magnéticas do campo terrestre esperadas. Trata-se de um sensor bastante sensível, capaz de detetar variações na ordem dos 85µgauss, embora apresente uma gama mais reduzida comparativamente a outras soluções, na ordem dos ± 6 gauss. Contudo, o interesse do sensor reside na capacidade de verificar variações comparativas, no tempo, e não absolutas;
- **Encapsulamento:** Um aspecto também a considerar é a escolha do encapsulamento do componente, embora selado numa caixa com bastante tolerância a pressões, haverá necessidade de alguma plasticidade. Se o componente apresentasse encapsulamentos LCC poderia verificar-se a quebra de algumas ligações perante pressões mais fortes, que pudessem advir, por exemplo, da sobreposição de um camião pesado. Assim, a existência de patas entre o circuito integrado e o resto do circuito, apresenta-se como uma mais valia pela flexibilidade que permitem encapsulamentos SOIC ou SIP;
- **Dimensões:** As dimensões são relevantes, pois quanto menor o componente possivelmente menores as dimensões do módulo e, logo, menos caro. Para acrescentar ainda alguma importância a este fator, no módulo utilizado o sensor encontra-se num plano perpendicular ao resto do circuito, cujas dimensões estão diretamente relacionadas com as próprias dimensões do sensor. Devido ao tipo de encapsulamento as dimensões não são as menores, o componente apresenta: 10x3.9x1.5mm;
- **Resistência:** Como explicado, o fator do meio cuja ação pode levar a repercussões na qualidade de serviço é a temperatura, como tal, é importante garantir que o sensor está preparado para a gama de temperaturas expectáveis. O HMC1022 apresenta uma gama de funcionamento entre -55°C e 150°C, suficiente para permitir instalações em parques exteriores, em que haja a possibilidade de baixas temperaturas sob camadas de neve ou altas temperaturas sob calor e sol intenso a incidir no módulo.

Os sensores magnéticos AMR requerem circuitos auxiliares quer para interface, quer para garantir o próprio funcionamento. São, portanto, de referir o circuito de amplificação de sinal, uma vez que a ponte do sensor terá uma saída de pequena amplitude, na ordem dos milivolts, e o circuito de set/reset para pontualmente se realinhar o *permalloy thin film* (Figura 3.3) e repor as características por defeito da ponte, que se podem degradar ou modificar, tanto com o tempo, como perante campos magnéticos intensos.

Circuito de Set/Reset

Os sensores AMR são fabricados com Permalloy uma liga fina cuja resistência varia de acordo com a intensidade do campo magnético a que é exposta. Tratar-se-á de um elemento cujas propriedades irão variar com meio, para além do próprio fenómeno que realmente se deseja acompanhar, é, portanto, de interesse atentar a que tipo de variações o circuito estará susceptível, de que se destacam:

- A necessidade de recuperação após exposição a um campo magnético intenso;
- A necessidade de adaptação às condições do meio para sensibilidade óptima;
- A necessidade de controlo de deriva devido a variações de temperatura.

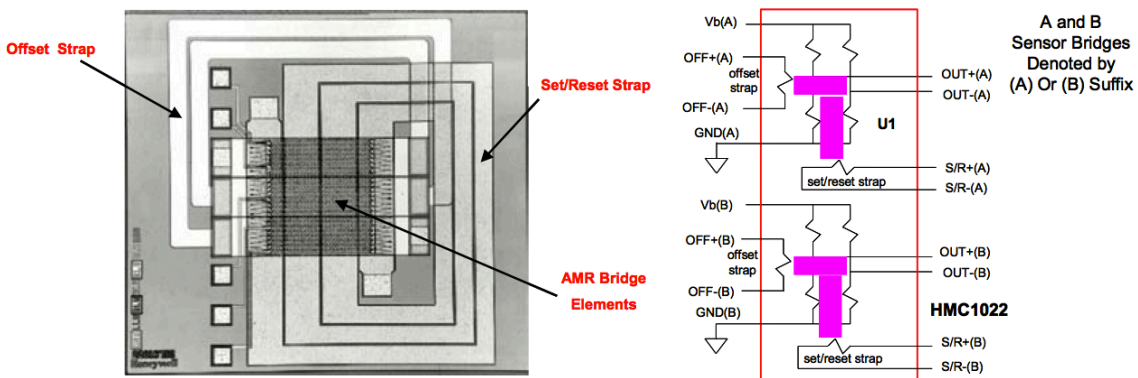


Figura 3.6: Circuito de Set/Reset da Honeywell [26] [23]

Abordando os pontos pela ordem apresentada, relativamente às questões magnéticas, é de notar que a alocação dos sensores perto de cabos de alta-tensão e a exposição a ímãs ou transformadores, fortes indutores magnéticos, pode levar a uma nova magnetização dos sensores e, conseqüentemente, a medições incorretas.

Face ao problema, a Honeywell implementa, nos seus sensores, indutâncias com a função de fazer o *reset* às propriedades magnéticas dos sensores, realinhando corretamente os filamentos na presença de um pulso de corrente.

Fazendo este *reset* com alguma periodicidade contornam-se erros decorrentes de exposições acidentais, mas também se melhora a qualidade da medição, pois o próprio sensor tende a desalinhar as propriedades magnéticas por si e por outras adversidades mais discretas do meio, criando algum ruído nas medições passado algum tempo.

O outro aspecto importante a contemplar é o impacto da temperatura. Tratando-se de elementos resistivos, são estes que conferem a vulnerabilidade do circuito ao meio, pois é de prever que os filamentos apresentem alguma deformação decorrente de variações de temperatura, deturpando, portanto, os valores de *offset* e a própria sensibilidade. Um comportamento que terá de ser acompanhado durante o funcionamento e cuja solução reside no próprio algoritmo utilizado para lidar com as leituras e possível deriva das mesmas.

Circuito de Amplificação

Os sensores apresentam uma configuração semelhante à de uma ponte de Wheatstone, em que a deformação decorrente do campo magnético aplicado se traduz numa variação da resistividade dos filamentos e, portanto, da tensão de saída.

Uma vez que o campo magnético da Terra apresentará variações muito pouco significativas, na ordem dos micro-gauss, a tensão de saída será, da mesma forma, baixa, na ordem de alguns milivolts. Torna-se, assim, necessário um circuito à saída da ponte que torne as variações mais pronunciadas e fáceis de detetar.

Este circuito de amplificação será bastante simples, podendo basear-se num OPAMP em que apenas se requer a possibilidade de incluir *offsets* nas leituras, tanto para centrar as tensões de saídas a meio das tensões de alimentação, tornando a deteção de variações positivas e negativas possível, como para acomodar algumas diferenças de fábrica entre os filamentos resistivos.

Organização

Apresentados os elementos que constituem o bloco de *sensing* associado à deteção: sensor magnético, circuito de set/reset e circuito de amplificação concluir-se-á esta secção facultando-se o esquema elétrico da implementação feita a este nível, possibilitando a noção das ligações entre elementos e outros detalhes relacionados com os circuitos.

Em primeiro lugar o bloco que identifica as ligações com o sensor magnético, na figura a seguir.

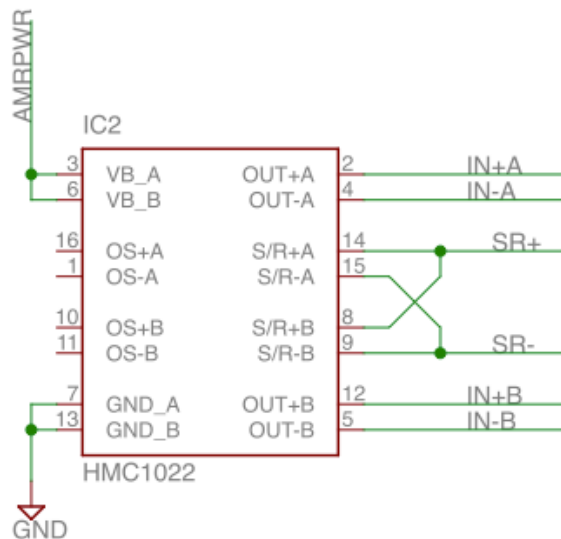


Figura 3.7: Esquema elétrico do sensor magnético

Relativamente às ligações presentes no esquema anterior apresentam-se alimentações, à esquerda, e comunicações com o sensor, à direita.

Os quatro “INxX” são pistas através dos quais o sensor transmite as tensões de output referentes às variações experimentadas pelos filamentos sensitivos e os “SRx” são pistas por onde o sensor recebe o sinal para fazer o set/reset aos mesmos.

As leituras, sob a forma de tensão, são então transmitidas ao bloco de amplificação, através das pistas “INxX” através da ligação esquematizada a seguir.

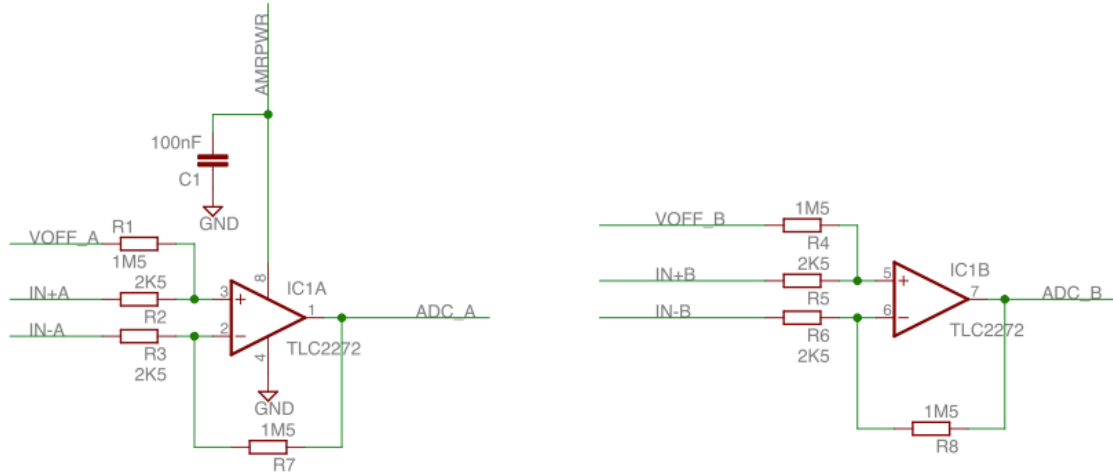


Figura 3.8: Esquema elétrico dos circuitos de amplificação

No esquema da Figura 3.8, apresentam-se ambos os OPAMPS encarregados da amplificação dos sinais de saída do sensor “A” e “B” respectivamente.

Nota-se também duas entradas “VOFF_X” através das quais é feito o *offset* da tensão de saída para que esta se localize, por defeito, a meio das alimentações (entre 0V e 3.3V, portanto, 1.65V) aproveitando-se a gama para variações positivas ou negativas.

A saída de cada OPAMP é direcionada para cada ADC para se proceder à conversão e processamento dos valores, exercício que será analisado em secções a seguir.

Circuito que também é de interesse analisar é o de Set/Reset, na próxima figura.

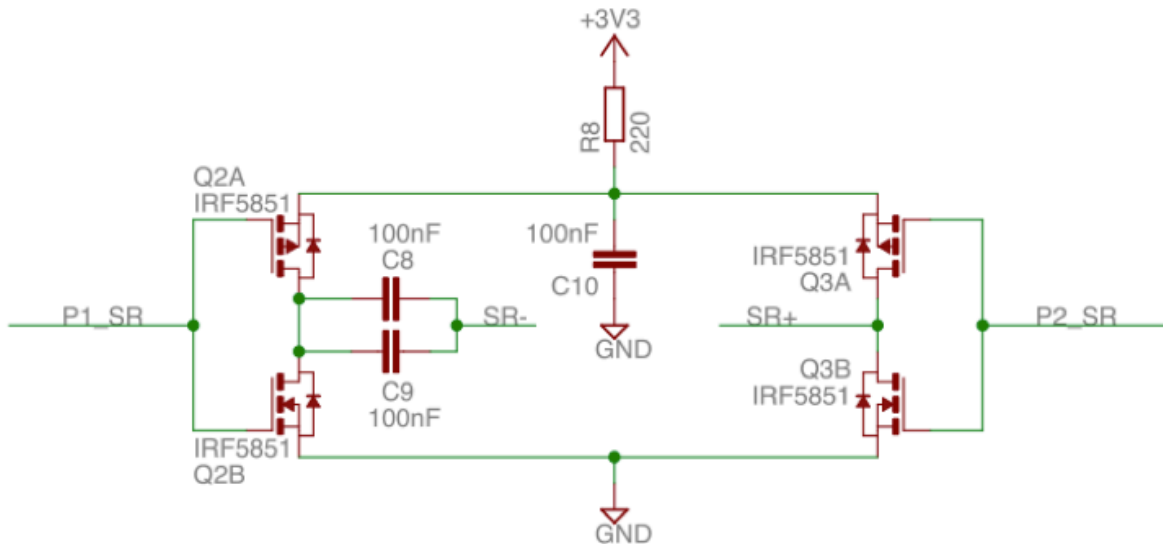


Figura 3.9: Esquema elétrico do circuito de Set/Reset

Este circuito está encarregue de converter o pulso que é enviado pelo micro controlador via “PX_SR”, quando se quer repor as características de defeito dos filamentos sensitivos, no sinal que efetivamente magnetiza os sensores via “SRx”.

Os sinais e comunicações entre elementos e blocos serão abordados com mais detalhe, nomeadamente, na análise do detetor com base no algoritmo.

3.2.3. Controlo

Cerne do processamento no detetor, apresenta-se o esquema das ligações ao nível do microcontrolador.

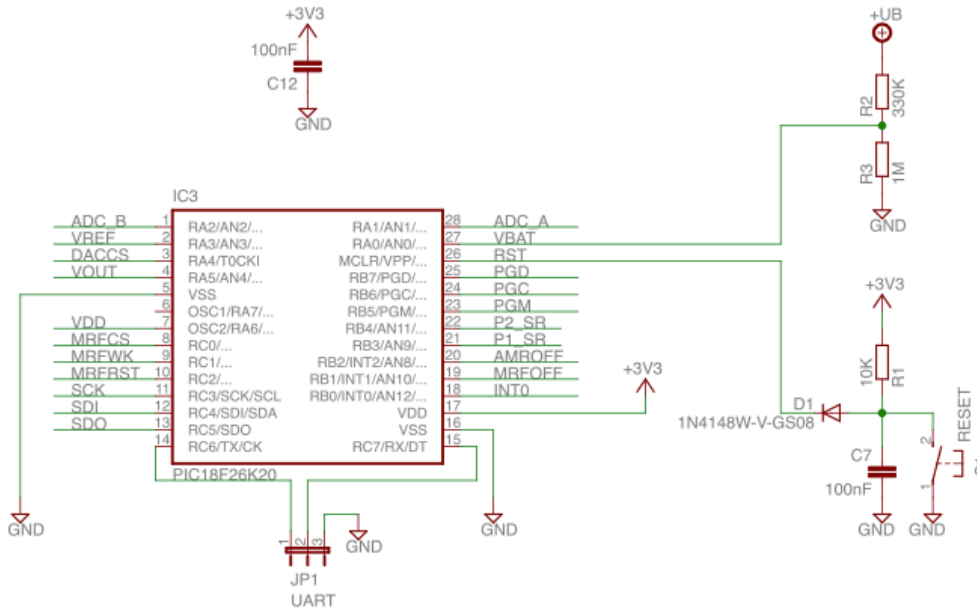


Figura 3.10: Esquema elétrico das ligações ao nível do microcontrolador

Como centro de processamento, há necessariamente ligações com todos os elementos que fazem parte do detetor. Contudo, a análise das comunicações associadas ao processamento torna-se mais interessante e elucidativa sob o ponto de vista do algoritmo e trajeto percorrido pela informação, algo que será visto à frente com a devida atenção.

Por agora, este esquema apresenta-se a título de clarificação e familiarização com o circuito e interligações existentes, dedicando-se o ponto à revisão do microcontrolador escolhido.

Relativamente às especificações do microcontrolador, destacam-se: a possibilidade de até 16MIPS; instruções de 16bits; *data paths* de 8 bits; existência de um modo Sleep de baixo consumo (<100nA@1.8V); a inclusão de uma ADC de 10bits; periféricos e SPI.

Device	Program Memory		Data Memory		I/O ⁽¹⁾	10-bit A/D (ch) ⁽²⁾	CCP/ ECCP (PWM)	MSSP		EUSART	Comp.	Timers 8/16-bit
	Flash (bytes)	# Single-Word Instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)				SPI	Master I ² C™			
PIC18F23K20	8K	4096	512	256	25	11	1/1	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F24K20	16K	8192	768	256	25	11	1/1	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F25K20	32K	16384	1536	256	25	11	1/1	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F26K20	64k	32768	3936	1024	25	11	1/1	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F43K20	8K	4096	512	256	36	14	1/1	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F44K20	16K	8192	768	256	36	14	1/1	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F45K20	32K	16384	1536	256	36	14	1/1	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F46K20	64k	32768	3936	1024	36	14	1/1	Y	Y	1	2	1/3

Note 1: One pin is input only.

Note 2: Channel count includes internal fixed voltage reference channel.

Tabela 3.1: Especificações comparativas da PIC18F26K20 [27]

Durante o desenvolvimento não havia a opção de um microcontrolador com DAC integrada, necessária para comunicar com o sensor, tendo sido incluída uma externa.

3.2.4. Auxiliares

Com um papel de auxiliar ao funcionamento do detetor, analisar-se-ão mais três elementos ao nível do circuito: a DAC, o sensor de temperatura e o *transceiver*.

Com respectiva importância, estes três elementos são parte integrante do algoritmo de funcionamento do detetor e, para total compreensão do funcionamento do módulo relativamente ao processamento de informação, esclarecer-se-ão características técnicas e interligações destes componentes com o resto do circuito.

Conversor digital para analógico

Para se conseguir a tensão de *offset*, desejada durante a amplificação da tensão de saída dos sensores, é necessário um sinal analógico que o micro controlador escolhido durante o desenvolvimento do projeto não proporcionava, como tal houve a inclusão de uma DAC no circuito para a tarefa.

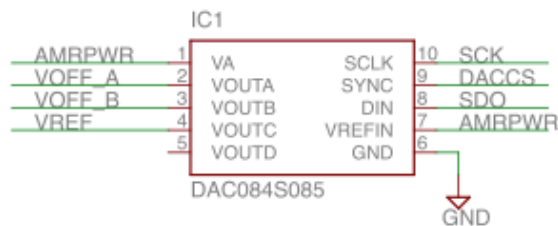


Figura 3.11: Esquema elétrico das ligações à DAC

Esta DAC faz a ligação entre o micro controlador e os amplificadores de sinal, sendo responsável por definir o valor de meia escala (1.65V) como defeito. Apresenta uma resolução de 8 bits e baixo consumo energético, que proporciona uma rápida estabilização da tensão de *offset* e, assim, permitir a diminuição do tempo que o sensor tem de estar ligado.

Apresenta-se também a função transferência no gráfico a seguir, representativa da conversão feita a este nível (ZE: erro de zero, FSE: erro escala máxima, GE: erro do ganho).

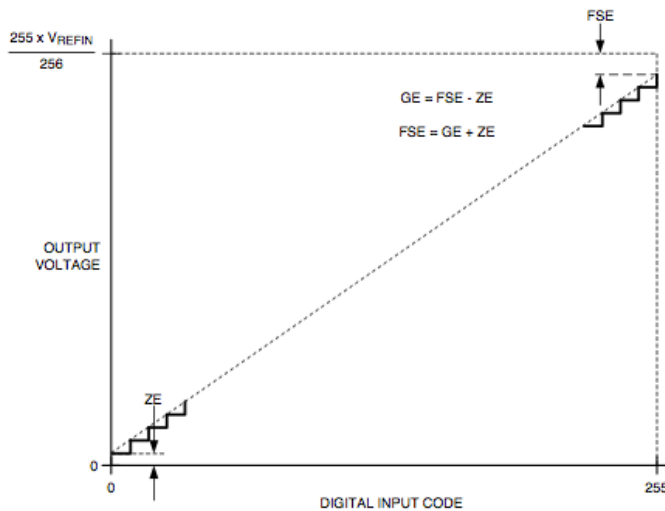


Gráfico 3.1: Relação entrada/saída da DAC [28]

Sensor de Temperatura

À semelhança de outros componentes e equipamentos electrónicos, como o sensor magnético, que apresenta uma gama de temperaturas de operação entre -55°C e 150°C , as baterias apresentam também as suas tolerâncias térmicas.

Os extremos térmicos de funcionamento dos componentes não deveriam ser alcançados, sendo capazes de englobar as temperaturas previstas até para climas mais hostis, mas, salvaguardando situações de avaria ou mau funcionamento, teria de se conseguir garantir que o apresentado requisito seria cumprido. O sensor de temperatura foi instalado no módulo com a função de monitorização das temperaturas que se faziam sentir no dispositivo, no interior do encapsulamento.

Contudo, o que inicialmente foi um extra para apenas supervisionar o módulo tornou-se uma ferramenta bastante pertinente para a própria aplicação. O detetor apresenta alguma vulnerabilidade às variações de temperatura, sob o risco de ténues variações das próprias propriedades metálicas dos filamentos sensitivos. Assim, o sensor de temperatura veio proporcionar uma melhor quantificação da relação (deriva de leituras)/(variações de temperatura), permitindo uma melhor análise e compreensão do fenómeno.

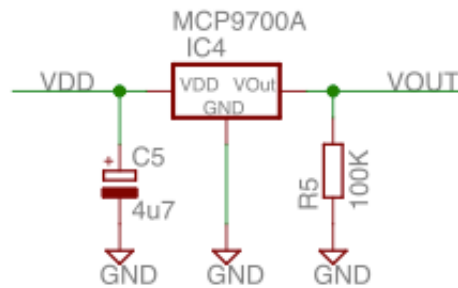


Figura 3.12: Esquema elétrico do sensor de temperatura

A saída Vout encaminha o valor de temperatura convertido em tensão até ao microcontrolador de acordo com a relação apresentada a seguir, a gama de temperaturas suportada é entre os -40°C e os 125°C e o erro estará nos $\pm 2^{\circ}\text{C}$.

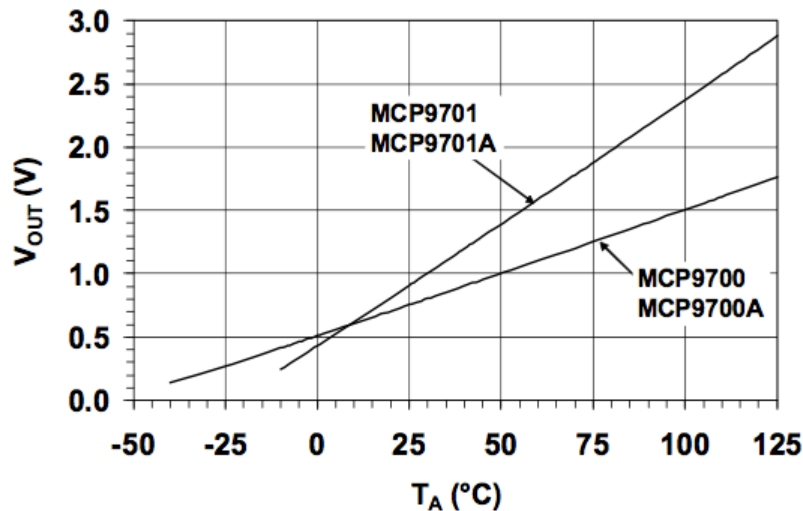


Gráfico 3.2: Relação tensão(saída)/temperatura(ambiente) do sensor de temperatura [29]

Transceiver

Como referido, durante o esclarecimento de algumas escolhas relativamente ao estado da arte, dado o interesse de evitar a utilização de comunicações cabladas e a inerente complexidade da infraestrutura, optou-se por assegurar comunicações sem fios com os módulos detetores de veículos, recorrendo-se a IEEE 802.15.4.

Para comunicar com o resto da rede cada módulo apresenta o *transceiver* ilustrado no próximo esquema.

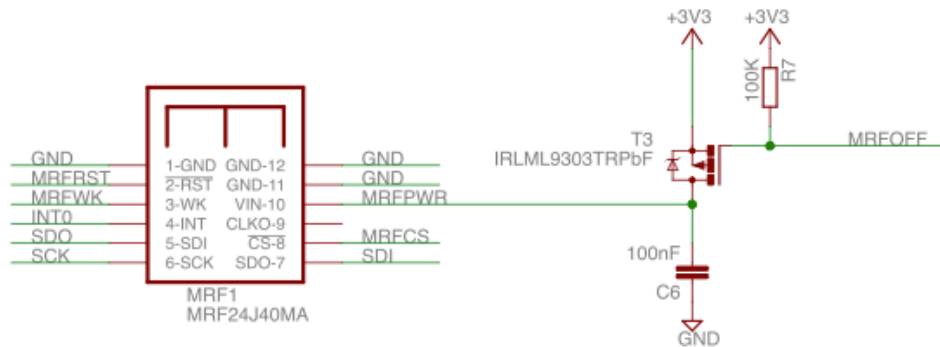


Figura 3.13: Esquema elétrico das ligações ao nível do transceiver

Como explicado, não haveria necessidade de grande frequência nas comunicações com a rede, a monitorização e comunicação prevista seria feita com periodicidades de cerca de 5 segundos, estando bem coberta pelo alcance máximo de aproximadamente 120 metros e ritmos de transferência de dados de 250kbps do *transceiver* [30].

O MRF24J40MA apresenta também outros pormenores de alguma importância, tais como, a sua tolerância térmica, dos -40°C aos 85°C , que possibilita a sua utilização em ambientes mais hostis e, particularmente, o baixo custo e consumos apresentados, já que o preço e a gestão energética são questões de grande importância para a competitividade do produto.

3.3. Funcionamento

No sistema de deteção de veículos desenvolvido, os detetores foram configurados para dois modos de funcionamento, um modo “ativo” e um modo “sleep”, respectivamente para alturas em que se requeria deteção, o funcionamento normal, ou não, para baixo consumo.

Este estudo aborda o sistema, em particular o detetor, relativamente ao ato da deteção, como tal, o modo “sleep” será posto de parte e a análise do funcionamento e interação entre os componentes do módulo será feita de acordo com o algoritmo principal pelo qual se rege o modo “ativo”.

Apresenta-se, a seguir, a máquina de estados para o funcionamento do detetor em modo “ativo”. A ordem apresentada pelos eventos servirá de base para a organização sequencial dos pontos, nos quais se procura esclarecer o processamento de informação à luz das especificações técnicas dos componentes já apresentadas.

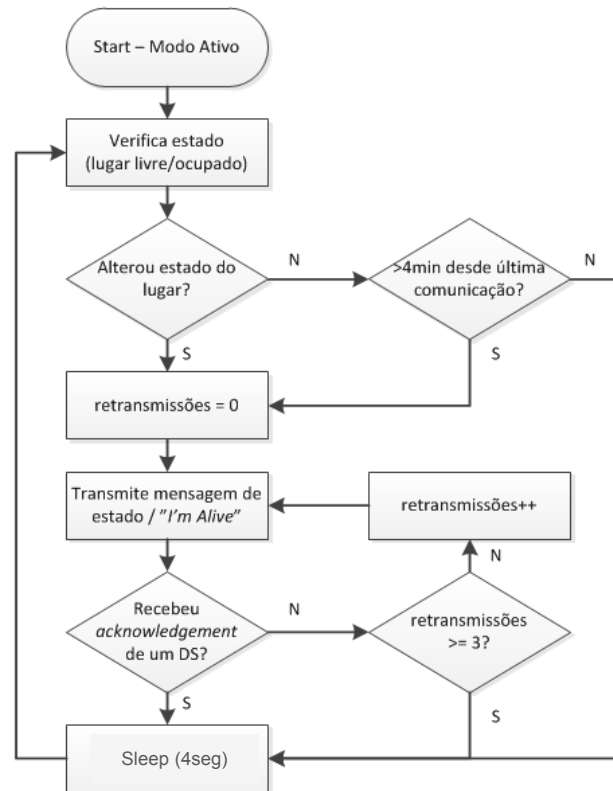


Figura 3.14: Funcionamento do detetor em modo ativo [6]

O funcionamento será dividido e abordado em dois grupos, um primeiro em que se indicam as etapas que a inicialização envolve até que o detetor fique operacional e um segundo em que se estuda como se processa a deteção e comunicações com a rede, bem como a sistematização do processo.

3.3.1. Inicialização

Na ativação do módulo, no efetivo momento de instalação do sistema, há algumas configurações de inicialização que ocorrem e que não deverão voltar a ser repetidas a menos que forçado um *reset* do sistema.

Assim, neste primeiro bloco, prévio ao comportamento cíclico do detetor, incluem-se algumas formatações de portas e modos de funcionamento ao nível do microcontrolador e a configuração e ativação do sensor magnético.

Relativamente ao que se sucede ao nível do microcontrolador destaca-se:

- **Ram:** São armazenados alguns valores importantes para o funcionamento do detetor, nomeadamente: modos de operação, tempos entre envio de mensagens “I’m alive” e medições, valores de *threshold* de deteção e endereços de comunicação;
- **MRF:** Preenchimento de alguns registos de controlo, inicialização da trama de comunicação, anexação de endereços;
- **SPI:** Discriminação de portas e configurações;
- **Sensor Magnético:** Configuração da DAC e ADC, nomeadamente de portas e modos de funcionamento, bem como ativação do circuito de Set/Reset.

Após algumas configurações ao nível do microcontrolador é seguido, também, um protocolo de ativação do sensor que inclui desmagnetização e calibração.

Processo de desmagnetização é relativamente simples, havendo apenas o envio de um pulso para o circuito de Set/Reset que, como explicado, converte o pulso num sinal que realinha as propriedades magnéticas do sensor.



Figura 3.15: Processamento de sinal para realinhamento do sensor

Por sua vez a calibração já é um processo que envolve um ligeiro processamento, havendo uma malha de feedback entre instruções e leituras para verificação das calibrações desejadas. O processo envolve, assim, o micro controlador, a DAC, o sensor magnético e o circuito de amplificação.

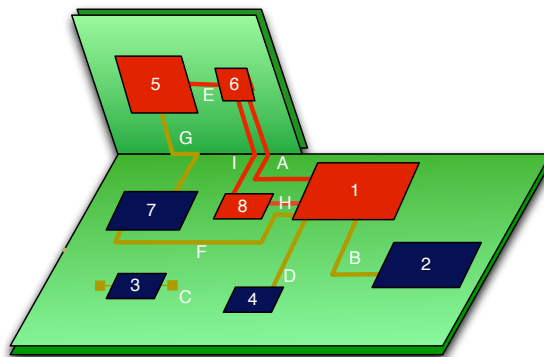


Figura 3.16: Ilustração do detetor e malha de feedback da calibração

A Figura 3.16 ilustra a malha de feedback utilizada durante o processo de calibração, em que os componentes percorridos estão destacados a vermelho: 1 PIC, 8 DAC, 6 Circuito de amplificação e 5 o sensor AMR.

