



**Fernando Miguel
Atanásio Couto**

**Avaliação Experimental da Influência do Condutor
no Desempenho Energético-Ambiental de Um
Veículo**



**Fernando Miguel
Atanásio Couto**

**Avaliação Experimental da Influência do Condutor
no Desempenho Energético-Ambiental de Um
Veículo**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação científica da Professora Doutora Margarida Isabel Cabrita Marques Coelho, Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro e do Professor Doutor José Maria Amaral Fernandes, Professor Auxiliar do Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro.

Júri

Presidente

Prof. Doutor Fernando José Neto da Silva
Professor auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

Arguente

Prof. Doutor Joaquim Miguel Gonçalves Macedo
Professor auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro

Orientadora

Professora Doutora Margarida Isabel Cabrita Marques Coelho
Professora auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

Agradecimentos

Este espaço é particularmente reservado a alguns reconhecimentos a entidades e pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização desta Dissertação.

Uma palavra de apreço para a Professora Doutora Margarida Coelho, orientadora desta dissertação, e ao Professor Doutor José Fernandes, coorientador desta Dissertação, pela disponibilidade, pela exigência e pela orientação que contribuíram decisivamente para este trabalho.

Um agradecimento à Toyota Salvador Caetano pela disponibilização da viatura Toyota Auris como pela colaboração atempada a diversas solicitações efetuadas.

Não queria de deixar de agradecer também ao Engenheiro Paulo Fernandes, ao João Teixeira, Carlos Talhado, Carlos Oliveira e ao Tiago Magalhães pela disponibilidade que tiveram durante os procedimentos experimentais para a minha Dissertação de Mestrado.

De forma sincera, agradeço a todos os colegas, amigos e demais pessoas que contribuíram para o meu crescimento enquanto estudante e pessoa.

Finalmente, dedico este trabalho aos meus pais, ao meu irmão e há minha namorada pela paciência, apreço e incentivo na realização do meu curso ao longo destes anos.

Esta dissertação insere-se no âmbito do projeto de investigação PTDC/EMS-TRA/0383/2014 - designado por “@CRUiSE - Plataforma de Comunicação Veículo-Infraestrutura para Integração de Impactes de Tráfego”, financiado por fundos nacionais através da FCT/MCTES (PIDDAC) e co-financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) - bem como do Projeto Estratégico UID-EMS-00481-2013

Palavras-chave

Emissões poluentes, congestionamento, dinâmica do veículo, comportamento do condutor, frequência cardíaca.

Resumo

Um dos pontos fulcrais do sector de transportes prende-se com o comportamento do condutor perante o ambiente rodoviário e o próprio veículo. Portanto, torna-se essencial corroborar uma ampla análise tanto da dinâmica do veículo e emissões poluentes como em termos de comportamento dos condutores relativamente à condução.

A presente Dissertação de Mestrado tem como finalidade avaliar experimentalmente a influência de condutores no desempenho energético-ambiental do veículo.

A fase inicial do trabalho consistiu na obtenção de dados dinâmicos do veículo com o dispositivo GPS e com o auxílio de duas câmaras de filmar, para avaliar o comportamento do condutor mediante alterações no tráfego, a bordo de uma viatura híbrida. Por outro lado, avaliou-se os comportamentos do condutor perante os trajetos e veículo com o auxílio do dispositivo *VitalJacket* em circuito urbano, em estrada nacional e autoestrada. A seleção dos trajetos diferenciados (urbano, autoestrada e estrada nacional) é relevante para a influência do tipo de via no comportamento dos condutores e no desempenho da viatura.

O estudo efetuado possibilitou observar que condutores com frequências cardíacas elevadas (condutor3 com 108bpm em média e condutor2 com 97bpm em média) possuem maior preponderância para velocidades elevadas, acelerações/desacelerações mais bruscas e padrões de velocidade com maior variação relativamente ao trajeto3. O trajeto composto por um circuito urbano e em estrada nacional, trajeto2, deteve os valores mais elevados para as emissões de gases poluentes e, o percurso urbano, trajeto1, com os valores mais elevados em termos de consumo de combustível por quilómetro. Contudo, tal facto deveria ter sido verificado no circuito em autoestrada mas, por via dos modos VSP do trajeto2 e suas acelerações/desacelerações mais elevadas, não se constatou. De referir que, que as frequências cardíacas elevadas ocorrem em situações distintas, por vezes em tráfego, em interseções rodoviárias e tanto em velocidades elevadas e baixas (por via do congestionamento do tráfego).

Conclui-se com as análises efetuadas que o condutor é influenciado tanto pelos trajetos (com maior influência), como pelo fluxo de tráfego, contribuindo para as variações dos consumos energéticos e dinâmica do veículo.

Keywords

Pollutant emissions, routes, congestion, vehicle dynamics, driver behavior, heart rate.

Abstract

One of the focal points in the transport sector is related by to the driver's behavior in the road environment and also by the vehicle. Therefore, it is essential to confirm a wide analysis of the dynamics of the vehicle and pollutant emissions in terms of driver's behavior.

This Master's Thesis evaluate the influence of drivers in the energy and environmental performance of the vehicle.

The initial work was to (on-board of a hybrid car) form the GPS device with the help of two video cameras to evaluate the driver's behavior according to the traffic changes. Furthermore, the behavior of the driver along the vehicle paths with the help of VitalJacket device in urban circuit in national and highway road was assessed. The selection of different paths (urban, highway and national road) is relevant to the influence of the type of a road on driver's behavior and vehicle's performance.

The study establish that drivers with high heart rates (driver3 with 108bpm and driver2 with an average of 97bpm) have tendency to high speeds, more abrupt acceleration/decelerations and speed patterns with greater variation in the route3. The route composed by a circuit both urban and national road, route2, had higher values of the fuel consumption and the urban route, route1, with the higher values of emissions of polluting gases. However, the last route in a highway should have got a high level of emissions and consumes but because of the number of VSP mode and accelerations/decelerations higher of the route2, this don't happened. It is noted that elevated heart rate occurred in different situations, sometimes in less traffic flowing in both signs, road speeds and either high or low via the traffic congestion.

It can be concluded with the tests performed that the driver is influenced by the routes and by traffic volumes, contributing to the variations in the energy consumption, emissions and vehicle dynamics.

Índice

Índice das Figuras	I
Índice das Tabelas	III
Lista de abreviaturas	V
1. Introdução e objetivos	1
1.1. Motivação	1
1.2. Objetivos	3
1.3. Estrutura da Dissertação	4
2. Revisão Bibliográfica	5
2.1. Comportamentos e segurança rodoviária	5
2.2. Condutores e a sua influência nos padrões de condução	6
2.3. Simulações de tráfego	8
2.3.1. Tecnologias de comunicação	8
2.3.2. Ferramentas virtuais	8
2.4. Emissões e consumos	10
3. Metodologia e Métodos	13
3.1. Caracterização dos Trajetos	14
3.2. Condutores e Veículo de teste	18
3.3. Métodos experimentais	20
3.4. Métodos numéricos	22
4. Resultados e Discussão	25
4.1. Condutor1	26
4.1.1. Trajeto1	26
4.1.2. Trajeto2	30
4.1.3. Trajeto3	34
4.2. Condutor2	37
4.2.1. Trajeto1	37
4.2.2. Trajeto2	41
4.2.3. Trajeto3	45
4.3. Condutor3	48
4.3.1. Trajeto1	48
4.3.2. Trajeto2	52
4.3.3. Trajeto3	56
4.4. Condutor4	59
4.4.1. Trajeto1	59
4.4.2. Trajeto2	63
4.4.3. Trajeto3	67
5. Conclusões e Trabalho Futuro	71
6. Referências	75

Anexos	79
Anexo1- Dinâmica do Veículo, Condutor1	79
Anexo2- Dinâmica do Veículo, Condutor2	85
Anexo3- Dinâmica do Veículo, Condutor3	91
Anexo4- Dinâmica do Veículo, Condutor4	97
Anexo5- Programação efetuada no Matlab para a obtenção do ECG de cada condutor. ...	104
Anexo6- Programação efetuada no Matlab para a obtenção das Frequência Cardíaca de cada condutor	105

Índice das Figuras

Figura 1-Diagrama relativo ao consumo nacional de dióxido de carbono (Agência Portuguesa do Ambiente, 2015).	1
Figura 2-Emissões a nível nacional de gases com efeito de estufa (Agência Portuguesa do Ambiente, 2015).	2
Figura 3-Emissões de gases poluentes no sector dos transportes. (Agência Portuguesa do Ambiente, 2015).	2
Figura 4-Metodologia da Dissertação.	14
Figura 5-Trajeto1 Avenida Artur Ravara até Rua de Ovar 4 (Google Maps, 2016).	16
Figura 6-Trajeto2 entre a Avenida Artur Ravara e até à Rua Luís de Camões 41 (Google Maps, 2016a).	17
Figura 7-Trajeto3 entre a Rua Condessa Mumadona 5414 e a Avenida João Corte Real 261 pela autoestrada A25 (Google Maps,2016b).	17
Figura 8-Toyota Auris Híbrido	18
Figura 9-GPS WSTARZ.	20
Figura 10-VitalJacket (Biodevices. SA).	21
Figura 11-Estimativa de emissões CO, CO ₂ , HC e NO _x para os respetivos modos VSP para veículos a gasolina (NCSU,2002).	23
Figura 12-Estimativa das emissões para os respetivos modos VSP em veículos híbridos (Zhai et al.,2011).	24
Figura 13-Perfis de Velocidade e Aceleração do condutor1, trajeto1, no terceiro procedimento: a) velocidade, b) aceleração.	27
Figura 14-Resultados experimentais do condutor1, Trajeto1, no terceiro procedimento: a) velocidade, b) aceleração, c) emissões de CO ₂ , d) emissões de CO, e) frequência cardíaca.	29
Figura 15-Aproximação a uma viatura do condutor1, Trajeto1, no terceiro procedimento.	30
Figura 16-Perfis de Velocidade e Aceleração do condutor1, trajeto2, no segundo procedimento: a) velocidade, b) aceleração.	31
Figura 17-Resultados obtidos pelo condutor1, Trajeto2, no segundo procedimento experimental: a) velocidade, b) aceleração, c) emissões de CO ₂ , d) emissões do CO, e) frequência cardíaca.	33
Figura 18-Aproximação a um autocarro pelo condutor1, Trajeto2, no segundo procedimento.	34
Figura 19-Perfis de Velocidade e Aceleração do condutor1, trajeto3, no primeiro procedimento: a) velocidade, b) aceleração.	35
Figura 20-Modos VSP referentes ao condutor1 por trajeto e pelos procedimentos analisados.	36
Figura 21-Perfis de Velocidade e Aceleração do condutor2, trajeto1, na terceira monitorização: a) velocidade, b) aceleração.	38
Figura 22-Resultados obtidos pelo condutor2, Trajeto1, no terceiro procedimento: a) velocidade, b) aceleração, c) emissões de CO ₂ , d) emissões do CO, e) frequência cardíaca.	40

Figura 23-Entrada para uma rotunda pelo condutor2, Trajeto1, no terceiro procedimento.	41
Figura 24-Perfis de Velocidade e Aceleração do condutor2, trajeto2, na quarta monitorização:	
a) velocidade, b) aceleração.	42
Figura 25-Resultados obtidos pelo condutor2, trajeto2, na quarta monitorização: a) velocidade,	
b) aceleração, c) emissões de CO ₂ , d) emissões do CO, e) frequência cardíaca.	44
Figura 26-Rotunda efetuada pelo condutor2, Trajeto2, na quarta monitorização.	45
Figura 27-Perfis de Velocidade e Aceleração do condutor2, trajeto3, no terceiro procedimento:	
a) velocidade, b) aceleração.	46
Figura 28-Modos VSP referentes ao condutor2 por trajetos e pelos procedimentos	
experimentais analisados.	47
Figura 29-Perfis de Velocidade e Aceleração do condutor3, trajeto1, no primeiro procedimento:	
a) velocidade, b) aceleração.	49
Figura 30-Resultados obtidos pelo condutor3, trajeto1, no primeiro procedimento: a)	
velocidade, b) aceleração, c) emissões de CO ₂ , d) emissões do CO, e) frequência cardíaca.	51
Figura 31-Veículo de uma escola de condução (Condutor2, Trajeto1, primeiro procedimento).	52
Figura 32-Perfis de Velocidade e Aceleração do condutor3, trajeto2, no terceiro procedimento:	
a) velocidade, b) aceleração.	53
Figura 33-Resultados obtidos pelo condutor3, trajeto2, na terceira monitorização: a) velocidade,	
b) aceleração, c) emissões de CO ₂ , d) emissões do CO, e) frequência cardíaca.	55
Figura 34-Menor fluxo de tráfego (Condutor3, Trajeto2, Terceira monitorização).	56
Figura 35-Perfis de Velocidade e Aceleração do condutor3, trajeto3, na segunda monitorização:	
a) velocidade, b) aceleração.	57
Figura 36-Modos VSP referentes ao condutor3 por trajetos e pelos procedimentos	
experimentais analisados.	58
Figura 37-Perfis de Velocidade e Aceleração do condutor4, trajeto1, na primeira monitorização:	
a) velocidade, b) aceleração.	60
Figura 38-Resultados obtidos pelo condutor4, trajeto1, no primeiro procedimento: a) velocidade,	
b) aceleração, c) emissões de CO ₂ , d) emissões do CO, e) frequência cardíaca.	62
Figura 39-Aproximação a uma sinalização semaforizada, condutor4, trajeto1, no primeiro	
procedimento.	63
Figura 40-Perfis de Velocidade e Aceleração do condutor4, trajeto2, segunda monitorização: a)	
velocidade, b) aceleração.	64
Figura 41-Resultados obtidos pelo condutor4, trajeto2, no segundo procedimento: a) velocidade,	
b) aceleração, c) emissões de CO ₂ , d) emissões do CO, e) frequência cardíaca.	66
Figura 42-Rotunda efetuada pelo condutor4, Trajeto2, no segundo procedimento.	67
Figura 43-Perfis de Velocidade e Aceleração do condutor4, trajeto3, na primeira monitorização:	
a) velocidade, b) aceleração.	68
Figura 44-Modos VSP referentes ao condutor4 por trajetos e pelos procedimentos	
experimentais analisados.	69

Índice das Tabelas

Tabela 1-Cronograma referente às tarefas executadas durante a Dissertação de Mestrado....	13
Tabela 2-Parâmetros dos condutores.....	18
Tabela 3-Propriedades do motor de combustão interna (Toyota,2016).....	19
Tabela 4-Dados relativos ao motor elétrico (Toyota,2016).....	19
Tabela 5-Dados relativos à bateria do veículo (Toyota,2016).....	19
Tabela 6-Desempenho do veículo segundo o Fabricante (Toyota,2016).....	19
Tabela 7-Modos VSP e respetivos intervalos (NCSU,2002).....	22
Tabela 8-Fatores de emissão para veículos híbridos (Zhai et al.,2011).....	24
Tabela 9-Resultados obtidos em termos de duração e velocidade média em cada trajeto efetuado pelo condutor1.....	26
Tabela 10-Emissões e Consumos relativos aos procedimentos do condutor1, Trajeto1.....	27
Tabela 11-Dados referentes às frequências cardíacas médias obtidas no condutor1, Trajeto1.....	28
Tabela 12-Emissões e Consumos relativos aos procedimentos do condutor1, Trajeto2.....	31
Tabela 13-Dados referentes às frequências cardíacas médias obtidas no condutor1, Trajeto2.....	32
Tabela 14-Emissões e Consumos relativos aos procedimentos do condutor1, Trajeto3.....	35
Tabela 15-Dados referentes às frequências cardíacas médias obtidas no condutor1, Trajeto3.....	36
Tabela 16-Resultados obtidos em termos de duração e velocidade média pelo condutor2, nos três percursos.....	37
Tabela 17-Emissões e Consumos do condutor2, Trajeto1.....	38
Tabela 18-Dados referentes às frequências cardíacas médias do condutor2, Trajeto1.....	39
Tabela 19-Emissões e Consumos relativos aos procedimentos do condutor2, Trajeto2.....	42
Tabela 20-Dados referentes às frequências cardíacas médias do condutor2, Trajeto2.....	43
Tabela 21-Emissões e Consumos relativos aos procedimentos do condutor2, Trajeto3.....	46
Tabela 22-Dados referentes às frequências cardíacas médias obtidas no condutor2, Trajeto3.....	47
Tabela 23-Resultados obtidos em termos de duração e velocidade média pelo condutor3, nos três percursos.....	48
Tabela 24-Emissões e Consumos relativos ao condutor3, Trajeto1.....	49
Tabela 25-Dados referentes às frequências cardíacas do condutor3, Trajeto1.....	50
Tabela 26-Emissões e Consumos relativos do condutor3, Trajeto2.....	53
Tabela 27-Dados referentes às frequências cardíacas médias do condutor3, Trajeto2.....	54
Tabela 28-Emissões e Consumos do condutor3, Trajeto3.....	57
Tabela 29-Dados referentes às frequências cardíacas do condutor3, Trajeto3.....	58

Tabela 30-Resultados Obtidos em termos de duração e velocidade média pelo condutor4, nos três trajetos.....	59
Tabela 31-Emissões e Consumos relativos do condutor4, Trajeto1.	60
Tabela 32-Dados referentes às frequências cardíacas do condutor4, Trajeto1.....	61
Tabela 33-Emissões e Consumos relativos do condutor4, Trajeto2.	64
Tabela 34-Dados referentes às frequências cardíacas médias do condutor4, Trajeto2.	65
Tabela 35-Emissões e Consumos do condutor4, Trajeto3.....	69
Tabela 36-Dados referentes às frequências cardíacas médias do condutor4, Trajeto3.	70

Lista de abreviaturas

- a- Aceleração do Veículo [m/s^2]
- ACC- autonomous cruise control
- ADAS- Advanced driver assistance systems
- ATIS- Advanced traveler information systems
- CQNUAC- Convenção Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas
- DS- Driving simulators (Simuladores de Tráfego)
- DTALite- Dynamic traffic assignment
- E_{CO} – Fator de emissão de CO para uma dada monitorização [g/km]
- E_{CO_2} – Fator de emissão de CO_2 para uma dada monitorização [g/km]
- E_{HC} – Fator de emissão de HC para uma dada monitorização [g/km]
- ECG-Eletrocardiograma
- EOR- Eyes off Road (Olhos na Estrada)
- GDS- Green driving support system (Sistema de suporte à condução)
- GPS- Global positioning system (Sistema global de posicionamento)
- Grade- Declive da via [%]
- ITS- Intelligent transportation system (Sistema de transporte inteligente)
- IVBSS- Vehicle-Based Safety Systems (Sistema de segurança baseado em veículos)
- IVIS- Introduction In-vehicle information systems (Introdução de sistemas de informação de bordo)
- LDW- Loss damage waiver (Renúncia aos danos de perda)
- $Média_{CO}$ – Média de CO emitido durante uma determinada medição por intervalo de tempo [g/s]
- $Média_{CO_2}$ – Média de CO_2 emitido durante uma determinada medição por intervalo de tempo [g/s]
- $Média_{HC}$ – Média de HC emitido durante uma determinada medição por intervalo de tempo [g/s]
- Mt- Megatoneladas
- MTS- Microscopic traffic simulations (simulações de tráfego microscópicas)
- PIAC- Painel Intergovernamental sobre as Alterações Climáticas
- PND- Personal navigation device (dispositivo de navegação pessoal)
- TSMDS- Traffic simulator with multiple driving simulators (simulador de tráfego com vários simuladores de condução)
- OD- Origin Destination
- $Total_{CO}$ – Total de CO emitido durante uma determinada medição [g/s]
- $Total_{CO_2}$ – Total de CO_2 emitido durante uma determinada medição [g/s]
- $Total_{HC}$ – Total de HC emitido durante uma determinada medição [g/s]
- UE-União Europeia
- VSP- Vehicle Specific Power (potência específica do veículo)
- Δt – Intervalo de tempo [s]
- v - Velocidade do veículo [km/h]

1. Introdução e objetivos

1.1. Motivação

Nas últimas décadas tem-se constatado diversas alterações climáticas a nível mundial em consequência do aquecimento global. Apesar de não subsistirem provas irrefutáveis, a comunidade científica internacional indigita as atividades humanas como o maior responsável deste fenómeno.

O setor da energia, incluindo o dos transportes, mantém-se relativamente ao ano de 2013 como o primordial responsável pelas emissões de gases com efeito de estufa, representando cerca de 68% das emissões de gases a nível nacional, com um crescimento de 8% face aos anos noventa. Os transportes e a produção de energia são as fontes mais representativas, respetivamente com cerca de 24% e 23% em relação às emissões de gases nacionais, Figura 1 (APA, 2015).

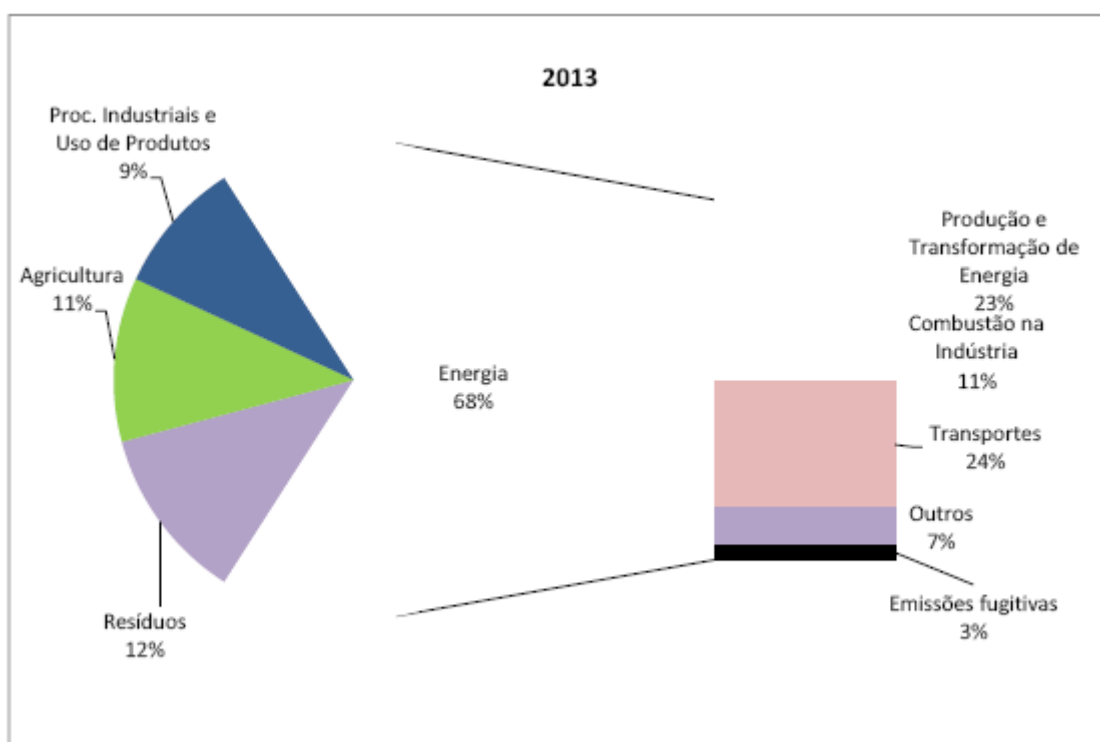


Figura 1-Diagrama relativo à produção nacional de dióxido de carbono (Agência Portuguesa do Ambiente, 2015).

De acordo com a mais recente atualização do Inventário Nacional de Emissões de 2015 (relativo ao ano 2013), as emissões de gases com efeito de estufa, não contabilizando as emissões da alteração do uso do solo e florestas estimadas em cerca de 65.3 Mt CO₂, aumentaram de 7.6% face a 1990 e diminuíram de 3% relativamente ao ano de 2012, como se analisa na Figura 2 (APA, 2015).

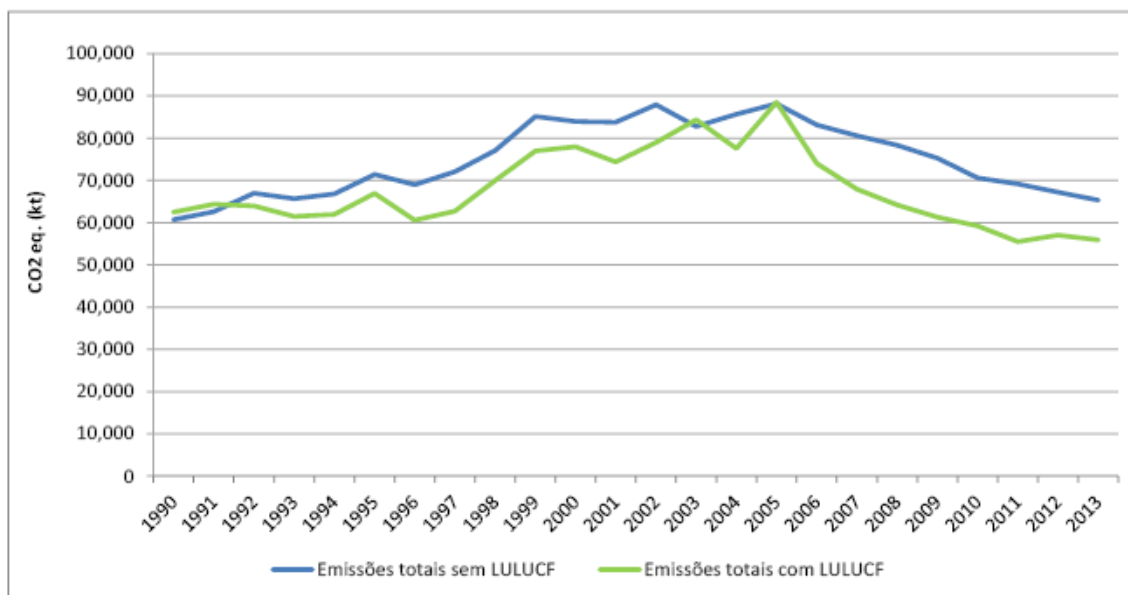


Figura 2-Emissões a nível nacional de gases com efeito de estufa (APA, 2015).

O setor dos transportes teve um crescimento no período entre 1990 e 2013 em cerca de 54%. No entanto tem havido uma redução das emissões de dióxido de carbono nos anos mais recentes (Figura 3), bem como das emissões de poluentes locais (APA, 2015), devido à implementação das normas EURO, como a redução das emissões de gases poluentes e redução dos consumos de combustíveis dos veículos ao longo dos anos.

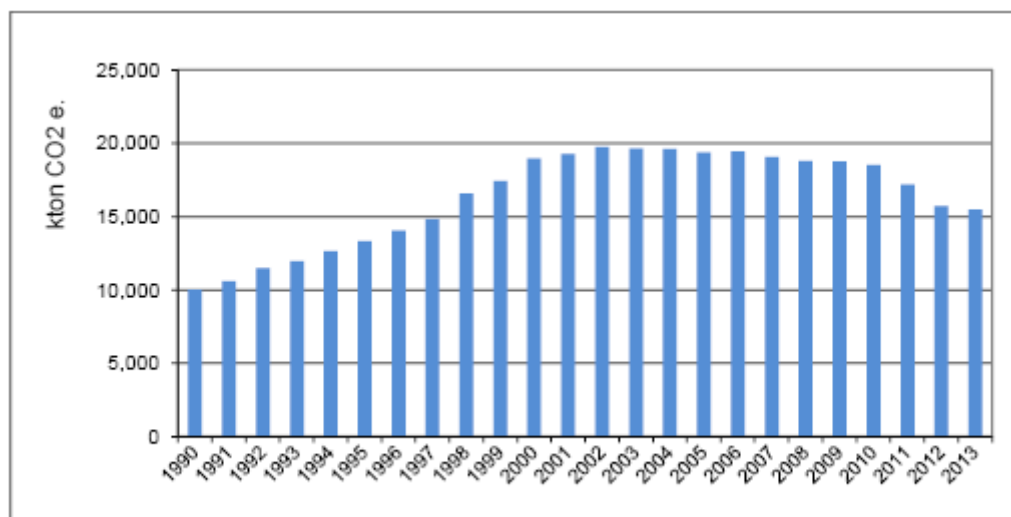


Figura 3-Emissões de gases poluentes no setor dos transportes. (APA, 2015).