1. Através da pista H o microcontrolador envia a instrução “0x180X” para a DAC, contendo o modo de funcionamento e o valor 0x80 que corresponde a metade da escala (componente com uma resolução de 8bits), fazendo com que o dispositivo imponha, VOFF_A e VOFF_B a 1.65V (metade de 3.3V) através de I;

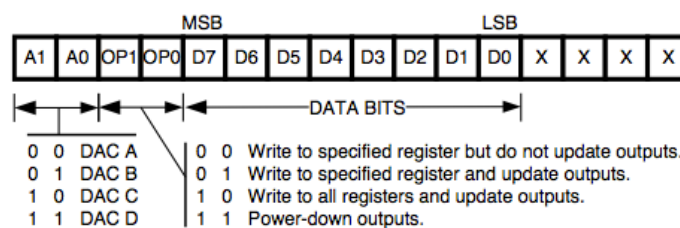


Figura 3.17: Conteúdo do registo de entrada da DAC [28]

2. Durante o processo, o sensor deverá estar como numa situação de desocupação pretendendo-se que quaisquer ténues leituras que se verificarem através de E sejam anuladas, obtendo-se os 1.65V à saída do bloco de amplificação;
3. A ligação A, entre o bloco de amplificação e a PIC, encaminha a saída dos OPAMPS para as ADCs e estas, por sua vez, com uma resolução de 10bits, convertem o valor de tensão e comparam-no com 512 (metade de escala);
4. Até que seja conseguida a igualdade entre o valor de saída da amplificação e 1.65V, o micro vai incrementando/decrementando o valor enviado à DAC através de sucessivos *shifts* do valor inicialmente enviado: 0x80 (sucessivamente, portanto: 128, 64, 32, 16...).

3.3.2. Rotina

Com o sensor magnético devidamente calibrado, o detetor pode dar entrada no funcionamento cíclico de monitorização de lugar. Considerando então um módulo já em funcionamento, será de esperar um comportamento regido pela rotina:

1. O ciclo tem início com um acesso ao sensor de temperatura;
2. Registada a temperatura, é acedido o sensor magnético e as leituras seguem a trajetória: Sensor - Circuito Amplificação - PIC(ADC);
3. Após processadas pelas ADCs, as leituras provenientes de cada sensor são comparadas com o anterior par de leituras amostrado;
4. De acordo com o resultado da comparação há duas hipóteses possíveis:
 - 4.1. Caso a diferença entre os novos valores e os obtidos no último acesso ao sensor seja superior aos *thresholds* de ruído é enviada uma mensagem de estado ao sistema através do *transceiver*;
 - 4.2. Caso não se ultrapassem os *thresholds* delimitados, as leituras são interpretadas como ruído e ignoradas. Há uma verificação de tempo desde a ultima comunicação estabelecida com a rede e, caso tenham passado 4 minutos, há o envio de uma mensagem de “I’m alive”;
5. Completada a fase das comunicações, o detetor da entrada num período de baixo consumo, um *sleep* de 4 segundos, recomeçando, depois, o ciclo novamente;

Relativamente à análise de leituras, o processador recolhe as leituras provenientes das ADCs, subtrai o *offset* de 512 e compara o resultado com valores que definem as margens de ruído.

Os valores dos *thresholds* foram definidos e aperfeiçoados de forma prática, estipulando-se limites a partir dos quais as leituras já representavam efetivamente eventos fidedignos. Para o caso, em que as leituras podiam partir de 512 rumo a 1024 ou 0, os limites de ruído foram definidos para compreender oscilações de 30 entre sucessivas leituras provenientes de cada ADC (por exemplo: primeira amostra: 512 e amostra seguinte entre 482 e 542).

Decorrente do resultado da comparação, verifica-se o preenchimento da trama de comunicação, de acordo com o tipo de informação a ser transmitida para o sistema.

A trama genérica de comunicação do sistema sobre IEEE 802.15.4, ilustrada na seguinte figura, inclui um carácter de início e de fim, e o corpo da mensagem processável byte a byte onde é armazenada a informação a transmitir.

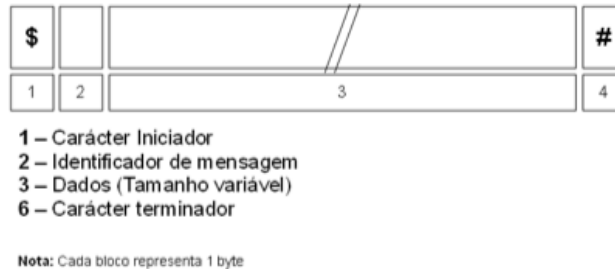


Figura 3.18: Trama de dados genérica [6]

O campo identificador da mensagem varia consoante o conteúdo que está a ser transmitido e os elementos entre os quais se está a fazer a comunicação. Para o caso, as comunicações são provenientes do detetor e direccionadas a um *datasink*, em que o conteúdo ora inclui o estado do detetor ou uma sinalização “I’m alive”. O campo identificador de mensagem está, assim, preenchido com o valor 1.

Relativamente ao campo de dados, neste tipo de mensagens os conteúdos transmitidos são: o estado de ocupação de lugar, o estado da bateria, a temperatura e as leituras provenientes de cada ADC. Indicações sobre o estado do detetor que também servem como “I’m alive” em períodos sem atividade.

A Figura a seguir, 3.19, representa a organização dos conteúdos pelos bytes do campo de dados nº3 (referência à Figura 3.18).

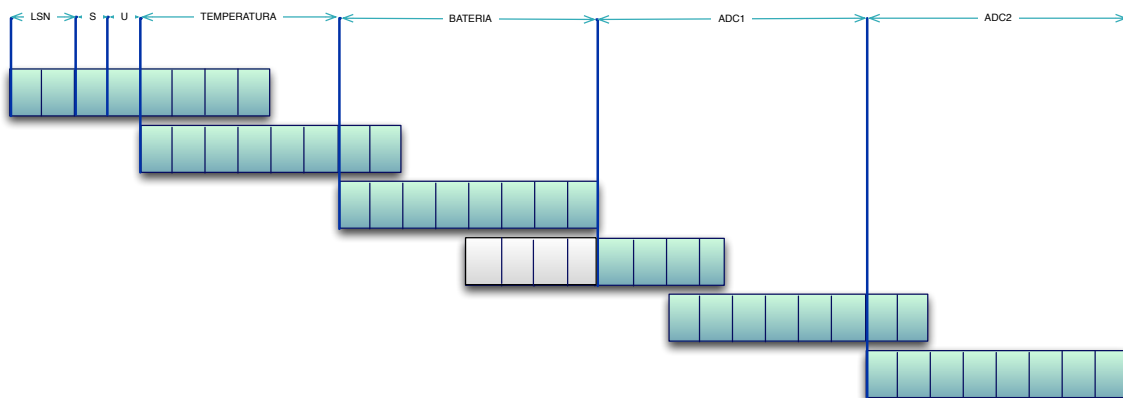


Figura 3.19: Organização dos conteúdos no campo de dados da trama de comunicação

Na figura anterior, cada quadrícula corresponde a um bit, cada conjunto de 8 a um byte. O primeiro par de bits é referente ao número de sequência local, necessário para uma rede com vários elementos, em que tem de haver identificação do destinatário da mensagem reencaminhada e também quando se quer evitar a recepção de pacotes repetidos, podendo descartá-los em caso de igualdade do campo, em transmissões consecutivas.

Relativamente ao segundo par de bits, na figura, S e U, o primeiro é referente ao estado do detetor onde se comunica a ocupação, ou não, do lugar e o segundo sinaliza ocorrências de variações magnéticas súbitas acima dos *thresholds*.

Como foi visto anteriormente, a ADC é de 10bits, como tal, os próximos quatro campos, apresentam, também, uma extensão de 10bits cada, mas dividida pelos 8 bits de cada byte da trama, como explicado na figura (3.19).

Assim, nos quatro campos seguintes, encontram-se informações alusivas à temperatura, verificada pelo sensor de temperatura; ao estado da bateria; e, particularmente importantes, o par de leituras do sensor magnético extraído de cada uma das ADCs.

Enviada a trama de comunicação explicada, o sistema termina o ciclo com a entrada num período de *sleep* de quatro segundos, recomeçando então tudo novamente.

Apenas como nota, há ainda uma outra condição que é analisada a cada ciclo. Como explicado, durante o estudo da tecnologia dos sensores magnéticos, pode haver algum desvio das características magnéticas do sensor com o tempo, devido até a variações magnéticas do meio mais discretas, como tal, a cada 48h, há uma instrução que comanda o circuito de set/reset a realinhar as propriedades magnéticas do sensor e reformatar as definições originais.

3.4. Interação

Estudado o funcionamento do sistema, explicar-se-á agora o manuseamento do mesmo. Será feita uma análise sob o ponto de vista do que é importante para o teste e interação com o detetor, procura esclarecer-se, portanto, o interface criado entre as leituras magnéticas do sensor e a saída de dados prontos para análise.

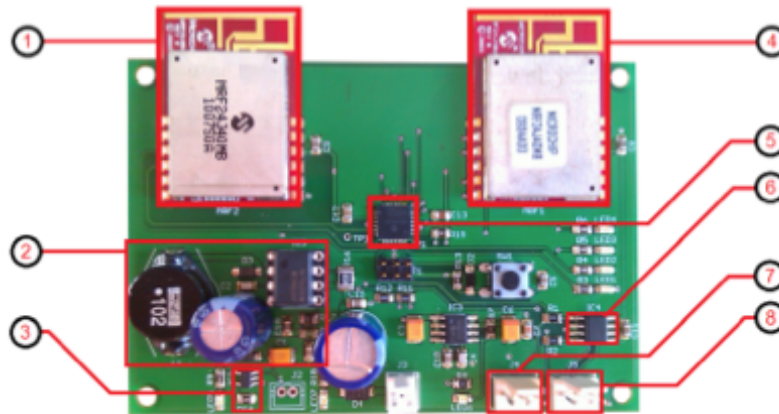
Como explicado, as mensagens de estado são encaminhadas até ao datasink via IEEE 802.15.4. Para se aceder aos dados, foi estabelecida uma ligação, entre o datasink e o computador e acrescentado ao código de funcionamento do datasink algum código de desempacotamento de dados e impressão no terminal. Seguidamente, as leituras visualizadas eram encaminhadas para um ficheiro de texto (.txt) que poderia, por fim, ser importado para o Microsoft Excel para análise.

Alvo de menos escrutínio, ao contrário do detetor, por se tratar apenas um meio, apresentam-se apenas alguns dos detalhes do datasink que foram importantes para a comunicação e conversão de informação:

- O hardware é o mesmo para gateways e datasinks, apresentado na Figura 3.20. As diferenças são definidas pelas próprias funcionalidades atribuídas de acordo com os papéis que são desempenhados na rede;
- O microcontrolador é o mesmo que o implementado no detetor, PIC18F26K20, partilham-se portanto as especificações apresentadas atrás, no ponto 3.2.3;
- Há dois transceivers IEEE 802.15.4, permitindo-se comunicações simultâneas através de canais diferentes, com mais alcance e sensibilidade que os implementados nos

detetores, devido a *Power Amplifiers* e *Low Noise Amplifiers* existentes nos módulos de comunicação;

- Há suporte de comunicações cabladas RS-232, para curtas distâncias, aqui utilizadas para comunicação com o computador.



- 1 - Módulo 1 de IEEE 802.15.4 com LNA e PA (Microchip MRF24J40MB)
- 2 - Fonte comutada ($V_{in} = [9.5V, 25V]$; $V_{out} = 5V$) - (MC34063)
- 3 - Gestor de carga de baterias Li-PO e Li-Ion (Microchip MCP73831)
- 4 - Módulo 2 de IEEE 802.15.4 com LNA e PA (Microchip MRF24J40MB)
- 5 - Microcontrolador (Microchip PIC18F26K20)
- 6 - Conversor RS-232 para RS-485 half-duplex (Analog Devices ADM3495)
- 7 - Porto RS-232
- 8 - Porto RS-485 Half-Duplex

Figura 3.20: Gateway/Datasink [6]

Quando é assinalada a recepção de uma mensagem procede-se à descompactação dos conteúdos de cada campo, descritos na Figura 3.19. Na primeira fase do estudo do detetor foi importante aceder a todos os campos e compreender o conteúdo de toda a mensagem, percebendo-se quando é que estavam a ser assinaladas deteções relativamente às condições que disparavam as mudanças de estado. Começou-se por se aceder e imprimir todos os bits da trama comunicação no terminal, fazendo-se uma análise detalhada, bit a bit.

Compreendida a organização e comportamento da informação, foram postos de lado os campos que seriam menos relevantes para a experiência, criando-se uma rotina de impressão que apenas contemplava a conversão dos dois campos provenientes das ADCs e o campo alusivo à temperatura. Por um lado, os campos S e U (Figura 3.19) referentes ao estado do detetor face a leituras superiores aos *thresholds* comprovaram-se perfeitamente funcionais, mas a análise não se pretendia moldada pelos limites anteriormente definidos. Por outro, o campo da bateria não seria importante porque o tipo de testes não visavam a análise energética, uma vez que se ia expor o detetor a ritmos de funcionamento elevados, necessários para o estudo do seu comportamento, mas excessivos para o tipo de consumos que permitem longevidade às baterias.

Relativamente ao tratamento dos 10 bits provenientes de cada ADC, divididos por dois bytes diferentes, foram passadas máscaras e feitos os *shifts* necessários para se conseguir extrair a informação útil de acordo com a Figura 3.21.

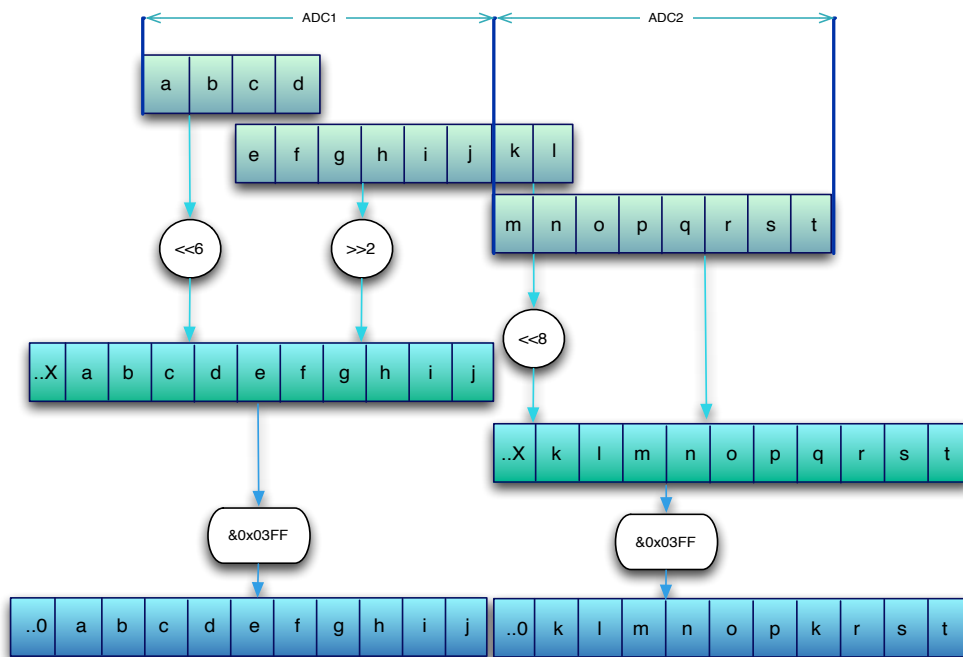


Figura 3.21: Tratamento dos valores das ADCs

Relativamente aos 10 bits que contêm a informação alusiva à temperatura há também algum trabalho de reorganização de bits, semelhante à apresentada na figura anterior, mas é igualmente necessária a conversão de valor de tensão em graus centígrados inversa à feita pelo sensor de temperatura, de acordo com a função que caracteriza o funcionamento do mesmo, presente no Gráfico 3.2 e que se sintetiza na relação:

$$T = \left(\frac{B \times 3.3}{1023} - 0.5 \right) 100$$

Na equação, o parâmetro **B** representa o valor hexadecimal extraído do campo da mensagem correspondente à temperatura e **T** é a temperatura, em graus centígrados, que se faz sentir no detetor.

Conclui-se, assim, a análise técnica com a abordagem às comunicações emitidas pelo detetor, completando-se a explicação do processamento dos valores disponíveis no terminal, interface do sistema.

Assim, compreendido o significado das leituras, a matéria prima do estudo, deixam-se as condições e métodos de amostragem por explorar. Como se verá, à semelhança dos pormenores do evento que se está a examinar, também as formas como se personaliza toda a monitorização e a própria amostragem em si, desde o ritmo à orientação, apresentam consequências nos valores das leituras e resultados globais da experiência.

Dedicar-se-ão as próximas secções ao estudo prático do detetor e à efetiva deteção das variações magnéticas causadas pelos veículos, procurando-se definir os comportamentos e capacidades práticas do módulo em estudo.

4. Ensaaios

4.1. Introdução aos testes

As próximas secções serão dedicadas aos testes de campo realizados com o detetor de veículos. Procedeu-se a uma análise detalhada do seu funcionamento dentro das condições de operação esperadas para futuras implementações do sistema, tendo sido feita, também, alguma previsão e despistagem de situações indesejadas que poderiam, eventualmente, ocorrer.

Os exercícios realizados serão explorados após esclarecidos os planos de execução e preparação que antecederam a realização dos testes.

4.1.1. Abordagem

O estudo do funcionamento do detetor será organizado de acordo com o tipo de factor/perturbação em análise, considerando os seguintes conjuntos: pormenores associados ao detetor em si; a características do veículo sobrejacente; ou, então, questões associadas ao meio e à vulnerabilidade do detetor a certos fatores do mesmo.

Para conseguir distinguir de forma clara somente os efeitos do fator em análise, ao longo do estudo, será habitualmente mantida a comparação com dados anteriores à alteração feita. O encadeamento das secções acompanha a margem de especulação que a sequência de testes ia deixando e com os novos requisitos introduzidos a que, gradualmente, se procurava responder.

Como o exercício ia sendo progressivamente alterado, a listagem das condições de teste, procedimentos e respectivos resultados serão apresentados, também, em cada ponto. Desta forma, toda a informação descritiva dos ensaios estará mais facilmente acessível, mantendo-se a par da sucessão de testes.

4.1.2. Adaptações

Foram concebidos testes direcionados para cada um dos três elementos principais: “Detetor”, “Veículo” e “Meio” das condições previstas normais para a implementação e funcionamento do sistema, de forma a ser garantida a fiabilidade do equipamento no maior número de cenários possível, independentemente da sua eventualidade. Contudo, antes de se partir para testes mais particularizados, foi necessário perceber o comportamento “normal” do detetor.

Para conseguir analisar o funcionamento do dispositivo, ou seja, a forma de processamento do fenómeno da deteção, o algoritmo inicial de deteção e funcionamento foi adaptado para permitir o acesso a maiores volumes de informação com maior rapidez, abdicando-se de uma utilização mais cuidada da energia.

Começaram-se por se definir certos ritmos de amostragem, mas percebeu-se, mais tarde, que seria um fator a adaptar ao tipo de exercício, pois de acordo com a velocidade de passagem ritmos demasiado elevados geravam aglomerados de leituras redundantes, sem interesse.

É importante contextualizar os eventos magnéticos de acordo com as zonas do veículo que se sobrepunham ao detetor, mas menos relevante a exata temporalidade dos mesmos, uma vez que a velocidade com que se sucediam é variável.

Desta forma, a amostragem de 4 em 4 segundos inicial foi substituída por uma rajada de amostragens, com um ritmo que se manteve para grande parte dos testes aproximadamente nas 20 amostras por segundo mas que foi sendo adaptado de acordo com a definição dos resultados que se iam obtendo.

4.2. Teste de Controlo

Como introdução aos vários testes, analisaram-se apenas as implicações decorrentes da forma de instalação do detetor no solo.

Realizou-se um teste simples, para primeiro contacto com as leituras e percepção do funcionamento “normal” do detetor, em situações em que não são forçadas alterações das condições de teste para analisar determinados comportamentos. Verificaram-se movimentações a velocidade constante, temperatura constante, perturbações magnéticas externas desprezáveis, uniformidade entre repetições do exercício, idealmente, uma experiência sem interferências.

Condições

O detetor apresenta a sua sensibilidade magnética segundo dois eixos principais, a 45° do solo (Figura 3.5), como tal, é de prever que as leituras possam diferir de acordo com a forma como é disposto no solo relativamente à direção de passagem do veículo.

Pelo exposto, realizaram-se testes nos quais o detetor era disposto de três formas diferentes: uma primeira em que os seus eixos estavam alinhados com a direção de passagem, orientação “paralela”, uma segunda em que os eixos estavam perpendiculares à direção de passagem, orientação “perpendicular” (ambas na Figura 4.1) e, por fim, uma alocação intermédia, propositadamente aleatória no que toca ao exato alinhamento (explicada à frente).

Relativamente ao local escolhido para deixar o detetor dentro do lugar, tratando-se de um estacionamento de frente, optou-se por uma localização próxima do limite da frente, a cerca de 1.50m da extremidade dianteira do veículo, para garantir que se recolhiam amostras da passagem do motor (Figura 4.2).

O veículo escolhido para estes testes foi um Ford Focus C-Max de 2004, um monovolume comum, que deveria promover leituras suficientemente estandardizadas.

Relativamente ao exercício, fez-se o estacionamento de frente do veículo, desligou-se durante algum tempo, ligou-se e retirou-se do lugar num movimento oposto ao primeiro.



Figura 4.1: Orientação perpendicular e paralela respetivamente



Figura 4.2: Alocação do detetor

Resultados

Tal como em todos os próximos casos, este exercício foi repetido um número considerável de vezes, até que as leituras apresentassem sucessivamente comportamentos com maior semelhança entre si, considerando-se alcançado o comportamento padrão para o tipo de exercício a ser realizado.

Não se apresentará uma visualização com uma média dos resultados, impraticável devido à complexa repetibilidade temporal da experiência, mas apresenta-se, a seguir, o conjunto de visualizações que melhor caracteriza os eventos magnéticos que se verificaram para as configurações: paralela, perpendicular e oblíqua, como explicado, quando as leituras se apresentavam mais estáveis entre experiências.

A seguintes visualizações apresentam o conjunto de leituras provenientes de cada eixo e respectiva ADC, a azul e vermelho, onde se estabelece a relação entre a temporalidade do evento e a magnitude da medição.

A verde apresenta-se o resultado de uma relação que agrega as variações de cada uma das duas outras séries (ADC1 e ADC2) de acordo com a expressão a seguir.

$$\text{Mistura} = 512 + |512 - \text{ADC1}| + |512 - \text{ADC2}|$$

Esta série foi acrescentada por se conseguir, através dela, uma resultante vertical de ambas as direções dos eixos sensitivos do detetor e, assim, uma série de variações magnéticas agregadas, ao instante, relevante para o estudo.

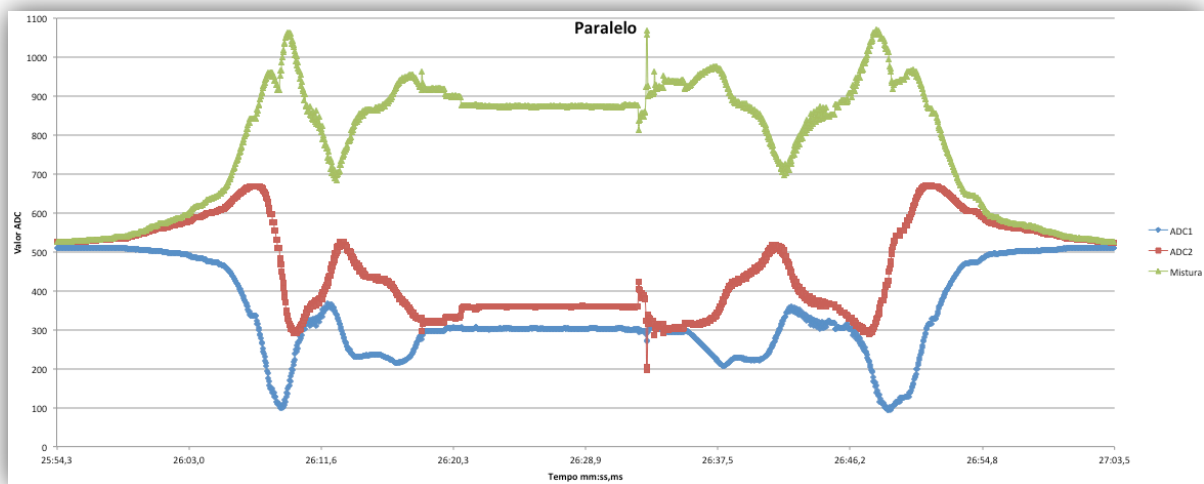


Gráfico 4.1: Teste de Controle - Alinhamento paralelo

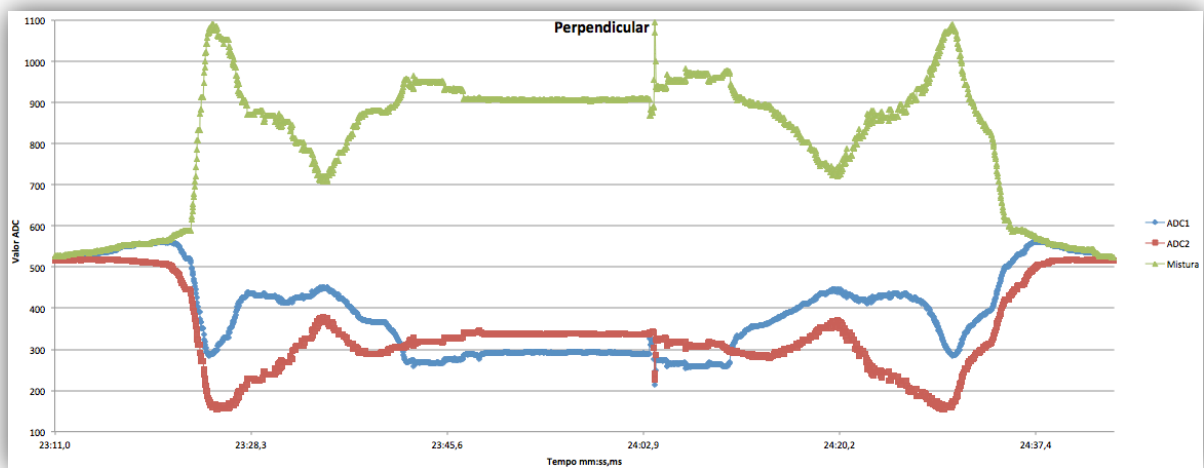


Gráfico 4.2: Teste de Controle - Alinhamento perpendicular

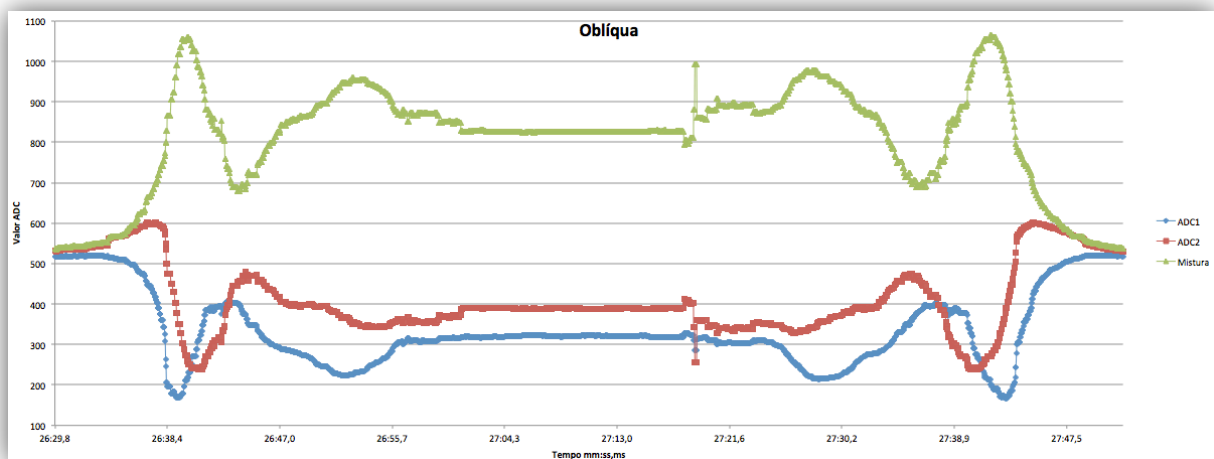


Gráfico 4.3: Teste de Controle - Alinhamento oblíquo aleatório

Análise

A nível de o que é um lugar ocupado/não ocupado, há sempre uma zona estacionária correspondente ao momento em que se manteve o veículo desligado, antes de retirado do lugar, que apresenta magnitude bastante superior à por defeito (512). A nível dos eventos principais, há destaque da passagem de duas zonas distintas, neste caso, zona do motor e eixo das rodas da frente e zona central do veículo (entre ambos os eixos das rodas), eventos presentes em ambos os sentidos da marcha. Contudo, analisando com mais cuidado cada um dos exercícios apresentados, há mais detalhes que serão de notar.

Começando pelo alinhamento paralelo, Gráfico 4.1, nota-se que há a deteção da mesma parte do veículo a aparecer em tempos diferentes consoante série de ADC. Acontecimento justificável pela orientação dos eixos de deteção, na configuração utilizada, um dos eixos estava apontado para direção de onde chegava o veículo, possibilitando uma deteção ligeiramente adiantada.

Atentando à situação de alinhamento perpendicular, Gráfico 4.2, já não se verifica o ligeiro atraso entre grandes eventos nos valores feitos chegar às ADCs, em vez disso, nota-se até alguma semelhança temporal entre as leituras e apenas alguma diferença a nível de magnitude por não haver exata simetria entre os lados direito e esquerdo no veículo.

O propósito da apresentação dos resultados para um alinhamento na oblíqua, Gráfico 4.3, é o de conseguir encontrar alguns elementos comuns que caracterizem o exercício. Embora para o alinhamento paralelo e perpendicular se tenha notado que as ADCs se comportam de forma diferente, existe uma semelhança ente as séries da Mistura que não passa despercebida. Assim, para confirmar que não se tratava de uma coincidência, demonstram-se também as leituras recolhidas durante um exercício para uma alocação do detetor diferente e “aleatória” que também apresenta uma série de Mistura semelhante à das duas primeiras disposições, registam-se igualmente duas avolumadas variações magnéticas e valores de deteção de lugar ocupado bastante pronunciados face ao valor de defeito.

No Gráfico 4.4, relativo a uma edição do gráfico 4.3, esclarecem-se e localizam-se as observações feitas durante este ponto.

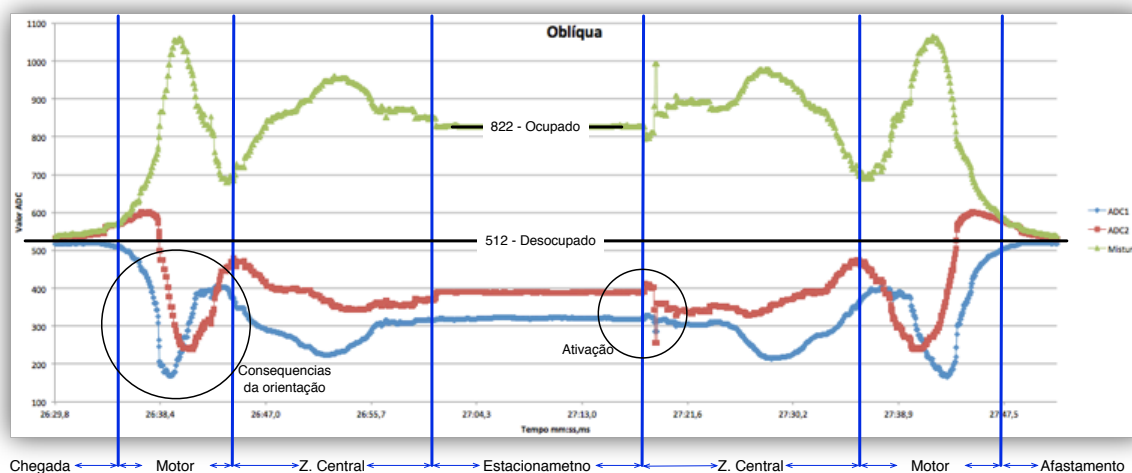


Gráfico 4.4: Elementos relevantes das leituras do Teste de Controlo

4.3. Disposição do Detetor

A primeira secção de testes proporcionou uma boa noção do comportamento do detetor perante o estacionamento de um veículo. Contudo, deixou-se a descoberto um possível caminho para melhor compreensão e, mesmo, optimização da eficácia do dispositivo: a análise das diferenças entre as séries ADC1 e ADC2, provenientes de cada eixo de deteção.

Neste ponto, serão apresentados testes direccionados ao detetor, mantendo as características do “Veículo” e do “Meio” tão inalteradas quanto possível.

Nesta secção procurar-se-á abordar a disposição do detetor no solo, de modo a maximizar as variações magnéticas experimentadas durante o estacionamento de um veículo.

4.3.1. Orientação

Para se perceber o comportamento individual de cada sensor, teve de se criar um exercício que expusesse cada sensor à mesma variação, portanto um mesmo evento e consequente variação magnética para cada eixo, de igual forma.

Para isso, verificou-se se as leituras provenientes de cada série de ADC eram as mesmas para posições alternadas entre si, tendo-se realizado quatro testes tipo em que a orientação da disposição do detetor no solo foi, de novo, paralela e perpendicular ao movimento do veículo, mas com rotações de 180° do detetor em cada uma para que ambos os eixos alternassem de lugar entre si (ilustração na Figura 4.3).

Desta forma, para ambas as orientações, foi possível comparar e confirmar se os valores feitos chegar a cada ADC eram os mesmos quando se alternava a posição do detetor por 180°.



Figura 4.3: Configurações A, B, C e D, respectivamente

Condições

Como indicado na figura anterior, o detetor foi instalado no pavimento em quatro posições distintas que diferiam 90° entre si, sucessivamente.

Para cada disposição do detetor, foi repetido o exercício analisado durante o Teste de Controlo: o estacionamento de frente, com alguns segundos de paragem e desativação do motor, seguidos do movimento à retaguarda para retirar o veículo do lugar.

Resultados

O novo conjunto de visualizações que se segue veio reforçar a validade das primeiras, os dois eventos principais voltam a repetir-se nas séries das Misturas e o comportamento individual de cada ADC não é dispar do que também foi visto atrás.

Genericamente, as leituras já são conhecidas, mas o objetivo desta experiência era comparar as leituras das ADCs quando na mesma situação. Como é visível, o detetor apresenta bastante coerência entre eixos, quando há a troca de posições entre si, há efetiva troca de comportamentos entre leituras feitas chegar às ADCs e, como resultado, tremenda semelhança entre Misturas para disposições que difiram 180° entre si.

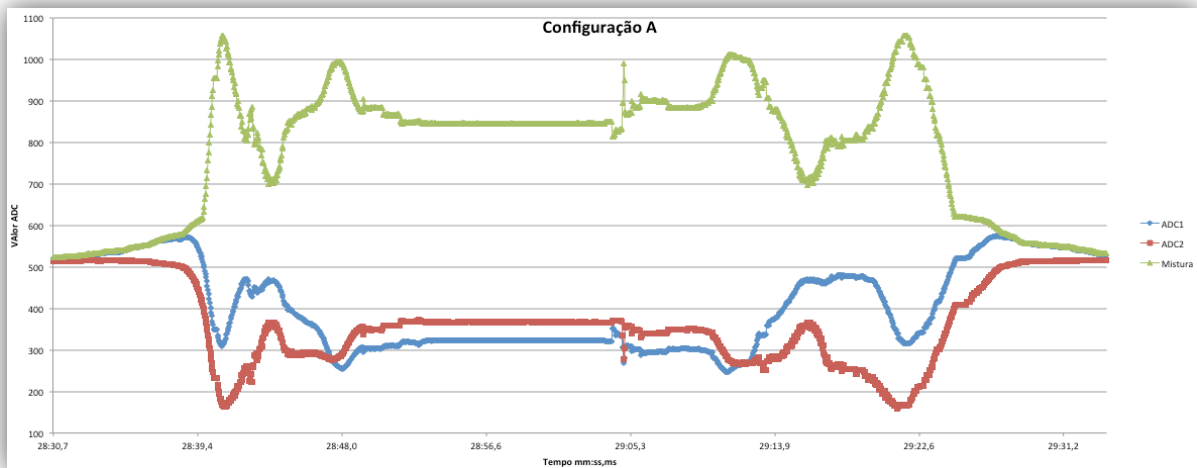


Gráfico 4.5: Leituras - Configuração A

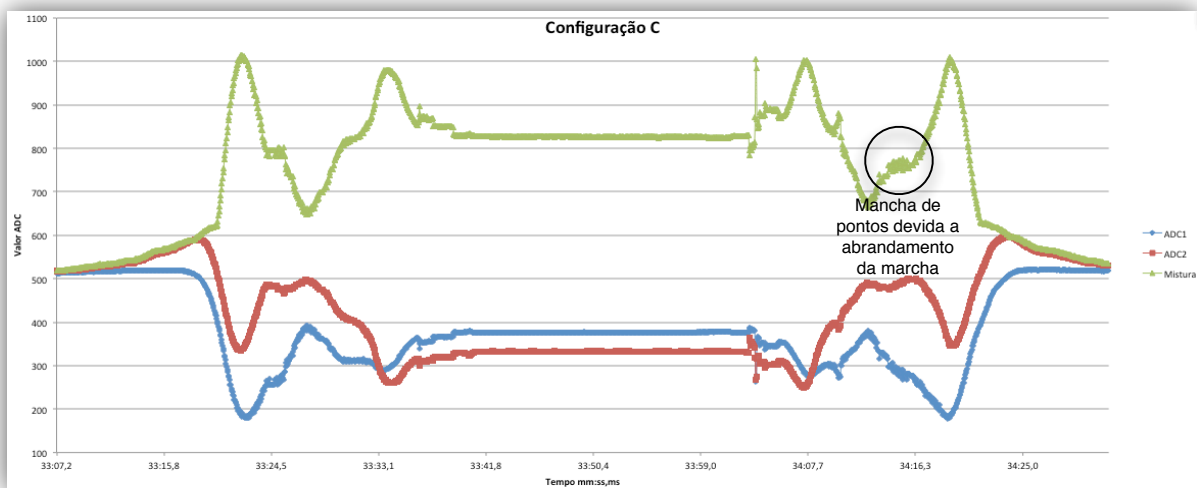


Gráfico 4.6: Leituras - Configuração C

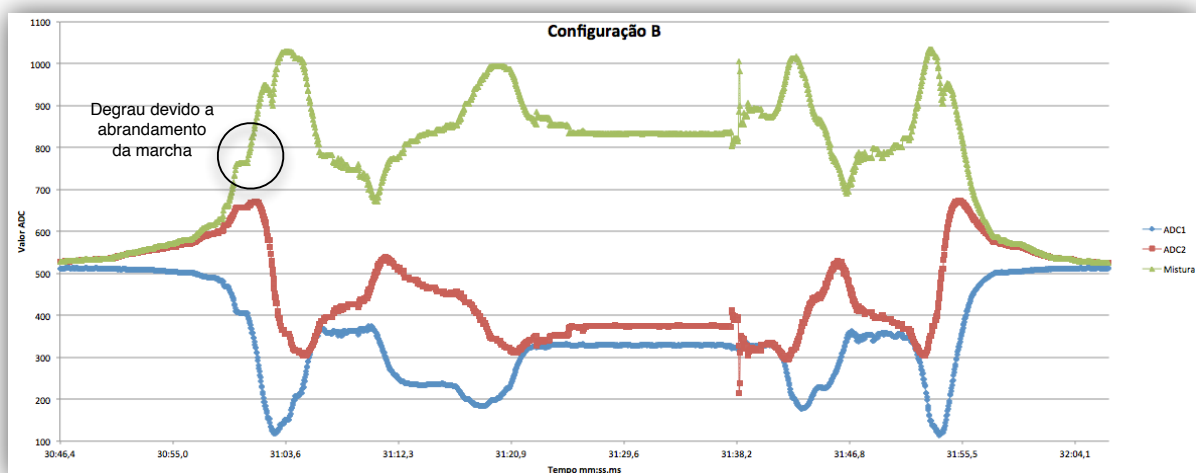


Gráfico 4.7: Leituras - Configuração B

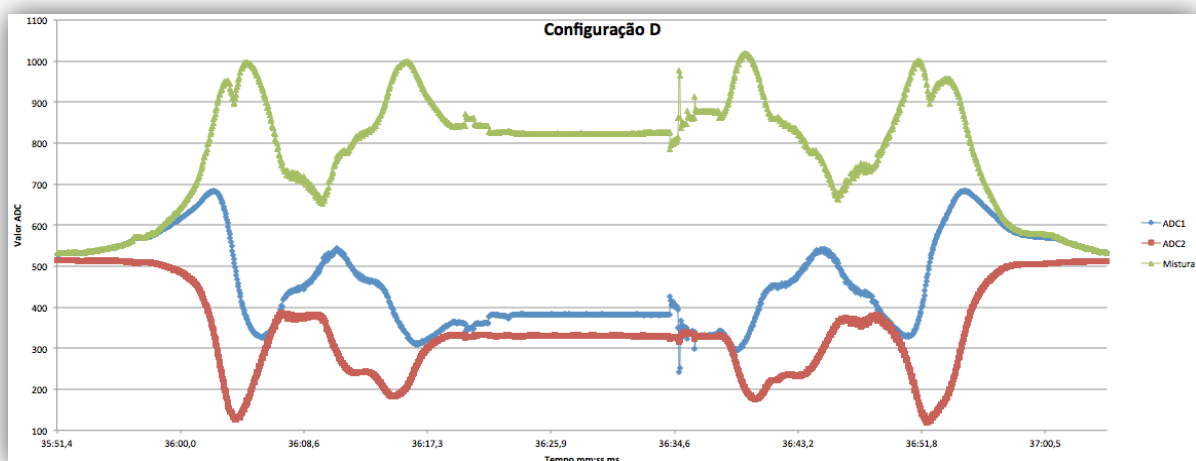


Gráfico 4.8: Leituras - Configuração D

Análise

Relativamente ao comportamento entre séries de ADCs, quando alternadas as posições por 180°, notam-se bastantes semelhanças. Como explicado, experiências exatamente iguais são difíceis de repetir, nomeadamente relativamente à temporalidade dos eventos, mas os resultados são bastante satisfatórios, uma vez que, globalmente, os comportamentos são idênticos entre os pares A - C e B - D.

Deste exercício conclui-se que o par de sensores magnéticos (que monitoriza cada eixo) do detetor de veículos funciona de igual forma, mas há ainda mais ilações a tirar deste exercício. Repare-se que, caso se deseje optar pela análise da Mistura no algoritmo de deteção, parece haver alguma liberdade de alocação do detetor no pavimento relativamente à sua orientação, pois entre as quatro, a série da Mistura manteve-se sempre idêntica.

Até agora, a série da Mistura é a que apresenta maior repetibilidade, parecendo ser a escolha mais acertada na decisão do caminho a utilizar para a deteção no algoritmo.

4.3.2. Complementaridade

Atendendo aos resultados obtidos até agora, a série da Mistura parece a variação mais segura para se proceder à deteção, contudo, os testes foram realizados apenas para estacionamentos de frente, de acordo com os passos apresentados no Teste de Controlo.

Assim, procurar-se-á analisar o estacionamento de marcha a trás, regido pelos mesmos passos, para verificar se há um comportamento semelhante ao verificado para a parte da frente do veículo.

Condições

Instalou-se o detetor à mesma distância do limite do lugar, mas, como explicado, procedeu-se ao estacionamento em marcha a trás. Examinou-se a chegada, o estacionamento com o motor desativado, a reativação e o abandono do lugar, durante o processo.

De modo a conseguir elementos de comparação para avaliar o comportamento, particularmente, da série da Mistura, repetiram-se as orientações do Teste de Controlo: paralela, perpendicular e oblíqua, não tendo sido testadas rotações a 180° por terem sido comprovadas redundantes.



Figura 4.4: Estacionamento à retaguarda

Resultados

As visualizações que se apresentam, alusivas às leituras extraídas durante estes exercícios, vieram fazer repensar as conclusões inferidas até agora.

As séries das ADCs voltam a apresentar comportamentos diferentes e pouco firmes entre configurações, mas, surpreendentemente, verificou-se, também, uma considerável diferença de magnitudes e comportamento da série Mistura entre as três posições.

Se utilizada a Mistura para se definir a ocupação de lugar, num caso de um estacionamento à retaguarda poderia haver alguma perda de fiabilidade, verificando-se alguma margem para erro nos gráficos.

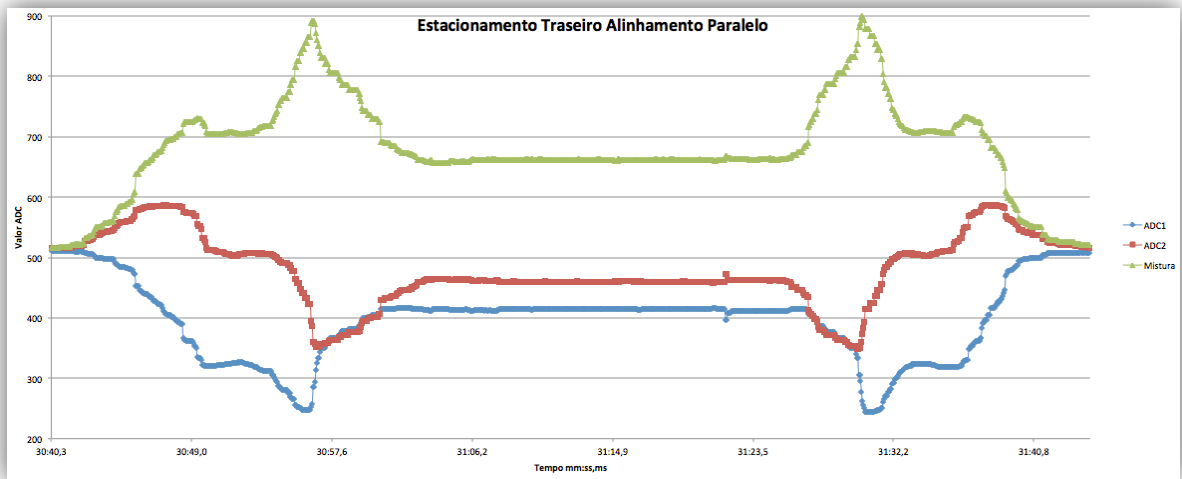


Gráfico 4.9: Estacionamento Traseiro - Alinhamento Paralelo

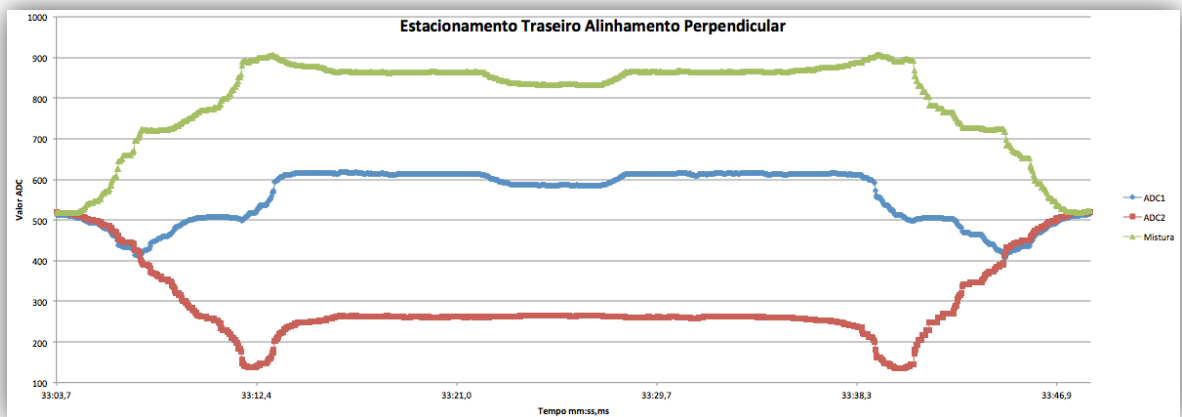


Gráfico 4.10: Estacionamento Traseiro - Alinhamento Perpendicular

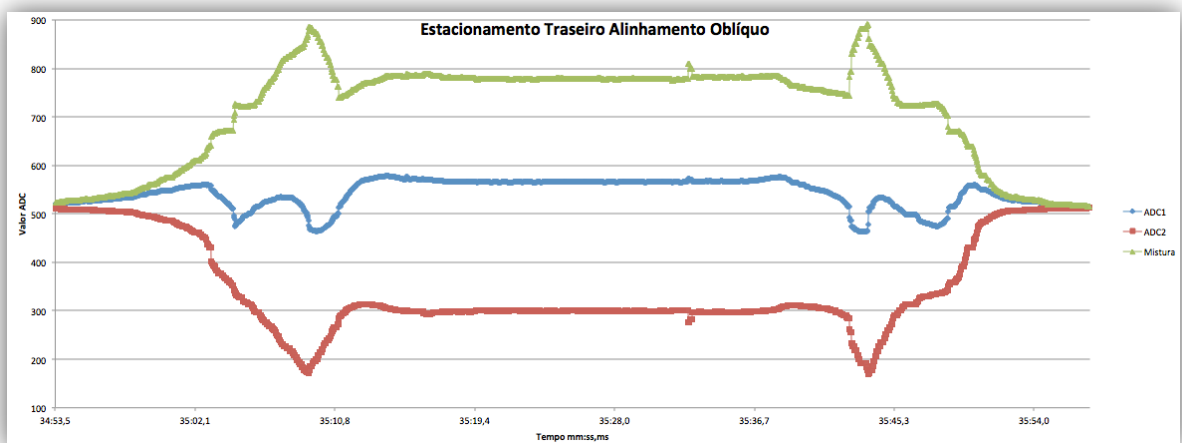


Gráfico 4.11: Estacionamento Traseiro Alinhamento Oblíquo

Análise

Se, na parte da frente, as zonas com maiores quantidades de metal estavam bem definidas, na metade traseira do veículo os elementos metálicos são diferentes e com disposições mais diversificadas, o que se repercute em leituras menos bem definidas. Há destaque de um pico, que corresponde à passagem do eixo das rodas traseiras, mas para além disso é difícil definir o que se está exatamente a monitorizar.

No alinhamento paralelo, através das séries das ADCs, nota-se que se estão a detetar os mesmos elementos do veículo, com o explicado atraso temporal e alguma diferença de magnitude devido a se apontar para os mesmos elementos segundo direções que, embora alinhadas com o deslocamento, apresentam 90° de diferença.

Já o comportamento apresentado pelas séries das ADCs, para o alinhamento perpendicular, indica que se estão a ler variações criadas por componentes diferentes, leituras essas que provocam uma série das Misturas com pouca definição.

Como anteriormente, apresenta-se o gráfico com as leituras alusivas ao alinhamento oblíquo, intermédio entre paralelo e perpendicular, com alguma informação adicional, que visa esclarecer a relação entre eventos medidos e as ocorrências que tomaram lugar durante o teste.

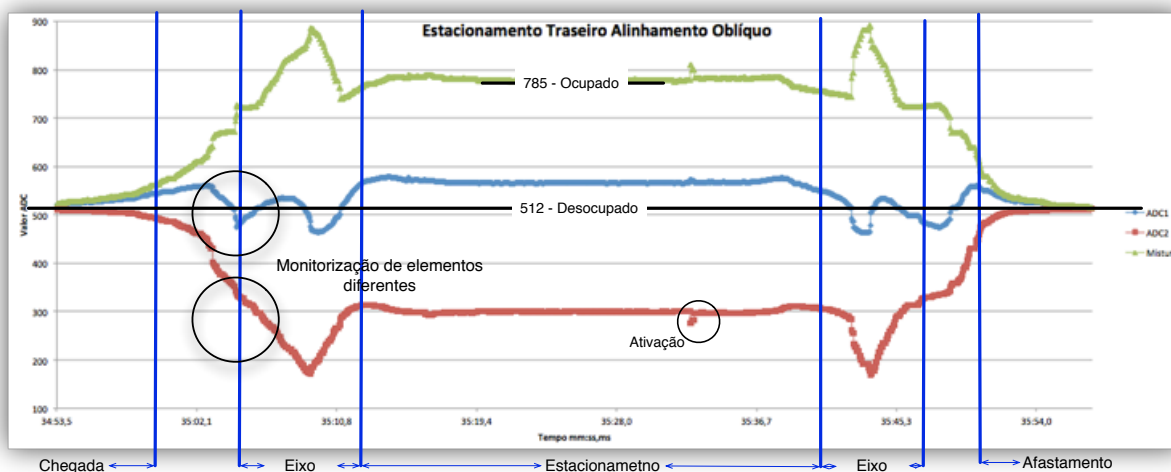


Gráfico 4.12: Elementos relevantes das leituras do estacionamento à retaguarda

Com este último exercício criou-se a necessidade de um novo estudo, pois os resultados entre as leituras extraídas para a frente do veículo e traseira não apresentam suficiente semelhança entre si.

Uma análise da passagem completa do veículo com atenção aos detalhes do mesmo, poderá oferecer um novo ponto de vista para uniformização do processo de deteção. Justifica-se assim a próxima secção deste trabalho, em que se abordará mais atentamente o objecto da deteção.

4.4. Percepção do Veículo

Esta secção inclui uma variedade de testes bastante superior à anterior, sobretudo relacionada com o objeto da deteção. A flexibilidade deste exercício é bastante superior: pode ser alterado o veículo; a passagem do mesmo e podem ser testados, ainda, um bom conjunto de objetos estranhos e respectivas influências.

Para esta parte, foram mantidas as características dos elementos “Detetor” e “Meio” presentes no Teste de Controlo, repetiram-se, tanto quanto possível, os alinhamentos já explorados e as condições climáticas verificadas em testes anteriores.

4.4.1. Passagem

Para colmatar algumas falhas da anterior secção e para possibilitar um modelo de comparação para os próximos testes, o primeiro exercício realizado e aqui apresentado é a passagem integral de veículo. As leituras e análises que se apresentam são relativas a passagens do veículo por cima do detetor do início ao fim, procurando proporcionar uma noção da percepção magnética completa do mesmo.

Condições

Fez-se a alocação do detetor no meio de uma passagem por onde se deslocou o veículo tanto de frente, como marcha atrás, para maior consistência de resultados.

Para conseguir responder às dúvidas que surgiram da anterior secção este exercício repetiu-se para um alinhamento paralelo e perpendicular do detetor e o veículo foi, propositadamente, mantido o mesmo das anteriores experiências.

A passagem foi feita a velocidades muito reduzidas, sem praticamente recurso ao acelerador.

Resultados

A ilustrar um grande plano dos exercícios anteriores, as visualizações das leituras para este novo exercício, vieram corroborar as conclusões que foram extraídas até agora.

Apresentam-se a seguir quatro visualizações: a duas primeiras em que se rodou a disposição do detetor no solo por 90° para uma passagem de frente do veículo e as duas últimas em que se repetiu a rotação mas o veículo deslocava-se de marcha a trás.

A partir da Mistura, há três eventos principais a destacar desta experiência: a passagem do motor e eixo dianteiro, bastante pronunciada; a zona central do veículo, mais indefinida; e, um último evento, associado à passagem da zona do eixo das rodas traseiras que, como se tinha notado, apresenta uma diferença de magnitude mais significativa entre alinhamentos. A associação dos elementos do veículo às zonas será feita no Gráfico 4.17, pertencente ao ponto relativo à análise das leituras.

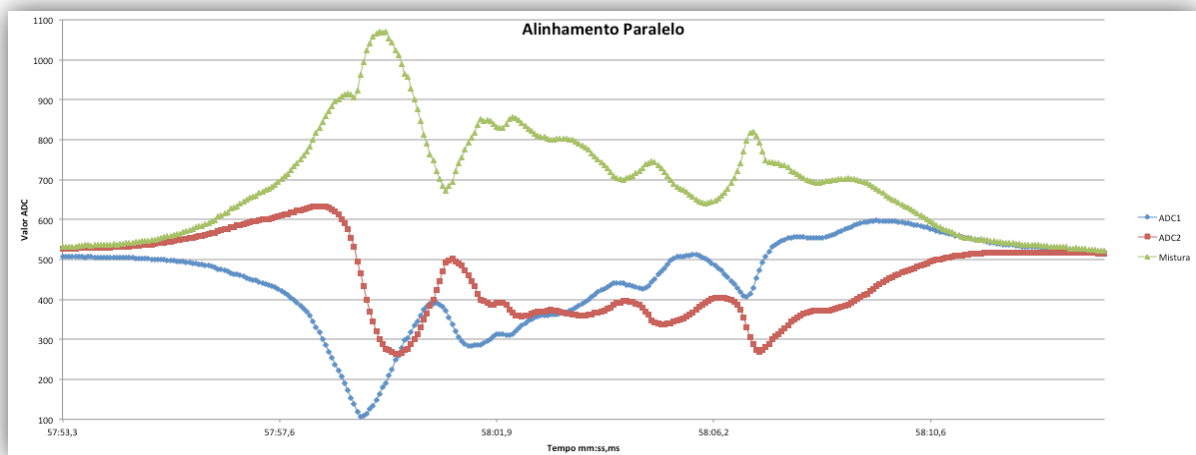


Gráfico 4.13: Passagem completa de frente - Alinhamento paralelo

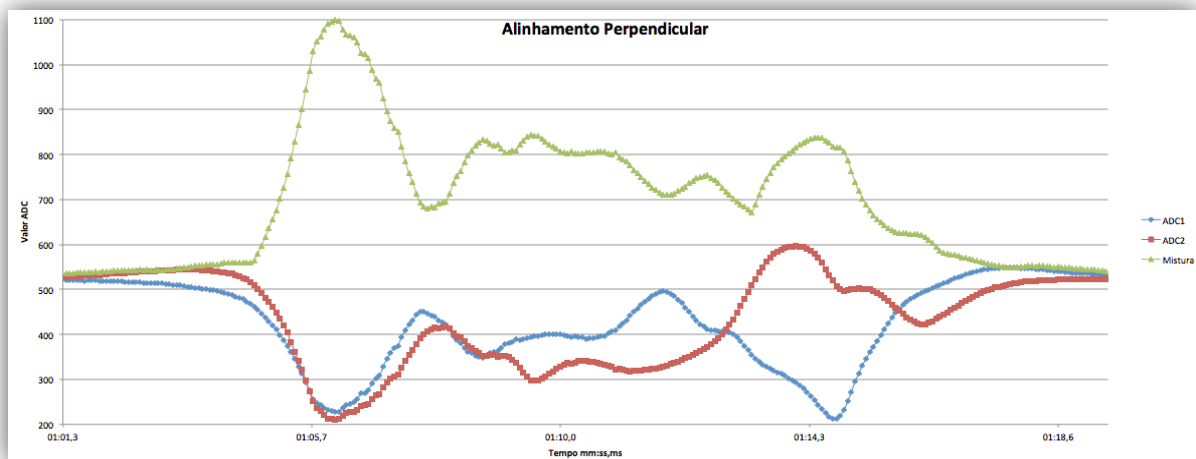


Gráfico 4.14: Passagem completa de frente - Alinhamento perpendicular

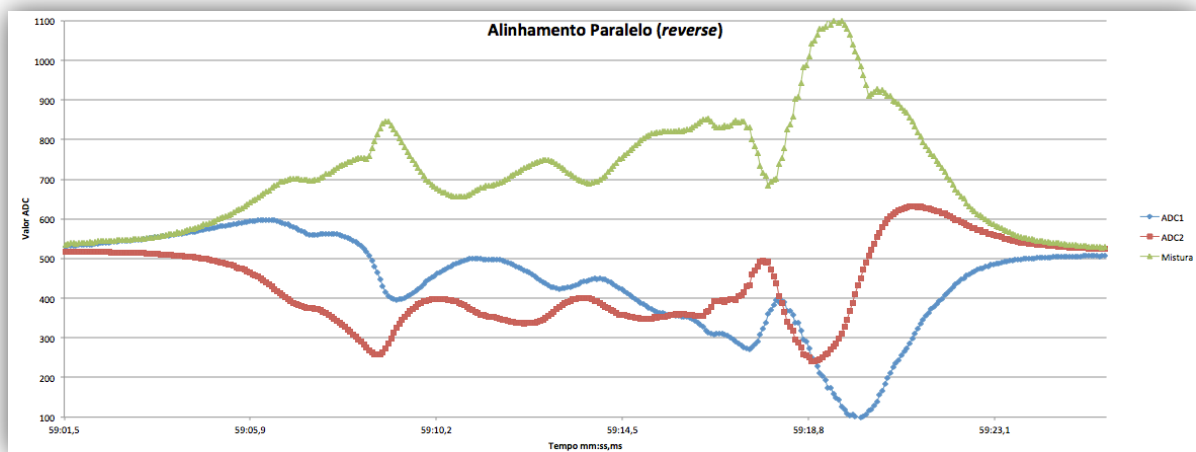


Gráfico 4.15: Passagem completa em marcha a trás - Alinhamento paralelo

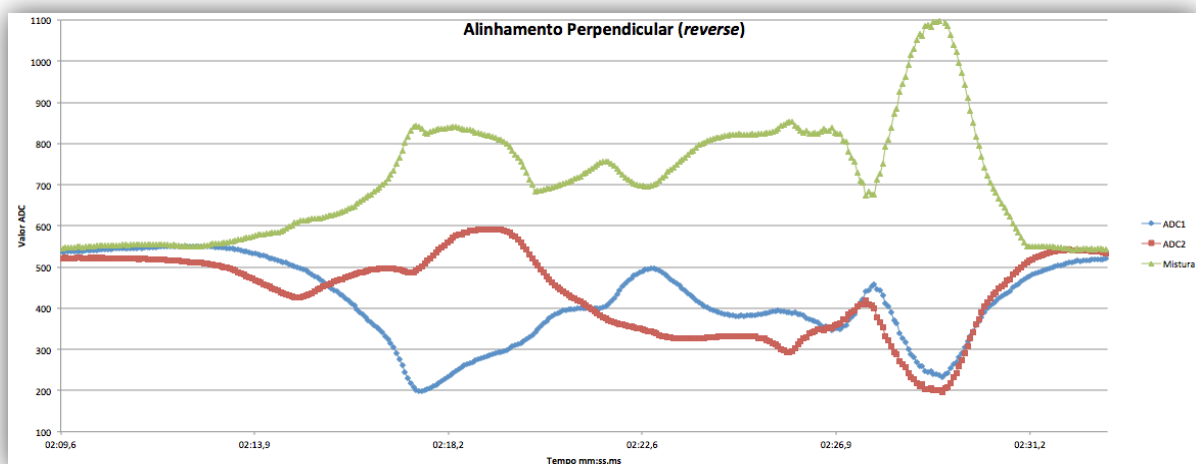


Gráfico 4.16: Passagem completa em marcha a trás - Alinhamento perpendicular

Análise

As leituras resultantes deste exercício permitiram uma visualização mais clara da reação do detetor à passagem do veículo na íntegra. A simetria dos resultados, verificada entre ambos os sentidos da marcha, reforça a repetibilidade das leituras.