O congestionamento do tráfego em cidades urbanas é outro dos fatores com maior relevância no setor dos transportes, com uma elevada incidência nas emissões de gases poluentes. Para tal, é imprescindível proceder a estudos e a avaliações de alternativas com o intuito perceber as causas dos congestionamentos para reduzir as emissões de gases poluentes. A utilização de transportes

públicos e a diminuição de veículos com um só condutor através da partilha de veículo são medidas a ter em conta. Além disso, o estado físico e psicológico do condutor está intimamente ligado à análise dinâmica do condutor e suas emissões. O facto de o condutor ingerir substâncias proibidas no seu organismo influencia também a sua condução, o que faculta a diminuição dos reflexos, a redução do campo visual e a diminuição da exploração visual, provocando visão dupla e redução da readaptação após encadeamento (Muniz, 2007). A falta de consciencialização e comportamentos negativos durante a condução são outros fatores a ter em conta, sendo de extrema importância avaliar medidas preventivas para a segurança rodoviária de forma a constituir uma base sólida para a diminuição da negligência relativamente ao tráfego rodoviário, aos demais condutores e ambiente em redor, contabilizando também os peões e os diversos obstáculos e sinalizações presentes num troço rodoviário (Coelho, 2009, Muniz, 2007).

A escolha do tema da presente Dissertação de Mestrado “Avaliação Experimental da Influência do Condutor no Desempenho Energético-Ambiental de Um Veículo” está intimamente ligada ao tráfego rodoviário, aos comportamentos dos condutores e ao ambiente exterior de um troço, sendo de extrema importância analisar a influência do condutor no desempenho do veículo num determinado percurso.

1.2. Objetivos

O principal objetivo desta Dissertação de Mestrado será analisar o comportamento do condutor (através da medição dos seus sinais vitais com o dispositivo Vitaljacket) e avaliar a sua influência no desempenho energético-ambiental do veículo. Como objetivos específicos pretende-se analisar um parâmetro referente aos condutores (frequência cardíaca), e relativamente ao veículo calcular emissões de gases poluentes e consumos em três trajetos rodoviários diferentes. Pretende-se corroborar a influência do condutor no comportamento do veículo em percursos reais, avaliando também a sua predisposição perante o ambiente que o rodeia e fatores momentâneos (tais como, operações policiais, obras na via pública, circulação de peões na via, entre outros). Outra das motivações com esta Dissertação é identificar os fatores vitais/corporais que afetam concretamente o desempenho do veículo.

Na fase experimental, recolheram-se dados vitais através da monitorização de condutores num veículo, com o auxílio do Vitaljacket (dispositivo eletrónico de recolha de dados vitais em tempo real) e a monitorização do desempenho da viatura nos trajetos propostos a partir de um GPS. Além disso, incorporaram-se duas câmaras de filmar para gravação do tráfego circundante, de forma a assistir eventuais eventos que possam influenciar a condução.

1.3. Estrutura da Dissertação

A presente Dissertação de Mestrado contém sete capítulos elementares para uma simples e perceptível compreensão do trabalho efetuado. No capítulo 1 dispõe-se a introdução e objetivos no enquadramento da influência de condutores no desempenho energético-ambiental de um veículo, apresentando a motivação e principais objetivos propostos. No capítulo seguinte dá-se ênfase à revisão bibliográfica inserida no âmbito da segurança e comportamentos rodoviários, condutores e sua influência na condução, simulações de tráfego e, emissões e consumos. O terceiro capítulo detém como finalidade expor a metodologia explorada e métodos usados no desenvolvimento desta Dissertação de Mestrado. O capítulo 4 consiste na discussão dos resultados obtidos durante a execução dos procedimentos experimentais subdivididos por condutor, disposto por trajetos e, análises da dinâmica do veículo, consumos energéticos, eletrocardiograma (ECG) e frequência cardíaca, por fim a análise comparativa dos resultados obtidos. O último capítulo consiste na apresentação das conclusões do trabalho efetuado e possíveis desenvolvimentos em trabalhos futuros.

2. Revisão Bibliográfica

Este capítulo tem como finalidade analisar a literatura desenvolvida na temática da presente Dissertação de Mestrado. A sonolência, os comportamentos rodoviários e as simulações de tráfego foram tidas em conta, consentindo uma suma compreensão do trabalho efetuado. Um outro ponto a abordar prendeu-se com os padrões de movimentação oculares e como estes influenciam a própria condução e o próprio condutor. Além do referido abordou-se conjuntamente as emissões de gases poluentes e consumos veiculares.

2.1. Comportamentos e segurança rodoviária

Os comportamentos rodoviários, a responsabilidade e autonomia de cada condutor num veículo estão na mesma linha de contacto. A este respeito o cumprimento das normas rodoviárias é considerado como uma garantia de segurança, tornando-se um problema de ordem pública. Auzoult et al. (2015) analisaram as intervenções das autoridades públicas e a organização da segurança rodoviária com as regras impostas na condução (controlo de velocidade, campanhas de prevenção e formação dos condutores) com o intuito de verificar que controlos rodoviários relativos à eficácia na segurança rodoviária possuem maior preponderância. Esta análise foi composta por 852 participantes com idade média de 34 anos, 52% mulheres e 48% homens (57% casados, 42% com crianças, 56% empregados e 38% estudantes). Os participantes efetuaram um questionário eletrónico sobre a perceção da eficácia na segurança rodoviária, intenções e comportamentos ligados ao excesso de álcool, velocidade e auto consciência na condução. A análise revelou que 74.3% dos inquiridos afirma que as penalizações e controlo de tráfego devem ser efetuadas por vigilância policial, 73.3% pelo equipamento de aferição no nível do álcool, 71.4% por penalizações relativamente ao nível de álcool, 71.6% por pontos penalizadores na carta de condução e 66.7% por excesso de velocidade. Uma outra forma de penalização era nitidamente menos consensual: controlo de velocidade automática (58%), com recurso a cursos de sensibilização (56%) e com campanhas de prevenção (46.6%). Do ponto de vista prático os resultados obtidos sugerem que as perceções da eficácia das intervenções rodoviárias devem ser na sua maioria efetuadas através da vigilância policial e pela perda de pontos na carta de condução.

A segurança rodoviária está igualmente relacionada com comportamento dos condutores, incluindo os troços e ambiente exterior. Como tal, é difícil implementar sistemas concretos para conduções seguras no complexo ambiente de tráfego baseados na sua dinâmica e sua cinemática. Contudo Wang et al. (2015) propuseram um novo conceito *The Driving Safety Field* (Campo de segurança na condução), fazendo uso de um ambiente rodoviário autêntico. O conceito é constituído por três frações: campo potencial (objetos imóveis nas estradas), campo cinemático (determinado pelos objetos em movimento) e o domínio comportamental (caraterísticas individuais dos condutores). O campo de segurança é composto pelas interações motorista-veículo-estrada e influências numa condução segura, com o intuito de estabelecer medidas de segurança e controlos

ativos dos veículos em ambientes de tráfego. Em comparação com os métodos de avaliação de condução existentes, o modelo proposto estabelece um maior número de fatores, o tráfego não é limitado apenas a situações concretas. Além disso, a segurança na condução é aplicada em situações de tráfego complexas e congestionamentos, fornecendo uma nova base para tecnologias de condução inteligentes.

Pesquisas recentes de sistemas de condução inteligentes (ITS) foram efetivadas com base na segurança de veículos, auxiliando o condutor a partir de sistemas sustentáveis de assistência ao condutor (ADAS), melhorando a segurança e comportamentos rodoviários. Uma das tecnologias é o *cruise control* (ACC) assim como, o sistema tecnológico *Loss Damage Waiver* (LDW), ou também como os sistemas de estacionamento, sensores e câmaras. Estes sistemas de apoio ao condutor têm vindo a sofrer uma grande evolução, contribuindo para uma condução mais segura como referem Noh et al. (2015).

2.2. Condutores e a sua influência nos padrões de condução

Num ambiente integrado de tráfego o fator humano é um dos três principais fatores elementares que influencia o comportamento rodoviário, além do veículo e do ambiente rodoviário. As características psicológicas e fisiológicas têm um especial impacto nas condições do ambiente rodoviário urbano. Wang et al. (2015) estudaram as condições psicológicas dos condutores num ambiente de tráfego urbano. Algumas condições típicas de tráfego urbano como o controlo do tráfego urbano (sinalizações semaforizadas, rotundas, passadeiras), ultrapassagens e passagens foram integrados na análise. Um dispositivo *The FaceLb Seeing Machine* de verificação da movimentação ocular foi utilizado, obtendo-se indicadores fisiológicos e visuais nas condições de tráfego em estrada urbana. O principal objetivo consistiu em analisar as características do condutor em condições típicas de um troço urbano. Para esse efeito o dispositivo referido recolheu os devidos dados em certas condições de tráfego, gerando parâmetros de movimentação ocular (abertura das pálpebras, tamanho da pupila, entre outros). A sua análise foi realizada em tempo real com um outro dispositivo *Vehicle Travelling*, tendo como finalidade a recolha de dados fisiológicos e visuais dos condutores num ambiente urbano. Com as análises efetuadas verificou-se que a movimentação ocular é elevada em condições adversas de tráfego, sendo a variação da amplitude ocular superior nesses casos.

A sonolência é um outro fator de grande preponderância relativamente aos fatores humanos numa condução, podendo provocar em inúmeras situações uma condução insegura. Estudos correntes afirmam que 20% dos acidentes são provocados pela sonolência durante a condução de um veículo (Connor et al., 2002, Kecklund et al., 2012, Nabi et al., 2006). As simulações de tráfego comprovam que a maior consciencialização advém dos condutores relativamente ao número de horas de sono, como comprova um estudo recente, Watling et al. (2015). Neste artigo examinou-se os sinais de sonolência nos condutores e até que ponto influencia o tráfego e a condução. O estudo consistiu num questionário telefónico com a participação de 1518 pessoas com idades superiores a

17anos, com experiências de sonolência na condução. Concluiu-se que 69.83% dos condutores continuam a conduzir apesar de níveis altos de sonolência, aumentam portanto o risco rodoviário. Além disso nos últimos anos 16,73% dos condutores relatam níveis de sonolência e 2,44% dos condutores tiveram acidentes rodoviários relacionados com a sonolência.

Um dos problemas intrínsecos prende-se com a falta de consciencialização por parte do condutor para cumprir as normas rodoviárias tal como, Palar e Delhomme (2014) constataram. Nesta investigação participaram cerca de 94 condutores, 53 do género masculino. Com o auxílio de um sistema de simulação de condução, verificou-se que os comportamentos de risco incidiam com maior percentagem em condutores com elevados níveis de *stress*. Por outro lado, Bella et al. (2016) analisaram a velocidade de um veículo na aproximação a passadeiras através de simulações de tráfego, comparando os efeitos comportamentais do condutor na dinâmica do veículo e diferentes contramedidas. O resultado obtido explicita que o condutor com visibilidade adequada consegue receber uma clara informação do perigo da aproximação de peões, adaptando a sua velocidade e prevenindo manobras perigosas.

Além do referido precedentemente, o uso do telemóvel por parte do condutor é um outro parâmetro contraproducente na condução. Um estudo recente, Dozza et al. (2015), refere que os jovens estão mais propensos a esse facto do que os condutores mais experientes segundo a metodologia aplicada (consistiu em avaliar 108 condutores de várias faixas etárias integrados no programa *Vehicle-Based Safety Systems (IVBSS)*).

Tal como Dozza et al. (2015), Saïfuzzaman et al. (2014) analisaram o impacto das conversas telefónicas em jovens condutores, utilizando-se um simulador de condução *CARRS-Q Advanced Driving Simulator*. A variação da velocidade, do espaçamento, da aceleração e da desaceleração aumentavam consoante o uso do telemóvel durante a condução. Portanto subsiste uma enorme importância na auto consciencialização por parte dos condutores relativamente à utilização de dispositivos móveis, sendo compensatório usar sistemas de *Bluetooth* integrados nos veículos com o intuito de diminuir a distração e reduzir os riscos de acidente.

As diferenças entre os padrões de movimentação oculares são frequentemente encontrados comparativamente a paradigmas passivos de visualização na condução. Mackenzie e Harris (2015) utilizaram um simulador de condução *Driving Simulator 2011*, para o estudo de um ambiente rodoviário, controlando as localizações e perigos do tráfego. Os riscos e obstruções aplicadas envolveram vários veículos que sob determinadas circunstâncias de condução causariam desacelerações, paragens ou mudanças de direção. Um dispositivo de rastreio ocular *Sr Eyelink 100* serviu de base à gravação dos movimentos oculares do condutor. O artigo apurou que os métodos de perceção ocular na condução nem sempre fornecem dados fiáveis, existindo a necessidade de destacar, treinar e avaliar o comportamento do condutor num veículo em condições concretas e práticas de tráfego urbano, constatando que a movimentação ocular durante a condução é influenciada por inúmeros fatores externos (congestionamento, estrada, veículos), quer por fatores internos (sonolência, distrações com os controlos do equipamento do veículo, passageiros) e pela iluminação da via.

2.3. Simulações de Condução

As simulações de tráfego rodoviário têm um elevado impacto na análise da predisposição do condutor num veículo numa determinada via rodoviária. Além disso serve de base à segurança rodoviária relativamente a novas tecnologias de comunicação veiculares e também em termos de ferramentas virtuais incorporadas num veículo.

2.3.1. Tecnologias de comunicação

A proliferação de novas tecnologias de comunicação tem vindo a aumentar a preocupação com a segurança na condução, com mais incidência nos jovens condutores que para além de serem os primeiros a adotar essas tecnologias, muitos não alcançaram ainda o grau de autonomia e de consciencialização na condução que caracteriza os condutores mais experientes. No entanto pouco ou nada se sabe sobre a natureza ou prevalência de comportamentos de condução de risco por fatores externos. Por esse facto Foss e Goodwin (2014) analisaram os comportamentos de risco e condições de distração na condução de jovens condutores. Para isso recrutaram 52 participantes (38 condutores jovens e 14 condutores mais experientes), equipando os condutores com gravadores discretos de dados durante um período de 6 meses. O artigo concluiu que 6.7% dos comportamentos de risco derivam da utilização de dispositivos eletrónicos, 6.2 % do ajustamento dos controlos do veículo e 3.8% em outros casos, os riscos na condução foram menos frequente na presença de passageiros. A relação entre distrações durante a condução, tanto por fatores externos e como por fatores internos difere mediante uma condução mais agressiva e menos cuidadosa com variação da velocidade, acelerações e desacelerações.

Em seguimento com o mencionado relativamente à predisposição dos condutores perante novas tecnologias de comunicação, Morris et al. (2015) analisaram os riscos de uma condução instável, influenciada por fatores externos. Para isso analisou o uso dos ecrãs incorporados no *tablier* dos veículos, sendo a pesquisa subdividida em dois grupos: no primeiro o sistema usado foi o PND (*personal navigation device*) que incorpora um sistema GPS e no segundo utilizaram um protótipo nomeado GDS (*green driving support system*) que incorpora também um GPS mas que contém vias rodoviárias *eco-friendly*. O estudo assegura que a maior percentagem da falta de concentração durante uma condução se deve ao PND, o mesmo se reproduziu no caso do GDS. Portanto é essencial encontrar formas de diminuir essa percentagem a partir de alterações na disposição dos dispositivos ou tornar a sua utilização mais intuitiva.

2.3.2. Ferramentas virtuais

As ferramentas virtuais têm sofrido um grande desenvolvimento relativamente à sua utilização em veículos. Em muitos casos estas tecnologias servem de apoio a diversas situações adversas numa condução mas por outro lado podem provocar distrações e condução instável. Com o objetivo

de aprofundar conhecimentos relativos ao uso destas tecnologias, Sun et al. (2015) investigaram a incorporação dessas mesmas em experiências reais com condutores (*Driving simulators* (DS)), incluindo simuladores de condução e de tráfego. As simulações virtuais têm sido integradas em diversas ocorrências rodoviárias, incluindo as performances dos condutores, sonolência, intoxicação, interação condutor/veículo, o *design* da estrada e o *design* do veículo. Como a maioria das simulações são sistemas autónomos de utilizador único, não se é simples analisar os comportamentos complexos de condutores, assim como as suas interações. Por outro lado, as simulações de troços rodoviários *microscopic traffic simulations* (MTS) são de extrema importância na análise comportamental, sendo a integração destes dois simuladores importante para o melhoramento das propriedades/características das simulações rodoviárias. O simulador DS integra um ambiente rodoviário realista e realiza interações entre veículos, fortalecendo a análise comportamental rodoviária. No caso do MTS não só calibra modelos de fluxo de tráfego fundamentais na simulação mas compara comportamentos veiculares orientados para o utilizador, como é o caso de modelos de simulação veiculares. O objetivo foi desenvolver uma plataforma que integra tanto o simulador de tráfego com vários simuladores de condução *Traffic Simulator with Multiple Driving Systems* (TSMDS) num ambiente urbano. O estudo referido agregou duas experiências, a primeira incide-se em experiências de congestionamentos recorrentes em ramos de acesso e a segunda análise insere-se numa experimentação de mudança de direção num cruzamento sinalizado em Xangai. Nesta simulação foram recrutados 27 condutores com idades compreendidas entre os 21 anos e os 50 anos. Na análise constata-se que o TSMDS não só permite a realização de simulações mais precisas, como também mais versáteis no comportamento da condução monitorizada, testando comportamentos complexos e interações multi-veiculares sobre um fluxo de tráfego realista. Os problemas da sincronização e do trajeto rodoviário assim como a troca de dados em tempo real são os maiores desafios na conceção e perceção desta plataforma. Esta análise conclui que tanto as respostas dos participantes como os comportamentos dos condutores são consistentes com a observação de campo e eficácia da plataforma integrada.

A adaptação comportamental também tem sido incluída no âmbito da utilização de dispositivos de bordo veiculares. Peng e Boyle (2015) analisaram o comportamento adaptativo dos condutores com dispositivos veiculares ao longo do tempo e em diversas situações de condução. O principal objetivo deste estudo consistiu em analisar tanto as positivas, como as negativas adaptações comportamentais do condutor em relação ao *Introduction In-vehicle information systems* (IVIS) através do tráfego rodoviário num período de sete dias. O estudo explicitou que o máximo *Eyes Off Road* (EOR) é obtido em tarefas de entrada de texto no dispositivo IVIS mas não em execuções de leitura durante a condução. A proporção de tempo EOR aumentou ao longo do tempo, tanto para as duas situações, sugerindo uma adaptação comportamental negativa face a tarefas visuais do condutor em relação a dispositivos de bordo veiculares. Uma limitação do estudo prendeu-se com o facto de cada condutor só realizar três tarefas com o IVIS durante um período de 7 dias, assumindo uma relação linear entre o aumento do padrão de movimentação ocular durante a condução e o uso crescente do IVIS.

2.4. Emissões e consumos

As emissões e consumos de um veículo estão intimamente ligados à seleção de uma determinada rota, constituindo um fator muito significativo na quantidade de combustível consumido e nas emissões de dióxido de carbono produzidas. Carvalho, (2011) estudou a influência da seleção de rotas em horas de ponta, selecionou-se dois circuitos urbanos, um em Aveiro e outro na cidade do Porto com recurso a um GPS e adquiriu-se os parâmetros dinâmicos do veículo. O estudo concluiu que as rotas mais poluentes nas horas de vazio também o são na hora de ponta, as autoestradas são a melhor opção para a redução das emissões de dióxido de carbono e as estradas nacionais são a melhor escolha para a diminuição de poluentes locais.

Bandeira et al. (2014) analisaram a distribuição sustentável dos fluxos de tráfego. As rotas *eco-friendly* têm como objetivo minimizar os custos de energia e consumos de combustível através de ferramentas de navegação inteligentes. Esta pesquisa utilizou um banco de dados fornecidos por um GPS com mais de 13.330km efetuados em seis percursos em nove rotas díspares. Simultaneamente, utilizaram duas abordagens diferentes para o cálculo dos gases poluentes CO, CO₂, HC e NO_x, uma com o cálculo das emissões segundo a segundo através do modelo VSP e a outra utilizando a Metodologia EMEP/EEA. Os resultados obtidos mostraram que dependendo das ligações associadas a um par OD, a rota *eco-friendly* pode diferir de acordo com o modelo do veículo e suas emissões.

Um outro estudo efetuado por Bandeira et al. (2013) abordou o impacto das tecnologias de infraestrutura e de gestão de tráfego nos consumos de combustível e emissões de gases poluentes, explorando uma forma de gerar informações e características das rotas para aquando a escolha de rotas. Desta forma, utilizaram um GPS para percorrer várias rotas de forma a recolher dados segundo a segundo, usando o modelo VSP para o cálculo das emissões e consumos. Além disso, utilizaram imagens de vídeo de cada monitorização efetuada por diferentes condutores em dois veículos, tendo estes percorrido percursos tanto urbanos e como interurbanos. O objetivo foi verificar a influência do condutor e dinâmica do veículo. Por fim, averiguou-se que a escolha de rotas afeta substancialmente as taxas de emissão dos poluentes CO, CO₂, HC e NO_x e, conduções mais suaves resultam em reduções consideráveis em termos de emissões. As rotas mais rápidas interurbanas são mais desejáveis em termos de consumos e emissões de CO₂. No entanto nestas rotas ocorreu um aumento do monóxido de carbono, do óxido nitroso e dos hidrocarbonetos em 150%.

Fontes et al. (2013) estudaram o impacto dos sistemas *Advanced Traveler Information Systems* (ATIS) em termos de consumo e emissões, avaliando o impacto do tráfego numa escala regional. Para avaliar as operações de tráfego e as emissões utilizaram o medo DTALite e, ainda o modelo EMEP/EEA. Os dados relativos à caracterização rodoviária foram recolhidos entre o Porto e Aveiro, em Portugal. De forma a garantir um boa calibração dos dados, elaboraram modelos estatísticos que comparam os fluxos de tráfego e os tempos de viagem. Uma plataforma de simulação foi também usada, avaliando o impacto do tráfego em dois tipos de vias, uma em

autoestrada e outra em estrada nacional. Os resultados demonstraram que o uso do sistema ATIS permite reduzir as emissões e consumos de energia em 2%. No entanto, a análise global da rede indica que se obtêm resultados diferentes dependendo do tipo de via rodoviária. Além disso, obtiveram uma regressão não linear entre a disponibilidade de informação e o impacto das emissões e consumos.

A Dissertação de Mestrado de Almeida (2010) abordou a monitorização experimental de rotas alternativas para veículos, analisando as emissões poluentes e outros fatores que influenciam a escolha de rotas. Das diversas conclusões obtidas, destaca-se que os trajetos urbanos tendem a provocar mais emissões, em contraponto aos percursos que recorrem a estradas nacionais. Em contrapartida, as vias alternativas às autoestradas são mais penalizadores em termos de tempo de percurso.

De uma forma geral, o autor não encontrou nenhum estudo em que se analisasse, em situações reais o comportamento do condutor e o veículo em termos de dinâmica, emissões e consumos, corroborando uma análise abrangente dos dois em simultâneo. Por esse facto a presente Dissertação tem um intuito inovador e de enorme interesse para futuras investigações.

3. Metodologia e Métodos

Neste capítulo descreve-se a metodologia adotada para a prossecução dos objetivos da presente Dissertação de Mestrado, bem como os métodos experimentais e numéricos utilizados.

A Tabela 1 indica a distribuição temporal das tarefas desenvolvidas durante a Dissertação.

Tabela 1-Cronograma referente às tarefas executadas durante a Dissertação de Mestrado.

Objetivos	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho
Tarefa 1					
Tarefa 2					
Tarefa 3					
Tarefa 4					
Tarefa 5					

As tarefas relativas ao cronograma antecedente são as seguintes:

- Tarefa 1-Revisão Bibliográfica: leitura técnica sobre monitorização experimental e modelos numéricos de cálculo de emissões de poluentes e consumos de combustível;
- Tarefa 2-Procedimento experimental: desenvolver ensaios experimentais em estrada, nos quais foram obtidos dados relativos aos sinais vitais de vários condutores, bem como a dinâmica instantânea de diferentes veículos;
- Tarefa 3-Utilização de modelos de consumos/emissões: “VSP – Vehicle Specific Power” (Zhai et al.,2011), baseado no conceito de Potência Específica do veículo, para determinar as emissões poluentes;
- Tarefa 4-Análise de resultados: comparar os resultados das emissões das diversas rotas estabelecidas com o desempenho e características dos diferentes condutores e veículos.
- Tarefa 5-Escrita da dissertação: ao longo do processo procede-se à escrita da dissertação estruturando-a consoante as várias fases necessárias.

De seguida apresenta-se o fluxograma representativo da metodologia utilizada no âmbito da presente Dissertação de Mestrado para uma perceção mais clara e intuitiva das tarefas a desenvolver (Figura 4).

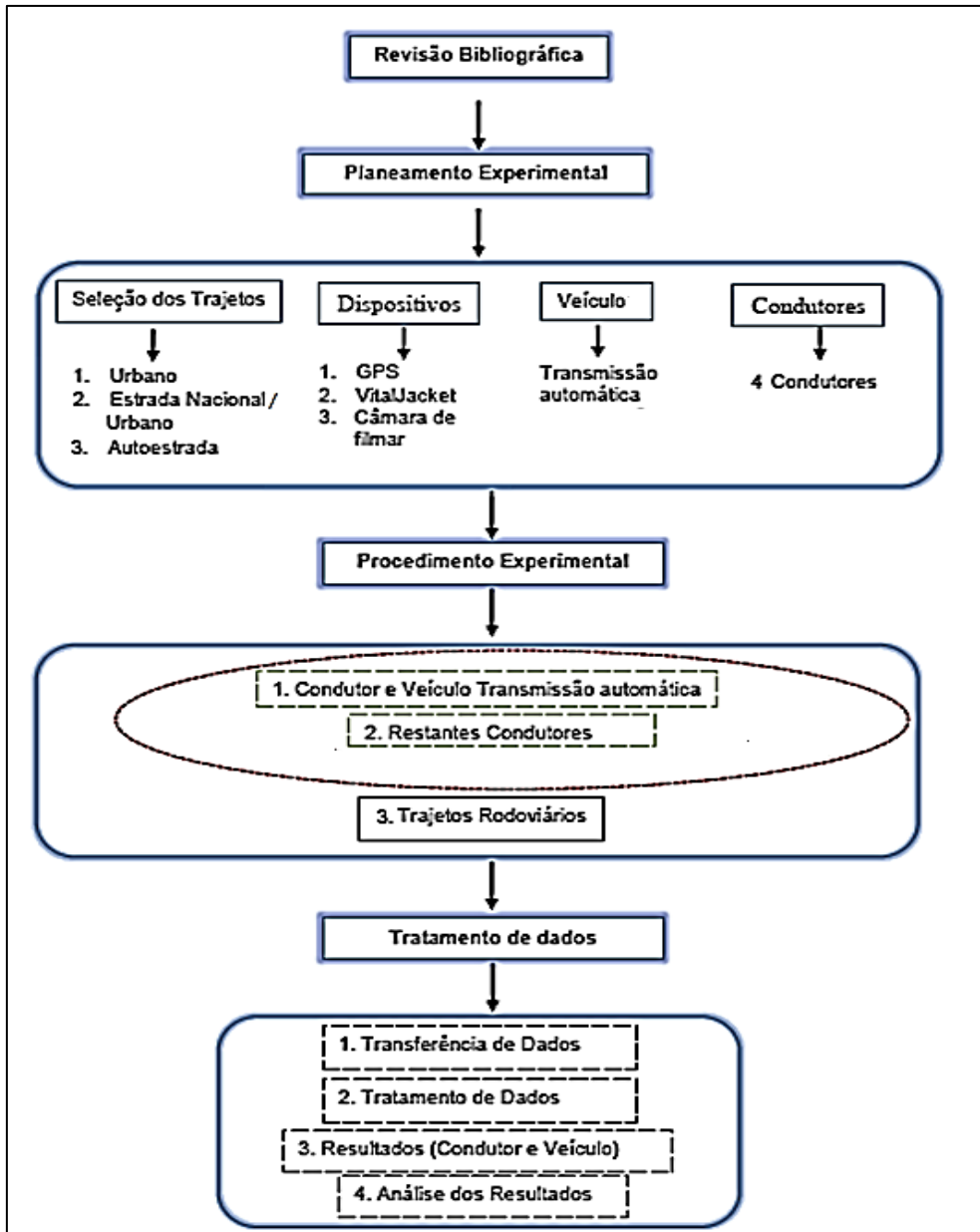


Figura 4-Metodologia da Dissertação.