A nível de Misturas temos um comportamento semelhante entre ambos os alinhamentos salvo algumas diferenças de magnitude no evento alusivo à traseira, mas as zonas com maior concentração de metal continuam a gerar pronunciadas perturbações magnéticas durante a passagem.

Em relação aos valores feitos chegar a cada uma das ADCs, voltam-se a notar as ligeiras diferenças temporais nos alinhamentos paralelos, mas a global semelhança entre as duas séries ADC1 e ADC2 (instantes a azul claro na Figura 4.17). Por outro lado, para alinhamentos perpendiculares, as ocorrências relativas aos componentes com mais metal, parte da metade da frente do veículo, ocorrem praticamente ao mesmo instante mas, a partir do meio do automóvel, o comportamento das séries passa a ser completamente díspar, como visto anteriormente, levando a uma diminuição da magnitude da série da Mistura.

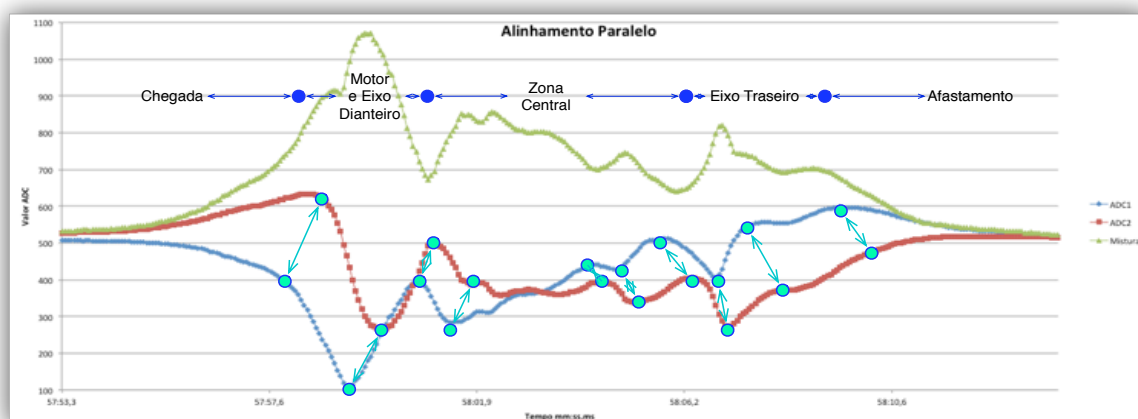


Gráfico 4.17: Contextualização de eventos e visualização de semelhança entre séries ADC

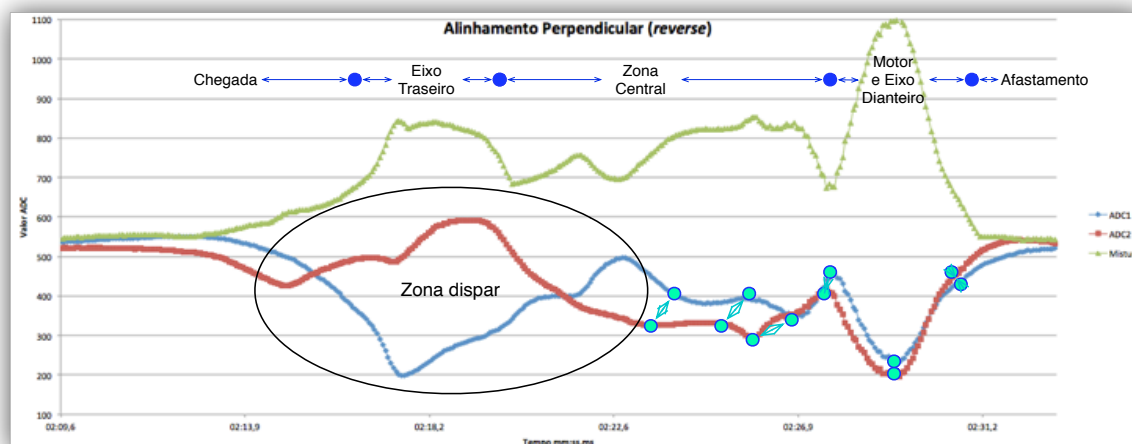


Gráfico 4.18: Contextualização de eventos e visualização de semelhança/disparidade entre séries ADC

Seria interessante acompanhar esta secção com a contextualização prática das leituras, a associação entre o que está a ser medido e os componentes que levam a tais medições. Contudo, considerando que o veículo é maioritariamente metálico, seria complicado definir exatamente as causas específicas de cada pico, tratando-se de elementos de menor dimensão, e mesmo esse escrutínio, embora útil para a análise, poderia corresponder a uma particularização excessiva do estudo relativamente aos detalhes do veículo utilizado no teste.

É, contudo, possível procurar uma leitura ainda mais límpida, não se negligenciando o facto de o motor estar em funcionamento durante a passagem – a movimentação de componentes devido ao carro estar a trabalhar causa alterações magnéticas acrescidas, portanto são justificadas novas secções onde se aumentará, novamente, o detalhe da análise.

4.4.2. Estrutura

Na tentativa de melhorar a associação entre leituras e detalhes do veículo, decidiu-se testar o detetor perante a passagem do veículo, com a particularidade de este estar completamente desligado.

Para além da melhor percepção dos componentes, o objectivo deste novo exercício é, também, conseguir quantificar a interferência do próprio funcionamento do automóvel nas leituras do mesmo. Embora seja um exercício que não retrata exatamente uma situação prevista real, há algum interesse no seu estudo na medida em que proporciona dados que descrevem a percepção da estrutura do veículo despida das interferências por si geradas.

Condições

Pelo próprio interesse na comparação, a experiência anterior foi repetida na integra, apenas agora com a particularidade de o automóvel estar desligado e destravado para poder deslizar pelo detetor.

Resultados

Das quatro visualizações nota-se que, efetivamente, o estado do motor tem repercussões nas leituras. Embora a forma geral da passagem do veículo esteja de acordo com o que foi visto até agora, há uma alteração na magnitude dos valores que chegam às ADCs que é comum a todas as configurações.

Em cada um dos próximos gráficos está anotado o máximo alcançado pelo mesmo evento na situação anterior e alteração do mesmo face a essa situação de motor ativo. A vermelho indicam-se diminuições e, a azul, sinalizam-se aumentos de magnitude durante esta nova experiência.

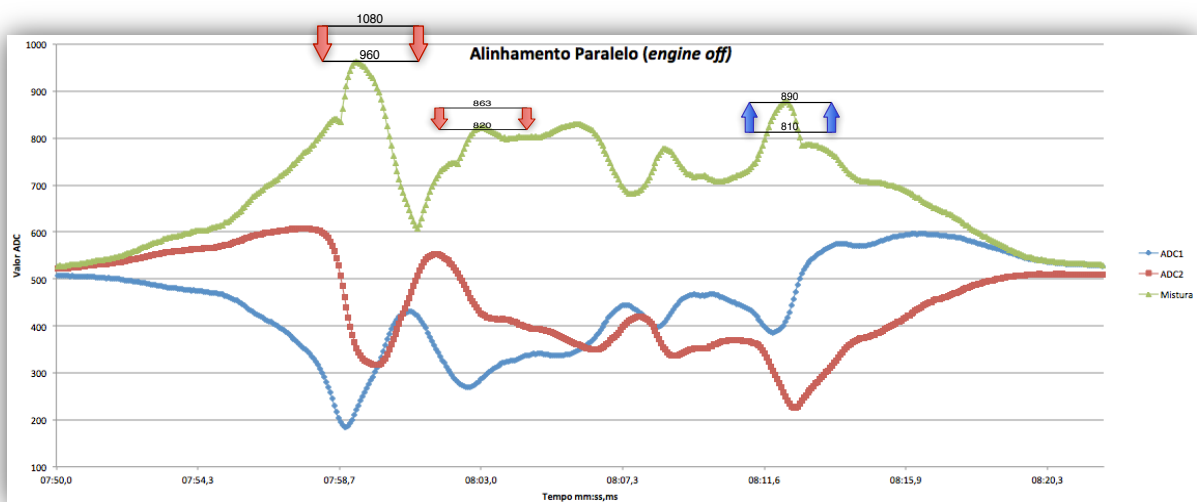


Gráfico 4.19: Passagem completa com motor desligado - Alinhamento paralelo

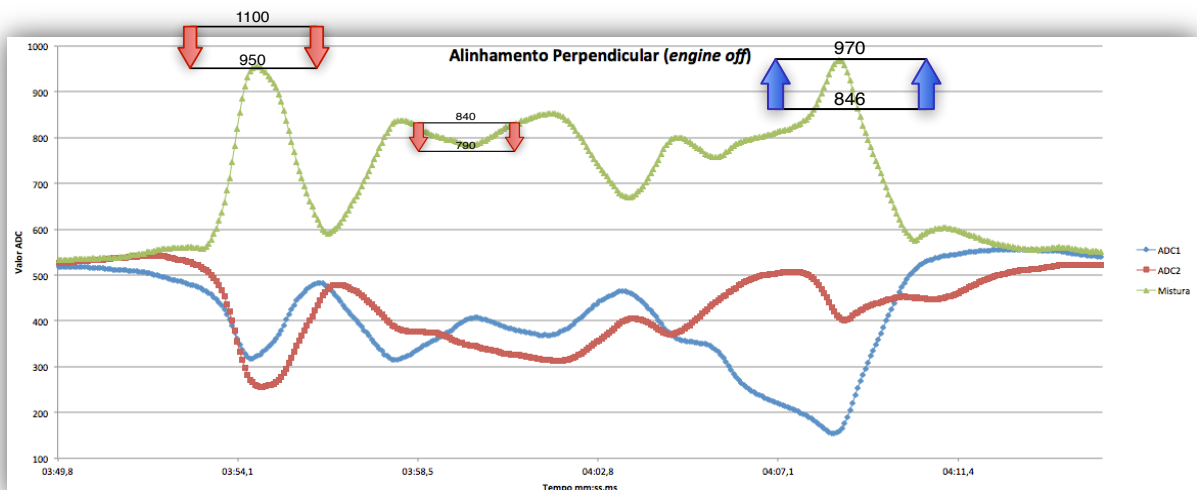


Gráfico 4.20: Passagem completa com motor desligado - Alinhamento perpendicular

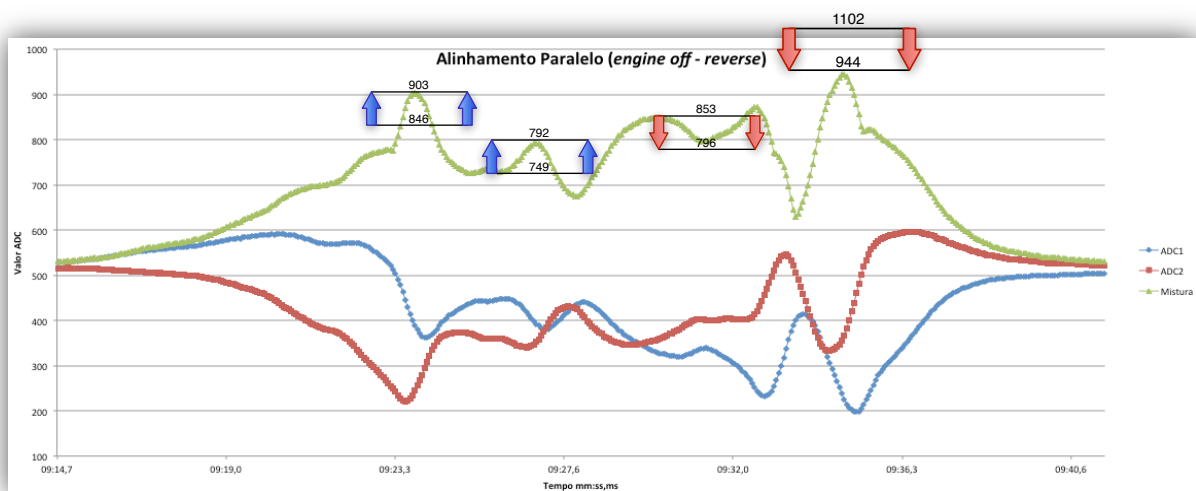


Gráfico 4.21: Passagem completa em marcha a trás com motor desligado - Alinhamento paralelo

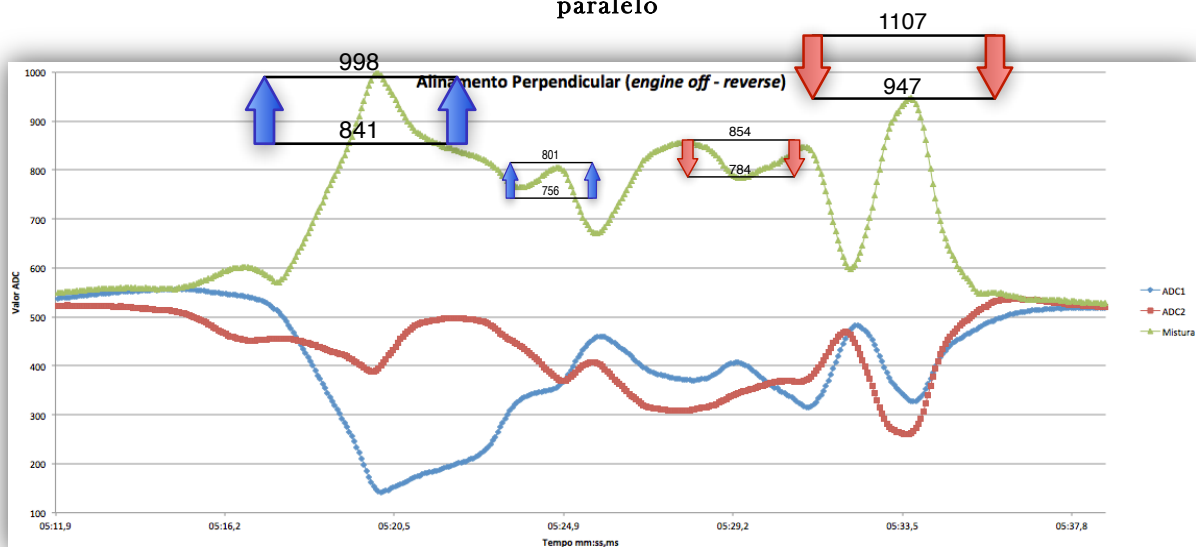


Gráfico 4.22: Passagem completa em marcha a trás com motor desligado - Alinhamento perpendicular

Análise

Com o motor na parte da frente do veículo, já se explicava o primeiro evento e respetiva magnitude, mas, com este teste, conseguiu-se comprovar que não só a existência dos componentes metálicos causa perturbações magnéticas, mas também as movimentações dos mesmos pronunciam variações do meio.

Nos quatro gráficos anteriores nota-se que, independentemente do sentido do deslocamento, há uma diminuição da magnitude dos eventos próximos da frente do carro, mas um aumento de magnitude e da definição dos eventos magnéticos da parte traseira.

O funcionamento do motor aparenta, assim, afetar as leituras tanto alusivas ao motor e às suas imediações, como também se faz sentir um pouco por todo o veículo. Como uma grande fonte de perturbações magnéticas, acaba mesmo por diminuir a influência de elementos menores, que só pareceram conseguir manifestar-se com o carro desligado.

4.4.3. Distorção

Após os resultados obtidos na secção anterior, relativamente à desativação do motor projetou-se um novo teste. Realizado de forma oposta à anterior, neste caso foi feita uma passagem pelo detetor com o motor a mais rotações que o normal, pretendendo-se averiguar o impacto do funcionamento intenso do motor nas leituras.

Condições

Para o automóvel se poder mover a altas rotações em condições normais, teria de haver uma reformulação da amostragem, isto significaria uma passagem a grande velocidade, inimiga do detalhe.

Para contornar a questão apresentada, o teste foi feito como no caso anterior com veículo desengatado e empurrado durante a movimentação pelo detetor, com a particularidade de se encontrar com o acelerador pressionado e as rotações a rondar as 3000/min.

Resultados

De acordo com os valores obtidos nos exercícios da secção 4.4.1., para passagens com o motor ligado, o aumento das rotações do motor, não deu origem, globalmente, a pronunciadas alterações das leituras.

A única zona em que se nota uma intensificação das variações magnéticas foi num evento magnético central, onde, embora não muito significativamente, é possível ver um novo pico que antes passava mais despercebido e outras pequenas variações.

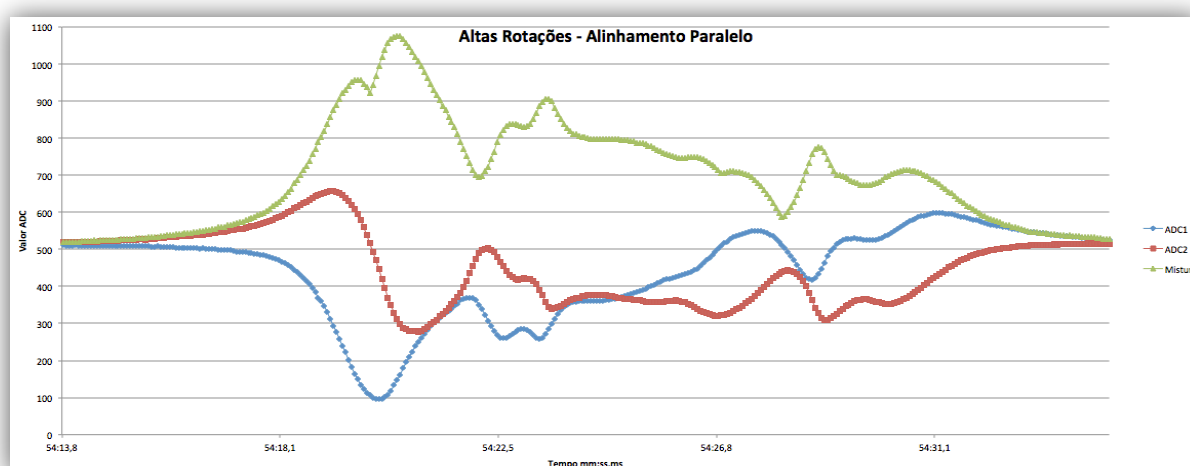


Gráfico 4.23: Passagem a altas rotações - Alinhamento paralelo

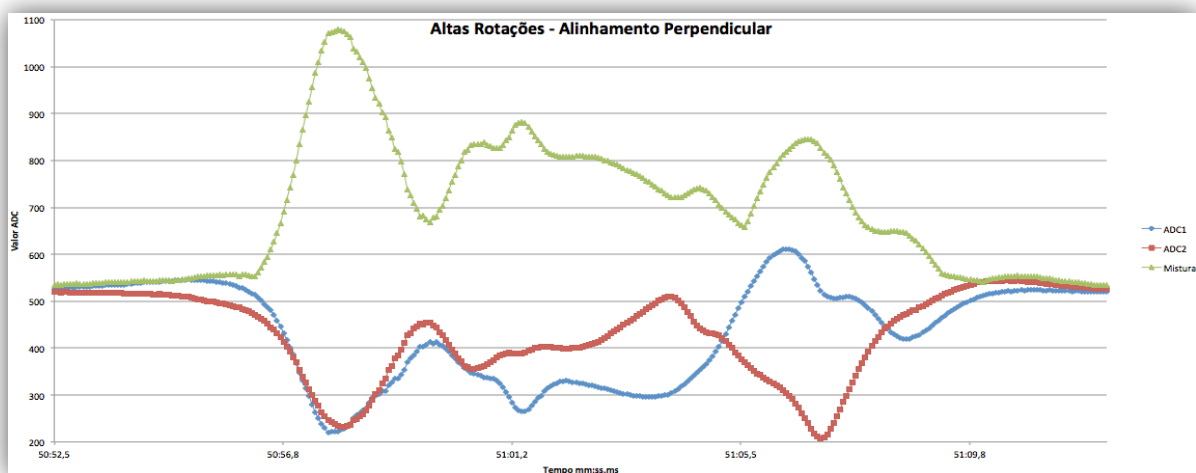


Gráfico 4.24: Passagem a altas rotações - Alinhamento perpendicular

Análise

O aumento das rotações do motor não levou a alterações substanciais, ao que parece o detetor apenas distingue o facto de haver ou não atividade do motor, não sendo sensível à intensidade de funcionamento.

A parte que se destacou ligeiramente com esta experiência está associada à zona central do veículo, logo após o eixo das rodas dianteiro, muito provavelmente, devido a vibrações de outros componentes decorrentes do funcionamento intenso do motor, a maior rotações.

De forma satisfatória, verifica-se, também, uma ligeira diminuição da magnitude e detalhe dos últimos eventos, de forma inversa à experiência com o motor desligado, em que a zona do eixo traseiro ganhava definição e destaque.

Apresenta-se, a seguir, um agregado das séries das misturas alusivas às passagens completas para alinhamentos paralelos dos gráficos 4.13 e 4.23, a azul as leituras para a passagem normal e a verde as leituras para a passagem a 3000Rot/Min. Notam-se algumas dificuldades na sincronização de eventos devido às passagens não serem exatamente iguais.

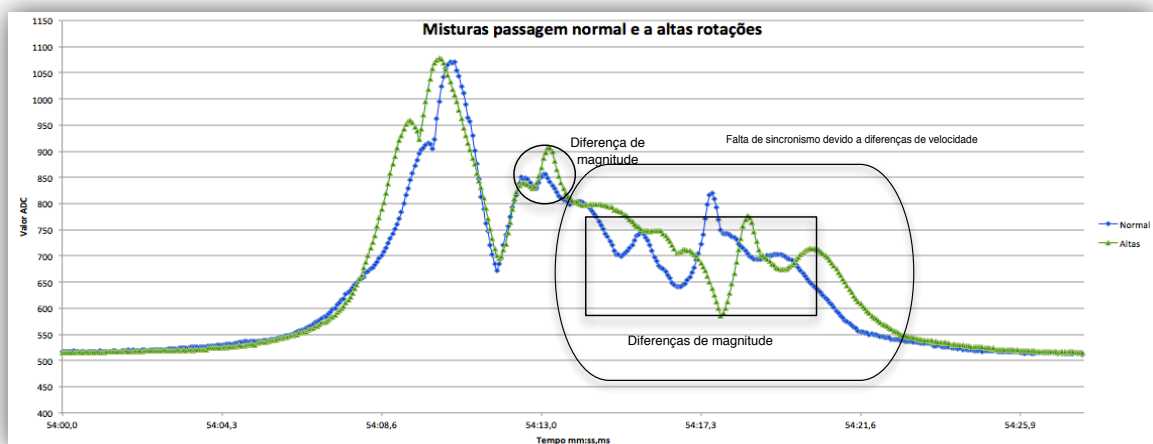


Gráfico 4.25: Comparação com a série de Mistura de referência

4.4.4. Rapidez

Atendendo às anteriores conclusões, relativas ao funcionamento do motor, surgiu uma curiosidade que seria interessante estudar - a capacidade de deteção de passagem de um veículo em circulação a baixas velocidades.

Considerando que, para circular, o veículo tem de apresentar níveis de funcionamento superiores aos de estacionamento e, considerando que a intensidade de funcionamento e as rotações do motor contribuíram para eventos magnéticos de magnitude ligeiramente superior, tentou-se aproveitar este facto para averiguar possíveis deteções durante a circulação.

Condições

Com condições iguais às do teste de passagem completa, do ponto 4.4.1, nesta experiência, a única particularidade adicionada foi a velocidade de passagem do veículo, que, em vez de convenientemente lenta, passou a ser a cerca de 20km/h.

Resultados

Através da escala do tempo nota-se que a passagem do veículo pelo detetor estava na casa do segundo, não apresentando a mesma facilidade de passagens demoradas em que se conseguiram resultados sólidos, mas regra geral as leituras obtidas estavam dentro do que foi verificado anteriormente.

Embora não haja uma amostragem tão detalhada, estas leituras, mais rápidas, incorporavam os pontos chave das formas anteriores, sendo possível reconhecer a passagem do veículo e respectivos eventos principais.

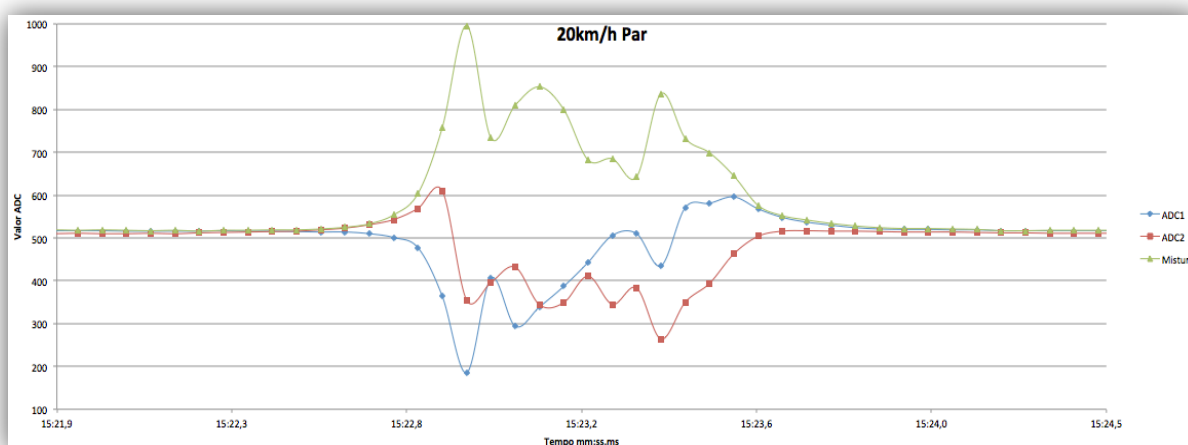


Gráfico 4.26: Passagem a 20km/h - Alinhamento Perpendicular

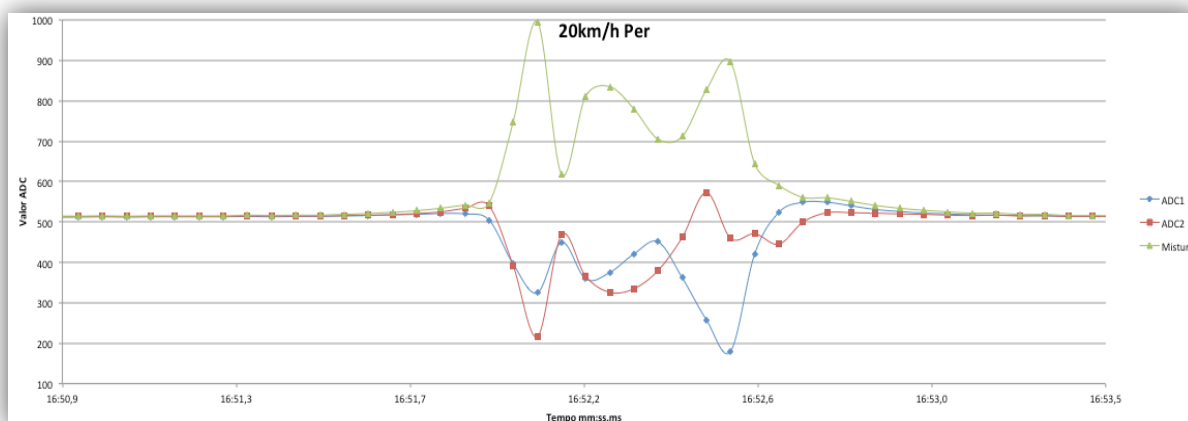


Gráfico 4.27: Passagem a 20km/h - Alinhamento Perpendicular

Análise

Este exercício foi realizado sem se adaptar o ritmo de amostragem que foi, até agora, utilizado para passagens mais demoradas. O objectivo era o de verificar como o detetor reagia perante menos tempo de contacto com as variações.

Os pontos extraídos podem não coincidir com máximos ou limites exatos das ocorrências. Como vimos anteriormente, o motor conseguia alcançar magnitudes superiores a 1000, mas perto desses máximos as variações continuam a ser significativas e quando amostradas, mesmo que com menos frequência, continuam a assumir a forma conhecida da passagem do veículo (compare-se com os Gráficos 4.13 e 4.14).

O detetor não foi levado ao limite, mas parece ser viável uma adaptação do detetor de estacionamento para uma funcionalidade de controlo de passagem para zonas de velocidade controlada e vias de acesso. No entanto, esta adaptação representaria um caso de estudo que, para já, divergia do objetivo desta secção de testes.