3.1. Caracterização dos Trajetos

O tráfego rodoviário é composto por condutores em veículos que interagem de uma forma diferenciada entre si, sendo integrados pelos elementos constituintes das vias e pelo ambiente que os circunda. Os veículos num trajeto rodoviário não se comportam de forma uniforme, cada condutor diferencia-se entre si relativamente aos estímulos exteriores, interagindo também de forma diferenciada com o veículo, tendo cada qual comportamentos pré-estabelecidos intrinsecamente. Desta forma torna-se difícil planear um dado fluxo de tráfego, que não só envolve as características do veículo mas também os comportamentos dos condutores que na sua maioria não são tidos em

conta. O tráfego rodoviário é caracterizado por três variáveis macroscópicas: fluxo de tráfego, velocidade e densidade. O primeiro define-se como o número de veículos que circulam numa determinada via durante um período de tempo, que em situações de elevado tráfego provoca congestionamentos (aumenta a razão entre veículos por unidade de tempo). A densidade de tráfego engloba o número de veículos que ocupam uma determinada secção de uma via e a velocidade relativa ao veículo (Silva C., 2006).

A metodologia acomoda a recolha de dados da presente Dissertação dependendo tanto dos objetivos propostos como dos trajetos delimitados e dos dispositivos utilizados para o desenvolvimento desta mesma. Assim, consideram-se três percursos de tráfego rodoviário com diferentes condições de fluxo de tráfego e analogamente o número de veículos a circular numa determinada hora, obtendo uma criteriosa avaliação dos trajetos. Com vista a qualificar as vias rodoviárias é essencial ter em conta alguns critérios de caracterização dos troços dos diferentes percursos, como é referido na Dissertação de Almeida, 2010. De seguida denomina-se os fatores a avaliar nos percursos:

- i. Distância entre as vias;
- ii. Envolvente (residencial, comercial/ serviços, industrial);
- iii. Tipo de via (urbana, estrada nacional e autoestrada);
- iv. Limites de velocidade;
- v. Número de vias;
- vi. Interseções;
- vii. Pavimento;
- viii. Densidade de peões.

Posteriormente a esta análise procedeu-se à seleção dos troços para a monitorização de condutores num veículo. O trajeto1 abrange a Avenida Artur Favara, seguindo-se a Avenida 25 de Abril e, posteriormente Rua Mário Sacramento até à Rua de Ovar 4 num total de 2,3km (Figura 5). O percurso é caracterizado por um tráfego intenso em horas de ponta, na maioria dos casos provocando alguns congestionamentos. Além disso o trajeto referido abrange diversas singularidades na infraestrutura como interseções semaforizadas, rotundas, passadeiras, entre outros. Além disso, o percurso tem uma elevada densidade de peões por ser um circuito urbano, a sua envolvente é constituída na sua maioria por residências e edifícios de comércio/serviços. O fluxo de tráfego é de cinquenta veículos a cada 15min em hora de cheio e de vinte veículos em horas de vazio.

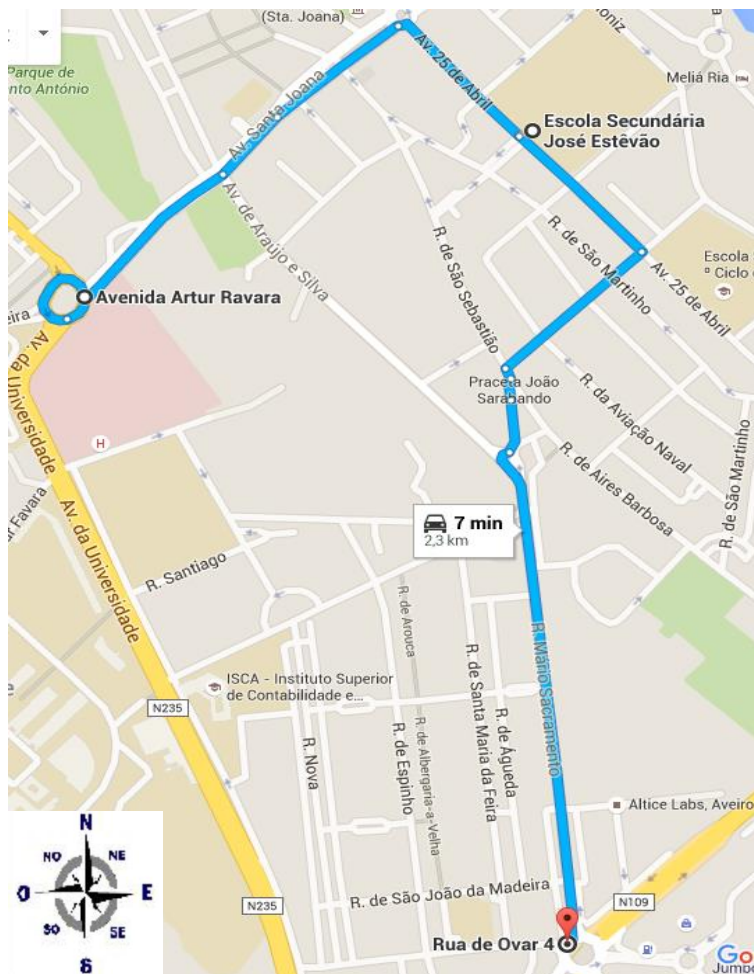


Figura 5-Trajeto1 Avenida Artur Ravara até Rua de Ovar 4 (Google Maps, 2016).

O trajeto2 é delimitado pela Avenida Artur Ravara seguindo em direção ao Forum Aveiro, sequentemente a Avenida Doutor Lourenço Peixinho nacional até à rua Luís de Camões 41 pela estrada nacional N109, tendo uma extensão de 8,8km (Figura 6). Este trajeto comparativamente ao percurso precedente possui um tráfego mais elevado nomeadamente na estrada nacional N109 com limites de velocidade que variam entre 50km/h e 70km/h, pavimento em melhor estado, densidade de peões menor e maior número de interseções rodoviárias (rotundas, sinalizações semaforizadas, passadeiras). Este trajeto é de interesse peculiar, uma vez que o condutor teoricamente poderá reagir de forma diferente perante as duas situações de tráfego na parte urbana e a outra em estrada nacional, podendo-se corroborar diferentes avaliações dos ambientes rodoviários. Em horas de vazio o fluxo de tráfego é de cinquenta viatura em cada 15min e de 120 viatura a cada 15min em hora de cheio.

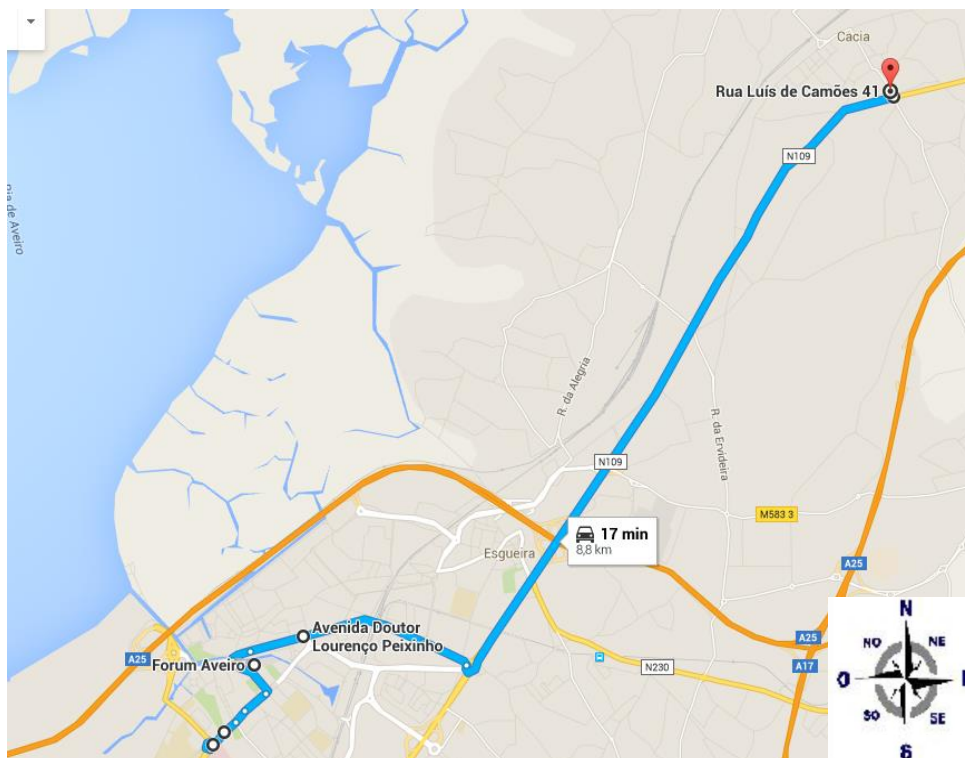


Figura 6-Trajeto2 entre a Avenida Artur Ravara e até à Rua Luís de Camões 41 (Google Maps, 2016a).

O último troço rodoviário será efetuado pela autoestrada A25, trajeto com 8,3km (Figura 7). O trânsito nesta via é mais fluído, com menos congestionamento e menos número de veículos a circular, ausência total de peões, maior número de vias, pavimento com melhores condições e menor número de interseções. A velocidade de circulação nesta via poderá variar entre os 50km/h e 120km/h, subsiste uma maior preponderância relativa ao excesso de velocidade. Esta evidência incita a ocorrências graves em termos de acidentes rodoviários. Por todos estes factos torna-se essencial avaliar a monitorização do condutor num veículo neste tipo de trajeto rodoviário. Em relação ao fluxo de tráfego, este é de quinze viatura em cada quinze minutos em hora de vazio e de 30 viatura em hora de cheio.

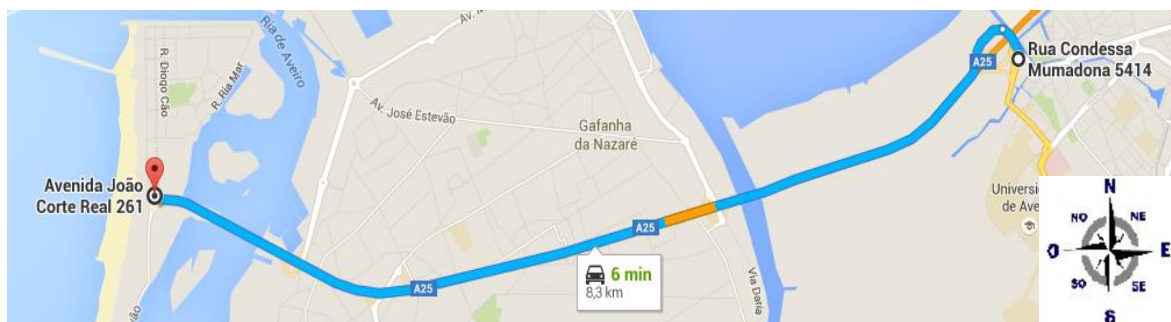


Figura 7-Trajeto3 entre a Rua Condessa Mumadona 5414 e a Avenida João Corte Real 261 pela autoestrada A25 (Google Maps,2016b).

3.2. Condutores e Veículo de teste

Este subcapítulo delimita o número de condutores utilizados no caso presente de estudo que serão quatro, com particularidades quer físicas e psicológicas (Tabela 2).

Em relação ao veículo utilizado no presente trabalho, este foi um veículo híbrido, Toyota Auris, com transmissão automática cedido pela Toyota Caetano Auto de Aveiro (Figura 8).

É de salientar que o facto de um condutor utilizar com menos frequência um veículo com transmissão automática permitirá estabelecer respostas físicas e psicológicas perante esse novo cenário, que poderá incitar a *stress* e a descoordenação na condução, condutas díspares e respostas diferenciadas.

Tabela 2-Parâmetros dos condutores.

Condutor	Idade	Género	Anos CC (*)	Experiência com veículo com transmissão automática
1	26	Masculino	8	Nunca Conduziu
2	25	Masculino	7	Nunca Conduziu
3	26	Masculino	7	Nunca Conduziu
4	30	Masculino	12	Conduziu

(*) Anos com carta de condução



Figura 8-Toyota Auris Híbrido.

De seguida são descritas as principais características do veículo, segmentadas pelo motor de combustão interna (Tabela 3), o motor elétrico (Tabela 4) e as baterias híbridas (Tabela 5). A Tabela 6 representa o desempenho energético e o nível de emissões de dióxido de carbono do veículo.

Tabela 3-Propriedades do motor de combustão interna (Toyota,2016).

Motor	Combustão Interna
Número de cilindros	4 em Linha
Mecanismos de válvulas	16 Válvulas DOHC,VVT-i
Sistema de injeção	Injeção eletrônica de combustível (EFI)
Cilindrada	1798 ccm
Diâmetro*Curso	8035*88,3 mm
Taxa de compressão	13.0: 2
Potência máxima	136 cv
Binário Máximo	142/4000-4000 Nm@Rpm

Tabela 4-Dados relativos ao motor elétrico (Toyota,2016).

Motor	Elétrico
Tipo	Motor síncrono de magneto permanente
Voltagem Máxima	650 v
Potência Máxima	60 kw
Binário Máximo	207 Nm

Tabela 5-Dados relativos à bateria do veículo (Toyota,2016).

Bateria	Híbrida
Tipo	Hidretos metálicos de níquel
Voltagem (nominal)	201,6 v
Nº de módulos	28
Capacidade	6,5 Ah

Tabela 6-Desempenho do veículo segundo o Fabricante (Toyota,2016).

Consumo combinado	3,6 l/100km
Consumo urbano	3,5 l/100km
Consumo extra-urbano	3,5 l/100km
CO2 (ciclo combinado)	82 g/km
CO2 (ciclo urbano)	82 g/km
CO2 (ciclo extra-urbano)	81 g/km
Tipo de combustível	Gasolina

3.3. Métodos experimentais

Além da delimitação dos troços, do número de condutores e veículo a utilizar descrevem-se nesta secção os dispositivos para a aquisição de dados. Assim, utilizou-se um recetor de GPS para recolha de dados da dinâmica do veículo e o VitalJacket para avaliar as características e comportamentos do condutor perante cenários de tráfego adversos e momentâneos.

Um dos dispositivos mais importantes relativamente ao desempenho dinâmico do veículo é o recetor de GPS (“*Global Positioning System*”) que permite corroborar o trajeto delimitado e recolher os dados da dinâmica do veículo tal como, a velocidade do veículo, posicionamento (latitude, longitude e altura geométrica) e horário, (Colunista Portal, 2013). Desde dos primeiros recetores do GPS, tem ocorrido um crescente lançamento de aplicações topográficas, cartográficas e de navegação, face às suas vantagens em termos de precisão. (Bernardi e Landim, 2002). Para recolher os dados relativos à dinâmica do veículo como velocidade instantânea, aceleração e desaceleração e condições topográficas (latitude, longitude e declive) utilizou-se o GPS WSTARS Travel Recorder (Figura 9) com o auxílio do software Qstarz.



Figura 9-GPS WSTARZ.

O Vitaljacket (Colunas et al.,2011) serve de suporte à recolha dos dados vitais dos condutores, sendo um dispositivo eletrónico com sensores que captam os sinais vitais/corporais dos condutores, monitorizando o ritmo cardíaco em tempo real tal como, a respiração, a saturação de oxigénio, a postura, a temperatura corporal, adquirindo também um sinal de Eletrocardiograma (ECG), sendo apenas utilizado o último parâmetro na presente Dissertação. Os sinais vitais do condutor são captados através de eléctrodos integrados na estrutura de uma camisola, que combina tecnologias não intrusivas para o corpo humano. A sua transmissão pode ser realizada em tempo real através da tecnologia *bluetooth* ou armazenados em pequenos cartões de memória. Portanto é possível retratar a atividade cardíaca do condutor ao longo do percurso. Este conceito foi criado e especificado com base na longa experiência e tradição em instrumentação biomédica e telemedicina dos grupos de I&D do IEETA, Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro da Universidade de Aveiro e por uma empresa de tecnologia, Biodevices.SA (Colunas et al.,2011). O *software* utilizado para avaliar e analisar os diversos dados ECG de cada condutor é o VJ Holter Reader 2.1 disponibilizado pela Biodevices SA. Além do referido *software* utilizou-se o Matlab para efetuar os gráficos referentes a cada ECG dos vários procedimentos experimentais e, também para

realizar os cálculos inerentes à frequência cardíaca, tendo sido obtidos com o auxílio das seguintes equações (1), (2) e (3),

$$RR = (Amplitude2 - Amplitude1) * 2, \quad (1)$$

$$HR = \frac{60.000}{RR}, \quad (2)$$

$$MédiaHR = \frac{TotalHR}{N^{\circ} TotalHR}, \quad (3)$$

em que o RR (amplitude do referente intervalo) é multiplicado por 2 por via de cada amostra corresponder a 2 milissegundos e o HR corresponde à frequência cardíaca de um determinado intervalo de tempo.

Colunas et al. (2011) avaliaram o dispositivo Vitaljacket, expondo o seu funcionamento, as suas características e os seus fundamentos perante este dispositivo face a outros. Uma das razões para o desenvolvimento da investigação referida prendeu-se com o comportamento do condutor, garantindo níveis superiores de segurança e sustentabilidade ambiental em sistemas de transporte inteligentes com o *Vitaljacket*, verificando que o sistema proposto é adequado não só para caracterizar o condutor, mas para identificar e mapear um determinado tráfego rodoviário. Rodrigues et al. (2010) utilizaram o Vitaljacket com dispositivos móveis, para monitorizar os sinais vitais de vários indivíduos. O objetivo consistiu primeiramente no apoio aos indivíduos num cenário operacional com o intuito de processar a fadiga e o nível de *stress*, tendo como finalidade examinar e comparar indivíduos num mesmo cenário.



Figura 10-VitalJacket (Pereira (2010)).

Por outro lado nesta Dissertação de Mestrado foi essencial avaliar alterações súbitas na via pública ou ocorrências que pudessem perturbar o condutor. Para tal, usou-se uma câmara de filmar

incorporada num Android que serviu de apoio à monitorização do condutor e uma outra câmara de filmar para avaliar o tráfego circundante ao veículo-teste durante os vários trajetos.

A base de dados obtida com o Vitaljacket e o GPS poderá sofrer variações espontâneas dos dados obtidos durante a condução como por exemplo o facto de subsistir na estrada uma operação policial, incitando comportamentos díspares do condutor em termos da frequência cardíaca. Além do referido possibilitará apurar se sucedem alterações dos trajetos (obras na via, pavimento irregular, vias cortadas).

3.4. Métodos numéricos

Um dos métodos utilizados na presente Dissertação de Mestrado foi o modelo para o cálculo das emissões de poluentes, baseado no conceito de potência instantânea por unidade de massa de um veículo, denominado de VSP (*“Vehicle Specific Power”*) (NCSU, 2002). Esta potência específica foi desenvolvida por Jiménez-Palacios (1998) e calculada a partir da seguinte equação:

$$VSP = v * (1.1 * a + 9.81 * \text{grade} + 0.132) + 3.02 * 10^{-4} * v^3, \quad (4)$$

a partir da velocidade (v), da inclinação (grade) e da aceleração (a) obtidos a partir do recetor de GPS.

Precedentemente ao cálculo do VSP, é possível calcular as emissões poluentes em que a cada valor de VSP é atribuído um determinado modo VSP num delimitado intervalo (Tabela 7). Os seus valores permitem verificar qual o valor de emissão dos gases poluentes (CO, CO₂, HC e NO_x).

Tabela 7-Modos VSP e respetivos intervalos (NCSU,2002).

Modos VSP	Intervalos VSP
1	VSP <-2
2	-2<=VSP <0
3	0<=VSP <1
4	1<=VSP <4
5	4<=VSP <7
6	7<=VSP <10
7	10<=VSP <13
8	13<=VSP <16
9	16<=VSP <19
10	19<=VSP <23
11	23<=VSP <28
12	28<=VSP <33
13	33<=VSP <39
14	39<=VSP

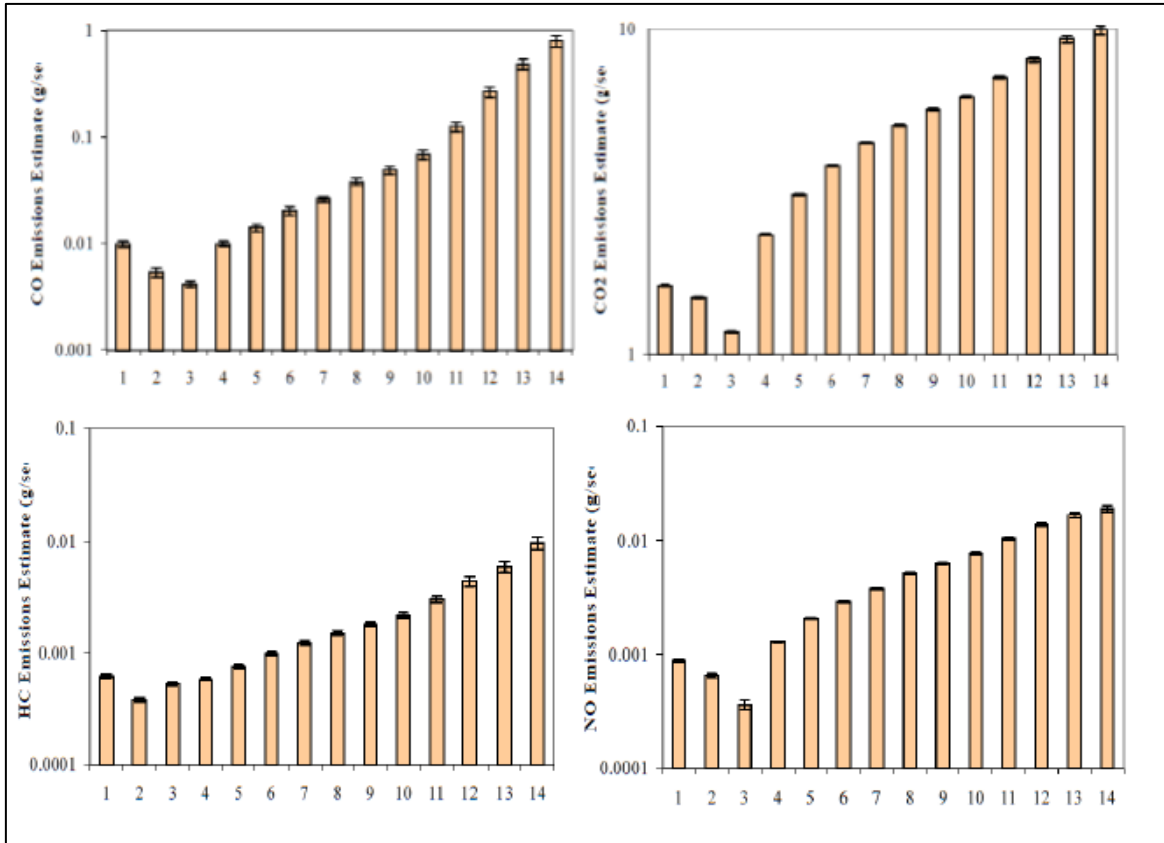


Figura 11-Estimativa de emissões CO, CO₂, HC e NO_x para os respectivos modos VSP para veículos a gasolina (NCSU,2002).

Depois segue-se o cálculo do valor VSP (equação (4)) a partir da Tabela 7, atribuindo-se o respetivo modo VSP e associando-se o valor de emissão de CO, CO₂, HC a partir da Figura 11.

Para o cálculo da média de consumo de combustível para um veículo híbrido (C_{Comb}) durante uma determinada rota, utilizou-se a seguinte equação (Adaptado de Neves, 2014),

$$C_{Comb} = \left(\frac{\left(\frac{E_{CO_2}}{44,011} + \frac{E_{CO}}{28,011} + \frac{E_{HC}}{13,85} \right) * (12,011 + 1,008 * r_{H:C})}{\rho_{Comb_{gasolina}}} \right), \quad (5)$$

a partir dos fatores de emissões de gases poluentes (E_{CO} , E_{CO_2} , E_{HC}), o rácio H:C é 1,8 para veículos a gasolina e a densidade da gasolina ($\rho_{Comb_{gasolina}}$) é 737 Kg/m³ (Adaptado de Neves, 2014).

Os veículos híbridos possuem uma tecnologia inovadora relativamente ao consumo de combustível, conciliando um motor de combustão interna com motores elétricos e baterias. Para a modelação das emissões para veículos híbridos utilizou-se o estudo de Zhai et al. (2011), no qual desenvolveu um algoritmo comportamental para o motor de combustão interna do híbrido tal como a calibração das emissões modais dos modos VSP para corroborar a dinâmica do veículo e suas emissões. Como referido por Neves (2014) o referido estudo possui uma limitação pelo facto de não terem sido elaboradas medições para modos VSP 12, 13 e 14 normalmente obtidas em

estradas nacionais e autoestradas. Apesar disso utilizou-se os dados disponibilizados pelo estudo de Zhai et al., 2011.

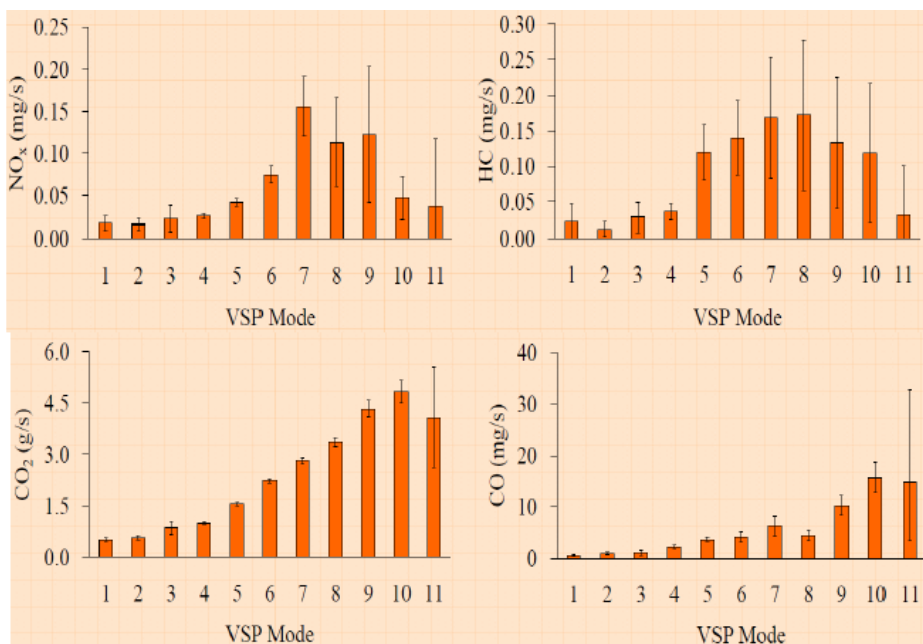


Figura 12-Estimativa das emissões para os respetivos modos VSP em veículos híbridos (Zhai et al.,2011).

Tabela 8-Fatores de emissão para veículos híbridos (Zhai et al.,2011).

Modos VSP	CO₂ (g/s)	CO (mg/s)	HC (mg/s)
1	0,435	0,128	0,322
2	0,504	0,206	0,225
3	0,092	0,019	0,039
4	0,969	0,524	0,444
5	1,67	0,49	0,644
6	2,263	0,582	0,857
7	2,82	0,446	0,97
8	3,294	0,938	1,101
9	3,83	0,366	1,346
10	4,259	0,348	0,36
11	4,444	0,461	1,303
12	5,148	0,182	1,516
13	5,598	0,119	1,546
14	6,215	0,065	1,697

4. Resultados e Discussão

Este capítulo engloba os resultados experimentais adquiridos nesta Dissertação de Mestrado. Numa primeira fase procede-se à exposição dos mesmos e seguidamente a sua discussão pormenorizada, comparando os diversos resultados obtidos nos trajetos pelos vários condutores. Além disso, comparar a dinâmica e emissões do veículo consoante os condutores e trajetos predefinidos.

O objetivo será corroborar uma ampla avaliação e análise da influência dos condutores no desempenho energético e ambiental do veículo. Recorreu-se a diversos fatores dinâmicos tais como, velocidade, aceleração, desaceleração, bem como o consumo energético do veículo. Em relação aos condutores os fatores preponderantes utilizados baseiam-se no ECG (retirado a partir do VitalJacket), calculando os valores máximos da frequência cardíaca e também a sua média por trajeto.

Nos próximos subcapítulos descrevem-se relativamente a cada um dos quatro condutores as medições obtidas nos três trajetos considerados. Também será efetuada uma análise comparativa sobre os dados recolhidos, de forma a comparar os parâmetros relativos ao condutor e desempenho energético-ambiental do veículo, não efetuada no Trajeto3 por via do menor fluxo de tráfego e volume de tráfego mais baixo.

Para cada trajeto irá-se apresentar 3secções:

- (1) Dinâmica do veículo- o foco será nos perfis de velocidade e de aceleração/desaceleração com o auxílio do GPS, apenas numa das quatro monitorizações efetuadas por via do fluxo de tráfego, número de interseções rodoviárias e comportamentos díspares do condutor.
- (2) Consumos Energéticos- o foco será nas emissões dos gases poluentes CO₂, CO e HC e, respetivo consumo de combustível respeitante à atividade experimental do referido trajeto. De forma a corroborar uma ampla e precisa análise dos consumos, constatando as consequências relativas às velocidades e acelerações anteriormente analisadas, com os consumos obtidos perante os vários procedimentos experimentais.
- (3) ECG e Frequência Cardíaca – o foco baseia-se na análise ECG do condutor no respetivo trajeto medidos com suporte no VitalJacket e na frequência cardíaca adquirida conforme as equações (1), (2) e (3), com o auxílio do *software* Matlab.
- (4) Análise Comparativa – o foco é na comparação dos perfis de velocidade, perfis de aceleração, emissões de CO₂ e CO e, também as frequências cardíacas registadas ao longo do percurso no terceiro procedimento experimental. O principal objetivo é verificar de que forma o condutor influencia o desempenho energético-ambiental do veículo e como este se comporta ao longo do trajeto. Contudo, não se efetua esta análise no trajeto3, percurso em autoestrada, por via da maior fluidez de tráfego, inexistência de interseções rodoviárias e pela pouca densidade de trânsito.

Nos Anexos estão expostos as restantes medições realizadas por cada condutor e em cada trajeto.

4.1. Condutor1

Com Tabela 9 pode-se verificar que o trajeto1 possuiu a menor velocidade média ao longo do percurso, com uma duração superior ao percurso em autoestrada, trajeto3, e inferior ao percurso urbano e em estrada nacional, trajeto2. Além disso, constata-se que o trajeto2 é o mais longo, cerca de 8,8km e, com uma duração superior a 30% comparativamente aos restantes percursos. Por outro lado, o percurso em autoestrada detém velocidades médias mais elevadas, como é de esperar.

Tabela 9-Resultados obtidos em termos de duração e velocidade média em cada trajeto efetuado pelo condutor1.

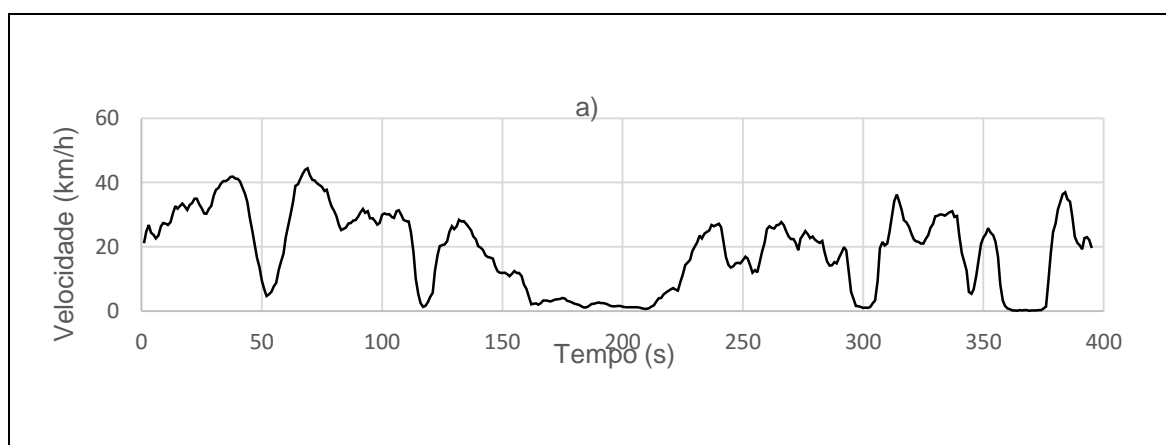
Trajeto	Duração Média (min)	Duração Total (min)	Velocidade Média (km/h)
1	5,94	23,75	21,22
2	16,03	64,13	33,72
3	4,86	19,43	99,11

4.1.1. Trajeto1

De seguida apresenta-se as medições e resultados obtidos pelo condutor1 ao longo do trajeto1, nos procedimentos experimentais efetuados.

(1) Dinâmica do Veículo

A velocidade máxima foi de 44,39km/h e a velocidade média de 18,75km/h na terceira monitorização experimental, a mais baixa comparativamente às. Tal facto deveu-se em parte à duração e velocidades referentes às várias imobilizações da viatura (Figura 13 a)). O perfil de aceleração teve um máximo de $2,79m/s^2$ e a desaceleração máxima foi de $-2,39m/s^2$, obtidas em sinalizações semaforizadas em locais distintos, tal como se pode observar na Figura 13 b).



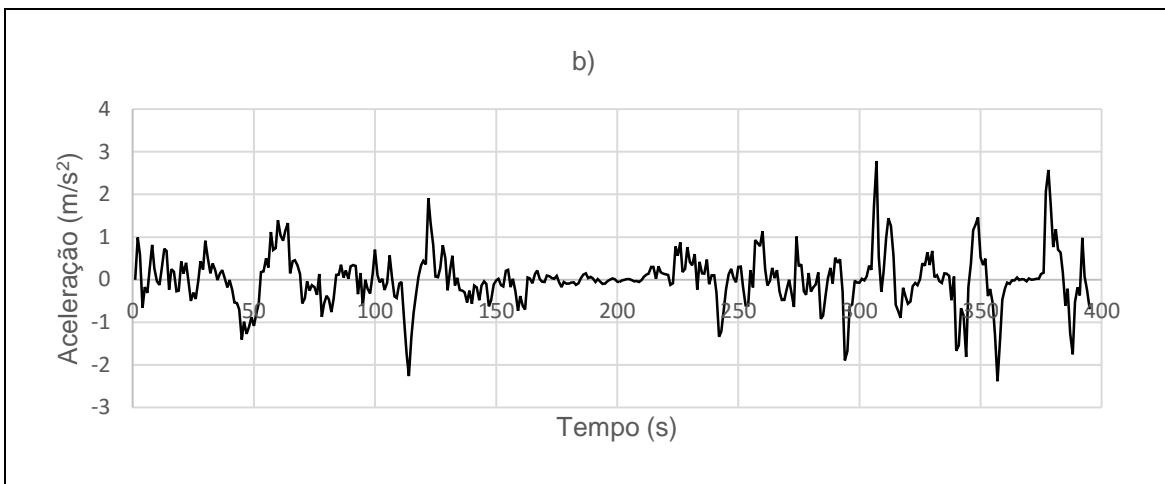


Figura 13-Perfis de Velocidade e Aceleração do condutor1, trajeto1, no terceiro procedimento: a) velocidade, b) aceleração.

(2) Consumo Energético

Nesta secção, constata-se que o trajeto urbano detém consumos de combustível por quilómetro entre 0,05l/km e 0,054l/km, como se observa na Tabela 10. Por outro lado, os procedimentos experimentais com valores mais elevados relativamente às emissões de gases poluentes, possuem maior consumo de combustível por quilómetro ao longo do percurso.

Tabela 10-Emissões e Consumos relativos aos procedimentos do condutor1, Trajeto1.

Nº Viagem	Emissões Totais			Emissões/km			Consumo (l/100km)
	CO ₂ (g)	CO (g)	HC (g)	CO ₂ (g/km)	CO (g/km)	HC (g/km)	
1	275,185	98,666	119,676	119,65	42,898	52,033	5,0
2	292,832	93,242	122,719	127,32	40,540	53,356	5,4
3	291,000	102,728	127,937	126,52	44,664	55,625	5,3
4	296,934	107,278	128,928	129,1	46,35	56,1	5,4

(3) ECG e Frequência Cardíaca

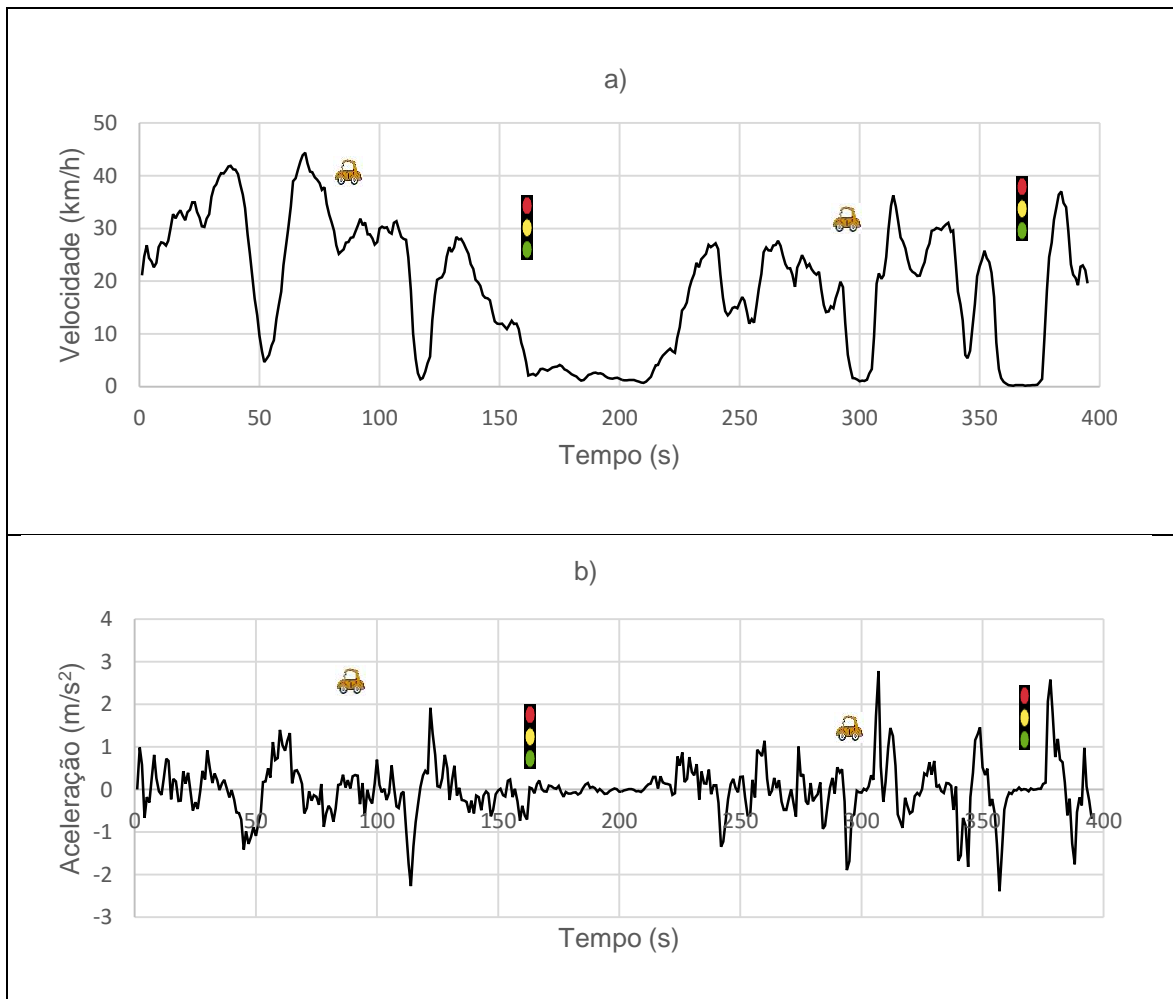
No procedimento experimental do condutor1 no primeiro trajeto verifica-se que a frequência cardíaca média em cada procedimento experimental teve valores muito próximos, sendo a primeira monitorização a com maior frequência cardíaca média como se verifica na Tabela 11, tendo o valor de 85bpm em repouso. Esse valor advém em parte de uma imobilização com maior duração durante a aproximação a uma sinalização semaforizada, observado com o auxílio das câmaras de filmar.

Tabela 11-Dados referentes às frequências cardíacas médias obtidas no condutor1, Trajeto1.

Monitorização	Frequência Cardíaca Média (bpm)
1	86,065
2	84,982
3	84,563
4	83,939

(4) Análise Comparativa

Esta secção compara os resultados obtidos em termos de perfis de velocidade, perfis de aceleração, emissões de CO₂ e CO e, também as frequências cardíacas registadas ao longo do percurso no terceiro procedimento experimental.



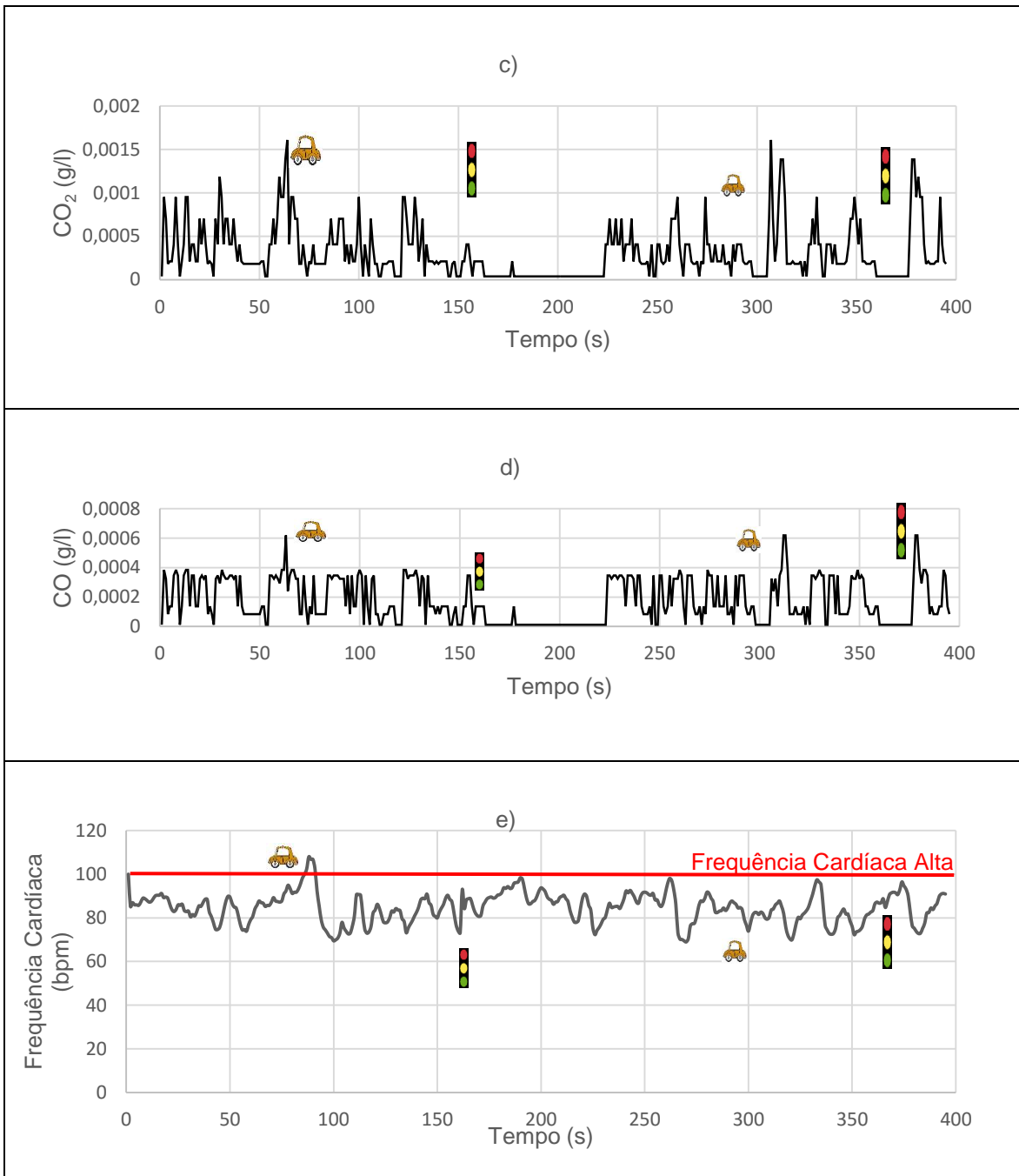


Figura 14-Resultados experimentais do condutor1, Trajeto1, no terceiro procedimento: a) velocidade, b) aceleração, c) emissões de CO₂, d) emissões de CO, e) frequência cardíaca.

A frequência máxima registada foi 108bpm (em repouso de 85bpm), Figura 14, obtida na aproximação a uma viatura a dirigir a uma velocidade baixa (Figura 15) que, por via desse facto o condutor1 enervou-se, tendo-se constatado o aumento do nível de *stress*. Além do mencionado, as emissões dos gases poluentes CO₂ e CO aumentaram durante o mesmo instante. Posteriormente aos 150s, verificou-se a aproximação a uma sinalização semaforizada, em que a frequência

cardíaca do condutor1 diminui para 74bpm (Figura 14 e)). As duas situações posteriores foram idênticas às analisadas anteriormente.



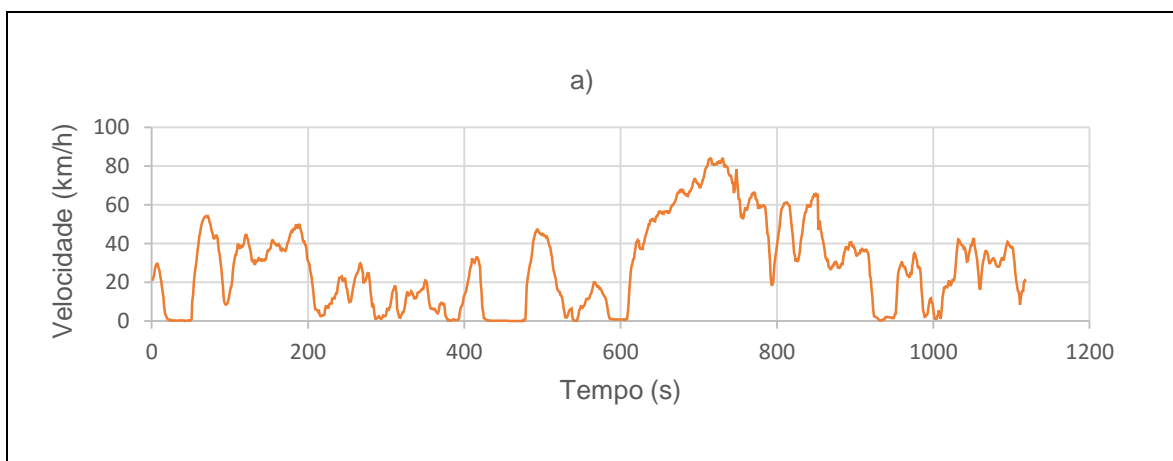
Figura 15-Aproximação a uma viatura do condutor1, Trajeto1, no terceiro procedimento.

4.1.2. Trajeto2

Neste subcapítulo delimita-se os resultados referentes ao trajeto2 efetuados pelo condutor1 nas medições experimentais efetuadas em cada procedimento experimental.

(1) Dinâmica do Veículo

O segundo procedimento experimental (Figura 16) teve uma duração de 18,65 minutos, com uma velocidade média de 28,3km/h e velocidade máxima de 83,95km/h, acima do limite legal. Constata-se que ocorreu uma diminuição de aproximadamente 10km/h em termos de velocidade média comparativamente ao primeiro procedimento (como se observa mais detalhadamente nos Anexos), devido ao aumento do número de imobilizações do veículo que neste caso foram treze, aumentando o tempo de paragem. Em relação ao perfil de aceleração, a aceleração máxima teve um decréscimo de 5,8% e a desaceleração foi também superior em 17% comparativamente ao primeiro procedimento, com um valor de $-5m/s^2$, apesar da velocidade média neste caso ter sido inferior.



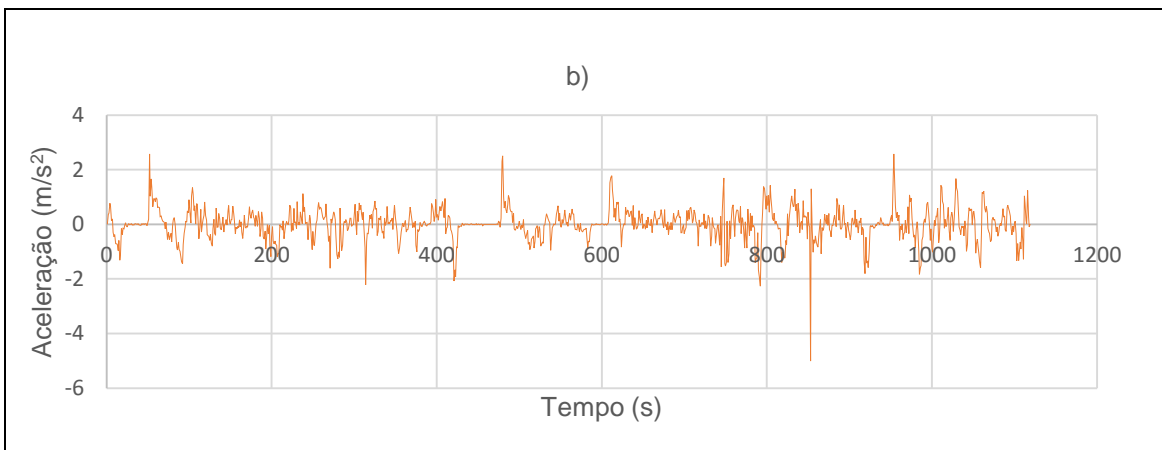


Figura 16-Perfis de Velocidade e Aceleração do condutor1, trajeto2, no segundo procedimento: a) velocidade, b) aceleração.

(2) Consumo Energético

No caso do trajeto2 os consumos por quilómetro foram idênticos aos obtidos no trajeto1, apesar do aumento das velocidades praticadas nesta via e, acelerações e desacelerações mais bruscas mas, com velocidades mais constantes ao longo da estrada nacional N109. As emissões de gases poluentes e consumo de combustível por quilómetro foram superiores na quarta monitorização experimental (Tabela 12), não sendo porém a monitorização com maior velocidade máxima e média. Apesar disso, as variações da velocidade e o número de imobilizações do veículo podem ter em parte provocado a obtenção desses valores, registando o tempo mais elevado ao longo do percurso comparativamente às restantes monitorizações.

Tabela 12-Emissões e Consumos relativos aos procedimentos do condutor1, Trajeto2.

Nº Viagem	Emissões Totais			Emissões/km			Consumo (l/100km)
	CO ₂ (g)	CO (g)	HC (g)	CO ₂ (g/km)	CO (g/km)	HC (g/km)	
1	862,895	231,993	340,748	98,056	26,363	38,721	4,1
2	1056,416	318,747	431,967	98,056	26,363	38,721	5,3
3	941,013	291,055	385,857	106,93	33,074	43,847	4,8
4	1121,787	343,575	456,773	127,47	39,043	51,906	5,4

(3) ECG e Frequência Cardíaca

A viagem monitorizada que teve a frequência cardíaca média mais elevada foi a primeira monitorização, com um valor de 89,818 bpm/min como se observa na Tabela 13, sendo a frequência cardíaca em repouso de 85bpm. Nesta monitorização obteve-se o segundo maior valor relativo à velocidade máxima e velocidade média mais elevada, como se pode observar mais detalhadamente

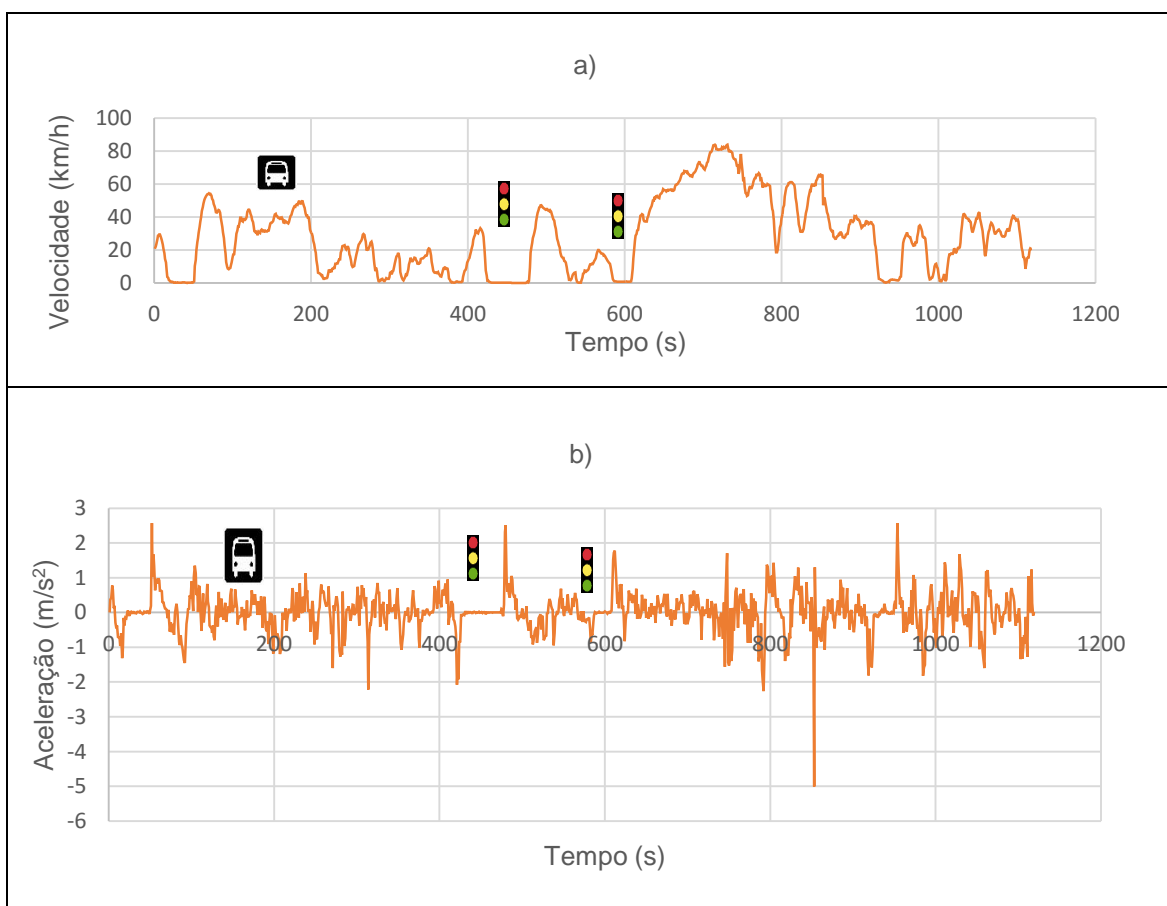
nos Anexos. Os dados da frequência cardíaca foram superiores comparativamente ao trajeto1 pelo facto de ser um trajeto com maior fluxo de tráfego e maior número de sinalizações e rotundas.