Embora se tenham realizado testes fora do leque de situações espectáveis na realidade, a informação que se conseguiu extrair a partir destes foi bastante importante enquanto complemento para os ensaios e testes de efetivo estacionamento, mas também, ainda, pela própria possibilidade de *upgrade* do módulo e respectivas funcionalidades que dele decorrem.

4.4.5. Diferenciação

Com um estudo já bastante completo para o carro utilizado para os testes, decidiu-se passar-se à comparação dos resultados obtidos com leituras para outros veículos, tentando-se escolher uma gama ampla de automóveis.

Procurou-se analisar o comportamento do detetor para a passagem de novos veículos na busca de bons alicerces de deteção, horizontais a um largo leque de escolhas, bem como desvinculados das particularidades do veículo utilizado até agora.

Condições

De forma semelhante aos testes do ponto 4.4.1., a experiência compreende a passagem completa dos veículos sobre o detetor a velocidades moderadas e para os dois alinhamentos: paralelo e perpendicular repetidos até agora.

Os automóveis escolhidos com vista a estudar um leque diversificado e representativo do que poderia aparecer durante o funcionamento real do sistema foram: um Smart, um Volvo C30, um Citroen C3, um Ford C-Max, um Saab 93, uma carrinha VW Golf, um Citroen C6 e por fim uma carrinha Nissan 4x4.



Figura 4.5: Modelos escolhidos para os testes [31-38]

Resultados

Dos resultados extraídos durante a passagem de cada veículo, apenas não se incluem os resultados para o Ford C-Max porque o exercício, idêntico ao do 4.4.1. gerou leituras que são, também elas, idênticas às apresentadas nos Gráficos 4.13 e 4.14, que voltam a servir como referência e marco de comparação para a nova informação recolhida.

Relativamente aos gráficos, embora a escala das magnitudes não seja a mais adequada para todos os casos, foi mantida uniforme, para mais fácil comparação entre os casos de estudo e não se procedeu à sobreposição dos resultados obtidos durante os testes feitos com o Ford, veículo de referência.

Não foi feita a sobreposição de séries anteriores, devido à dificuldade de sincronização entre exercícios executados a diferentes velocidades, como já explicado, mas também porque se notou que em alguns casos a deteção apresentou diferenças relativamente aos elementos chave, retirando interesse à própria análise comparativa através de sobreposição.

Ao contrário de secções anteriores, acompanhou-se análise de resultados ao longo das várias experiências, para uma melhor exposição, mais sequencial e organizada, tendo sido acrescentado um ponto final com uma breve síntese do que de mais importante ressaltou e algumas conclusões.

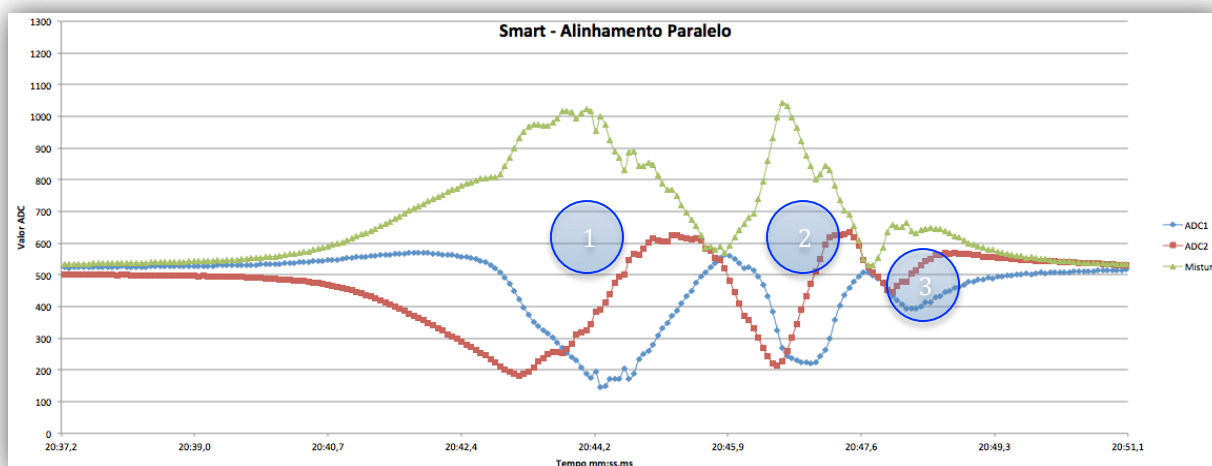


Gráfico 4.28: Smart - Passagem completa - Alinhamento paralelo

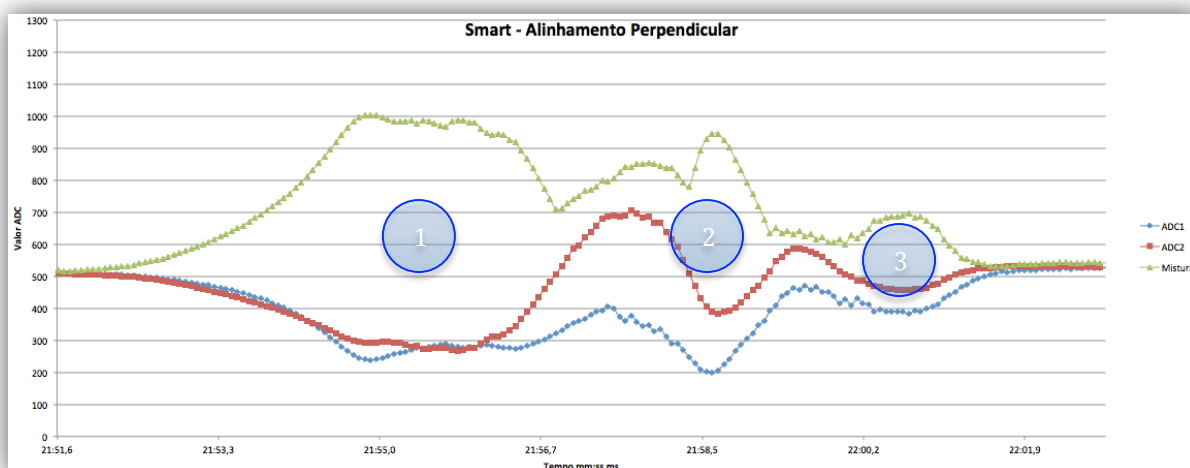


Gráfico 4.29: Smart - Passagem completa - Alinhamento perpendicular

Análise (Smart)

Para exemplificar a pequena relevância da sobreposição de séries anteriores expõe-se o caso do Smart, que apresenta uma disposição de elementos no carro diferente do veículo utilizado como referência até agora.

No Smart o motor está entre os eixos e não na frente do veículo, em vez do motor existem outros componentes, que, também metálicos, não passam despercebidos nas leituras e representam o evento número 1, que deverá incluir, também, o eixo das rodas da frente.

O evento número 2 deve-se ao motor, bastante pronunciado, como visto até agora e, por fim, o eixo das rodas traseiras simbolizado pelo número 3.

Comparando as magnitudes com os resultados de referência consegue notar-se que estas visualizações correspondem à passagem de um veículo de dimensões menores às do Ford, teste tipo e monovolume.

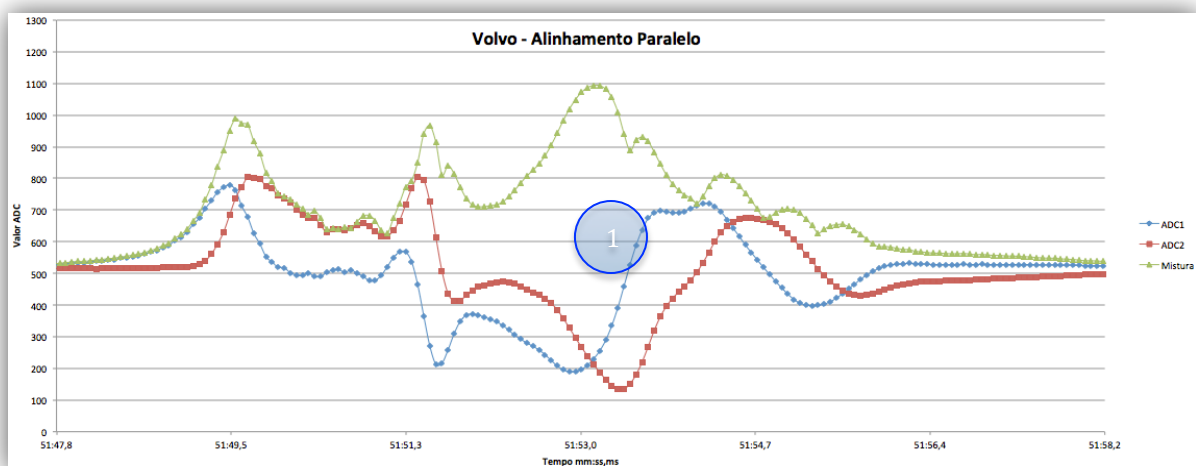


Gráfico 4.30: Volvo C30 - Passagem completa - Alinhamento paralelo

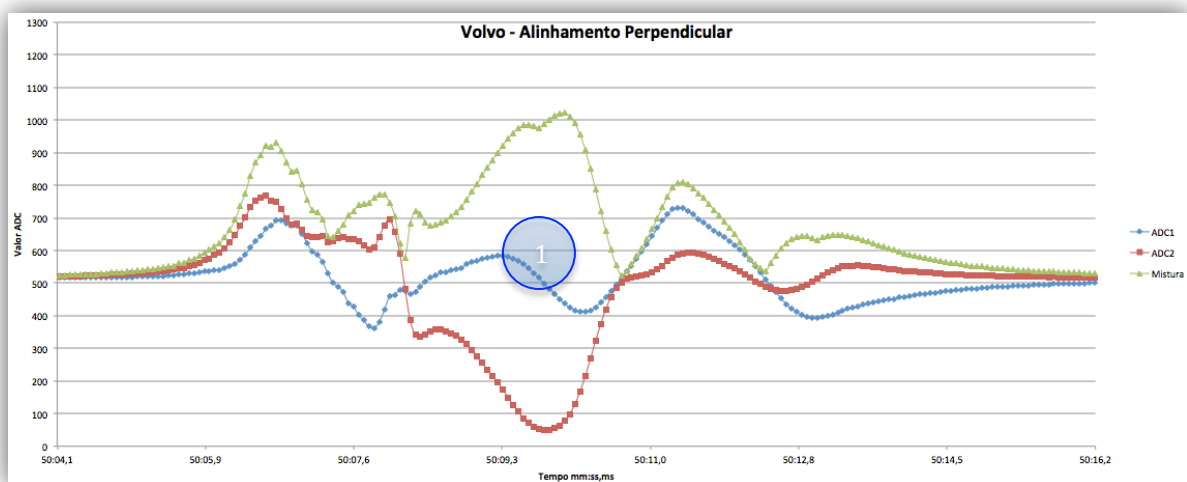


Gráfico 4.31: Volvo C30 - Passagem completa - Alinhamento perpendicular

Análise (Volvo)

As leituras resultantes da passagem do volvo sobre o detetor são de mais complicada análise, não há uma direta associação entre os elementos que se esperariam causadores das maiores perturbações e a localização dos mesmos, julgue-se o elemento central (1) extremamente significativo e que não está alocado na zona referente ao motor.

Há, contudo, uma associação possível de ser feita: tratando-se de um veículo com inferior distância ao solo, comparativamente com o que já se analisou, é possível especular que o facto de outros componentes passarem mais proximamente ao detetor sejam mais fáceis de detetar e seja possível não ficarem tanto na sombra de outras fontes de variações magnéticas como o motor, dando lugar a um gráfico menos bem definido, com mais eventos de menor dimensão.

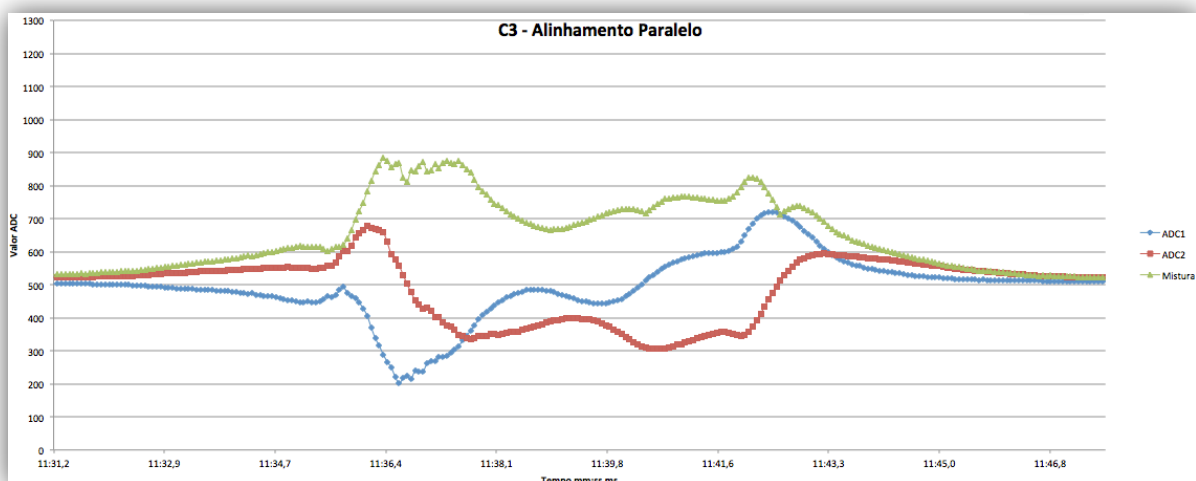


Gráfico 4.32: Citroen C3 - Passagem completa - Alinhamento paralelo

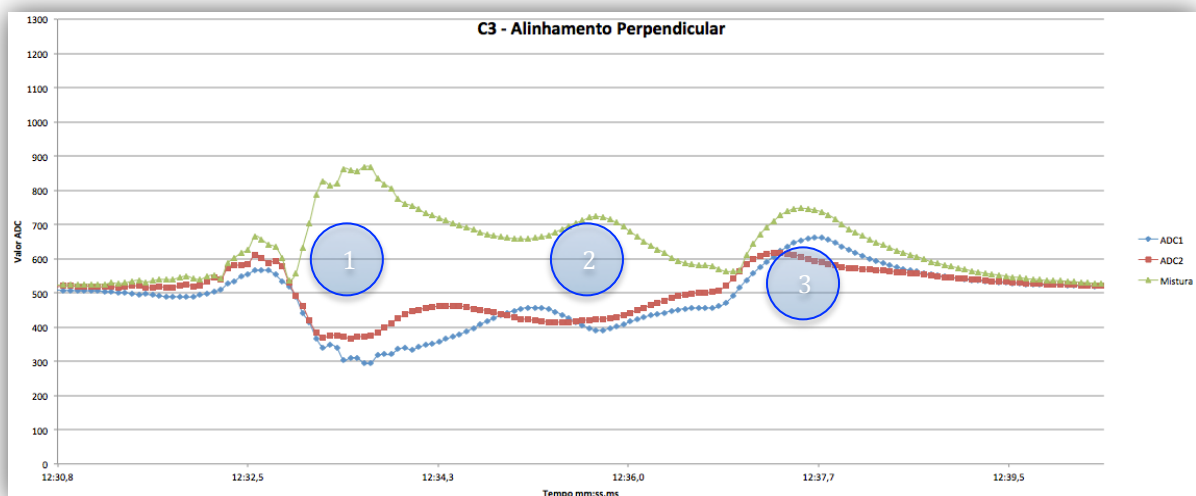


Gráfico 4.33: Citroen C3 - Passagem completa - Alinhamento perpendicular

Análise (C3)

De forma satisfatória, volta-se a ter um primeiro evento bastante pronunciado relativo à zona do motor e eixo da frente, suficiente para disparar uma deteção, mas, na globalidade, não se conseguem ter eventos tão definidos ou da magnitude dos verificados com o Ford.

A estrutura do carro acaba por levar a um aglomerar dos dois primeiros eventos, embora ainda seja possível fazer a distinção no caso do alinhamento perpendicular. O ultimo evento, associado ao eixo das rodas traseiras volta a estar presente.

No caso particular do alinhamento paralelo a Mistura acaba por não ser a melhor opção para leitura, as curvaturas das séries das ADCs conseguem transmitir uma silhueta que quando vistas enquanto conjunto (Mistura) se perde. Uma perda que não permite um estudo tão claro, mas que a nível de magnitudes para deteção não teria consequências graves.

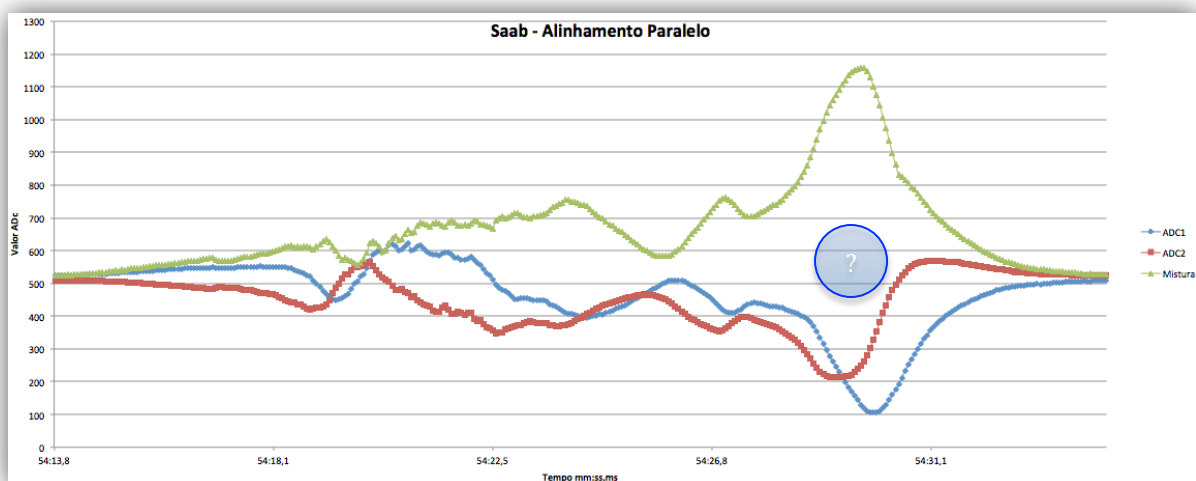


Gráfico 4.34: Saab 93 - Passagem completa - Alinhamento paralelo

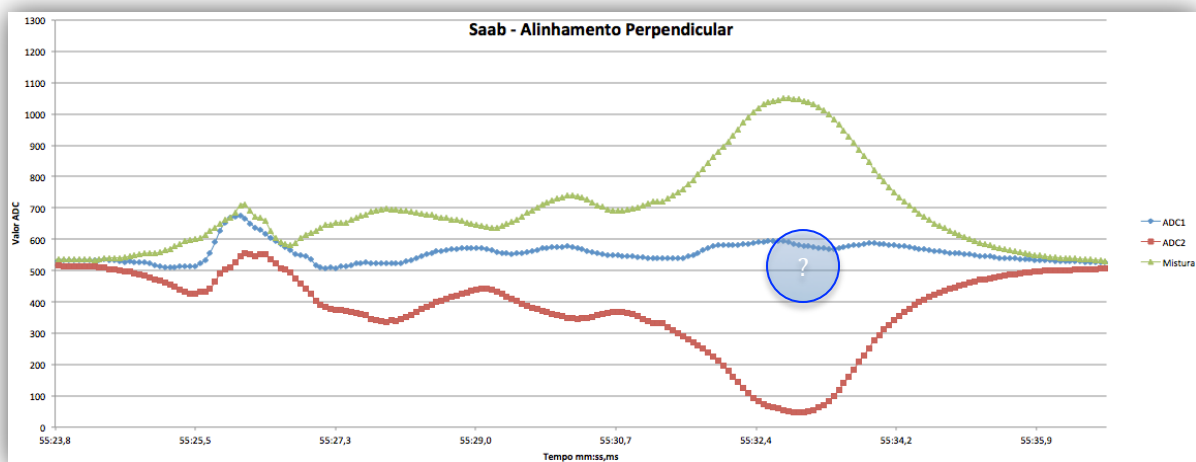


Gráfico 4.35: Saab 93 - Passagem completa - Alinhamento perpendicular

Análise (Saab)

Este caso de estudo foi visto e revisto, pela inexplicabilidade das leituras apresentadas. O veículo parece praticamente indetetável na frente e meio e, no final, surge uma enorme variação magnética, sem ser sequer justificável pelo facto do modelo não ter o motor na traseira. Os resultados pareciam, desta forma, não ter explicação.

Situado o máximo na zona da bagageira, decidiu-se questionar o dono do automóvel à cerca do conteúdo da mesma - por esquecimento, tinham sido deixadas duas colunas de 400W na bagageira. As colunas, com ímanes extremamente fortes, conseguiram tornar a passagem do carro imperceptível, tendo sido grande fonte de distorção e ruído.

Com esta informação, os resultados teriam de ser descartados, mas decidiu-se pela sua manutenção por corroborarem algumas conclusões anteriores relativas à influência do funcionamento do motor, causador de interferências magnéticas, nas restantes leituras e porque deram lugar ao ponto seguinte, dedicado à análise de interferências e distorções.

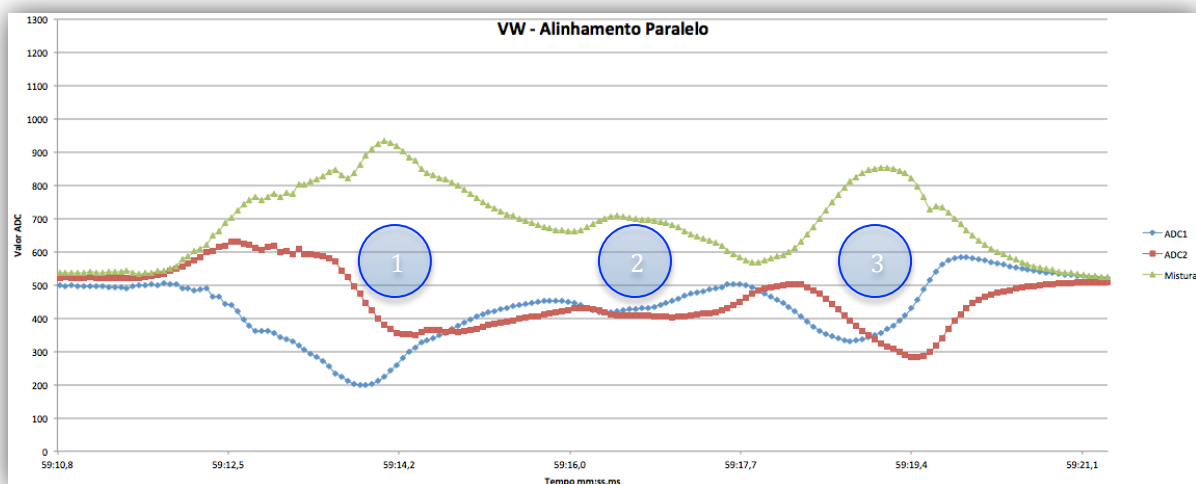


Gráfico 4.36: Carrinha Volkswagen Golf - Passagem completa - Alinhamento paralelo

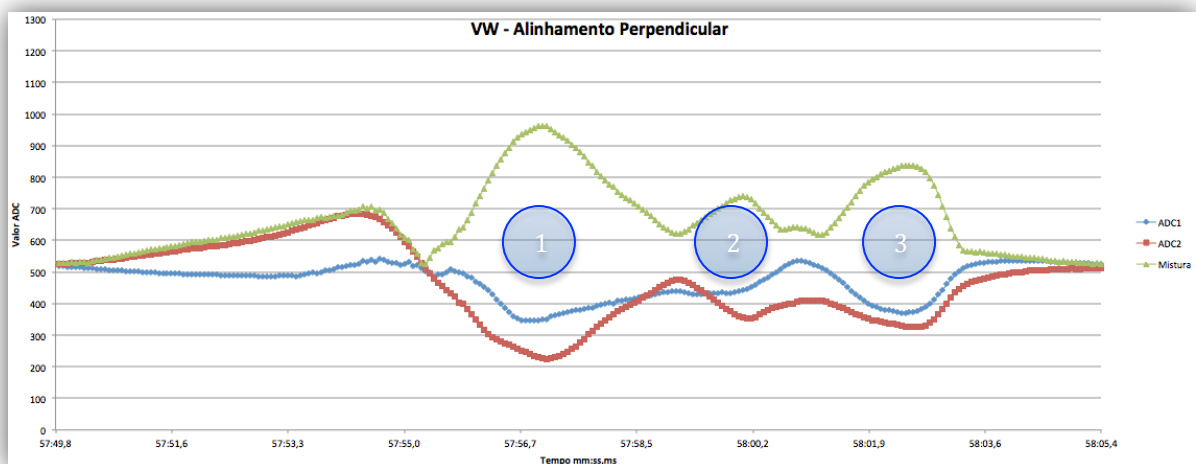


Gráfico 4.37: Carrinha Volkswagen Golf - Passagem completa - Alinhamento perpendicular

Análise (Volkswagen)

As leituras recolhidas durante a passagem da carrinha da Volkswagen foram bastante satisfatórias, particularmente por se voltar a reconhecer os três eventos principais como se verificou durante os testes com o Ford e pelo facto das magnitudes serem dentro dos mesmos intervalos.

Este veículo apresenta uma estrutura diferente do Ford no que toca ao formato da mala que é mais prolongado, e as próprias leituras manifestam esse detalhe, comparativamente com as visualizações relativas ao Ford. Nota-se que o terceiro evento (3), associado ao eixo das rodas traseiras e bagageira, é mais pronunciado, de acordo com as próprias diferenças físicas.

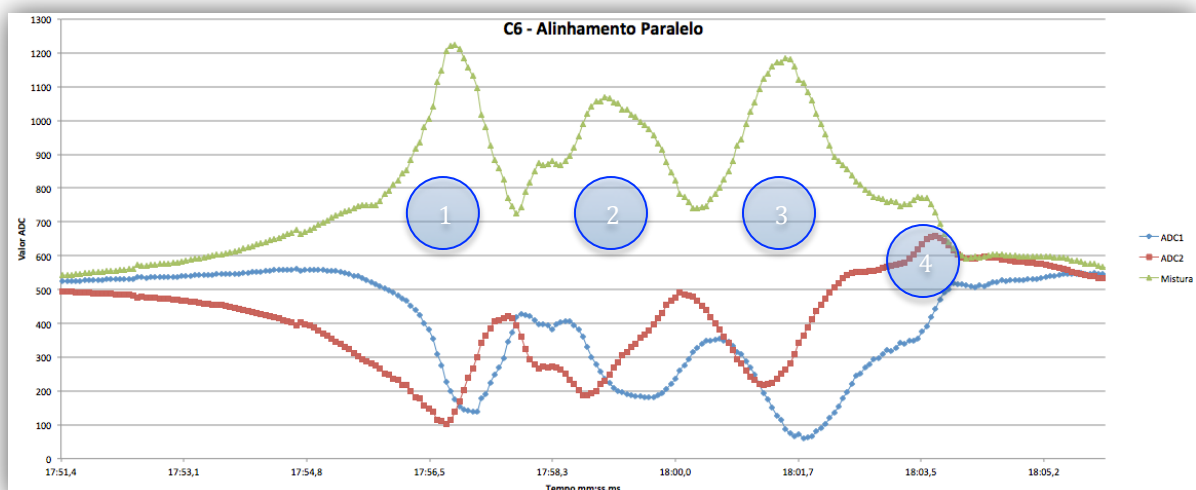


Gráfico 4.38: Citroen C6 - Passagem completa - Alinhamento paralelo

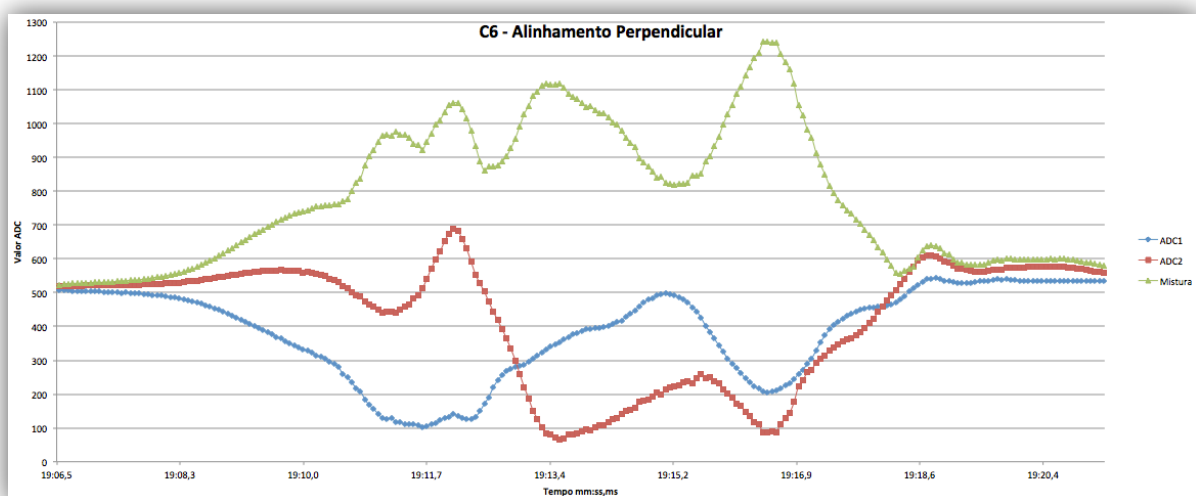


Gráfico 4.39: Citroen C6 - Passagem completa - Alinhamento perpendicular

Análise (C6)

O Citroen C6, de uma gama mais elevada relativamente aos restantes testados até agora, é um veículo de grandes dimensões e com quase duas toneladas.

Naturalmente, haverá componentes metálicos de maiores dimensões, a criar perturbações magnéticas bastante mais significativas e os dois gráficos anteriores mostram exatamente isso, particularmente através da magnitude dos máximos, inalcançados até agora.

Com uma leitura mas definida, o Gráfico 4.38 demonstra os elementos principais vistos até agora, alusivos às zonas do motor e eixo dianteiro (1), zona entre eixos (2) e eixo traseiro (3), mas nem a zona da bagageira passa despercebida, com alguma magnitude no final (4).

Através desta experiência notou-se que, julgando pela magnitude das leituras, os carros de menores dimensões serão os que passam mais despercebidos e requerem maior atenção.