Tabela 13-Dados referentes às frequências cardíacas médias obtidas no condutor1, Trajeto2.

Monitorização	Frequência Cardíaca Média (bpm)
1	89,818
2	89,099
3	86,389
4	87,713

(4) Análise Comparativa

Esta secção tem como intuito realizar uma análise comparativa entre os perfis de velocidade e aceleração, as emissões dos poluentes CO e CO₂ e também a frequência cardíaca registada ao longo do trajeto2 pelo condutor1, no segundo procedimento experimental.



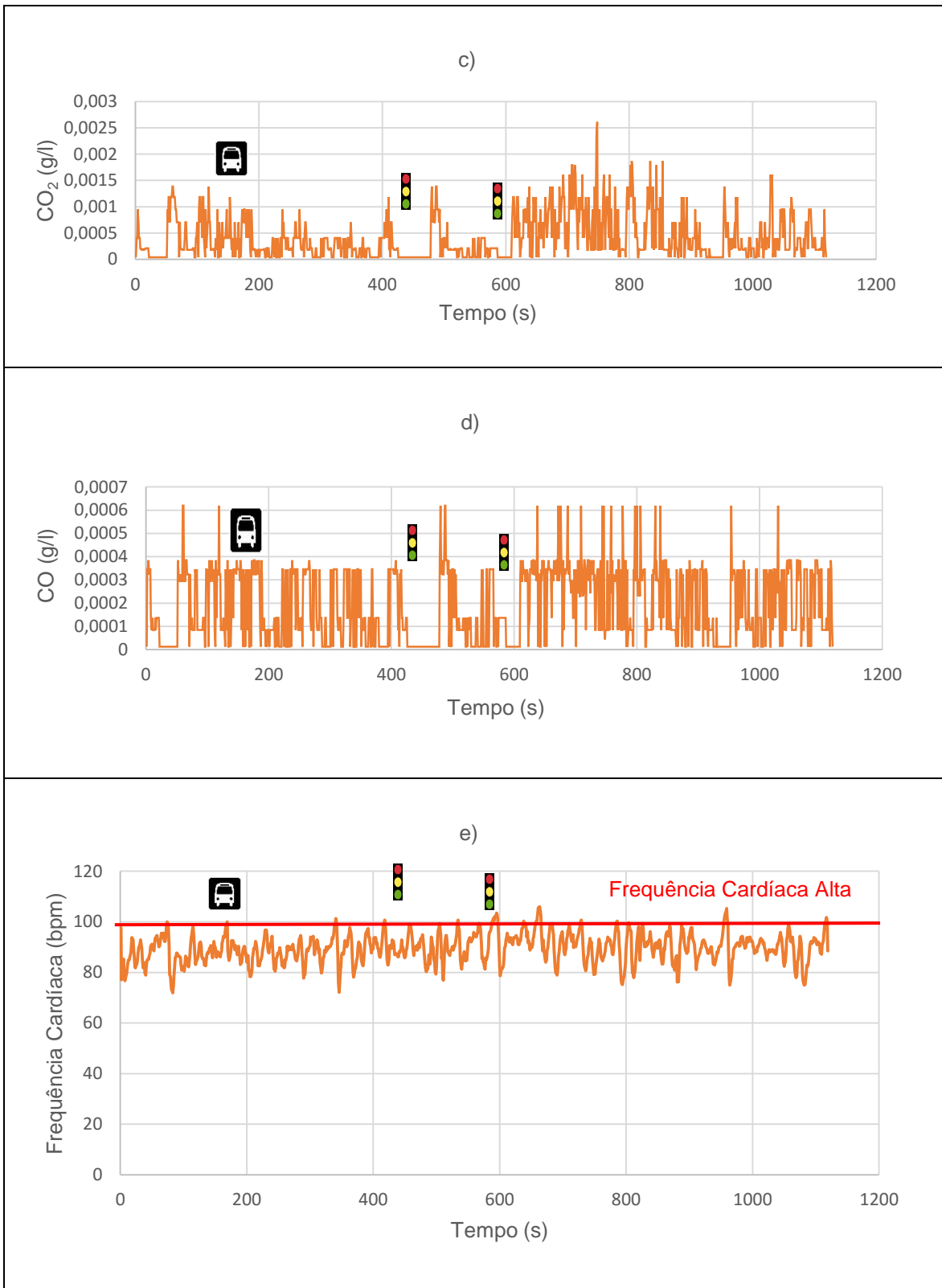


Figura 17-Resultados obtidos pelo condutor1, Trajeto2, no segundo procedimento experimental: a) velocidade, b) aceleração, c) emissões de CO₂, d) emissões do CO, e) frequência cardíaca.

Entre os instantes 180s e 185s, o condutor teve uma frequência cardíaca de 100bpm (segundo a uma abordagem efetuada a um médico), Figura 17, sendo a sua frequência em repouso de 85bpm. Tal facto deveu-se à aproximação de um autocarro, seguida de uma paragem para entrada e saída de passageiros (Figura 18). Por esse motivo o condutor teve um reação de brusca perante a falta de sinalização para a paragem do autocarro. Apesar disso tanto a diminuição da velocidade e desaceleração não foram bruscas porque o condutor1 encontra-se a uma distância considerável relativamente ao autocarro (Figura 18). As outras duas situações de salientar estiveram relacionadas com a aproximação a duas sinalizações semaforizadas.

Os índices da frequência cardíaca do condutor1 variaram entre 108bpm e 75bpm. As emissões dos poluentes CO e CO₂ foram superiores numa secção da via sem fluxo de tráfego nesse momento, contribuindo também para o aumento da velocidade e aceleração.



Figura 18-Aproximação a um autocarro pelo condutor1, Trajeto2, no segundo procedimento.

4.1.3. Trajeto3

Neste subcapítulo analisam-se as medições e resultados obtidos pelo condutor1, no trajeto3 e nos procedimentos efetuados.

(1) Dinâmica do Veículo

Os quatro procedimentos experimentais efetuados pelo condutor1 demoraram em média 4,86min com um total de 19,43min. No primeiro percurso (Figura 19), com um total de 4,88min, a velocidade máxima foi de 132,4km/h, excedendo os limites legais para a circulação em autoestradas, com uma velocidade média de 99,22km/h. Nesta monitorização experimental deteve-se como aceleração máxima $2,8m/s^2$ e desaceleração máxima $-2,79m/s^2$, constata-se que nesta monitorização houve um maior número de acelerações do que desacelerações comparativamente às restantes.

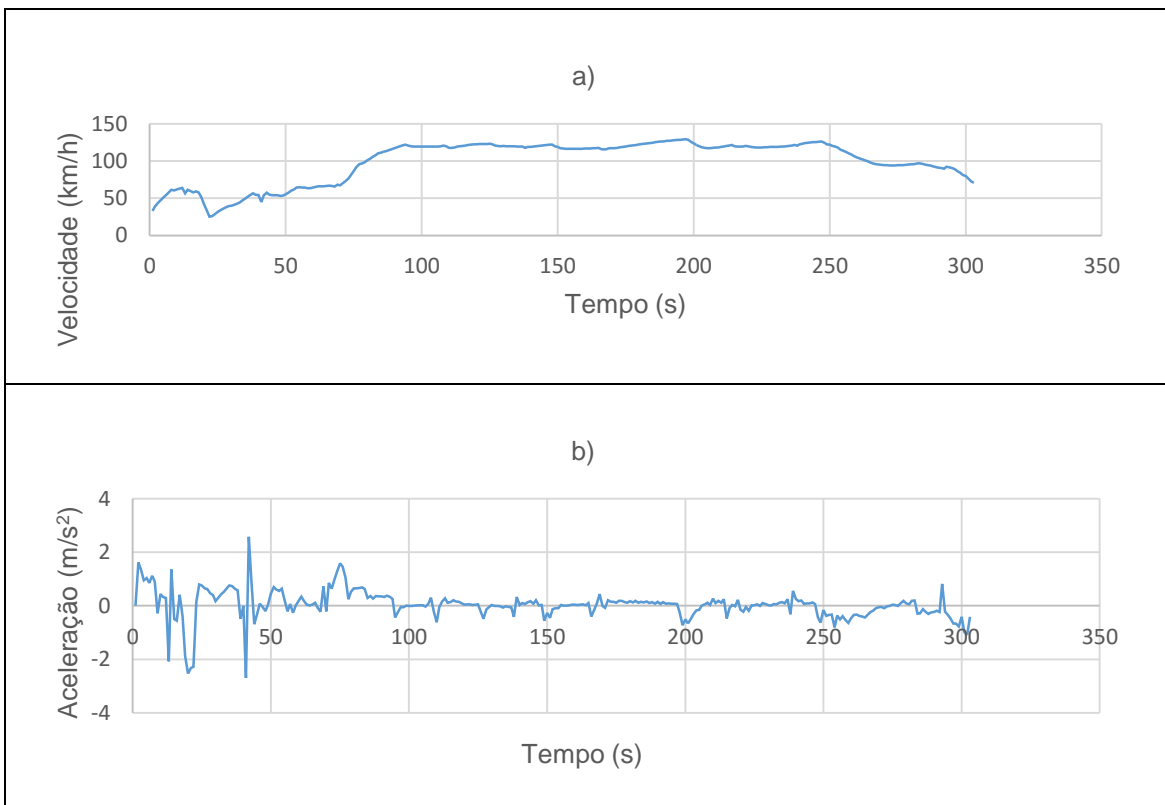


Figura 19-Perfis de Velocidade e Aceleração do condutor1, trajeto3, no primeiro procedimento: a) velocidade, b) aceleração.

(2) Consumo Energético

Neste trajeto os consumos de combustível por quilómetro foram inferiores relativamente ao trajeto urbano e ao trajeto2 por via da maior fluidez de tráfego e velocidade mais constante assim como, acelerações e desacelerações inferiores aos restantes percursos. Nos procedimentos efetuados no referido trajeto o primeiro procedimento experimental, como se observa na Tabela 14, possuiu um consumo de gasolina por quilómetro mais elevado por via das acelerações e desacelerações deterem valores mais elevados.

Tabela 14-Emissões e Consumos relativos aos procedimentos do condutor1, Trajeto3.

Nº Viagem	Emissões Totais			Emissões/km			Consumo (l/km)
	CO ₂ (g)	CO (g)	HC (g)	CO ₂ (g/km)	CO (g/km)	HC (g/km)	
1	828,587	138,049	248,135	99,830	16,632	29,896	4,2
2	805,221	127,743	241,169	97,015	15,391	29,057	4,1
3	784,684	141,057	248,789	94,540	16,995	29,975	4,0
4	793,463	112,847	210,368	95,598	13,596	25,346	4,0

Contudo, o trajeto3 efetuado em autoestrada deveria ter valores mais elevados em termos de emissões de gases poluentes por via das velocidades mais elevadas ao longo deste trajeto. Tal facto pode ter sido originado pelas acelerações e desacelerações inferiores comparativamente ao trajeto2 e, também pelas velocidades serem mais constantes ao longo do percurso. Outro facto deve-se em parte à percentagem mais elevada de modos VSP do trajeto2 inferiores a sete mas, ainda com alguma incidência nos modos VSP superiores a sete (apesar do trajeto3 possuir uma percentagem mais elevada nesse caso (Figura 20)).

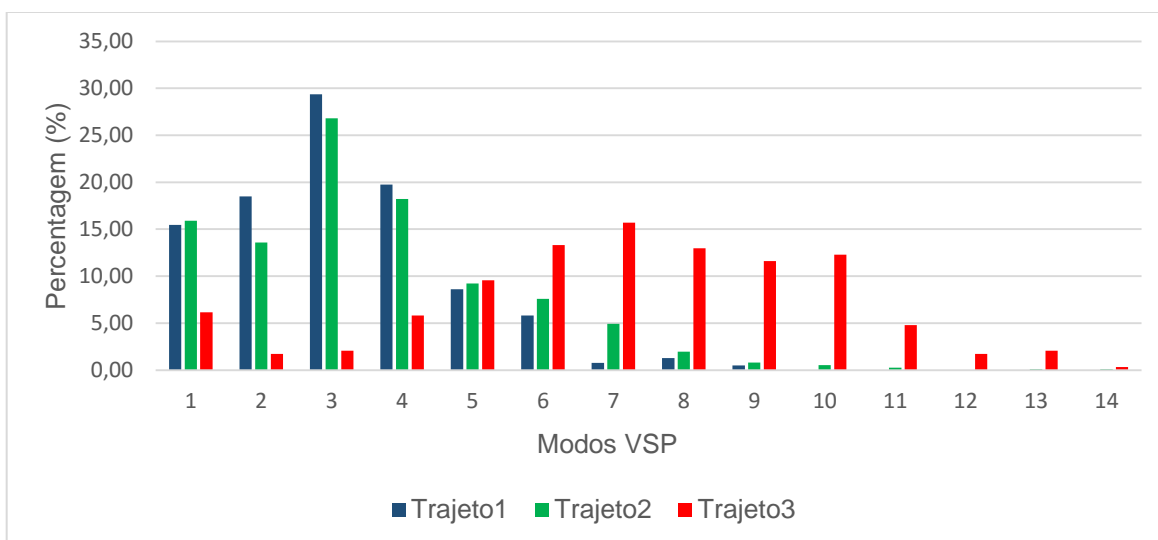


Figura 20-Modos VSP referentes ao condutor1 por trajeto e pelos procedimentos analisados.

(3) ECG e Frequência Cardíaca

O último trajeto teve valores inferiores em relação à frequência cardíaca média, sendo o valor mais elevado obtido na primeira monitorização experimental, como se pode constatar na Tabela 15, sendo a frequência cardíaca em repouso de 80bpm. Neste procedimento adquiriu-se a segunda velocidade máxima mais elevada, com oscilações mais elevadas, quer por uma aproximação a uma viatura e sequente aceleração brusca.

Em suma, verifica-se que um percurso em autoestrada com menos fluxo de tráfego detém valores inferiores em relação à frequência cardíaca média, conseqüente da menor preponderância para situações de *stress* na condução e da maior fluidez de tráfego.

Tabela 15-Dados referentes às frequências cardíacas médias obtidas no condutor1, Trajeto3.

Monitorização	Frequência Cardíaca Média (bpm)
1	84,802
2	85,007
3	84,565
4	84,506

4.2. Condutor2

Na Tabela 16 verifica-se, tal como no condutor1, que o percurso com uma duração mais elevada é o trajeto3, com a segunda velocidade média mais elevada. Como é de esperar o trajeto3 foi o que deteve menor duração por via da maior fluidez do tráfego e da velocidade média mais elevada comparativamente aos restantes trajetos.

Tabela 16-Resultados obtidos em termos de duração e velocidade média pelo condutor2, nos três percursos.

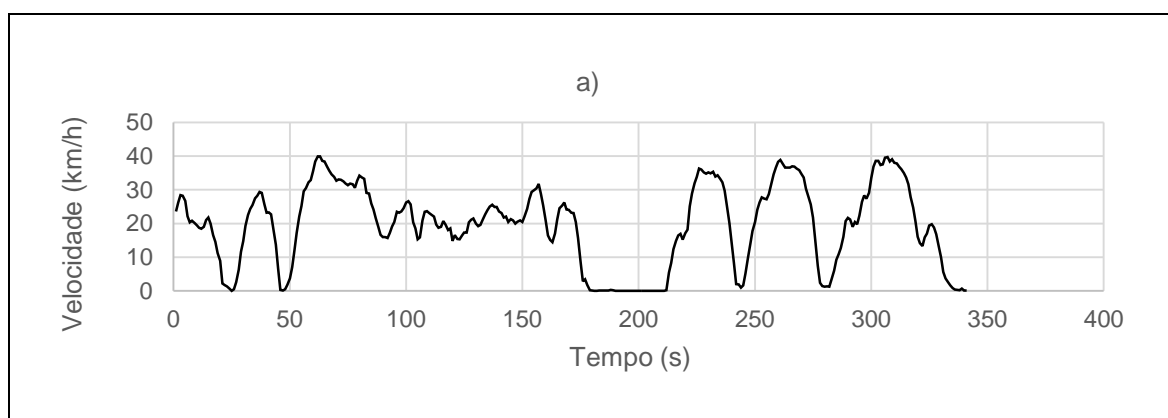
Trajeto	Duração Média (min)	Duração Total (min)	Velocidade Média (km/h)
1	6,04	24,15	19,70
2	16,22	64,87	33,33
3	4,88	19,52	97,90

4.2.1. Trajeto1

De seguida corrobora-se a análise referente ao primeiro percurso do condutor1, no trajeto1 com as monitorizações realizadas.

(1) Dinâmica do Veículo

No terceiro procedimento o fluxo de tráfego aumentou consideravelmente assim como, o número de peões provenientes das escolas ao redor do referente trajeto urbano. Além disso, o tempo de imobilização da viatura aumentou tal como as paragens em rotundas. Relativamente às velocidades, a velocidade máxima foi de 40km/h e velocidade média de 22km/h (Figura 21 a)). O terceiro procedimento deteve um índice de aceleração superior (Figura 21 c)) aos restantes, provocado pelo cansaço do condutor por via das várias monitorizações efetuadas. Em relação aos valores de aceleração e desaceleração foram de $2m/s^2$ e $-2,3m/s^2$ como se constata na Figura 21 b).



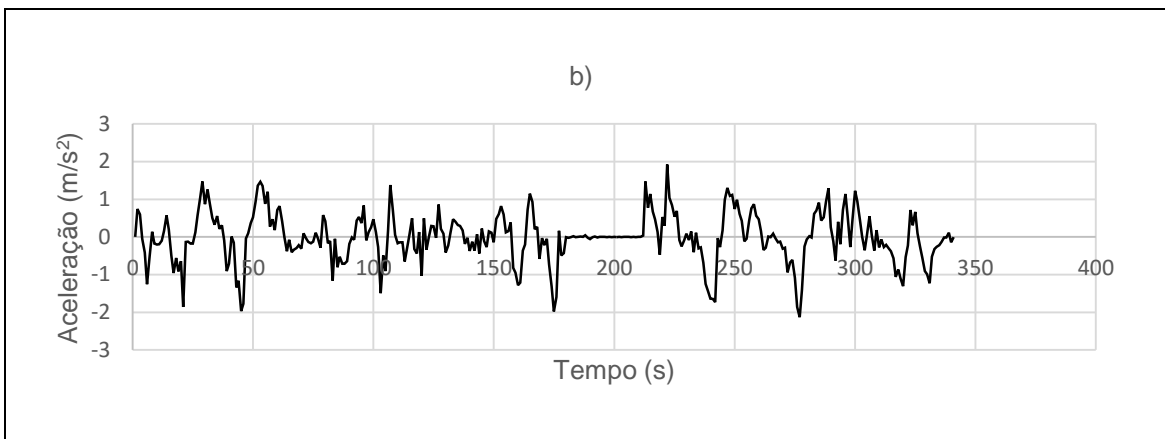


Figura 21-Perfis de Velocidade e Aceleração do condutor2, trajeto1, na terceira monitorização: a) velocidade, b) aceleração.

(2) Consumo Energético

Em relação ao trajeto1, percurso urbano, o primeiro procedimento deteve valores superiores quer em termos de consumos por quilómetro e quer em termos de emissões de gases poluentes, como se observa na Tabela 17. Portanto, constata-se que velocidades médias superiores, menor número de imobilizações do veículo e acelerações/desacelerações máximas advêm maiores consumos por quilómetro de combustível no caso referente ao condutor2.

Tabela 17-Emissões e Consumos do condutor2, Trajeto1.

Nº Viagem	Emissões Totais			Emissões/km			Consumo (l/100km)
	CO ₂ (g)	CO (g)	HC (g)	CO ₂ (g/km)	CO (g/km)	HC (g/km)	
1	342,13	115,792	145,869	148,75	50,344	63,421	6,3
2	305,18	104,288	132,810	132,69	45,343	57,743	5,6
3	266,69	94,121	117,522	115,95	40,922	51,097	4,9
4	291,65	99,976	128,557	126,80	43,468	55,894	5,3

(3) ECG e Frequência Cardíaca

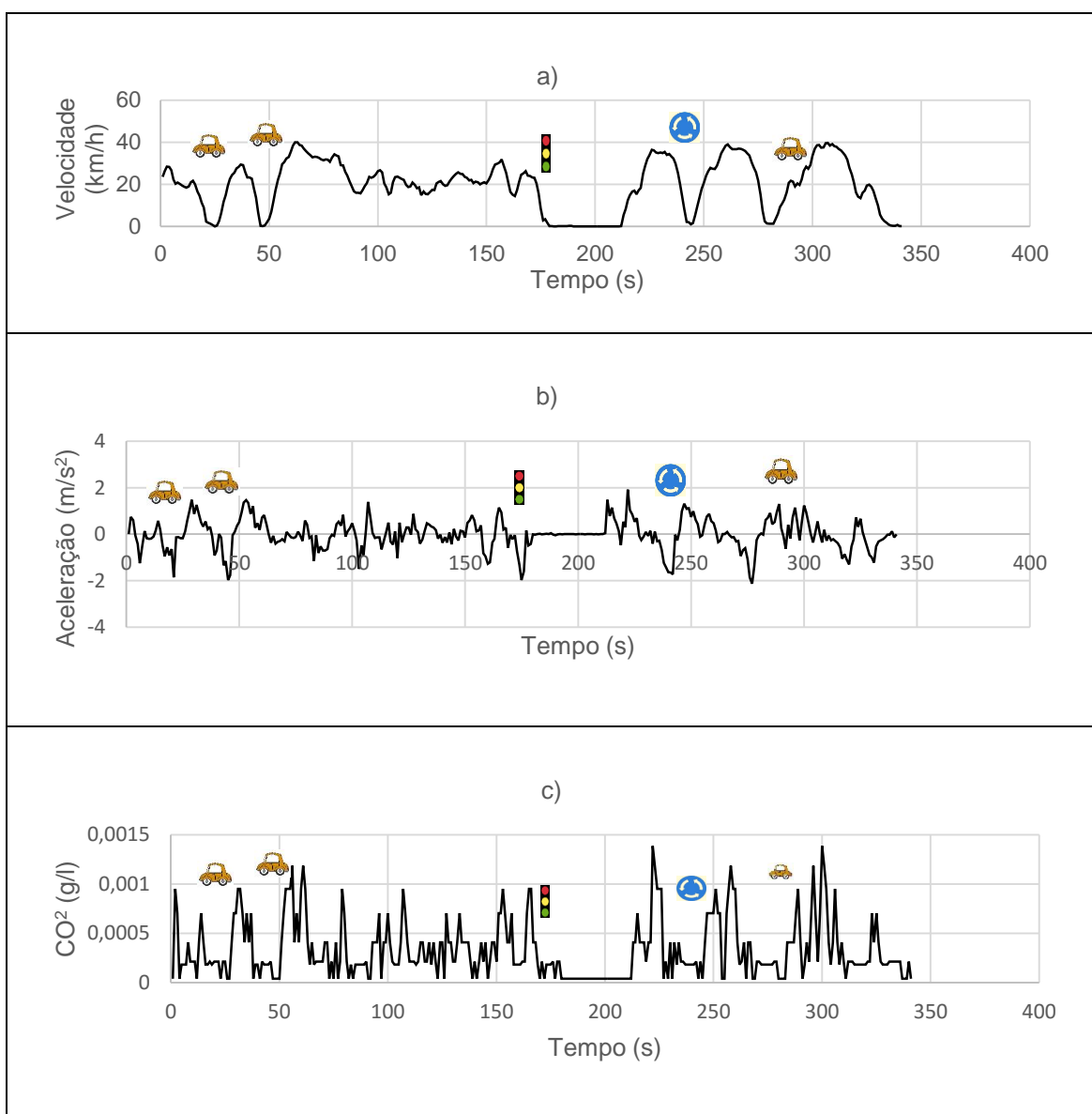
Em relação às frequências cardíacas médias obtidas nas quatro viagens monitorizadas no trajeto1, o seu valor máximo foi corroborado na terceira monitorização, como se pode averiguar na Tabela 18, sendo a frequência cardíaca de 85bpm em repouso. Apesar de ter sido o percurso com a segunda velocidade média menos elevada e velocidade máxima menor comparativamente aos restantes procedimentos. Apesar disso deteve uma densidade de tráfego elevada na estrada, como se pode observar nos Anexos.

Tabela 18-Dados referentes às frequências cardíacas médias do condutor2, Trajeto1.

Monitorização	Frequência Cardíaca Média (bpm)
1	97,535
2	99,016
3	100,500
4	100,438

(4) Análise Comparativa

Este subcapítulo tem como objetivo comparar dos resultados obtidos pelo condutor1 em termos de dinâmica do veículo, emissões de gases poluentes e os índices da frequência cardíaca ao longo do trajeto1 do condutor2, no terceiro procedimento experimental.



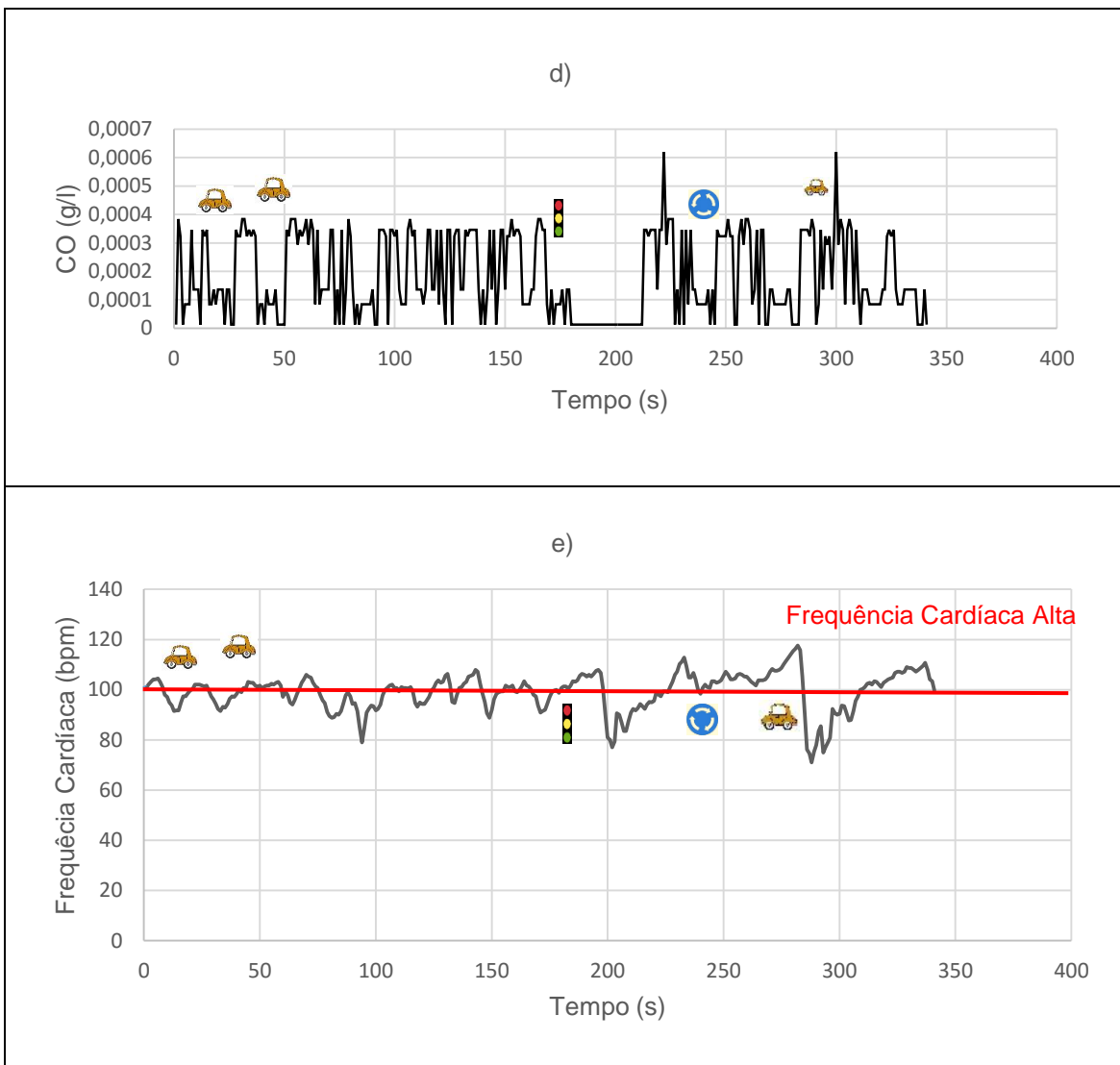


Figura 22-Resultados obtidos pelo condutor2, Trajeto1, no terceiro procedimento: a) velocidade, b) aceleração, c) emissões de CO₂, d) emissões do CO, e) frequência cardíaca.

Na Figura 22 observa-se cinco momentos chave durante a monitorização experimental do condutor1 no trajeto1. Nos primeiros momentos em aproximações a viaturas paradas e seguidas de ultrapassagem. Entre os 175s e os 200s, verificou-se um aumento da frequência cardíaca para 108bpm na aproximação a uma sinalização semaforizada. O condutor neste caso irritou-se por se ter deparado com o referente sinal vermelho (como é de esperar as emissões de gases poluentes durante esse instante diminuíram). O quarto momento chave ocorreu entre os 240s e os 250s com uma diminuição da frequência cardíaca do condutor1 na entrada para uma rotunda (Figura 23). A última situação ocorreu no instante 295s, neste caso o condutor1 deparou-se com um outro veículo familiar, tendo de alguma forma contribuído para a diminuição repentina da sua frequência cardíaca.



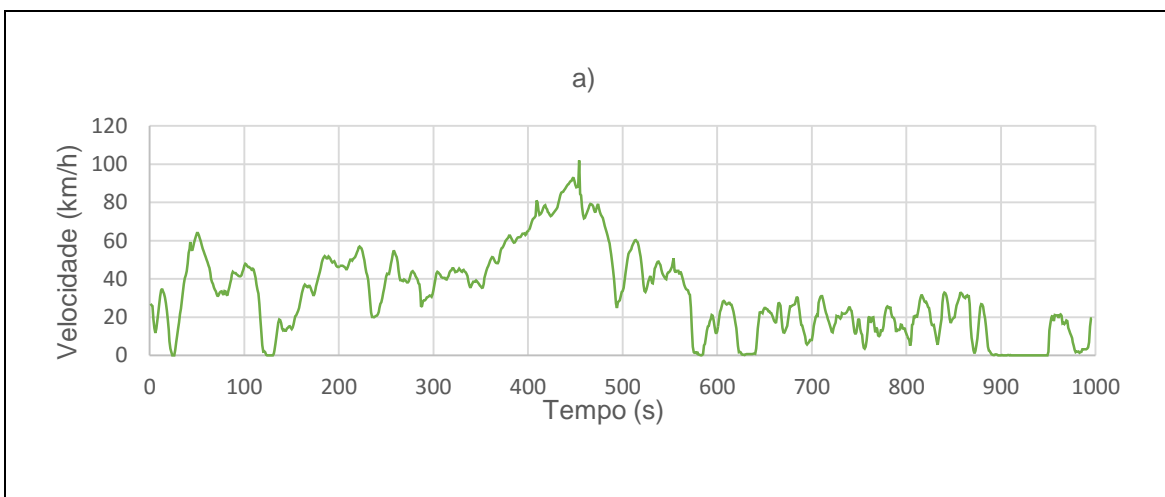
Figura 23-Entrada para uma rotunda pelo condutor2, Trajeto1, no terceiro procedimento.

4.2.2. Trajeto2

De seguida procede-se à avaliação dos resultados obtidos no trajeto2 pelo condutor2, nos referentes procedimentos experimentais.

(1) Dinâmica do Veículo

A última avaliação demorou 16,6min a ser percorrida, com velocidade média de 31,8 km/h e velocidade máxima de 102km/h (Figura 24 a)). Apesar de se ter obtido a velocidade máxima mais elevada neste procedimento, o real facto é que a sua velocidade média foi a segunda mais baixa, não contribuindo para uma diminuição do tempo total percorrido, mas sim para o aumento da predisposição do condutor perante os perigos da via. Esta monitorização teve $3,85m/s^2$ relativos à aceleração máxima e $-4,9m/s^2$ para a desaceleração máxima, com índices mais elevados em estrada nacional e inferiores no circuito urbano, como se pode verificar na Figura 24 b).



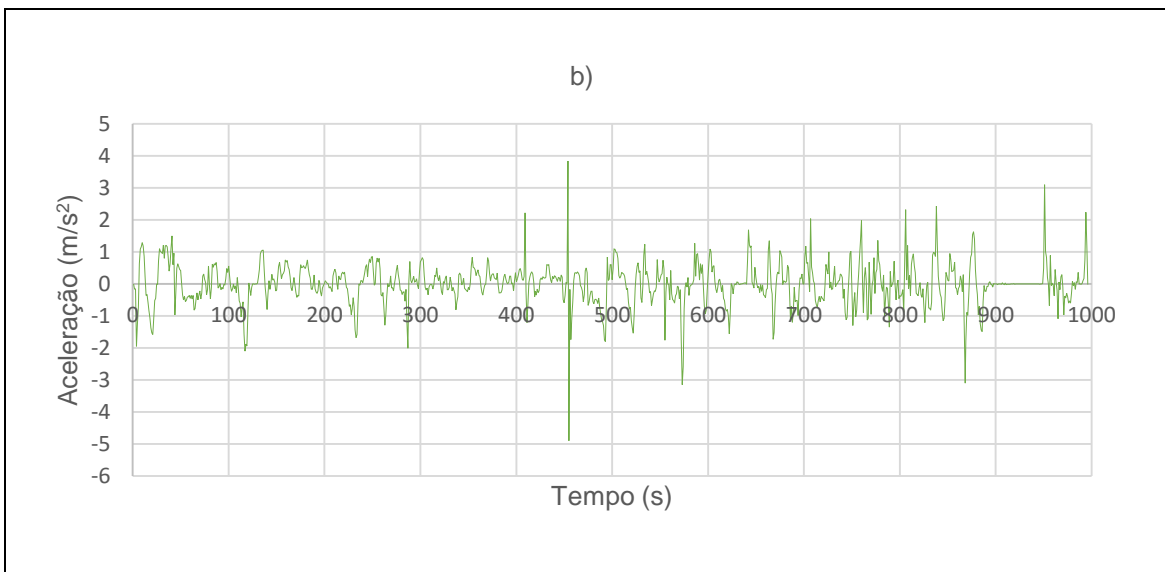


Figura 24-Perfis de Velocidade e Aceleração do condutor2, trajeto2, na quarta monitorização: a) velocidade, b) aceleração.

(2) Consumo Energético

No caso do trajeto2, percurso urbano e industrializado, este deteve valores inferiores em relação aos consumos por quilómetro de gasolina, comparativamente ao circuito urbano. A quarta monitorização experimental teve o consumo de combustível por quilómetro mais elevado, emissão de gases poluentes quer totais e quer por 100quilómetros mais elevadas, tal como se observa na Tabela 19.

Tabela 19-Emissões e Consumos relativos aos procedimentos do condutor2, Trajeto2.

Nº Viagem	Emissões Totais			Emissões/km			Consumo (l/100km)
	CO ₂ (g)	CO (g)	HC (g)	CO ₂ (g/km)	CO (g/km)	HC (g/km)	
1	962,47	294,408	393,383	109,37	33,455	44,703	4,6
2	962,59	304,730	398,659	109,39	34,628	45,302	4,6
3	993,01	294,343	394,204	112,84	33,448	44,796	4,7
4	1035,7	309,005	420,535	117,7	35,114	47,788	4,9

(3) ECG e Frequência Cardíaca

No caso do segundo trajeto, o quarto procedimento experimental possuiu a frequência cardíaca média mais elevada (Tabela 20), comparativamente aos valores de velocidade máxima também se verificou que foi o mais elevado dos restantes, apesar da velocidade média pratica ter sido a segunda mais baixa. Contudo, nesta monitorização ocorreu uma maior oscilação da

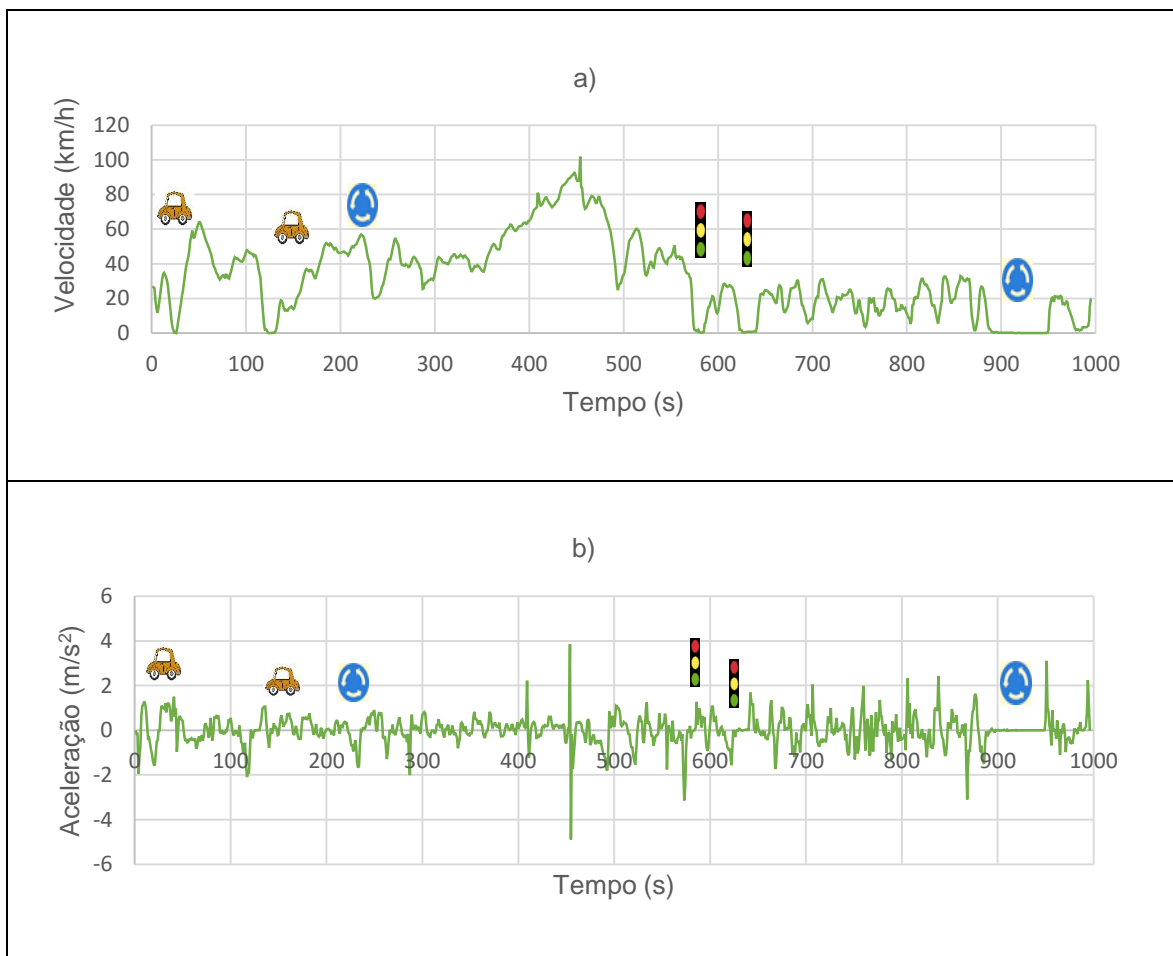
velocidade por via da maior densidade de tráfego e do maior número de imobilizações da viatura, como já anteriormente descrito. Porém os valores de frequência cardíaca média foram inferiores às restantes monitorizações no trajeto1 que difere da análise referente ao condutor1, sendo o seu valor de 85bpm em repouso.

Tabela 20-Dados referentes às frequências cardíacas médias do condutor2, Trajeto2.

Monitorização	Frequência Cardíaca Média (bpm)
1	98,655
2	98,294
3	97,431
4	98,998

(4) Análise Comparativa

Este subcapítulo tem como finalidade comparar os dados referentes à dinâmica do veículo, emissões de gases poluentes e frequências cardíacas registadas ao longo do trajeto2 pelo condutor2, na quarta monitorização experimental.



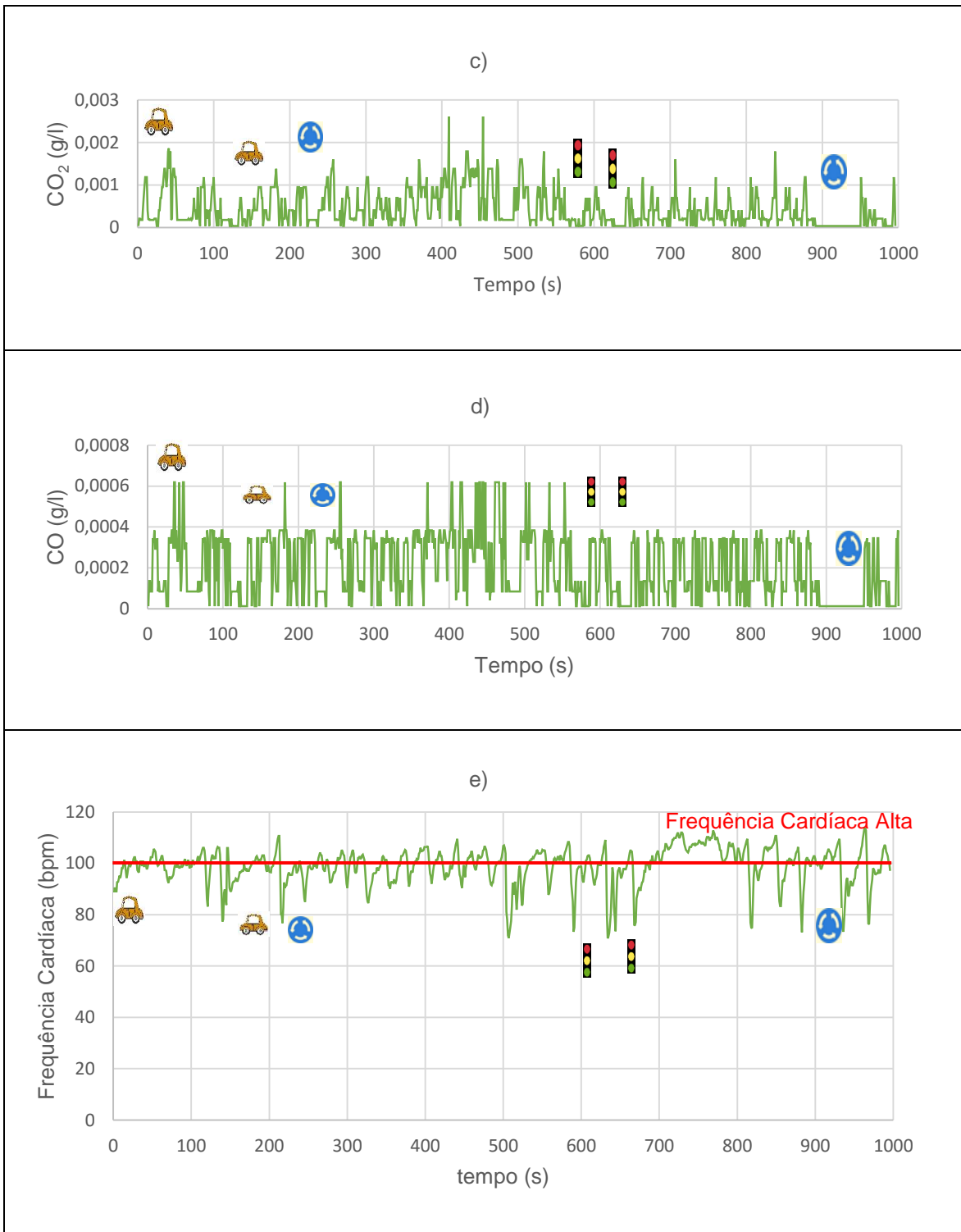


Figura 25-Resultados obtidos pelo condutor2, trajeto2, na quarta monitorização: a) velocidade, b) aceleração, c) emissões de CO₂, d) emissões do CO, e) frequência cardíaca.

Com a Figura 25 observa-se seis situações relevantes em relação à variação da frequência cardíaca. Nas duas primeiras situações ocorreu uma diminuição da frequência cardíaca por via da mudança de sentido de uma viatura, conseqüente diminuição instantânea da velocidade. No

seguinte caso uma diminuição da frequência cardíaca na entrada para uma rotunda, tal facto pode ter advindo do veículo que se encontrava à frente do condutor2, ter seguido para um outro sentido. A quarta e a quinta situação incidiram na aproximação a duas sinalizações semaforizadas pelo condutor2, em que tanto numa como na outra as frequências cardíacas do condutor diminuíram mas, na última situação a frequência cardíaca aumentou posteriormente por via da saída de uma viatura para um outro sentido, sem ter dado a devida sinalização. Por fim, uma paragem para a entrada para uma rotunda (Figura 26).



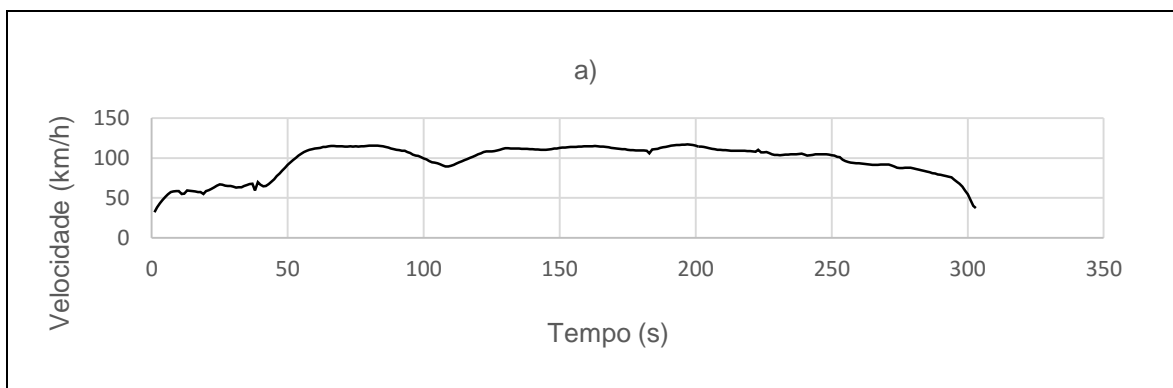
Figura 26-Rotunda efetuada pelo condutor2,Trajeto2, na quarta monitorização.

4.2.3. Trajeto3

Neste subcapítulo avalia-se os dados referentes ao trajeto3 do condutor2, nos vários procedimentos experimentais.

(1) Dinâmica do Veículo

Na terceira viagem efetuada (Figura 27 a)) a velocidade média foi de 96,86km/h e velocidade máxima de 117,3km/h, o tempo da viagem foi de 5,05min num total de 8,8km. Nesta monitorização experimental a desaceleração máxima obtida foi de $-2,43m/s^2$ e aceleração máxima de $2,93m/s^2$, como se constata na Figura 27 b). Portanto, verifica-se que os demais valores são mais constantes ao longo da monitorização pelo facto de ter um menor fluxo de tráfego.



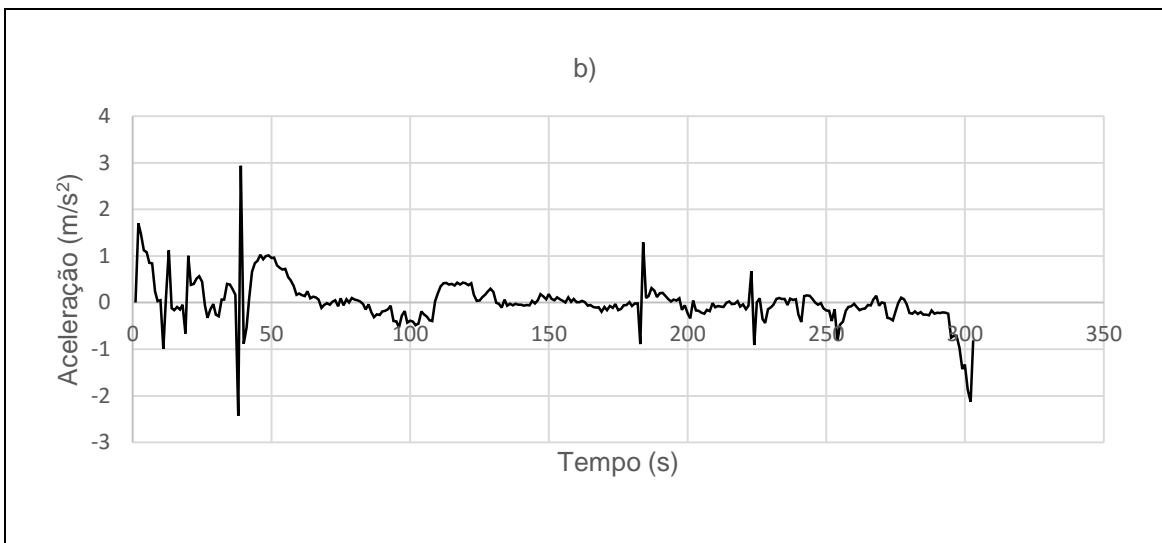


Figura 27-Perfis de Velocidade e Aceleração do condutor2, trajeto3, no terceiro procedimento: a) velocidade, b) aceleração.

(2) Consumo Energético

Neste percurso obteve-se consumos de combustível por quilómetro e emissões de gases poluentes menores em comparação aos demais percursos. A primeira monitorização deteve os valores mais elevados (Tabela 21), apesar de não se ter constatado velocidades máximas e médias muito elevadas. Contudo, o condutor teve uma desaceleração brusca e repentina aceleração o que pode em parte ter provocado a obtenção destes valores. Em termos geral, os resultados obtidos permitiram verificar o já constatado anteriormente, que no caso de um percurso em autoestrada os valores relativos aos consumos energéticos são os mais baixos comparativamente ao trajeto2 e ao trajeto urbano.

Tabela 21-Emissões e Consumos relativos aos procedimentos do condutor2, Trajeto3.

Nº Viagem	Emissões Totais			Emissões/km			Consumo (l/100km)
	CO ₂ (g)	CO (g)	HC (g)	CO ₂ (g/km)	CO (g/km)	HC (g/km)	
1	786,35	159,856	261,038	94,741	19,260	31,450	4,0
2	737,76	120,710	231,141	88,887	14,543	27,848	3,7
3	778,38	138,743	252,275	93,781	16,716	30,395	3,9
4	759,79	108,233	108,233	91,540	13,040	25,824	3,8

Em termos geral, verifica-se que as emissões de gases poluentes são superiores no trajeto2 (urbano e em estrada nacional), o que na realidade não se devia constatar. Apesar disso, verificou-se que o primeiro percurso teve uma percentagem mais elevada nos modos VSP inferiores a cinco, como se pode observar na Figura 28. Contudo, as acelerações e desacelerações no trajeto 2 foram

mais elevadas do que o trajeto1 e trajeto2. Por outro lado o trajeto3 teve os valores mais baixos, devendo-se em parte à velocidade mais constante ao longo dos procedimentos experimentais, com uma percentagem mais elevada nos modos VSP superiores a seis (Figura 28).

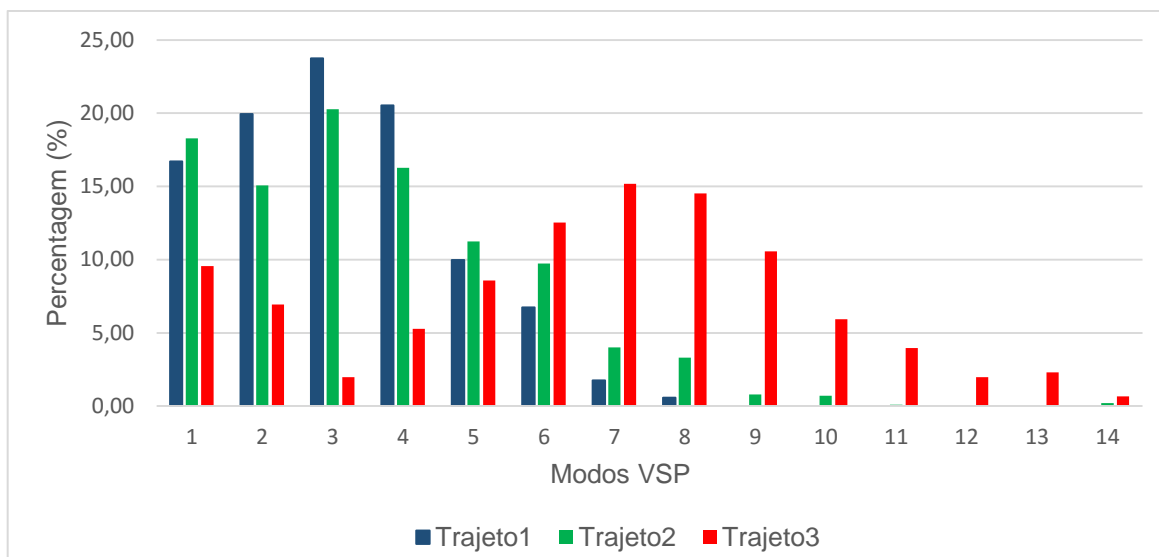


Figura 28-Modos VSP referentes ao condutor2 por trajetos e pelos procedimentos experimentais analisados.

(3) ECG e Frequência Cardíaca

Na análise do trajeto3 referente ao condutor2, a frequência cardíaca média mais elevada adquiriu-se no segundo experimento (Tabela 22), com velocidade média mais elevada. Pode-se afirmar que velocidades médias superiores provocam em parte o aumento da adrenalina do condutor e consequente aumento da sua frequência cardíaca média, sendo o seu valor de 85bpm em repouso.

Em síntese, percursos em autoestrada, tal como anteriormente constatado, são os que detêm menores frequências cardíacas médias por via da menor densidade de tráfego e da maior fluidez do tráfego.

Tabela 22-Dados referentes às frequências cardíacas médias obtidas no condutor2, Trajeto3.