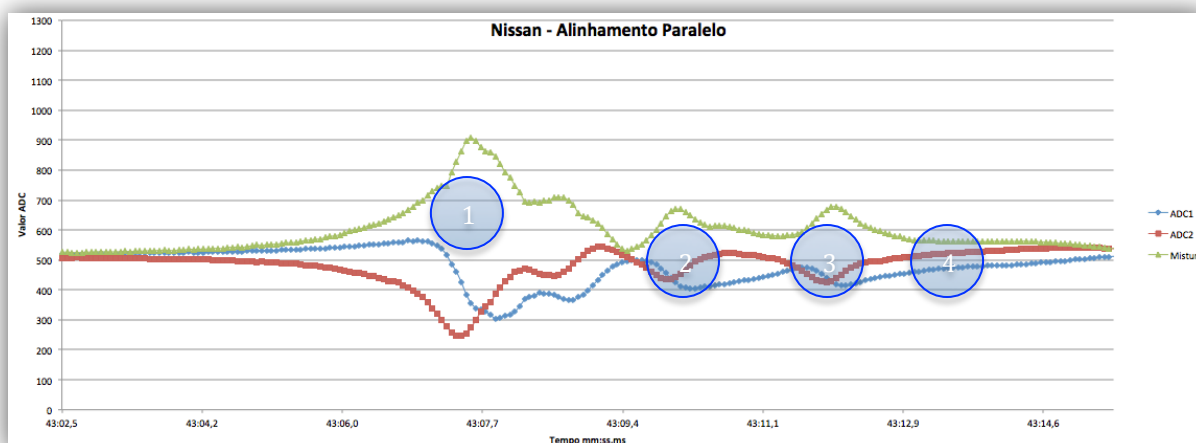


Gráfico 4.40: Nissan Dune 4x4 - Passagem completa - Alinhamento paralelo

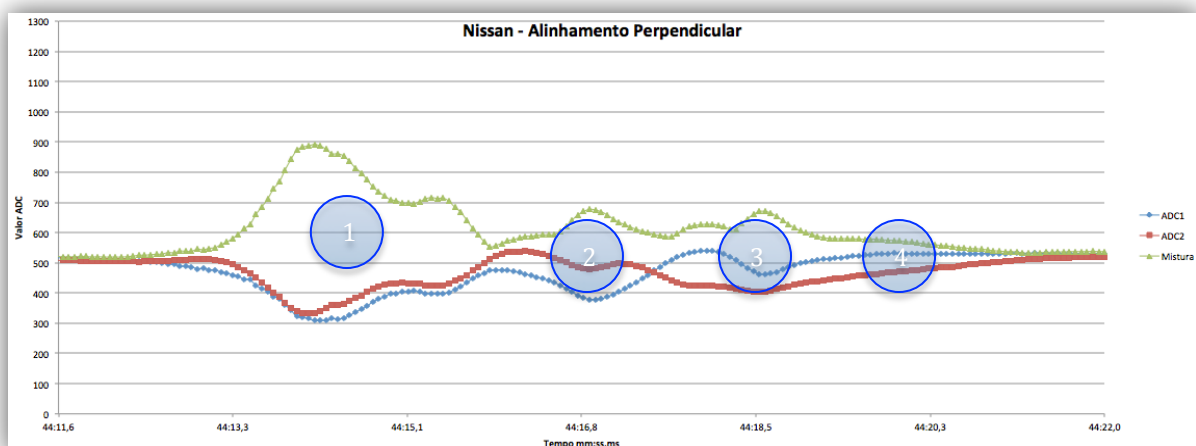


Gráfico 4.41: Nissan Dune 4x4 - Passagem completa - Alinhamento Perpendicular

Análise (Nissan)

O exercício realizado com o Nissan veio trazer uma informação final de bastante interesse, relativamente à altura dos veículos face à magnitude das leituras.

Embora o Nissan pese cerca de 2400kg as leituras são bastante dispares das apresentadas durante a passagem do igualmente pesado Citroen C6. A diferença entre os dois reside na altura a que se localizam do solo e, como se nota através da magnitude das leituras, é um fator de extrema importância.

O Nissan apresenta um evento principal, em primeiro lugar, associado ao motor e eixo dianteiro (1), mais significativo, como até agora se tem verificado, e outros dois com menos destaque, a zona entre eixos (2) e o eixo traseiro (3) mais próximo do solo que os restantes componentes metálicos do veículo.

Notam-se alguns pormenores do veículo, nomeadamente o facto de, após o último eixo, as leituras não voltarem instantaneamente a 512, devido à existência da prolongada plataforma de carga traseira (4).

Conclusões

Os exercícios repetidos para os vários veículos foram bastante importantes porque vieram mostrar a variabilidade das formas e magnitudes dos eventos magnéticos de acordo com o tipo de veículo que passa sobre o detetor.

Por um lado, conseguiu-se demonstrar-se o tipo de eventos expectáveis, um grande máximo na zona do motor é praticamente certo e os eixos das rodas também se costumam fazer-se sentir. Mas, por outro lado, notou-se que estes mesmo eventos que se tomam como certos dependem muito do veículo e que, por vezes, embora existentes, podem ser de mais difícil percepção.

Contudo o interesse reside na análise das conclusões à luz da sua utilidade para a deteção. Recorrendo-se a um número de veículos com alguma heterogeneidade, conseguiu-se perceber que o peso e dimensões dos mesmos leva a alterações magnéticas de maior duração e magnitude, mas que a distância a que o veículo passa do detetor é, também, de grande importância e fez-se notar igualmente na magnitude das leituras.

4.4.6. Ruído

Para completar o estudo das deteções, decidiu-se também averiguar o tipo de deteções estranhas. Para se conseguir um algoritmo coerente é preciso que se consiga excluir deteções indesejadas, daí os testes levados a cabo nesta secção.

Neste exercício, incluiu-se: a passagem de uma bicicleta; a passagem de uma mota de 750cc; para testar o efeito da carga, encheu-se a bagageira do carro com objetos metálicos (ex.: botijas de gás, entre outros); estacionou-se um veículo no lugar ao lado do lugar monitorizado (desocupado) e estacionou-se, também, entre dois veículos estacionados segundos antes; e, por fim, fez-se a passagem de um carrinho de mão com alguns objetos metálicos diversificados. Recriaram-se, portanto, alguns exemplos de situações que podem ocorrer na realidade e que podem ter algum impacto indesejado no funcionamento do sistema.

Condições

Para a bicicleta, mota e carrinho de mão, foi feita a passagem de forma mais próxima possível do detetor, para o veículo com carga foi feita a passagem completa com o motor a trabalhar e para os testes de estacionamento ao lado e entre veículos, foi repetido o exercício do Teste de Controlo.

Resultados

Apresentam-se, a seguir, os gráficos com as leituras para cada exercício realizado. Tal como no ponto anterior, a análise é feita ao longo da exposição de resultados.

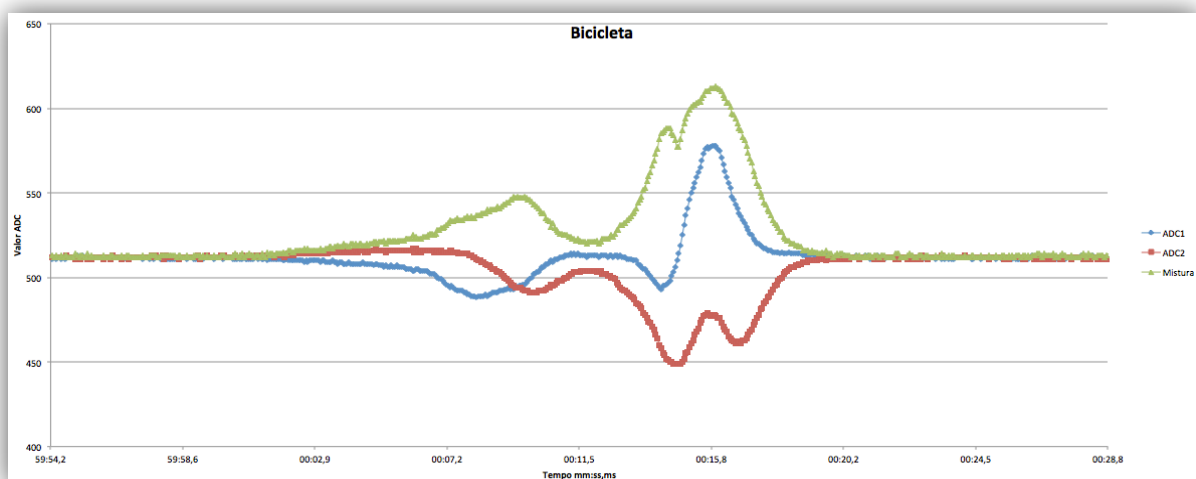


Gráfico 4.42: Passagem de bicicleta

Análise (Bicicleta)

Com este teste procurou-se averiguar as magnitudes que alcançava a passagem de uma bicicleta tangente ao sensor.

Os valores das leituras foram baixos e não deverão ser preocupantes quando comparados com os valores apresentados por veículos, mesmo quando apenas imobilizados sobre o detetor, desligados.

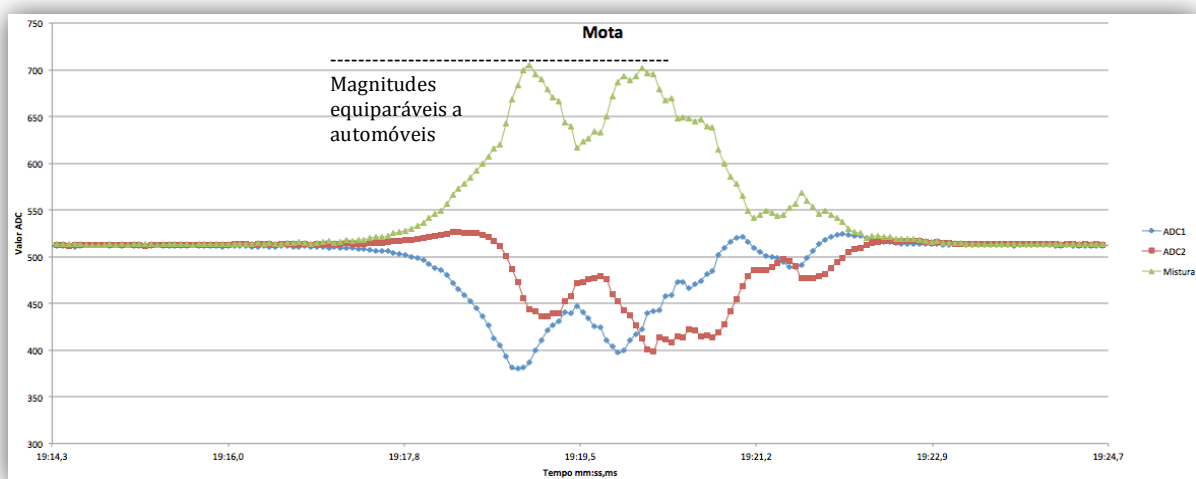


Gráfico 4.43: Passagem de uma moto

Análise (Mota)

Uma moto com uma cilindrada significativa poderá ser percebida por um carro se deixada próxima do detetor. A nível de estacionamento acaba por não ser uma deteção disparatada, há efetivamente uma ocupação do lugar, mas caso se procure uma aplicação mais minuciosa, será um teste importante a considerar.

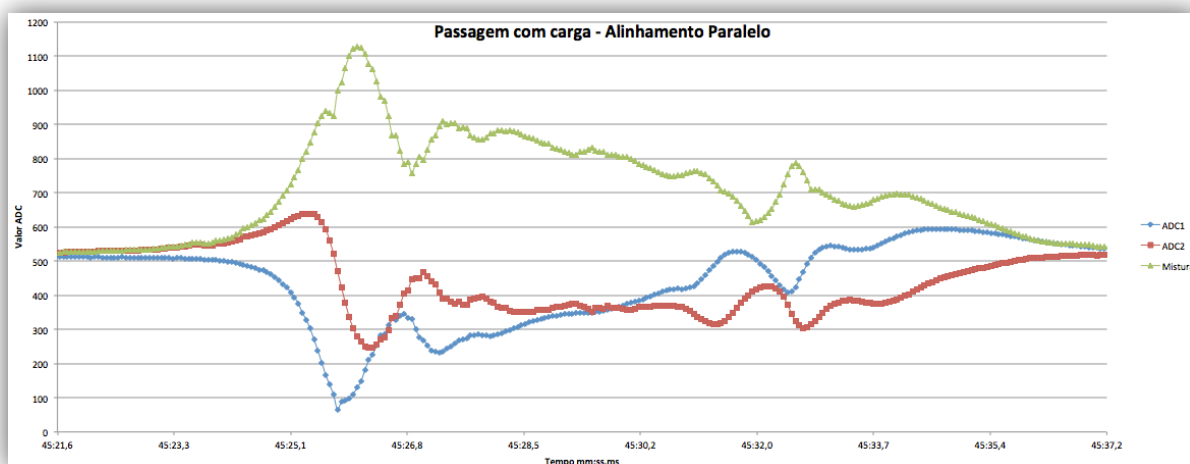


Gráfico 4.44: Passagem com carga - Alinhamento paralelo

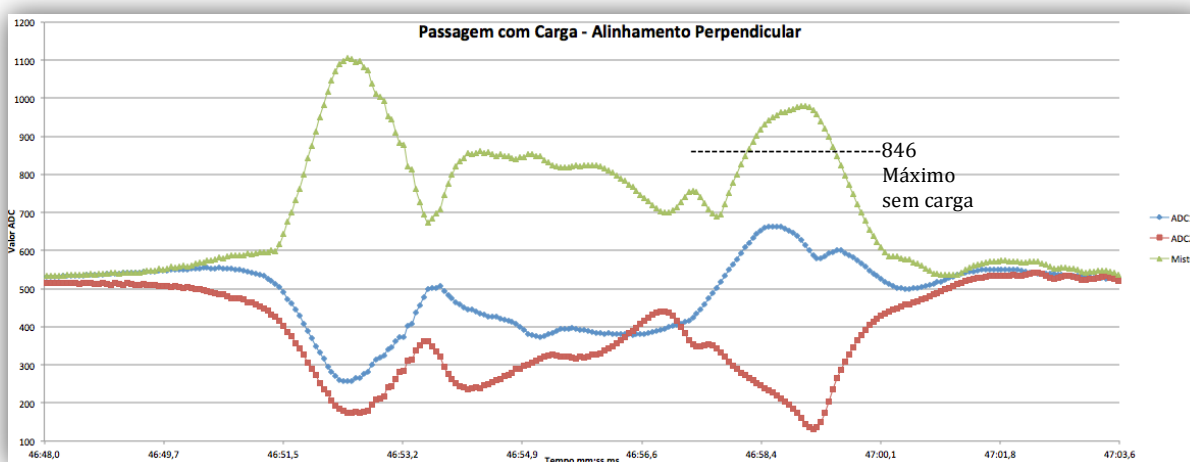


Gráfico 4.45: Passagem com carga - Alinhamento perpendicular

Análise (Carga)

A experiência com o Saab, foi um teste com uma importância acrescida, não se repetindo exatamente a mesma situação, voltou-se a encher a bagageira, com objetos metálicos diversificados para analisar o impacto dos mesmos em perfis já conhecidos.

Embora não se note significativamente o conteúdo da mala relativamente ao alinhamento paralelo, no alinhamento perpendicular há um aumento considerável do evento relacionado com a zona traseira do veículo.

Veículos com carga metálica deverão, portanto, promover variações magnéticas do meio e dar lugar a leituras mais significativas. Caso a carga não seja indutora de campos magnéticos, não se deverão verificar as perturbações que se notaram nos gráficos referentes à passagem do Saab.

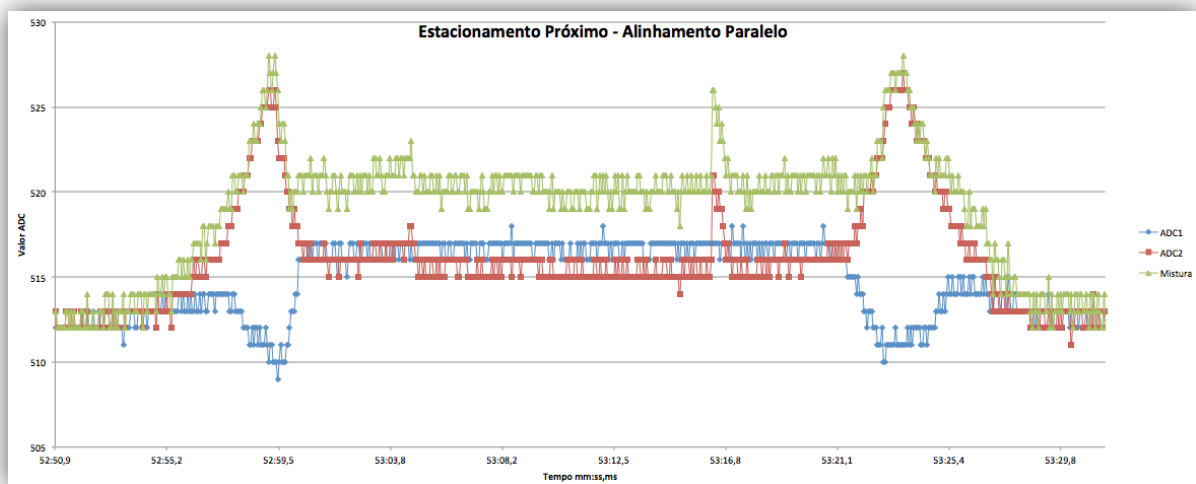


Gráfico 4.46: Estacionamento ao lado de uma disposição paralela

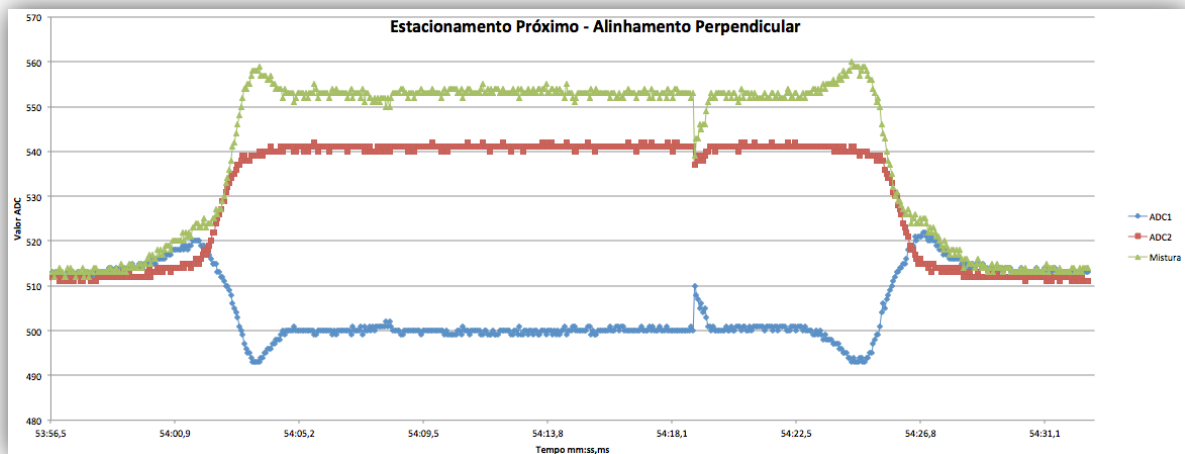


Gráfico 4.47: Estacionamento ao lado de uma disposição perpendicular

Análise (Estacionamento de terceiros)

Outro caso de estudo interessante é o da própria interferência causada por veículos próximos. Para analisar o impacto de um estacionamento próximo do lugar monitorizado pelo sensor, deixou-se o lugar monitorizado desocupado e estacionou-se no lugar imediatamente a seguir.

Quando o sensor está alinhado paralelamente, o veículo ao lado passa despercebido, mas quando a direção de orientação dos sensores é perpendicular à do estacionamento, já há percepção do automóvel estacionado nas imediações. Não se trata de uma deteção de variações magnéticas significativas, mas os valores alcançados pelas leituras revelam que o detetor não despreza a presença de veículos em lugares próximos.

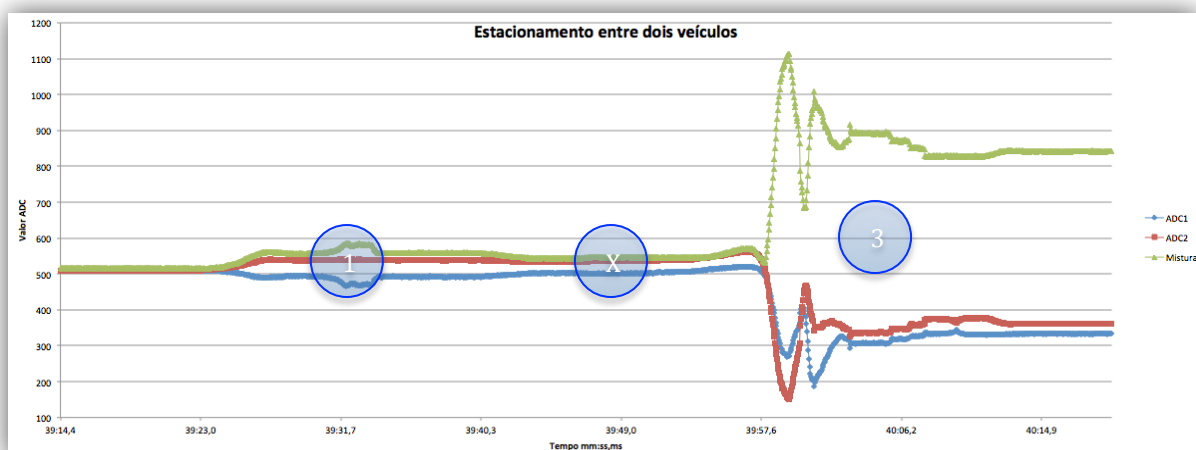


Gráfico 4.48: Estacionamento entre dois veículos - Alinhamento Perpendicular

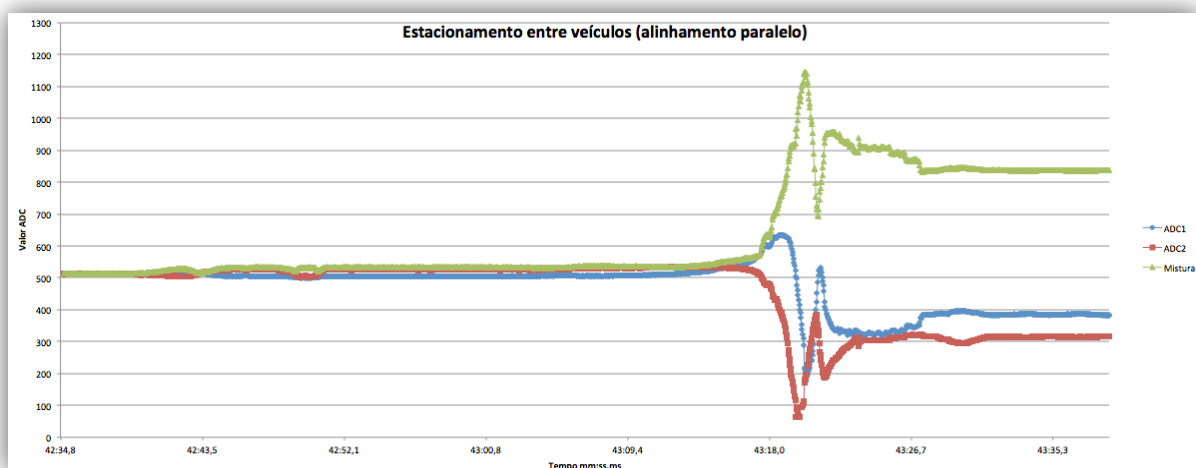


Gráfico 4.49: Estacionamento entre dois veículos - Alinhamento Paralelo

Análise (Estacionamento entre lugares ocupados)

Para avaliar as consequências num alinhamento perpendicular do detetor, estacionou-se nos dois lugares ao lado do monitorizado e o veículo de testes sobre o detetor entre os dois.

Não havendo igual distanciamento entre automóveis, o veículo à direita apareceu mais destacado (evento 1) tendo o da esquerda passado despercebido (valores constantes "X"), notando-se, no fim, as leituras referentes ao veículo sobreposto (evento 3), semelhantes às presentes no gráfico 4.2, devido à semelhança entre a configuração da experiência.

O que se verifica, é que a presença de carros nas vizinhanças pode representar um *offset* nos valores por defeito, mas, como o processo de deteção avalia os valores relativamente às diferenças no tempo e não ao seu valor absoluto, a deteção de ocupações não deverá estar em causa. O problema estará na possibilidade de sinalização de falsas

deteções/ocupações, devido ao estacionamento de veículos nas proximidades, caso se considerem limites de ruído estreitos, que, por exemplo, não englobassem o evento 1.

Optando-se por um alinhamento paralelo o problema da interferência vizinha é drasticamente reduzido, proporcionando-se uma leitura com muito menos ruído, semelhante à proporcionada pela experiência ilustrada no gráfico 4.1, onde apenas estava presente o veículo de testes.

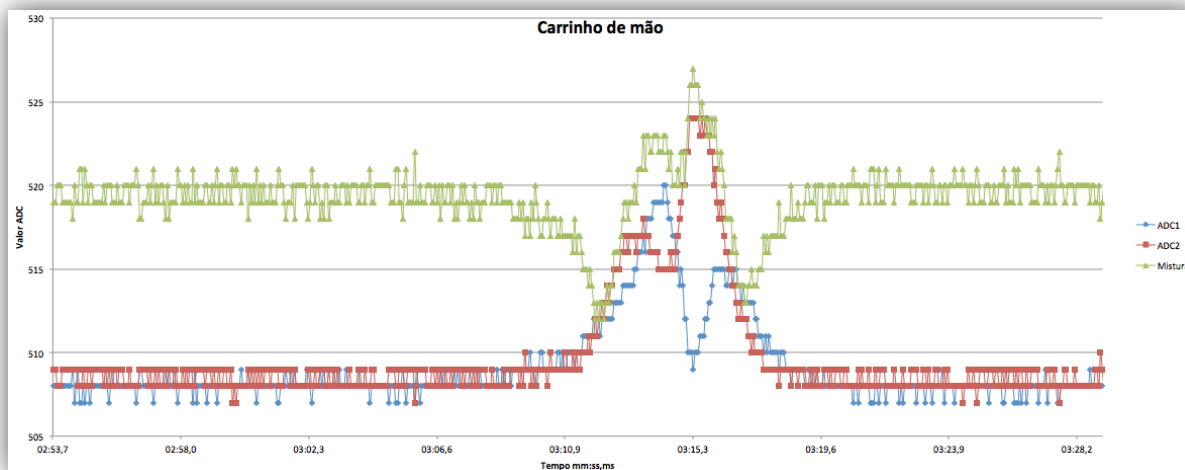


Gráfico 4.50: Passagem de carrinho de mão com objetos diversos

Análise (Objetos diversificados)

Com este exercício, procurava-se perceber o impacto proveniente da passagem de diversos objetos metálicos a uma altura do chão de cerca de meio metro.

O carrinho de mão foi carregado com um considerável conjunto de objeto metálicos e feito passar de forma tangente ao detetor. Como se pode verificar, ocorrências deste género, tratando-se de interferências pouco significativas e passageiras, serão praticamente imperceptíveis para o detetor.

Conclusão

Se a secção em que se estudaram vários tipos de carros forneceu informações relacionadas com o eventos que se repetem e que se poderão tomar como alicerces, este ponto veio mostrar os eventos que se terão de considerar pelas razões opostas, de desprezo.

Com esta secção consegue-se ter uma ideia da gama de *threshold* de ruído que terá de ser sempre considerada para não se proceder a deteções sem validade. Tanto por questões de objetos estranhos que possam intersectar o raio de deteção dos módulos, como pelo próprio funcionamento normal do sistema, como estudado durante estacionamentos em lugares vizinhos.

4.5. Influência do Meio

Resta analisar o impacto do próprio meio no funcionamento do detetor de veículos. Assim, repetindo os alinhamentos sobre o qual foi realizando o estudo, bem como o veículo de testes mais frequentemente utilizado até agora (Ford C-Max), será visto quanto se refletem as variações do meio nas leituras.

4.5.1. Leituras

Atendendo a que os sensores são filamentos metálicos que não estão isentos a variações de forma devido a variações temperatura, havendo a possibilidade de uma implementação do sistema no exterior, há uma preocupação acrescida, pois, para além da maior variação térmica, há incidência solar sobre o módulo, que pode amplificar as temperaturas a que este e o próprio encapsulamento estarão expostos.

Assim, o principal caso de estudo alusivo à influência do meio compreenderá a exposição ao sol e a variadas temperaturas. Através das leituras será possível ver se, com a passagem do tempo, a exposição causa alguma deriva dos valores que são feitos chegar às ADCs e se é comprometida a fidelidade das leituras.

Condições

Para perceber se efetivamente haveria deriva dos valores *default* pelos sensores deixou-se o sensor livre de quaisquer variações magnéticas nas redondezas, selado e ao sol, durante meia hora. De notar que este teste foi realizado durante o mês de Agosto, em que o sol apresenta grande intensidade.

Resultados

Em primeiro lugar, apresenta-se um registo da variação de temperatura sentida pelo sensor e, em segundo, a deriva dos valores que eram enviados de cada ADC.

De notar que mal se pôs o detetor ao sol, os valores das ADCs e a temperatura dispararam. A frequência de envio era ao minuto e decidiu-se interromper a experiência no momento em que se alcançou alguma estabilidade.

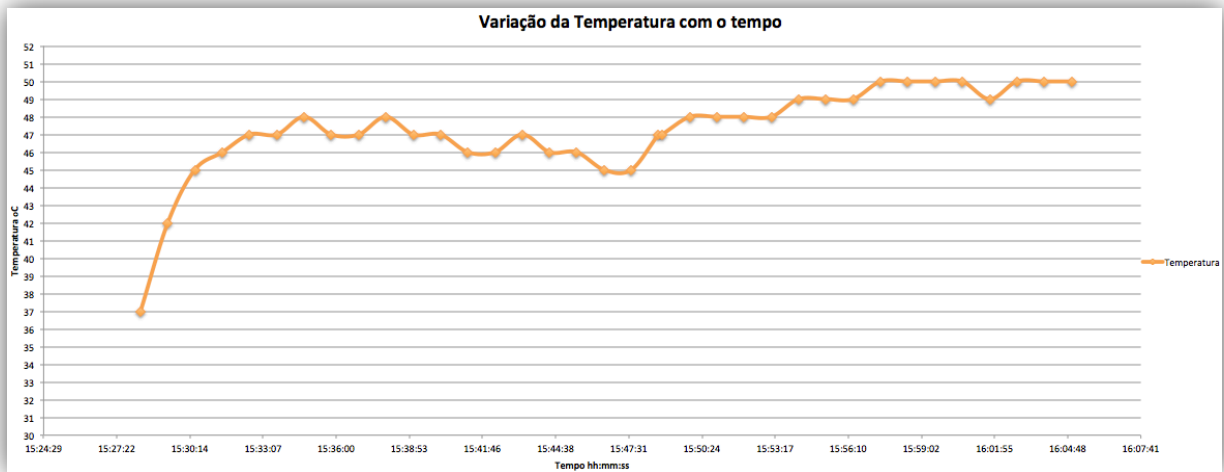


Gráfico 4.51: Relação Temperatura/Tempo experimentada pelo detetor

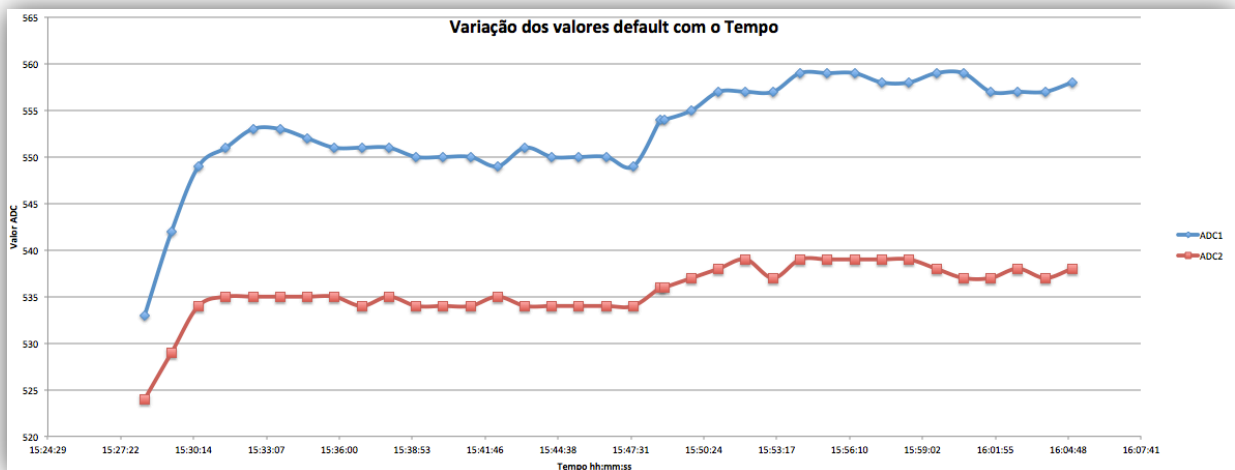


Gráfico 4.52: Relação da magnitude dos valores feitos chegar às ADCs com tempo

Análise (Leituras)

Esta experiência foi bastante bem sucedida, na medida em que se conseguiu confirmar e visualizar claramente que a prevista deriva com a temperatura efetivamente existe.

De salientar também que a forma como a variação de temperatura afetou os sensores do detetor foi diferente em cada um, a ADC1 apresentou valores com uma deriva com o dobro dos valores feitos chegar à ADC2.

A divergência não foi substancial, mas deve ser contemplada a nível de algoritmo e dos parâmetros de decisão uma vez que se consegue chegar a ultrapassar níveis de *thresholds* atribuídos a ruído.

4.5.2. Flutuação

Condições

Desenvolveu-se um novo exercício para analisar o efeito da flutuação das leituras a par da deteção. Com uma adaptação do algoritmo, conseguiam-se leituras de temperatura e valores de ADC para se analisar o impacto da deriva, a cada 15 segundos, e, caso o detetor verificasse uma variação súbita, disparava-se uma rajada de leituras para uma descrição mais detalhada da passagem do veículo sobrejacente.

Resultados

No primeiro gráfico apresenta-se a evolução da temperatura e, no segundo, três passagens de veículo espaçadas por segundos para que a temperatura pudesse progredir.

Como explicado, em instantes de passagem verifica-se um aumento do ritmo de amostragem, daí alguns pontos mais densos na série do Gráfico 4.51 e a propositada coincidência destes com de momentos de passagem diretamente em baixo (4.52).

A escolha do tipo de representação (4.52), com menos detalhe, deve-se ao interesse na visualização da experiência completa e da percepção global das flutuações.

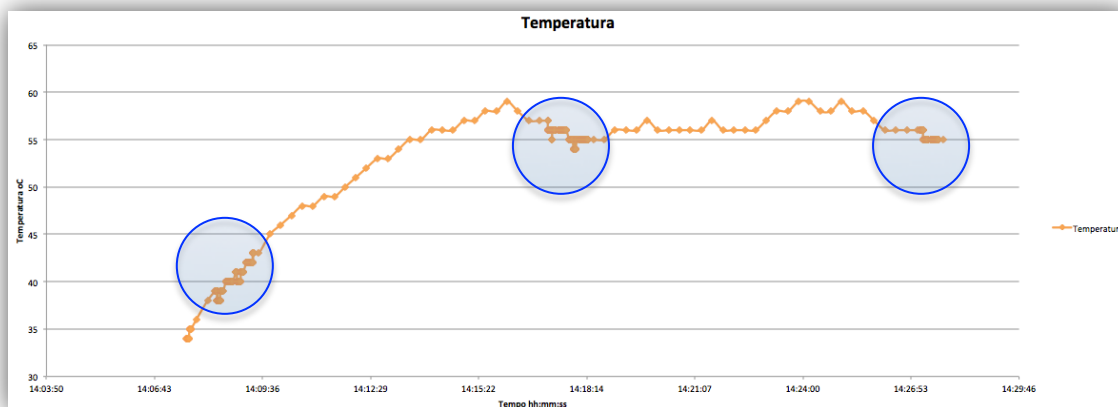


Gráfico 4.53: Variação da temperatura no detetor ao longo da experiência

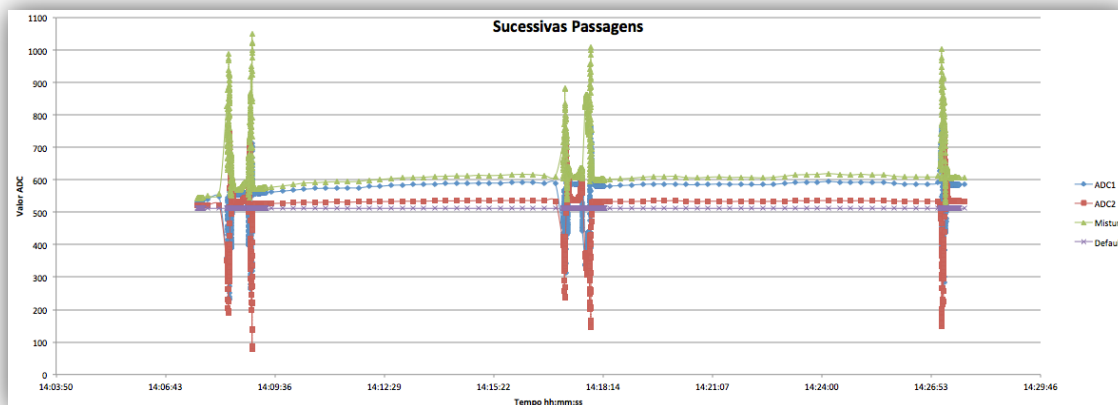


Gráfico 4.54: Flutuação progressiva das leituras com a temperatura

Análise (Flutuação)

A nível de toda a extensão da experiência, conseguiu-se mostrar que a temperatura pode afetar a própria detecção, notando-se que os extremos mudam com a flutuação dos valores de defeito (compare-se os valores de defeito iniciais com os finais e magnitudes entre máximos do Gráfico 4.52).

Ambas as séries provenientes das ADCs seguem a tendência demonstrada pelo Gráfico 4.50 em que os valores crescem rapidamente perante a alocação do detetor numa zona exposta ao sol e mantêm-se em valores diferentes dos estipulados por defeito, se mantida a nova temperatura. Por consequência, os limites máximos dos eventos magnéticos detetados acompanharam a flutuação e também eles variavam com tempo.

Quando se abordaram as partes que foram amostradas a maior frequência, procurando-se analisar o efeito da deriva nos detalhes da detecção, os resultados da experiência mostraram-se insuficientes.

O algoritmo possibilitou um manuseamento de leituras para analisar a evolução no tempo, numa larga escala, mas não as implicações no detalhe da passagem. Durante o teste, algumas das detecções dispararam mais tarde do que o desejado para analisar a evolução da detecção desde a aproximação do veículo. O ritmo de amostragem elevado foi ativado apenas quando o motor se encontrava já sobreposto ao detetor e criava perturbações magnéticas significativas.

4.5.3. Detecção

Condições

Com as lacunas do anterior exercício decidiu-se repetir a experiência, mas com um ritmo de amostragem elevado contínuo. A anterior optimização do modo de amostragem foi feita para testar leituras disparadas apenas pelo próprio objecto de detecção, mas como se verificou que, com alguma rapidez, se alcançava a estabilidade a nível da temperatura nas horas de maior calor, agora, esperou-se que se verificasse o caso extremo e fez-se, então, a detecção do veículo, na expectativa de medir o impacto das flutuações nas séries de valores com o máximo detalhe.

Deixou-se o detetor ao sol e quando se verificou a estabilização das temperaturas registadas pelo módulo, procedeu-se à passagem do veículo, de forma semelhante à realizada nos exercícios representados pelo Gráfico 4.13, mas, neste caso, com o detetor a 50°C.

Resultados

As leituras obtidas a partir da experiência feita são apresentadas no Gráfico 4.53 e com o intuito de ser comparadas com o Gráfico 4.13, alusivo a uma leitura de passagem completa com alinhamento paralelo, durante a qual se faziam sentir uns estáveis 26°C no módulo, temperatura de fim de tarde de Verão, com baixa incidência solar.

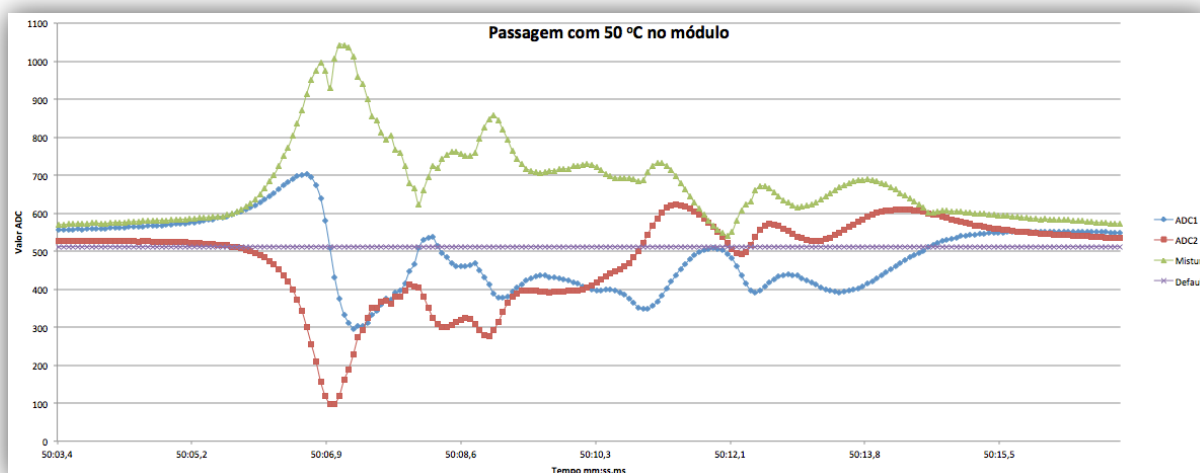


Gráfico 4.55: Passagem do veículo com 50°C na caixa do módulo

Análise (50°C)

Embora as leituras provenientes das ADCs se comportem de forma muito semelhante às do Gráfico 4.13, a mistura apresenta alguma variação. Este facto advém da inflação da magnitude dos valores de defeito das séries das ADCs, devida ao aumento de temperatura, que não se refletiu na série da Mistura, por esta depender do valor 512 (Série *Default*), estático, que não acompanha as flutuações térmicas.

Nestes testes finais manifestou-se a limitação da fórmula escolhida para definir esta série de auxílio à deteção. Embora funcional para casos de temperatura constante, esta deverá ser reformulada para que se consiga adaptar, gradualmente às variações térmicas.

No entanto, deixando a série da Mistura de parte e abordando apenas as séries ADC1 e ADC2, nota-se que o detetor é vulnerável à oscilação térmica a nível de valor absoluto dos patamares, mas que a deteção das variações relativas permanece inalterada, mantendo-se o rigor e percepção de todas as variações magnéticas decorrentes da passagem do veículo sobrejacente, indiferenciadamente da hostilidade do meio.

4.6. Contextualização dos testes

Durante a secção de testes foram realizadas algumas experiências cujas condições de execução se mantiveram de acordo com o que seria de esperar para uma implementação futura deste sistema, como nos exercícios em que se estudava a resposta do detetor ao estacionamento. Contudo, há o restante conjunto de testes, como de passagem completa de veículos, que gerou resultados e conclusões que precisam de ser revistas à luz da função para que o detetor fora originalmente concebido, para se perceber o seu efetivo contributo.

Desta forma, neste ponto de análise e conclusão de testes, apresenta-se uma síntese dos objetivos e resultados dos exercícios, na medida em que, através destes, se conseguiu adquirir informação que permitirá adaptar este módulo à realidade da melhor forma possível, contemplando as suas efetivas capacidades.

Explorando os testes feitos ordenadamente, segue-se um conjunto de pontos remissivos e respetivas observações, que visam esclarecer relevância dos resultados por etapa.

- Questões alusivas à disposição do detetor no solo;

O primeiro objeto de estudo foi a forma como se alocava o detetor no pavimento.

Caso, durante a implementação, se decidir colocar o detetor no acesso ao lugar, conseguir-se-á experimentar todos os eventos magnéticos gerados pelo veículo. No entanto, considerando que a frequência de amostragem estará na ordem dos segundos pode haver a possibilidade de se falhar a deteção. Instalando o detetor dentro do próprio lugar, embora possa não permitir a deteção de um motor sobrejacente, como visto em gráficos de estacionamento à retaguarda, garante-se que existirá sempre uma parte do veículo sobreposta enquanto houver ocupação do lugar.

Mesmo para os veículos de menores dimensões, verificar-se-ão perturbações magnéticas bastante superiores aos limites aconselháveis para ruído e consegue-se garantir a fiabilidade da deteção, mesmo que com baixo ritmo de amostragem.

Relativamente ao exato alinhamento do detetor, através deste exercício, poderia concluir-se que seria irrelevante, mas, na verdade, poderá haver alguma otimização das leituras decorrente deste pormenor, como se verá à frente.

- Questões alusivas ao funcionamento do veículo;

Quando se estudou o impacto do funcionamento do motor tiraram-se algumas ilações interessantes relativamente aos efeitos que este tinha no perfil magnético do veículo.

Relativamente ao que interessa, na prática, a fiabilidade do equipamento não estará em causa, qualquer que seja o estado de funcionamento do veículo sobreposto. Quer o veículo seja rebocado ou empurrado até ao lugar monitorizado, quer esteja parado, mas com o motor em altas rotações, o funcionamento do detetor não deverá ser afetado.

- Questões alusivas ao tipo de veículo;

Durante os testes feitos com vários veículos houve algumas surpresas relativamente a alguns perfis magnéticos, nomeadamente no que toca à heterogeneidade das mesmas. Mas, relativamente ao que interessa para a deteção, um automóvel deverá ser sempre perceptível.

Contudo, há algumas precauções a tomar, pois verificou-se que, de acordo com a gama, as maiores dimensões repercutem-se em maiores perturbações magnéticas, mas que este facto está dependente da altura do veículo ao solo. Quanto mais próximo do detetor o veículo passar, mais significativa a perturbação e mais fácil, também, a deteção.

- Questões alusivas ao ruído e distorção;

Durante o estudo de agentes estranhos ou indesejados e mesmo durante alguns dos restantes testes houve alguns pontos importantes relativamente a alguns cuidados que se deverão ter para se apresentarem apenas deteções fidedignas.

Durante a passagem de objetos sobre o detetor, notou-se que, se efetivamente se tratarem de corpos consideráveis como uma mota, são capazes de disparar uma deteção, mas não será uma deteção completamente indesejada porque efetivamente existirá uma obstrução do lugar. Caso estes objetos menores façam apenas uma breve passagem, a própria verificação entre períodos de segundos do sistema será capaz de corrigir rapidamente falsos positivos.

Relativamente a cargas com imanes fortes, deverá haver alguns cuidados, como se notou com o Saab, caso haja a aproximação destas aos detetores há completa distorção das leituras e mesmo a possibilidade de descalibração dos sensores. Caso se trate de um estabelecimento comercial, a instalação destes detetores para controlo de frotas pode não ser a mais aconselhada, embora haja uma recalibração periódica do sensor magnético.

Houve ainda a extração de mais um conjunto de resultados interessantes através de estacionamento em lugares vizinhos, para se analisar o impacto que se teria nos detetores diretamente a seguir. Caso se deseje minimizar fontes de ruído, é aconselhável instalar os detetores nos lugares com os eixos alinhados paralelamente à direção de estacionamento, pois mostrou-se ser o tipo de alinhamento que regista menos interferência dos veículos que estacionassem nas imediações.

- Questões alusivas à exposição ao meio;

Caso se projete uma instalação em parques exteriores a exposição ao meio será considerável e haverá alguns cuidados a ter para salvaguardar a fiabilidade da deteção.

Como se comprovou, a temperatura e exposição ao sol serão as únicas vulnerabilidades dos módulos, mas são passíveis de ser controladas. Notou-se que o perfil magnético percebido pelos detetores não é alterado com a temperatura e que há apenas uma gradual deriva dos valores de defeito. Embora, caso um veículo se mantenha estacionado durante um longo período tempo e experimente uma significativa variação térmica, o próprio valor correspondente ao lugar ocupado irá flutuar. A solução passará por se assegurar que as mudanças de estado de ocupação são disparadas através de mudanças de magnitudes relativas a leituras amostradas nos instantes anteriores e não relativas a parâmetros estáticos, valores incapazes de acompanhar a deriva decorrente das alterações das propriedades metálicas dos sensores.

5. Upgrade

5.1. Motivação

Durante este trabalho, o detetor de veículos foi propositalmente exposto a algumas situações e modos de funcionamento diferentes do que seria de se esperar numa situação habitual, para a operação do sistema de monitorização de lugares original. Porém, com o volume de informação e conjunto de resultados comportamentais do dispositivo recolhidos, despoletou-se um possível projeto baseado numa adaptação do sistema, um *upgrade*.

De forma sintetizada, no sistema original, o papel do detetor é acordar de quatro em quatro segundos e, caso verifique uma variação magnética superior aos *thresholds* de ruído face à anterior leitura, enviar um pedido de sinalização de ocupação do lugar. Assim, independentemente do se passa durante os 4 segundos em que o detetor permanece em “sleep”, consegue-se fundamentar o sistema simplesmente entre: ocupação e não ocupação.

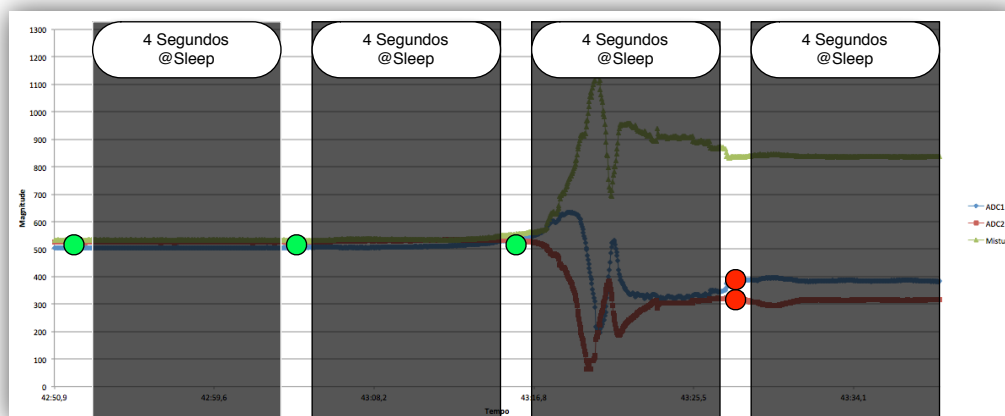


Gráfico 5.1: Percepção de ocupação de lugar do sistema original

Todavia, este trata-se de um funcionamento que, agora, se sabe ficar aquém das capacidades do detetor como se pode notar pela percepção de veículo, mais completa, proporcionada por passagens na íntegra, como se apresenta a seguir.

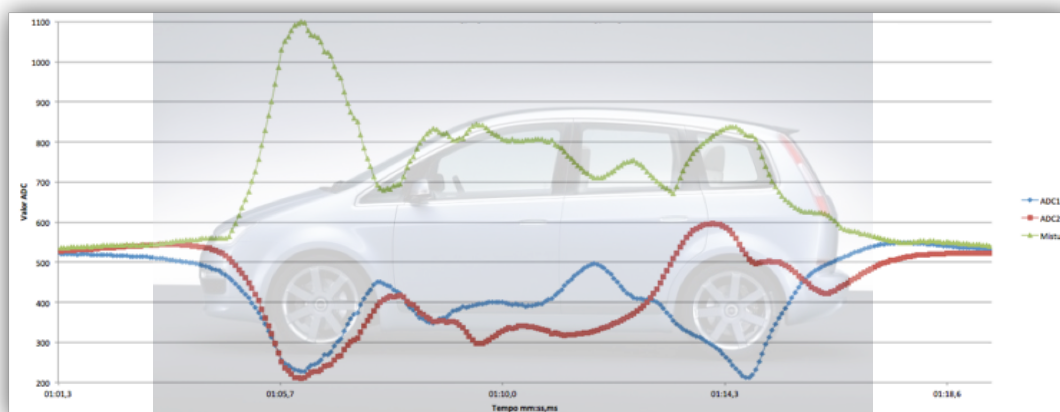


Gráfico 5.2: Sobreposição das leituras magnéticas ao veículo de testes [34]

5.2. Exposição

O sistema que se propõe visa a utilização da mesma tecnologia de deteção, mas para controlo de acessos. O que se procura é controlar o número de veículos que entra nos parques de estacionamento com duas finalidades: uma principal, de acordo com a lotação do mesmo, permitir a visualização da ocupação do parque em tempo real, direcionada, portanto, para os utilizadores; e uma secundária, o controlo de afluência e obtenção de estatísticas de adesão ao estabelecimento, do particular interesse do administrador.

Tentou-se, desta forma, projetar um sistema que consiga responder a infraestruturas cuja afluência e congestionamento tornam a informação de ocupação uma verdadeira necessidade. Atentando-se, particularmente, a situações em que não há viabilidade económica para instalar o sistema originalmente desenvolvido, mais complexo.

O sistema basear-se ia nos mesmos elementos do principal, consistiria num número reduzido de detetores (cerca de 3 ou 4) alinhados perpendicularmente à entrada e saída de cada zona que se desejasse monitorizar e a restante rede de *datasinks*, *gateways* e painéis de ocupação conforme necessário. O sistema poderia, assim, ser interpretado como uma versão *low cost* do original, uma vez que se mantêm os elementos base, mas se reduz drasticamente o volume do número total de módulos.

Para tentar abranger um mercado que apresenta as lacunas, mas que esteja mais relutante no investimento ou que apenas não tenha os meios, é adaptado o compromisso potencialidade/custo. Projeta-se produto que, sob o ponto de vista do utilizador, em vez de se ser encaminhado até ao lugar, se pode preferir parques ou pisos em função da ocupação e, sob o ponto de vista do administrador, embora se verifique um menor detalhe na representação da ocupação do parque, conseguem-se cortes extraordinários no custo total do sistema.

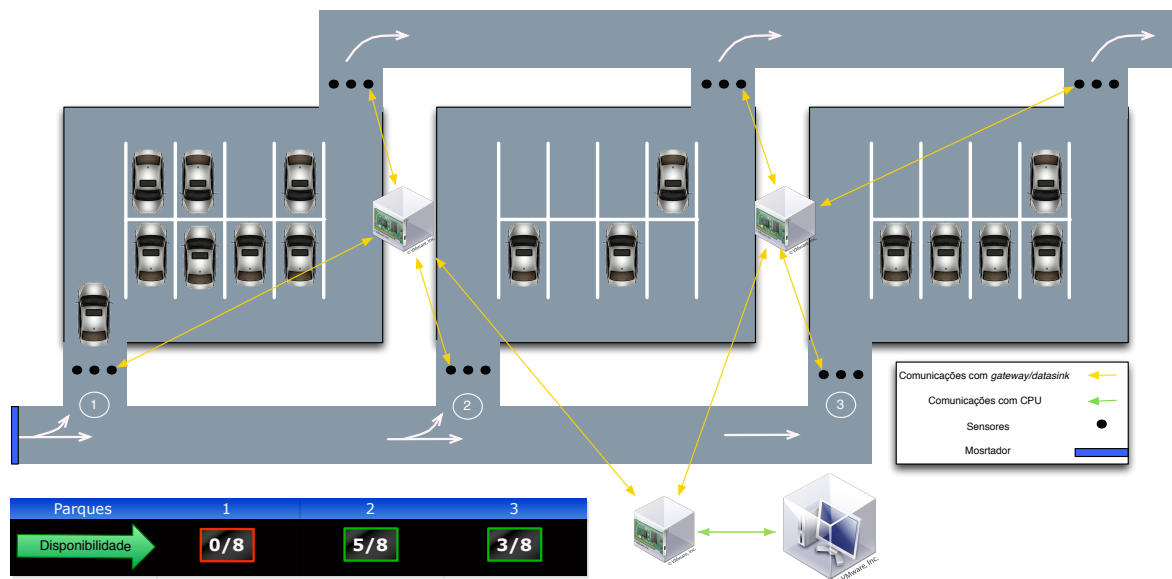


Figura 5.1: Ilustração do sistema

5.3. Viabilidade

5.3.1. Tecnológica

A ideia para este projeto decorreu dos próprios testes que foram feitos durante o estudo do detetor, de acordo com a gradual exigência dos mesmos, notou-se que o sistema, como se encontrava implementado, apresentava potencialidades que não estavam a ser utilizadas. Desta forma, um dos particulares interesses desta adaptação do sistema seria o facto de se conseguir obter um produto novo, através de alterações unicamente no firmware dos dispositivos, sendo possível reaproveitar e partilhar hardware com o sistema original.

A rede apresentada na Figura 2.16 seria reduzida a uma árvore com um número de ramificações igual ao número de detetores por acesso. De acordo com as distâncias, o número de gateways e datasinks seria de delinear, embora muito provavelmente bastante reduzido (na ordem das unidades), bem como o número de detetores, que passaria a estar de acordo com o número de acessos e não proporcional a largas centenas de lugares.

O número de detetores apresentaria alguma flexibilidade, pois, atendendo aos testes em 4.4.5., a heterogeneidade magnética dos veículos poderia ser melhor abordada com mais que um módulo por acesso. Conseguindo-se passagens mais fidedignas através de leituras mais sólidas e consistentes, por isso a sugestão de um alinhamento de detetores e não de um único módulo como testado. Implementação que poderia inclusivamente facultar uma classificação do tipo de veículo que deu entrada, funcionalidade que não parece impossível a contemplando a série de testes e resultados em 4.4.5..

Cruzando as contagens provenientes de cada acesso com os abandonos do parque e a lotação do mesmo, seria possível apresentar os níveis de ocupação dos parques à entrada, reutilizando os painéis informativos, novamente, hardware já desenvolvido no sistema original e, como transparece, os indicadores de ocupação por lugar seriam outra forma de corte nos gastos, tratando-se de elementos de que se iria abdicar por completo.

5.3.2. Prática

Tratando-se da mesma plataforma tecnológica que foi desenvolvida para o sistema original de monitorização de estacionamento, mas de um novo princípio de funcionamento, haveria algumas alterações a fazer ao firmware e modo de operação dos detetores.

A noção de amostragens separadas por segundos utilizada para controlo de ocupação de lugares teria de ser completamente posta da parte e substituída por um funcionamento de alto débito de informação. Atendendo ao tipo de configuração do sistema, não seria necessária a utilização de baterias, podendo haver alimentação externa e o funcionamento levado ao máximo, sem compromissos energéticos.

Sem fazer alterações consideráveis de firmware, conseguiram-se alcançar ritmos de amostragem máximos na ordem dos 30Hz. Foi possível detetar a passagem de um veículo a 20km/h (@aprox.:15Hz) e apesar de não se tratar de uma resolução suficiente para garantir eficácia de deteção ou classificação, comprovou-se que o detetor é capaz de perceber a passagem de veículos em movimento.

De momento, embora não se utilize toda a informação contida na trama de comunicação, como explicado existe um grande volume de dados a ser transmitido entre detetor e *gateway* que não reúne unicamente leituras dos sensores magnéticos. Para otimizar o número de leituras transmitidas por segundo, teria de haver uma reformulação do protocolo de comunicação.

O desafio principal deste projeto seria obter o maior ritmo de amostragem possível a partir do detetor e das comunicações. Alguns dos perfis de veículo apresentados eram definidos por cerca de 500 amostras, mas possivelmente com um terço desse ritmo (160Hz admitindo passagens na ordem do segundo) já se deveria assegurar a capacidade de contabilizar acessos com suficiente eficácia. Admitindo os 250kbps de *data rate* do Transceiver, numa visão bastante optimista, poder-se-ia considerar que o limite estaria algures nos 1000Hz possíveis, portanto, ainda umas poucas centenas de amostras por segundo.

5.3.3. Comercial

Enquanto que a viabilidade técnica deste novo sistema é passível de ser averiguada através deste estudo, a nova noção de produto já diverge do que foi investigado durante os primeiros capítulos. Se, para além de interesse académico, o interesse desta proposta seria também comercial, é importante fazer-se acompanhar esta ideia de algum estudo de mercado.

Com o intuito de validar a proposta de sistema, foram marcadas reuniões com a administração de três superfícies comerciais existentes em Aveiro, de dimensão considerável e com parques de estacionamento diferentes entre si, mas sem sistemas de *Smart-parking* instalados: Forum Aveiro, Glicínias Plaza e Aveiro Shopping Center.

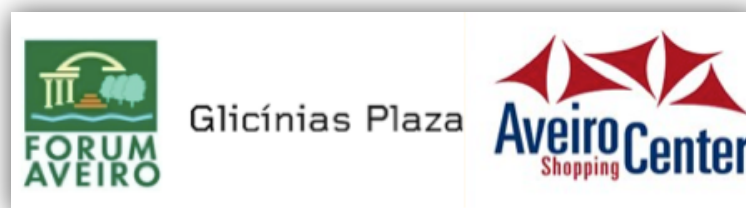


Figura 5.2: Colaborações [39-41]

Relatório de reunião com: Forum Aveiro

O Forum Aveiro, pela própria arquitetura do edifício, não apresenta o perfil adequado para a implementação do sistema proposto, mas, atendendo ao tipo de estabelecimento representa um bom caso de estudo. Desta forma, organizou-se uma reunião com os responsáveis do Departamento de Marketing e do Departamento de Operações, Ana Rita Matias e Luís Duarte respetivamente, para se abordarem algumas questões gerais sobre *Smart-parking*, de interesse da dissertação, e a particular questão de análise de viabilidade do sistema proposto neste capítulo.