Monitorização	Frequência Cardíaca Média (bpm)
1	94,726
2	95,126
3	92,802
4	94,132

4.3. Condutor3

Na Tabela 23 observa-se que o trajeto3 detém menor duração e velocidade média mais elevada por via da maior fluidez do tráfego e do limite de 120km/h para circular nesse percurso. Além disso, o trajeto2 é o que tem maior duração e velocidade média de 36,73km/h com um número superior de interseções rodoviárias e maior congestionamento de tráfego.

Tabela 23-Resultados obtidos em termos de duração e velocidade média pelo condutor3, nos três percursos.

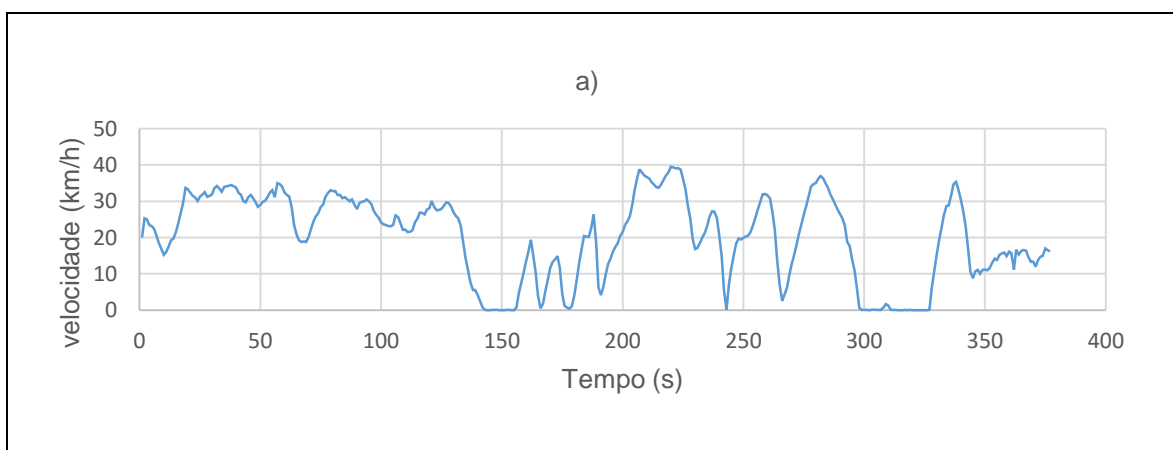
Trajeto	Duração Média (min)	Duração Total (min)	Velocidade Média (km/h)
1	5,61	22,43	23,00
2	14,60	58,38	36,73
3	4,80	19,20	100,78

4.3.1. Trajeto1

Nesta fase analisa-se os resultados obtidos pelo condutor3, no percurso urbano (Trajeto1) nos procedimentos experimentais realizados.

(1) Dinâmica do Veículo

O percurso inicial (Figura 29 a)) teve uma velocidade máxima de 39,451km/h e velocidade média de 20,15km/h, com uma primeira imobilização devido a uma sinalização semaforizada, outras duas seguidas na cedência de passagem para peões. Uma outra paragem para entrada para uma rotunda e outras três por causa de sinalizações semaforizadas, sendo a última de maior duração. A aceleração máxima da primeira monitorização (Figura 29 b)) teve um valor de $1,98m/s^2$ e a desaceleração máxima de $-3,3m/s^2$, nos instantes 247s e nos 187s respetivamente. O perfil de aceleração é variável, o que incita para uma condução irregular ao longo da referida monitorização experimental.



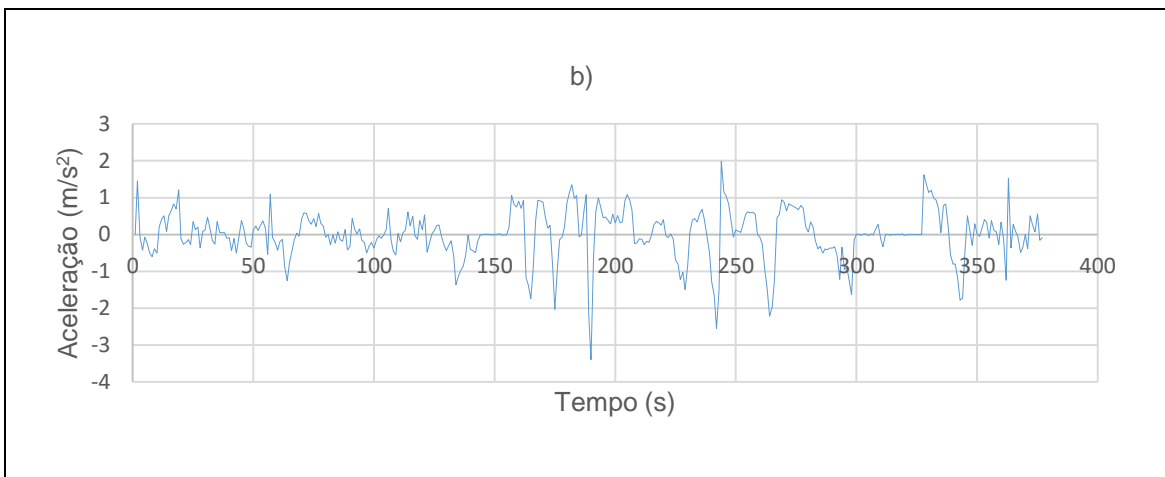


Figura 29-Perfis de Velocidade e Aceleração do condutor3, trajeto1, no primeiro procedimento: a) velocidade, b) aceleração.

(2) Consumo Energético

Na quarta monitorização obteve-se os valores mais elevados de consumo de combustível por quilómetro e emissões de gases poluentes, como é verificado na Tabela 24. Tal facto deveu-se sobretudo à velocidade máxima e velocidade média mais elevadas comparativamente às restantes monitorizações, e às acelerações obtidas nas imobilizações da viatura mediante sinalizações semaforizadas, passadeiras e rotundas.

Tabela 24-Emissões e Consumos relativos ao condutor3, Trajeto1.

Nº Viagem	Emissões Totais			Emissões/km			Consumo (l/100km)
	CO ₂ (g)	CO (g)	HC (g)	CO ₂ (g/km)	CO (g/km)	HC (g/km)	
1	301,863	111,564	132,167	131,25	48,506	57,464	5,5
2	281,406	101,155	122,308	122,35	43,980	53,177	5,1
3	275,625	100,569	120,444	119,84	43,726	52,367	5,0
4	313,957	107,312	135,870	136,50	46,657	59,074	5,7

(3) ECG e Frequência Cardíaca

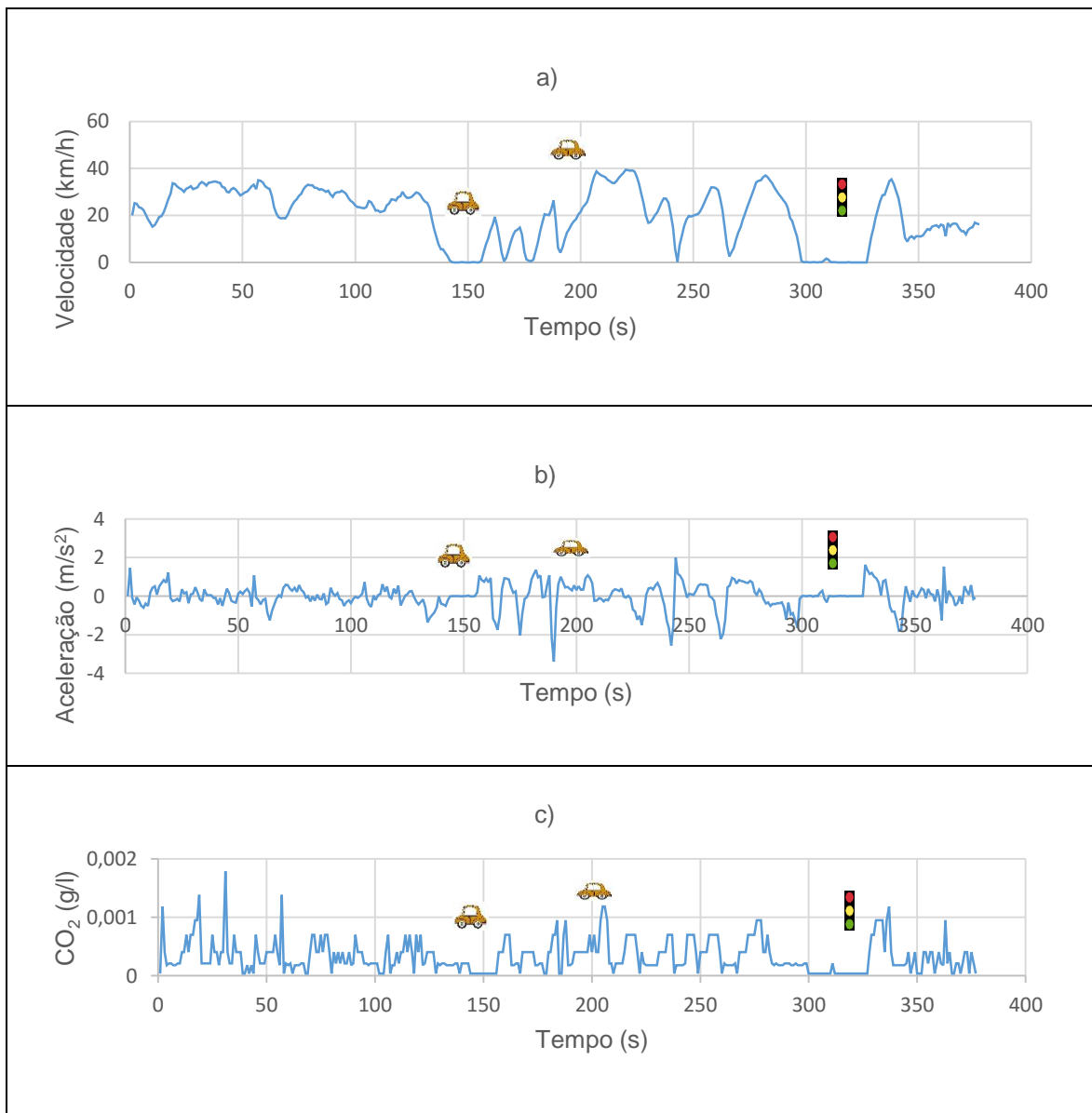
A primeira monitorização relativa ao trajeto1, o condutor3 possuiu a frequência cardíaca média mais elevada analogamente às outras monitorizações (Tabela 25), sendo de 90bpm em repouso. De referir que neste procedimento se obteve um número superior de imobilizações da viatura e conseqüente aumento da durabilidade destas mesmas, advindo índices mais elevados de stress durante a condução.

Tabela 25-Dados referentes às frequências cardíacas do condutor3, Trajeto1.

Monitorização	Frequência Cardíaca Média (bpm)
1	109,421
2	105,322
3	104,492
4	104,741

(4) Análise Comparativa

Esta secção aborda os resultados obtidos em termos de dinâmica do veículo (perfis de velocidade e aceleração), emissões de gases poluentes (CO₂ e CO) e ainda a frequência cardíaca registada pelo condutor3 no trajeto1, no primeiro procedimento experimental.



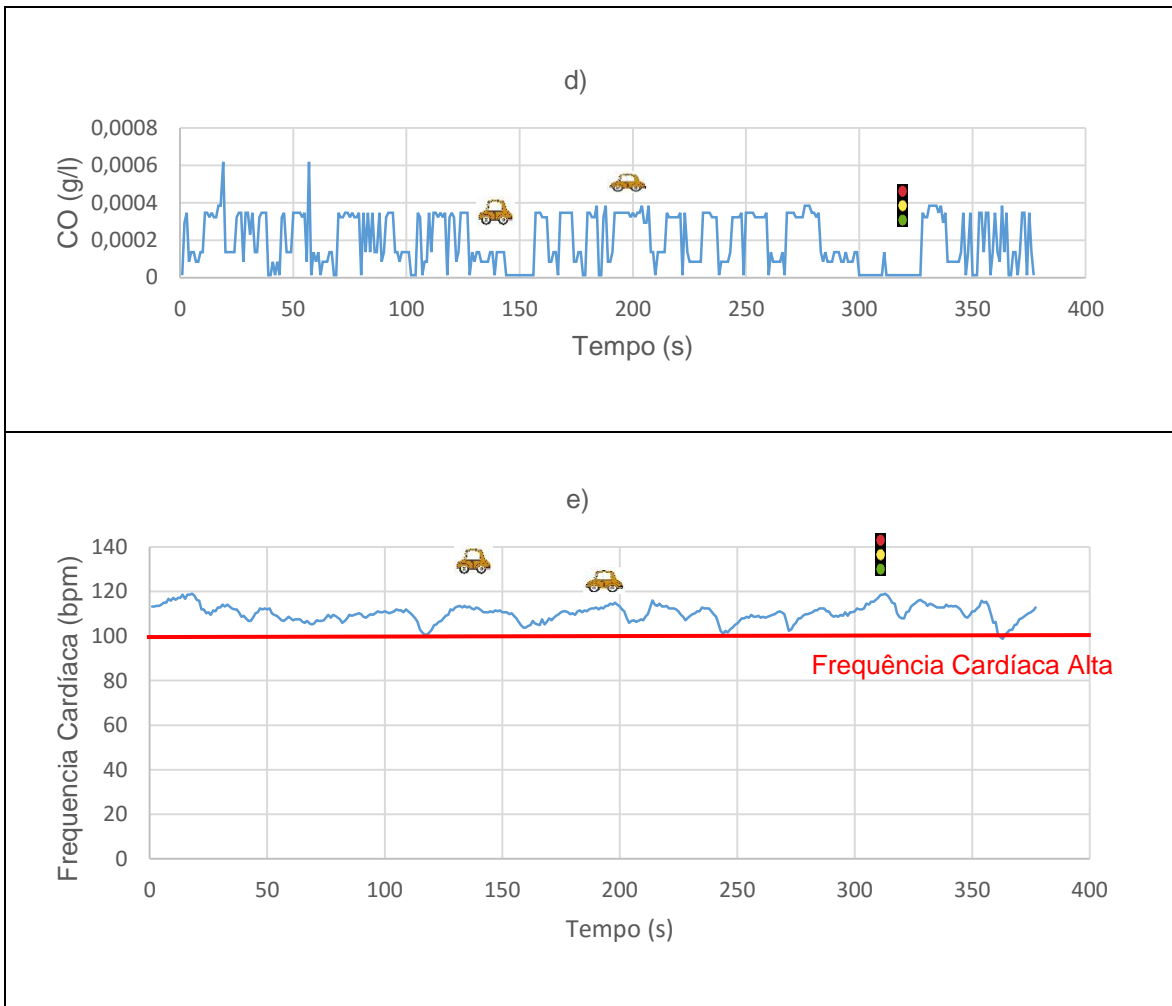


Figura 30-Resultados obtidos pelo condutor3, trajeto1, no primeiro procedimento: a) velocidade, b) aceleração, c) emissões de CO₂, d) emissões do CO, e) frequência cardíaca.

De notar a partir da Figura 30 e), que a frequência cardíaca não varia muito ao longo do percurso. Nos instantes 218s e 220s subsiste uma frequência cardíaca máxima de 116bpm, com velocidade máxima de 40km/h e aceleração máxima de 1,1 ms². Em relação às emissões de CO₂ esta tem um máximo de 0.0014 g/l e, no caso do poluente CO um máximo de 0.004 g/l. Durante estes instantes, o condutor3 teve à sua frente um veículo de uma escola de condução (Figura 31), logo com um condutor com pouca experiência e a circular com uma velocidade de 20km/h, provocando o aumento da frequência cardíaca. Posteriormente após esse instante a velocidade máxima aumentou assim como a aceleração. Além disso a frequência cardíaca diminuiu, com um mínimo de 108bpm.



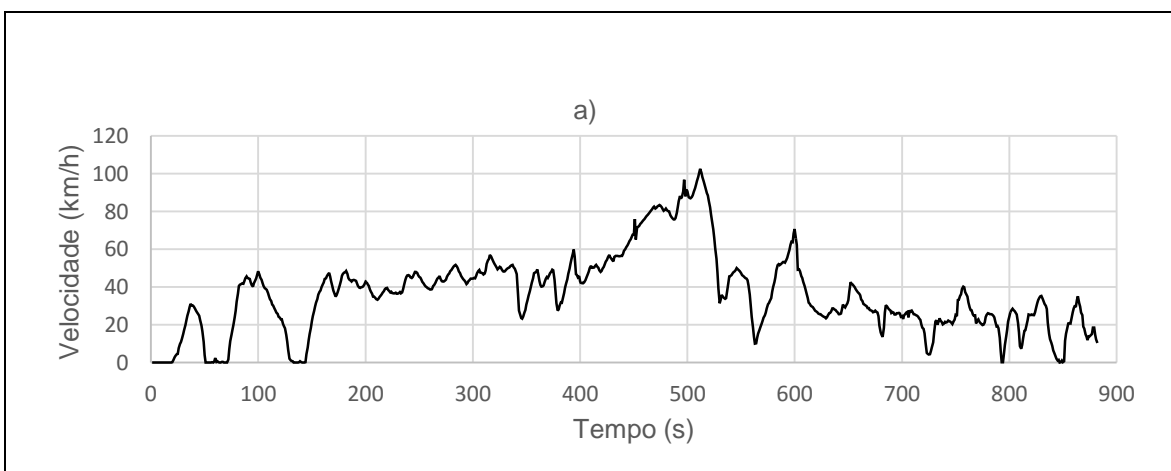
Figura 31-Veículo de uma escola de condução (Condutor2, Trajeto1, primeiro procedimento).

4.3.2. Trajeto2

Nesta secção apresenta-se os dados obtidos pelo conturo3 no segundo percurso delimitado, nos procedimentos experimentais efetuados.

(1) Dinâmica do Veículo

A terceira monitorização (Figura 32 a)) teve uma duração de 15,48min com velocidade média de 34,51km/h e velocidade máxima de 81,58km/h. O seu índice de velocidade é superior com um maior número de fluxo de tráfego e maior número de imobilizações da viatura mediante rotundas e sinalizações de tráfego. Em relação ao perfil de aceleração, a aceleração máxima foi de $2,22m/s^2$ e desaceleração máxima de $-3,84m/s^2$, como se pode constatar na Figura 32 b). Portanto, o tempo total do trajeto foi o menor relativamente às outras monitorizações experimentais do condutor3.



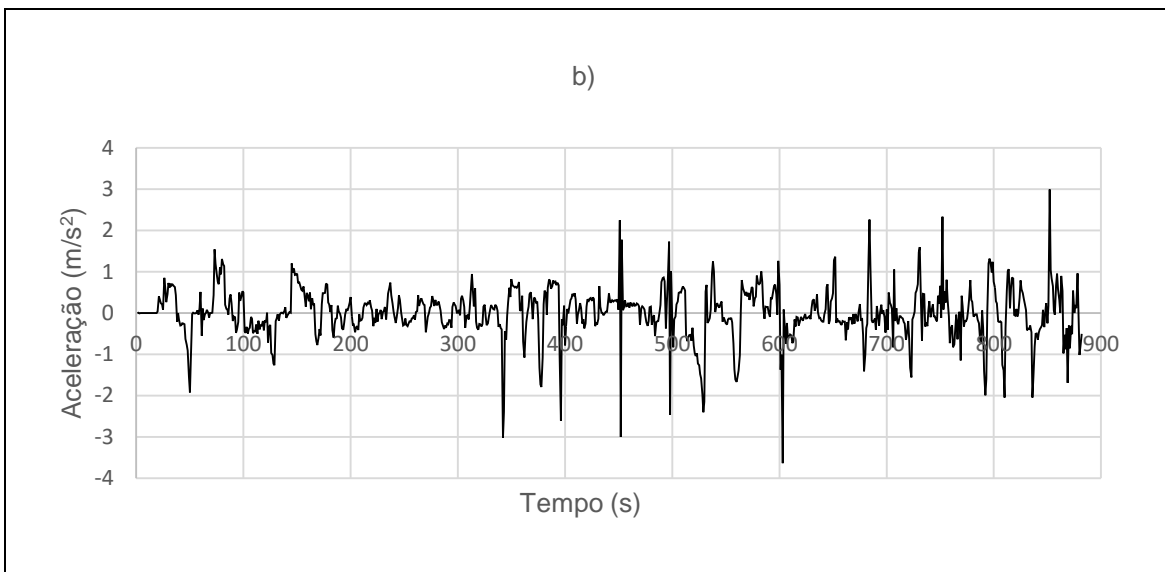


Figura 32-Perfis de Velocidade e Aceleração do condutor3, trajeto2, no terceiro procedimento: a) velocidade, b) aceleração.

(2) Consumo Energético

O consumo mais elevado foi obtido na quarta viagem monitorizada (Tabela 26), assim como em termos de emissões de gases poluentes, conseqüente da velocidade máxima obtida e da segunda velocidade média mais elevada, sendo o percurso mais rápido (como se pode observar nos Anexos). Em comparação ao trajeto1, os consumos de combustível por quilómetro e emissões de gases poluentes foram inferiores, em parte provocado pela velocidade mais constante a partir da entrada para a estrada nacional.

Tabela 26-Emissões e Consumos relativos do condutor3, Trajeto2.

Nº Viagem	Emissões Totais			Emissões/km			Consumo (l/100km)
	CO ₂ (g)	CO (g)	HC (g)	CO ₂ (g/km)	CO (g/km)	HC (g/km)	
1	918,236	288,567	380,622	104,35	32,792	43,253	4,4
2	897,200	273,376	365,568	101,96	31,065	41,542	4,3
3	994,180	290,253	404,034	112,98	32,983	45,913	4,7
4	1003,98	283,121	404,402	114,09	32,173	45,955	4,8

(3) ECG e Frequência Cardíaca

No caso do segundo trajeto, o quarto procedimento experimental possuiu a frequência cardíaca média mais elevada (Tabela 27), comparativamente aos valores de velocidade máxima também se verificou que foram superiores aos restantes, apesar da velocidade média praticada ter

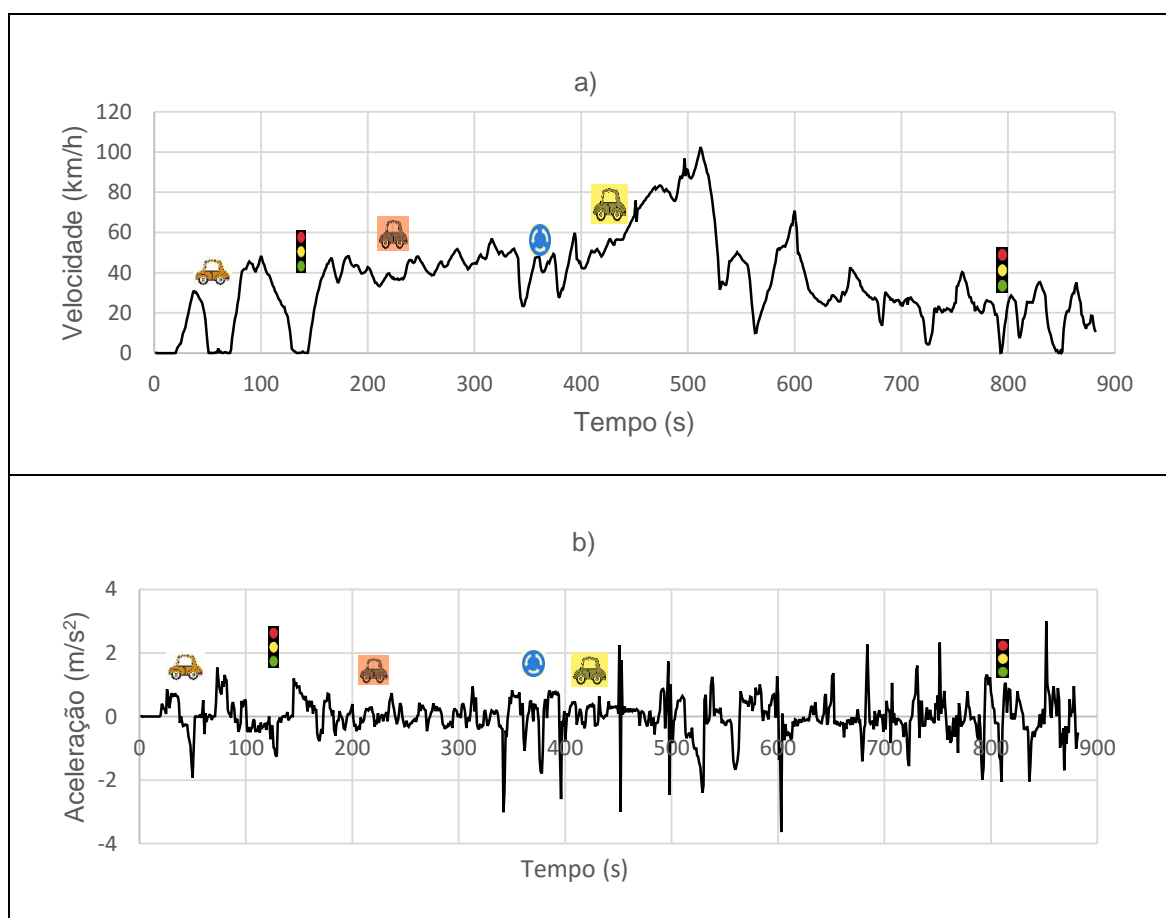
vido a segunda mais baixa, como se pode constatar nos Anexos. Contudo, nesta monitorização ocorreu maiores oscilações da velocidade por via da maior densidade de tráfego e do número superior de imobilizações da viatura. Porém os valores de frequência cardíaca média foram inferiores aos procedimentos efetuados no trajeto1, sendo a frequência cardíaca de 90bpm em repouso.

Tabela 27-Dados referentes às frequências cardíacas médias do condutor3, Trajeto2.

Monitorização	Frequência Cardíaca Média (bpm)
1	98,655
2	98,294
3	98,6
4	98,998

(4) Análise Comparativa

Esta secção detém como objetivo corroborar uma análise comparativa entre a dinâmica do veículo, emissões de gases poluentes e frequência cardíaca obtidas ao longo do trajeto2 pelo condutor3, no terceiro procedimento experimental.