Ao nível do estacionamento, o Forum Aveiro dispõe de dois pisos: -1 e -2, porém, para se aceder ao -2 tem de se passar obrigatoriamente pelo -1 perdendo-se o interesse na informação de ocupação previamente, à entrada. No que toca ao conforto que se gostaria de proporcionar ao utilizador, trata-se de uma questão que seria melhor resolvida com o sistema completo de monitorização e encaminhamento até aos lugares livres.

Foi sob o ponto de vista de implementação para benefício do centro comercial, pelo interesse na informação de acessos e ocupação, que se pode obter algum contributo. O centro comercial apresenta um parque de estacionamento pago e com Via Verde, tendo à sua disposição esta mesma informação de acessos que se visaria proporcionar. Com esta informação, o centro comercial sabe quais os acessos preferidos, horas com maior circulação, alturas do ano com maior movimento e até alguma estimativa do número de utilizadores. Informação com valor, mas que, como explicado durante a reunião, para o caso particular não representa a totalidade de clientes.

Tratando-se de um centro comercial no centro da cidade, com muitos acessos pedonais, muitos dos clientes preferem deslocar-se até ao Forum Aveiro a pé. Na procura de controlar a totalidade dos acessos, quer pedonais, quer via parque, o centro comercial instala contadores de pessoas em todas as entradas, conseguindo, assim, o volume de clientes com maior exatidão.

Através desta reunião, notou-se que não se poderiam abordar todas as potencialidades do sistema proposto pelas próprias limitações da infraestrutura, mas conseguiu-se validar a importância do controlo e da informação relativa aos acessos dos parques, que é efetivamente procurada e útil.

Relatório de reunião com: Glicínias Plaza

Durante a reunião com o Forum Aveiro, um dos pontos cruciais foi o facto de um sistema de sinalização de ocupação não se tratar de uma necessidade. No entanto, foi mencionado o exemplo do parque do Glicínias, que, pelas suas características, poderia apresentar uma margem de interesse para a instalação do sistema. Para analisar, novamente, algumas questões relacionadas com sistemas *Smart-parking* e o novo sistema proposto, procedeu-se a uma reunião com a diretora do Centro Comercial Glicínias Plaza, Maria José Ramalheira.

O centro comercial Glicínias Plaza dispõe habitualmente de um estacionamento na cobertura e um no subsolo, em que o primeiro apresenta uma capacidade bastante inferior à do segundo, encontrando-se, com regularidade, praticamente lotado em horas de ponta.

Adoptando o sistema proposto, o centro comercial conseguiria apresentar aos utilizadores a ocupação de cada parque nos respetivos acessos, evitando-se assim escolhas que envolveriam perdas de tempo em busca de estacionamento. Proporcionando-se, também, ao estabelecimento a informação relativa ao volume de veículos em determinados espaços de tempo, bem como noção das preferências de acessos por parte dos clientes.

Como será explicado na fase de conclusão da dissertação, o centro comercial ainda não aderiu a sistemas de *Smart-parking* devido ao custo dos mesmos, sublinhando-se que um sistema como o que foi originalmente desenvolvido para monitorização dos lugares, para um parque grátis de 2000 lugares, tratar-se-ia de um investimento dispendioso que não estaria ao alcance do centro comercial.

Através do baixo custo do sistema mais simples, salvaguardava-se o interesse na instalação, sob óptica do serviço ao cliente, faltando abordar a importância da informação alusiva aos acessos para o próprio centro comercial. O valor da informação de contagem não foi posto em causa, mas para conseguir esses números já se tinha procedido (também) à instalação de contadores de pessoas nos acessos, tornando essa funcionalidade do sistema redundante, caso instalado. Houve mesmo contacto com o sistema de contagem instalado e destaca-se a capacidade de definição de períodos de tempo para o controlo de acessos, que apresentava bastantes funcionalidades e resolução. A funcionalidade que de facto foi consensualmente avaliada como desnecessária foi a capacidade de classificação de veículos, pois o que realmente interessaria para ambas as partes, proprietários e clientes, é a contagem e percentagem de ocupação do parque, independentemente do tipo da ocupação.

A grande conclusão extraída desta importante reunião, foi o facto de que o proveito principal deste tipo de sistemas, pretendido pelo proprietário, é o conforto do cliente. Deverá ser com esse ponto de vista que as funcionalidades do sistema deverão afinadas, uma vez que se trata do real motivo de procura. Questionada à cerca da possibilidade de instalação, a diretora do centro comercial afirmou que caso se conseguisse um sistema simples e barato, que através das contagens de passagem proporcionasse ao utilizador informação relativa à ocupação do parque nos acessos, não veria motivos para não o considerar.

Relatório de reunião com: Aveiro Shopping Center

Partindo-se rumo à reunião com a administração do Aveiro Shopping Center já com um refinamento da proposta de sistema, mais direcionada para as contagens e informação ao cliente, menos para as potenciais capacidades de avaliação de trânsito. Conseguiu-se obter o precioso feedback relativo à viabilidade do novo projeto de controlo de acessos, nesta avaliação de mercado, mas, ao mesmo tempo, proporcionou-se um encontro que seria, dos três, o melhor para avaliar a o sistema de monitorização de lugares original, pelo facto de o parque de estacionamento ser exterior.

Na reunião com o Gerente do Centro Comercial, Pedro Leal, conseguiu-se uma nova percepção do valor que o controlo de acessos pode proporcionar: após um estudo baseado em inquéritos realizados nas entradas, já pedonais, do centro comercial, conseguiu-se perceber que a própria escolha do acesso refletia os objetivos da deslocação. Dispondo de duas entradas, uma mais próxima do acesso à superfície comercial Continente, no interior, outra mais deslocada e direcionada para a zona central do centro comercial, percebeu-se que as pessoas que iam com objetivos mais determinados preferiam a primeira, enquanto que, se o deslocamento fosse desprovido de propósito, por lazer, a opção era a segunda. Infelizmente, o parque de estacionamento é único e os acessos não determinam as entradas no centro comercial, mas se fosse o caso, a funcionalidade de controlo de volume de acessos proposta seria extremamente preciosa e encaixaria perfeitamente enquanto suporte e potenciador deste tipo de análises.

Questionado relativamente à existência de controlo de acessos, o Gerente comprovou que não eram dados que substituíssem o controlo de pessoas (novamente) feito nas entradas e, particularmente, nas lojas, mas que, efetivamente, possuem sistemas nos três acessos ao parque, que visam esse mesmo controlo, demonstrando que é um tipo de produto com procura.

À semelhança de o que foi feito durante as reuniões com as administrações dos dois primeiros centros comerciais, voltou a debater-se o conceito de *Smart-parking*, motivado pela inexistência de sistemas de apoio ao estacionamento e avaliando-se o sistema de monitorização de lugares original que proporcionou o presente estudo, sobre o ponto de vista do cliente. As notas relativas a este assunto serão apresentadas nas reflexões finais do projeto.



Figura 5.3: Centro comercial Aveiro Shopping Center e respetivo parque de estacionamento

5.4. Avaliação

Pelo exposto, propõe-se um sistema que pode ser visto tanto como um complemento do sistema principal de monitorização de lugares, como um produto capaz de ser comercializado em separado. Reutilizando os mesmos elementos principais e divergindo apenas em firmware, seria uma boa forma de atacar um diferente sector de mercado, com menos capacidade de investimento.

Projeta-se um sistema simples e de funcionalidade bem definida: contar os veículos que entram e saem do parque de estacionamento, cruzar esta informação com a capacidade da infraestrutura e apresentar a disponibilidade, em painéis, nos acessos ao parques.

A integração desta proposta no estudo desenvolvido, faculta algum valor acrescido ao produto. Foi demonstrado o interesse na intervenção e desenvolvimento da área veicular; foi corroborado o valor da tecnologia utilizada, comparativamente às capacidades do que está disponível no mercado da deteção e comunicação associadas a este tipo de sistemas e foi feita, também, uma detalhada abordagem técnica e avaliação prática do potencial do sistema.

Para propor o projeto foi realizado um breve, mas interessante estudo de mercado, que demonstrou que se verifica a procura do sistema e que, o facto da simplicidade e objetividade estarem refletidas no preço, se dispõem de factor importante que pode levar à preferência perante a necessidade de soluções.

Reúnem-se, desta forma, o conjunto de aspetos iniciais que procuram motivar o estudo e teste, constituindo-se assim, uma proposta com potencial e que, sem grande esforço, se pode tornar num projeto interessante bem sucedido.

6. Conclusão

6.1. Análise estrutural

A exposição do desenvolvimento deste projeto procurou refletir a exata ordem de execução e de sucessão de desafios experienciados durante a sua realização. Desta forma, até se chegar ao cerne do estudo, aos ensaios com o detetor, reúnem-se as ferramentas necessárias para compreensão da estruturação dos testes e interpretação dos resultados obtidos, bem como da utilidade e decorrente potencialidade do sistema, que foi possível extrapolar.

Com o primeiro ponto, de introdução, procurou-se a contextualização da temática sob o ponto de vista da sua pertinência. Visa-se demonstrar a importância da área, ilustrando a dimensão global da problemática do tráfego nas cidades, e alertar para as consequências que desta decorrem, na vida de cada indivíduo.

A transição para a análise do estado de arte é feita de modo a conseguir-se um enquadramento do tipo de abordagens que estão a tomar lugar, no tratamento desta questão, particularmente do nicho que se integra, associado ao estacionamento. Com este ponto, exploram-se várias soluções já existentes no mercado, que apresentam sistemas para facilitar o estacionamento em parques e sistemas, tecnologicamente semelhantes, que são adaptados a controlo de vias.

Com algum conhecimento do estado de arte e do funcionamento deste tipo de sistemas, passa-se para a explicação do sistema estudado, em primeiro lugar, de forma comparativa, e após uma compreensão global do sistema passa-se, então, no terceiro capítulo para o estudo mais detalhado do sistema e da preparação técnica que era requerida para se conseguir projetar e abordar um completo conjunto de testes, de acordo com o que realmente é importante avaliar.

O quarto capítulo, cerne da dissertação, relata os testes, sucessivos desafios e abordagens dos resultados, também pela ordem de sucessão dos mesmos para se conseguir, por um lado, demonstrar os motivos para a conduta escolhida, para, por outro lado, fomentar as mesmas ilações que levaram à proposta de *upgrade* no capítulo seguinte.

Como culminar da análise da problemática do estado de arte, particularmente de sistemas que partilhavam a tecnologia e eram adaptáveis a diferentes situações, capacidades tecnológicas e potencialidades práticas; realizou-se uma nova análise de mercado e fez-se a proposta presente no capítulo cinco, de um novo produto baseado no sistema principal, mas mais simples, barato e adequado para um particular *cluster* de clientes.

6.2. Avaliação de conteúdos

Começando por avaliar a relevância da informação apresentada durante o primeiro ponto introdutório, através dos quadros da progressão do número de veículos ao longo do tempo, consegue-se demonstrar o interesse no estudo e desenvolvimento da área, tanto a nível teórico como prático. Na sua globalidade, os países desenvolvidos apresentam-se como um mercado garantido, volumoso, mas que aparenta um abrandamento com o tempo. Porém, há um sólido número de países subdesenvolvidos, que tende a apresentar crescimentos futuros pronunciados, como a China e a Índia, que deverão ultrapassar as capacidades das infraestruturas de suporte e agravar os problemas do trânsito e mobilidade dentro das localidades.

Com a pertinência do estudo e deste tipo de sistemas justificada pelo primeiro capítulo, passa-se à avaliação comparativa da tecnologia utilizada relativamente ao estado da arte. Dentro do que se encontra, de momento, a ser desenvolvido e a ser implementado, as opções tomadas relativamente a: tecnologia de deteção e comunicação, modo de operação, organização e funcionalidades, demonstra-se que o sistema em análise é altamente competitivo e de enorme potencialidade. Por um lado, apresenta menos vulnerabilidades e dificuldades de instalação, por outro, proporciona um funcionamento de grande fidelidade e uma enorme adaptabilidade à instalação desejada.

Durante o capítulo dedicado à descrição técnica do detetor, procurou-se transmitir toda a informação de maior relevância para o funcionamento do sistema e execução dos testes. É feita uma análise detalhada das características da tecnologia utilizada; são vistas especificações importantes do hardware e como se desencadeia a interação entre os vários componentes; é percorrido o algoritmo de funcionamento sob o ponto de vista do processamento de informação e ainda se esclarecem os passos que foram necessários para transformar as leituras magnéticas em dados prontos para análise. Em suma, consegue-se proporcionar um guia técnico para o funcionamento do sistema, com bastante detalhe.

Com este estudo quis-se colmatar a falha de testes de campo com o detetor. Durante o quarto capítulo procuraram-se testar todos os cenários passíveis de ocorrer durante uma futura implementação, mas para além de testes em quantidade, foram realizados testes de acordo com as vulnerabilidades técnicas da tecnologia e do sistema; e de acordo com as funcionalidades pretendidas, de modo a garantir dados suficientes para se promover um sistema com uma maior eficácia.

A densidade de testes e teor dos resultados obtidos deram origem ao último capítulo onde se demonstra que, como visto durante o estado de arte, também o detetor estudado pode ser polivalente e adaptado a outras aplicações que podem explorar as suas capacidades de outra forma, dando lugar a novos produtos, com grande aplicabilidade e pouco trabalho. Produtos que podem por um lado chegar a novos mercados e, por outro, consolidar a presença em mercados já abrangidos.

6.3. Resposta aos objetivos

Com o principal objetivo de se recolher e analisar um sólido conjunto de leituras, para colmatar a ausência de um estudo prático detalhado, relativo ao funcionamento do detetor de veículos, deu origem a uma dissertação com uma forte componente de testes campo, mas também um completo enquadramento e investigação sobre a tecnologia e, acima de tudo, uma experiência profissional bastante completa.

Partindo-se de uma análise mais ampla e interdisciplinar, conseguiu-se uma avaliação da realidade e da problemática que este tipo de sistema procura auxiliar. Através de uma óptica de investidor, demonstrou-se a legitimidade e importância do estudo, obtendo-se um recompensante entusiasmo e acrescentando uma essencial noção de valor ao trabalho que seria desenvolvido.

O contacto com sistemas de *Smart-parking* partiu da profunda pesquisa que acabou por resultar no estado da arte, mas tomou contornos mais definidos quando se partiu para o *hands-on* na Micro I/O onde se lidou com o sistema num ambiente empresarial, definido por um considerável sentido de responsabilidade e autonomia.

Antes ainda de se passar para os testes, foram investidos inúmeros dias no contacto com a tecnologia, na familiarização com as especificações e funcionamentos e em sucessivas abordagens que, muitas vezes, não foram bem sucedidas. Apesar do insucesso de algumas tentativas, foram desenvolvidas capacidades que acabaram por contribuir para a solução de outros problemas e, em última instância, para a concretização deste estudo.

A fase de testes obrigou a uma grande organização e planeamento do trabalho. Decorreram dias de projeção de testes, dias no terreno e dias de análise de resultados, uma rotina que ia sendo adaptada de acordo com a satisfação dos resultados e a procura de resposta a novas questões relativas às perspectivas de comportamento do detetor. Esta etapa foi caracterizada, também, por um período com um agradável sentido de equipa e entreajuda, pois muitos dos testes requeriam alguma assistência e mesmo um alargado leque de veículos, contributos que importantes que colegas e amigos proporcionaram e com que se enriqueceu e aperfeiçoou o conjunto dos exercícios.

O leque de testes foi bastante diversificado, mas extremamente criterioso e adaptado aos objetivos do estudo e especificações da tecnologia. Os resultados obtidos proporcionam um sólido conhecimento do comportamento do detetor, que pode levar ao aperfeiçoamento e aumento de eficácia do sistema. Através deste estudo, fornece-se uma considerável biblioteca de testes/resultados devidamente descrita, comentada e contextualizada com as observações dos ensaios face às implicações reais para implementações do sistema.

A satisfação com as experiências e resultados deu lugar ao investimento de mais uns dias na concepção de um novo projeto, baseado no original, mas adaptado de acordo com as potencialidades tecnológicas registadas e as necessidades de um mercado particular. Na procura de avaliação e corroboração do valor da proposta procedeu-se mesmo a reuniões com administrações de entidades comerciais. Obtiveram-se excelentes colaborações informativas e extremamente satisfatórias, certificando o valor do projeto e proporcionando opiniões globais de grande importância para a avaliação e conclusão da dissertação.

7. Trabalho futuro

7.1. Produto

Tratando-se de um sistema que visa a comercialização, a opinião do cliente deve constar enquanto guia para o desenvolvimento e durante as reuniões que se tiveram com as administrações dos centros comerciais Forum Aveiro, Glicínias Plaza e Aveiro Shopping Center este foi um assunto debatido, particularmente, por se tratarem de três centros comerciais que não possuem sistemas de *Smart-parking*.

Apresentam-se alguns pontos chave que são de salientar das reuniões e que merecem ser alvo de reflexão, tanto por se tratarem ora de pontos direcionados ao sistema estudado como de ponto de opinião.

- Os sistemas de *Smart-parking* visam-se com o principal interesse de comodidade para o utilizador; (Forum Aveiro)
- Os sistemas de *Smart-parking* são importantes enquanto imagem, representam um centro comercial atual e sofisticado; (Forum Aveiro)
- O sistema não é uma necessidade para o centro comercial, mas caso se desejasse optar-se-ia por uma instalação cablada: só requer um investimento inicial contrariamente ao estudado que requer manutenção com o fim de vida das baterias; (Forum Aveiro)
- O sistema de colagem do detetor no solo apresentado, tem de se garantir robusto, o parque é regularmente limpo com máquinas que não iriam contornar os dispositivos; (Forum Aveiro)
- Os indicadores de ocupação do sistema, embora apresentem comunicações wireless, requerem alimentação cablada, por mais uns metros de cabo instalam-se também os detetores e não seria necessária manutenção; (Forum Aveiro)
- O preço teria de ser sempre uma questão a ser analisada; (Forum Aveiro)
- Os sistemas de *Smart-parking* são muito dispendiosos, com um parque grátis de 2000 lugares, seria um investimento que não apresentaria rápido retorno; (Glicínias)
- Seria um sistema muito bem vindo pela comodidade que proporciona ao cliente; (Glicínias)
- O centro comercial não precisaria de instalar em toda todos os lugares, mas seria interessante pelo menos para a zona coberta (Figura 5.3); (Aveiro Shopping Center)
- Questão relativa à alocação dos indicadores de ocupação de lugar, mas que se apenas houvesse painéis informativos à entrada de cara corredor, já seria uma boa solução; (Aveiro Shopping Center)
- O preço teria de ser sempre uma questão a ser analisada; (Aveiro Shopping Center)
- Teria de se tratar de um sistema bastante autónomo. (Aveiro Shopping Center)

Em suma, realça-se que o interesse das entidades clientes está sempre na garantia de fornecimento de um serviço de qualidade, que proporcione comodidade ao utilizador, consequentemente satisfação dos clientes da superfície comercial, procura-se um sistema robusto, bastante autónomo e, evidentemente, o menos dispendioso possível.

Desta feita, considerando tudo o que foi exposto, uma boa proposta de trabalho futuro seria conseguir garantir que os clientes com parques externos, com menos opções, se encontrem menos hesitante perante a proposta. Conseguindo-se um sistema funcional e baseado apenas em vários painéis por corredor e detetores, abdicando dos indicadores luminosos, conseguir-se-ia aumentar a facilidade de instalação e reduzir no numero de elementos total. Uma proposta de sistema mais simplificada, mas igualmente funcional, que aparenta uma menor complexidade e, eventualmente, um importante corte no custo para o cliente.

7.2. Desenvolvimento

É fundamental ter em conta que, na área da electrónica, são lançados novas versões de dispositivos e componentes com enorme regularidade. Qualquer alteração que se procure no circuito ou nas funcionalidades do detetor, deverá fazer-se sempre acompanhar de uma revisão da oferta de componentes e mesmo de uma breve pesquisa de soluções na área, para se evitar que o módulo se torne obsoleto.

Durante a análise do circuito do detetor, foi realizada uma revisão dos componentes e notou-se que já havia:

- Sensores magnéticos da mesma tecnologia (AMR) com três eixos e preços bastante inferiores, que poderiam ser adaptados ao módulo estudado;

Passado um espaço de três meses, voltou a ser feita a verificação e notou-se que a DAC já se tratava de um elemento desnecessário:

- A Microchip já apresenta microcontroladores da família da PIC18 com DAC integrada, podendo-se abdicar da DAC incluída originalmente no circuito;

Já é possível fazer uma revisão ao módulo de modo a conseguir diminuir consumos energéticos e alguns custos de componentes. Pormenores que proporcionam um produto mais barato e competitivo.

Uma alteração extremamente valiosa passaria por conseguir arranjar um mecanismo de recarregar as baterias dos sensores. No encapsulamento os detetores são selados com um a resina que torna impossível o contacto físico com o detetor, tornando impraticável a reutilização do módulo no momento em que a bateria acabe. Uma solução que passasse pelo recarregamento indutivo da bateria poderia ser uma forma de aumentar a longevidade dos elementos, adaptando-se o tipo de manutenção necessária, menos drástica e menos dispendiosa.

7.3. Teste

Todos os testes que se imaginaram importantes e que eram possíveis foram realizados, considerando-se que o leque apresentado já é bastante amplo e suficiente para caracterizar o detetor. Contudo, houve uma particularização que tinha sido interessante fazer, mas que não se realizou por falta de meios.

Na secção em que se testaram vários carros, procurou-se apresentar uma seleção de veículos bastante heterogénea para enriquecimento dos resultados, mas houve duas lacunas que se lamentou não ter testado: um automóvel desportivo que tivesse o motor na traseira e um automóvel elétrico.

O interesse no automóvel desportivo residia no facto de, com o motor localizado na traseira, muito provavelmente apresentar um perfil magnético bastante diferente do que estava a ser visto e o interesse no automóvel elétrico passaria pela curiosidade na análise do impacto das baterias no funcionamento do detetor.

Embora o primeiro não aparentasse problemas para uma implementação do sistema à primeira vista, o mesmo não poderia ser assegurado no caso do automóvel elétrico que poderia ser capaz de induzir campos magnéticos e desmagnetizar o sensor.

7.4. Upgrade

Embora todo o ponto relativo à proposta de *upgrade* do sistemas se integrasse em “trabalho futuro”, há alguns pontos importantes que se gostariam de definir como etapas obrigatórias para o sucesso do projeto.

- Concretização de ritmos de amostragem mínimos na ordem dos 150Hz. Só perante a análise de resultados de séries de testes a estes ritmos é que se poderia compreender até onde se teria de conseguir chegar para que os ritmos de amostragem proporcionassem deteções de passagem a velocidades moderadas, em entradas de parques;
- Criação de algoritmo de deteção de passagem. Como apresentado, o volume de dados por carro deverá ser ainda considerável para garantir um algoritmo com alguma robustez;
- Efetuar testes com vários detetores no acesso, os testes feitos foram com os detetores alinhados ao centro do veículo. Detetores mais próximos das extremidades deverão apresentar leituras diferentes, mas de magnitudes correspondentes à noção de “veículo”;
- Aumentar a gama de carros utilizada nos testes. O ponto em que se obtiveram resultados mais diversificados foi durante a análise de vários veículos. Trata-se de uma componente do estudo que pode ser investigada mais profundamente.

Bibliografia

- [1] Y. Wang, J. Teter, and D. Sperling, "China's soaring vehicle population: Even greater than forecasted?," *Energy Policy*, vol. 39, pp. 3296-3306, 2011.
- [2] M. Keshavarzian, S. Kamali Anaraki, M. Zamani, and A. Erfanifard, "Projections of oil demand in road transportation sector on the basis of vehicle ownership projections, worldwide: 1972-2020," *Economic Modelling*, vol. 29, pp. 1979-1985, 2012.
- [3] H. Wang, L. Fu, Y. Zhou, X. Du, and W. Ge, "Trends in vehicular emissions in China's mega cities from 1995 to 2005," *Environmental Pollution*, vol. 158, pp. 394-400, 2010.
- [4] D. S. Michael Manville, "Parking, People, and Cities," *Journal of Urban Planning and Development*, vol. December, 2005.
- [5] H. Huo, Q. Zhang, K. He, Z. Yao, and M. Wang, "Vehicle-use intensity in China: Current status and future trend," *Energy Policy*, vol. 43, pp. 6-16, 2012.
- [6] D. Silva, "Wireless Parking Lot Monitoring and Guidance System," Masters, Electronics, Telecommunications and Informatics, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2011.
- [7] G. Revathi, "Smart Parking Systems and Sensors: A Survey."
- [8] J. Chinrungrueng, U. Sunantachaikul, and S. Triamlumlard, "Smart Parking: an Application of optical Wireless Sensor Network," *National Electronics and Computer Technology Center*, 2007
- [9] H. Wang and W. He, "A Reservation-based Smart Parking System," *Department of Computer Science & Engineering, University of Nebraska-Lincoln, NE, USA*, 2011.
- [10] J. Yang, J. Portilla, and T. Riesgo, "Smart Parking Service based on Wireless Sensor Networks," *Universidad Politécnica de Madrid. Centro de Electrónica Industrial*, 2012.
- [11] SmartEye. (Outubro 2013). Available: <http://www.smartparking.com/tech/smarteye.html>
- [12] Intelimotion. (Outubro 2013). Available: <http://intelimotion.pt/sensor-2013/>
- [13] Siemens. (Outubro 2013). Available: <http://w3.siemens.com/market-specific/global/en/hospitality/hotels-resorts-casinos/hotel-safety-security/parking-solutions/pages/parking-solutions.aspx>
- [14] W. Deng, X. Luo, L. Jiang, and Y. Luo, "Research on video-based monitoring algorithm of parking spaces," presented at the Third International Conference on Multimedia Information Networking and Security, 2011.
- [15] Parkassist. (Outubro 2013). Available: <http://www.parkassist.com/index.php/solutions/>
- [16] Circontrol. (Outubro 2013). Available: <http://productos.circontrol.com/en/cirpark/license-plate-recognition-system-lpr-park>
- [17] Swarco. (Outubro 2013). Available: <http://www.swarco.com/sts-en/Products-Services/Detection/Gates,-Barriers-Parking/Induction-Loop-Installation>
- [18] Libelium. (Outubro 2013). Available: <http://www.libelium.com/products/waspmote/sensors/>
- [19] S. V. Srikanth, P. P. J, D. K. P, T. S, M. U. Patil, and S. C. B. N, "Design and Implementation of a prototype Smart PARKing (SPARK) System using Wireless Sensor Networks," presented at the International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops, 2009.

- [20] F. Palhinha, D. Carona, A. Serrador, and J. Lopes, "Wireless magnetic based sensor system for road data collection," *Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisbon, Portugal*, 2012.
- [21] M. Bottero, B. Dalla Chiara, and F. P. Deflorio, "Wireless sensor networks for traffic monitoring in a logistic centre," *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 26, pp. 99-124, 2013.
- [22] J. Gu, Z. Zhang, F. Yu, and Q. Liu, "Design and Implementation of a Street Parking System Using Wireless Sensor Networks," *School of Computer Science, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing, 400065, P.R. China Shenzhen Institutes of Advanced Technology, Chinese Academy of Sciences/The Chinese University of Hong Kong*, 2012.
- [23] Honeywell, "Application Note - AN218 Vehicle Detection Using AMR Sensors," H. I. Inc., Ed., ed, 2005.
- [24] M. J. Caruso, T. Bratland, D. C. H. Smith, and R. Schneider, "A New Perspective on Magnetic Field Sensing," *Honeywell, SSEC*, 1998.
- [25] Honeywell, "1- and 2-Axis Magnetic Sensors HMC1001/1002/1021/1022," *Honeywell International Inc.*, 2008.
- [26] Honeywell, "Application Note - AN213 Set/Reset Function for Magnetic Sensors," *Solid State Electronics Center*.
- [27] Microchip, "PIC18F23K20/24K20/25K20/26K20/ 43K20/44K20/45K20/46K20 Data Sheet," 2012.
- [28] T. Instruments, "DAC084S085 8-Bit Micro Power QUAD Digital-to-Analog Converter with Rail-to-Rail Output," *Texas Instruments Incorporated*, 2013.
- [29] Microchip, "MCP9700/9700A MCP9701/9701A Low-Power Linear Active Thermistor™ ICs," *Microchip Technology Inc.*, 2009.
- [30] Microchip, "MRF24J40MA Data Sheet 2.4 GHz IEEE Std. 802.15.4™ RF Transceiver Module," *Microchip Technology Inc.*, 2008.
- [31] (Novembro 2013). *Smart Fortwo*. Available: <http://www.tuningnews.net/news/080916/carlsson-smart-fortwo-usa-canada-hr-02.jpg>
- [32] (Novembro 2013). *Volvo C30*. Available: <http://images.autotrader.com/scaler/620/420/cms/images/cars/volvo/c30/2012/2012-volvo-c30/167556.jpg>
- [33] (Novembro 2013). *Citroen C3*. Available: http://www.bootstruts.co.uk/media/catalog/category/Citroen_C3.jpg
- [34] (Novembro 2013). *Ford Focus C-Max*. Available: <http://automobilio.info/auto/Ford-Focus-C-MAX.jpg>
- [35] (Novembro 2013). *Saab 93*. Available: <http://static.howstuffworks.com/gif/autoreview/400x266/1999-2002-Saab-9-3-00903071990002.jpg>
- [36] (Novembro 2013). *Volkswagen Golf* Available: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d4/VW_Golf_IV_Variant_20090910_rear.JPG
- [37] (Novembro 2013). *Citroen C6*. Available: <http://www.seguroauto.org/wp-content/uploads/2013/10/seguro-auto-citroen-c6.jpg?343846>
- [38] (Novembro 2013). *Nissan Dune*. Available: <http://img.carros.cozot.com/pics/pt/2013/09/10/Nissan-Navara-2-5-TD-4x4-cabine-dupla-venda-Pick-up-20130910230821.jpg>
- [39] (Novembro 2013). *Forum Aveiro*. Available: <http://www.forumaveiro.com>

- [40] (Novembro 2013). *Glicínias Plaza*. Available: <http://www.glicinias.pt>
- [41] (Novembro 2013). *Aveiro Shopping Center*. Available: <https://pt-br.facebook.com/AveiroShoppingCenter>