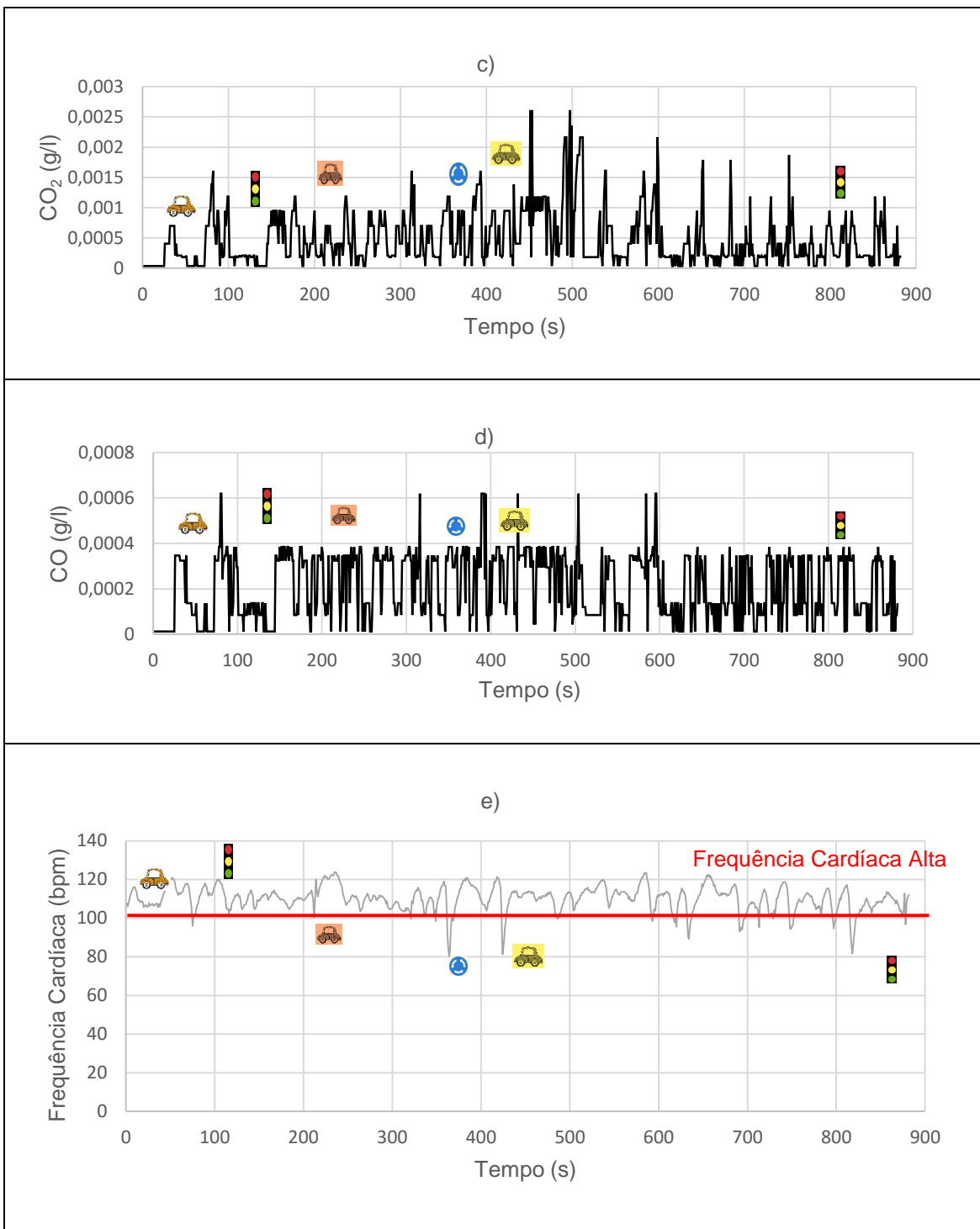


Figura 33-Resultados obtidos pelo condutor3, trajeto2, na terceira monitorização: a) velocidade, b) aceleração, c) emissões de CO₂, d) emissões do CO, e) frequência cardíaca.

A partir da Figura 33 pode-se observar seis momentos chave durante a monitorização experimental do condutor3. O primeiro momento prendeu-se com a paragem por via da mudança de faixa de rodagem de uma viatura e o momento posterior na aproximação a uma sinalização semaforizada. A terceira situação consistiu num tráfego menos fluído e maior número de veículos

nos instantes entre os 205s e os 210s. Neste caso, o condutor teve uma frequência mínima de 100bpm e um máximo de 120bpm por via do congestionamento do tráfego (em repouso de 90bpm). A quarta ocorrência entre os 370s e os 380s deveu-se à entrada para uma rotunda, precedida por uma diminuição da frequência cardíaca na saída da mesma (80bpm). As emissões de CO₂ oscilaram entre os 0g/l e os 0.0013g/l e as emissões de CO com o mesmo mínimo registado e, com um máximo de 0.0042g/l. O quinto momento teve uma diminuição novamente da frequência cardíaca, cerca de 78bpm nos instantes 412s e 418s. Tal facto deveu-se em parte ao aumento da velocidade e ao menor fluxo de tráfego registado, Figura 34. O último momento chave prendeu-se com a aproximação a uma sinalização semaforizada com a diminuição da frequência cardíaca para 82bpm. Em parte a diminuição da frequência cardíaca pode ter advindo da baixa durabilidade durante a referida imobilização da viatura.



Figura 34-Menor fluxo de tráfego (Condutor3, Trajeto2, Terceira monitorização).

4.3.3. Trajeto3

Posteriormente à análise do trajeto2, avalia-se os dados referentes ao condutor3 no último percurso nas monitorizações realizadas.

(1) Dinâmica do Veículo

O segundo percurso referente a este trajeto deteve como velocidade média de 97,42km/h com um máximo de 133,8km/h e de duração de 4,78min, como se observa na Figura 35 a). Em comparação ao primeiro procedimento experimental, esta monitorização apesar de ter uma velocidade média inferior, teve um menor tempo desperdiçado em desacelerações na aproximação a veículos. Os resultados obtidos foram $2,48m/s^2$ para a aceleração máxima e $-3,26m/s^2$ para a desaceleração máxima (Figura 35 b)), sendo a aceleração inferior mas a desaceleração superior relativamente ao primeiro procedimento, como se pode constatar mais detalhadamente nos Anexos.

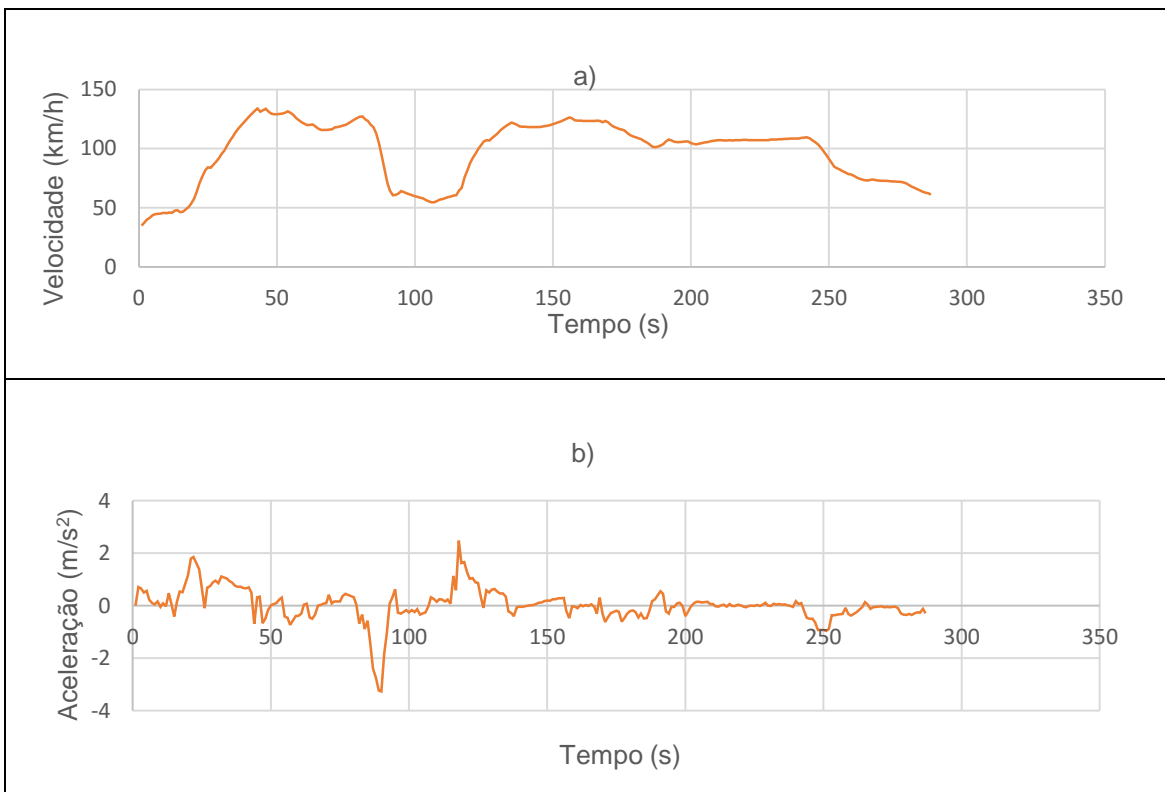


Figura 35-Perfis de Velocidade e Aceleração do condutor3, trajeto3, na segunda monitorização:
 a) velocidade, b) aceleração

(2) Consumo Energético

No último trajeto delimitado verificou-se que o consumo de combustível por quilómetro mais elevado foi obtido na última monitorização experimental (Tabela 28) com a velocidade média mais elevada ao longo do percurso, como se constata mais detalhadamente nos Anexos.

Em síntese, os resultados obtidos detiveram as mesmas conclusões que as precedentes análises dos outros dois condutores, percurso em autoestrada com consumos de combustível por quilómetro e emissões de gases poluentes mais baixas comparativamente ao trajeto2 e ao trajeto urbano.

Tabela 28-Emissões e Consumos do condutor3, Trajeto3.

Nº Viagem	Emissões Totais			Emissões/km			Consumo (l/100km)
	CO ₂ (g)	CO (g)	HC (g)	CO ₂ (g/km)	CO (g/km)	HC (g/km)	
1	864,776	133,861	243,087	104,19	16,128	29,288	4,4
2	765,140	109,260	244,427	92,186	13,164	29,449	3,9
3	863,167	109,564	264,290	104	13,200	31,842	4,4
4	751,103	96,945	96,945	90,494	11,680	26,205	3,8

Contudo, um outro ponto a ter em conta relativamente às emissões obtidas é o modo VSP adquirido em cada instante, nos procedimentos analisados. Denota-se que a percentagem de modos VSP no trajeto2 é superior aos restantes, sendo na sua maioria menor que sete (Figura 36). Apesar disso, ainda possuiu uma percentagem nos modos mais elevados mas com menor incidência. Tal facto deve-se às acelerações e desacelerações serem mais elevadas do que os outros trajetos e, velocidades menos constantes.

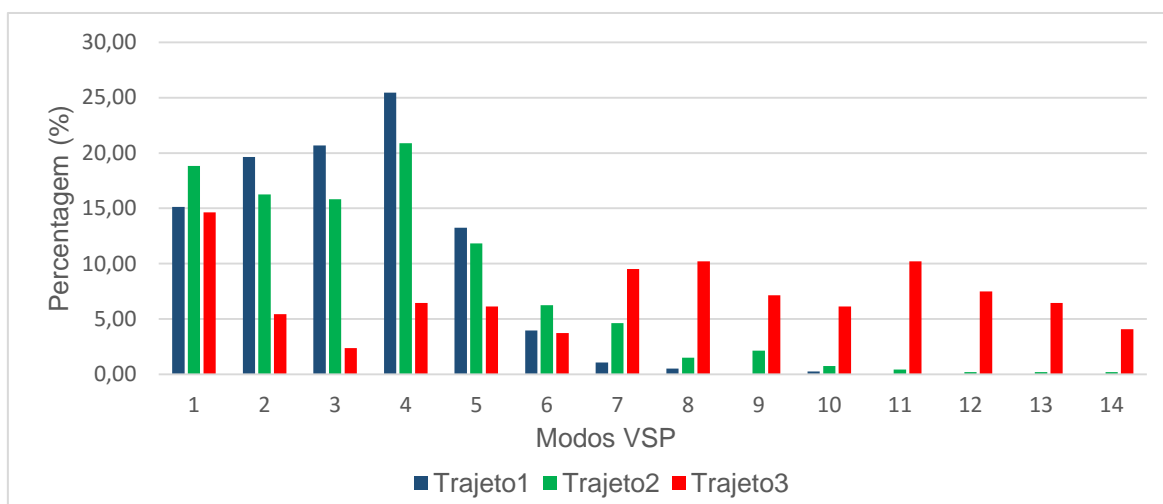


Figura 36-Modos VSP referentes ao condutor3 por trajetos e pelos procedimentos experimentais analisados.

(3) ECG e Frequência Cardíaca

Na análise dos dados das frequências cardíacas médias obtidas em cada monitorização do trajeto3, verifica-se que o primeiro procedimento experimental teve uma frequência cardíaca média superior, como se observa na Tabela 29. Além do referido, este procedimento deteve uma aproximação a uma viatura, que circulava com uma velocidade baixa em autoestrada, conseqüentemente o condutor teve que desacelerar repentinamente, tendo-se verificado um aumento da sua frequência cardíaca, sendo em repouso de 90bpm.

Pode-se afirmar novamente que em vias com menor densidade de tráfego e limites e velocidades superiores, o condutor detém menores índices de frequência cardíaca média.

Tabela 29-Dados referentes às frequências cardíacas do condutor3, Trajeto3.

Monitorização	Frequência Cardíaca Média (bpm)
1	103,756
2	102,151
3	101,407
4	100,711

4.4. Condutor4

De notar a partir da Tabela 30, que o trajeto3 é o que detém menor duração média e duração total e, velocidade média mais elevada. Tal facto verifica-se devido à maior fluidez do tráfego e por via da velocidade máxima legal ser de 120km/h. Por outro lado, o trajeto2 deteve uma duração superior relativamente aos restantes percursos pois detém um número superior de intersecções de tráfego e menor fluidez desse mesmo. Apesar disso, os referentes dados estiveram de acordo com os restantes condutores.

Tabela 30-Resultados Obtidos em termos de duração e velocidade média pelo condutor4, nos três trajetos.

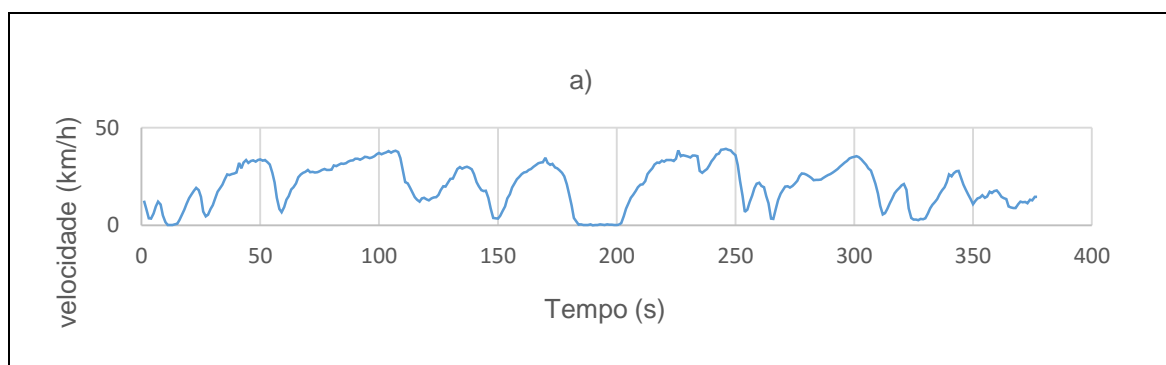
Trajeta	Duração Média (min)	Duração Total (min)	Velocidade Média (km/h)
1	6,35	25,38	19,47
2	16,55	66,18	33,06
3	5,47	21,87	86,38

4.4.1. Trajeta1

Neste subcapítulo corrobora-se a análise dos dados no trajeto1 efetuado pelo condutor4 nos procedimentos experimentais efetuados.

(1) Dinâmica do Veículo

O primeiro procedimento teve uma velocidade máxima de 39,2km/h e velocidade média de 20,6km/h. Durante a monitorização deteve-se duas imobilizações (em sinalizações semaforizadas), quatro reduções elevadas da velocidade devido a duas desacelerações, e as outras por cedências de passagem, como se pode constatar na Figura 37 a). Em relação aos perfis de aceleração, a aceleração máxima foi de $1,79m/s^2$ e a desaceleração máxima de $-3,22m/s^2$, no mesmo intervalo de tempo na aproximação de uma rotunda e saída da rotunda. Na Figura 37 b) pode-se verificar que as acelerações e desacelerações mais elevadas se incidem em paragens e saídas de rotundas, cedências de passagens e em sinais de trânsito.



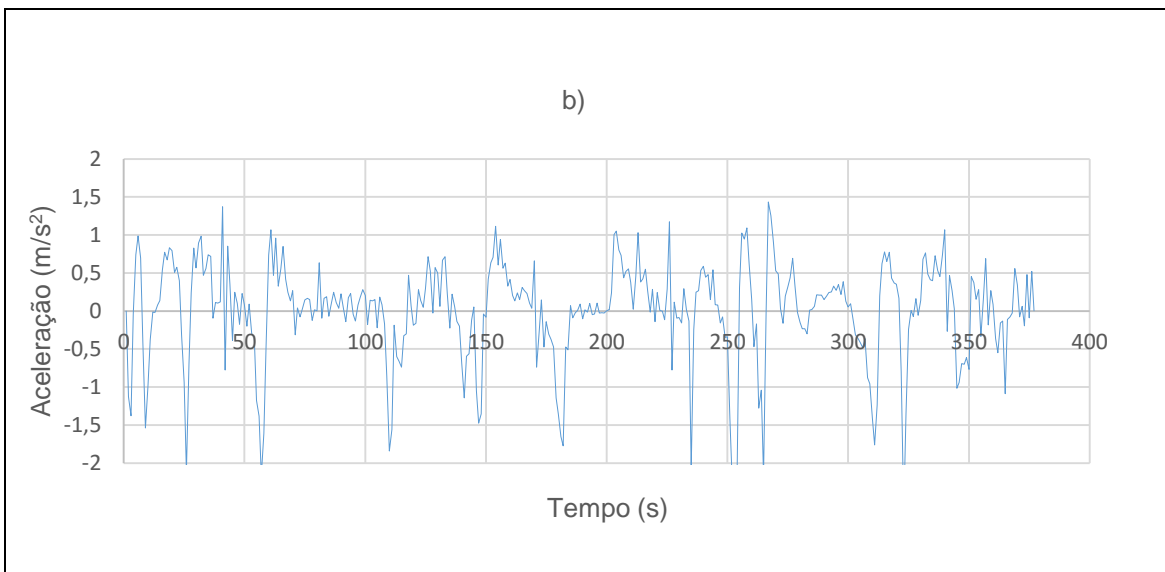


Figura 37-Perfis de Velocidade e Aceleração do condutor4, trajeto1, na primeira monitorização: a) velocidade, b) aceleração.

(2) Consumo Energético

O trajeto1 delimitado por um percurso urbano detém os valores mais elevados em termos de consumo de combustível por quilómetro e emissões de gases poluentes, no quarto procedimento experimental (Tabela 31). Percurso este com velocidade máxima mais elevada e velocidade média menor por via das elevadas oscilações de velocidade durante o percurso, como se pode observar mais detalhadamente nos Anexos.

Tabela 31-Emissões e Consumos relativos do condutor4, Trajeto1.

Nº Viagem	Emissões Totais			Emissões/km			Consumo (l/100km)
	CO ₂ (g)	CO(g)	HC (g)	CO ₂ (g/km)	CO (g/km)	HC (g/km)	
1	304,23	123,62	136,76	132,28	53,75	59,46	6,01
2	237,82	99,94	107,35	103,40	43,45	46,67	4,9
3	295,84	107,76	128,02	128,63	46,85	55,66	5,4
4	324,97	118,21	142,39	141,29	51,39	61,91	6,1

(3) ECG e Frequência Cardíaca

A última monitorização efetuada no trajeto1 pelo condutor4 foi a que possuiu um valor mais elevado relativamente à frequência cardíaca média, como se verifica na Tabela 32, derivado em parte do maior fluxo de tráfego, número mais elevado de peões e percentagem mais elevada de

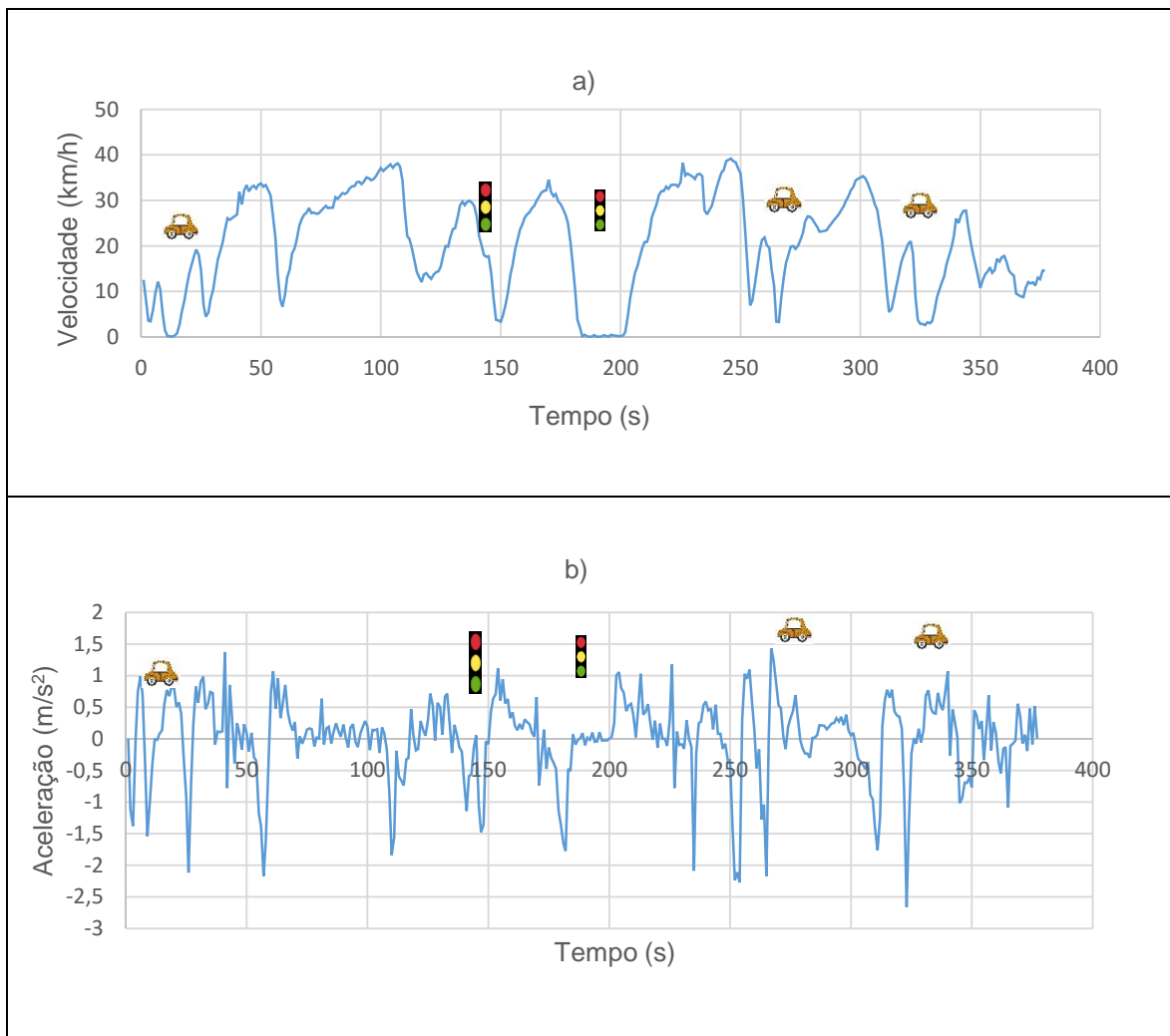
imobilizações da viatura, como se pode constatar mais detalhadamente nos Anexos. Em repouso a frequência cardíaca foi de 70bpm.

Tabela 32-Dados referentes às frequências cardíacas do condutor4, Trajeto1.

Monitorização	Frequência Cardíaca Média (bpm)
1	77,611
2	73,684
3	75,977
4	79,226

(4) Análise Comparativa

Esta secção elabora uma análise comparativa em termos de dinâmica do veículo, como também das emissões dos poluentes CO₂ e CO assim como, os perfis de frequência cardíaca ao longo do trajeto1 pelo condutor4, no primeiro procedimento experimental.



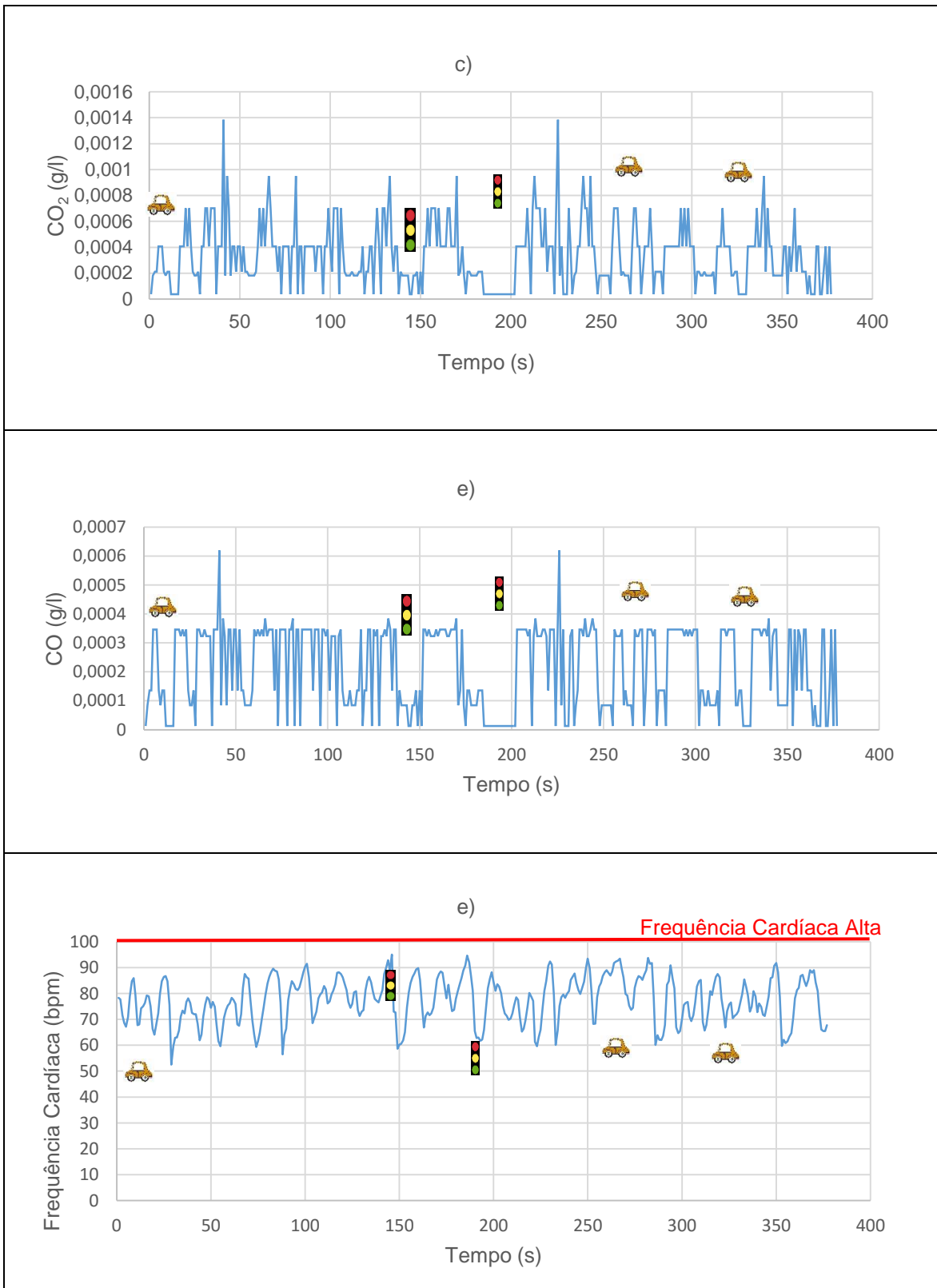


Figura 38-Resultados obtidos pelo condutor4, trajeto1, no primeiro procedimento: a) velocidade, b) aceleração, c) emissões de CO₂, d) emissões do CO, e) frequência cardíaca.

Com a Figura 38 e) é possível verificar que a frequência cardíaca ao longo da segunda monitorização experimental teve variações constantes, apenas se registando um aumento mais elevado da frequência cardíaca do condutor4 para 95bpm, entre os instantes 142s e 148s. Este momento foi precedido por uma sinalização semaforizada e, por via desse facto o condutor teve níveis mais elevados de ansiedade e de irritabilidade (Figura 39). Por outro lado, as emissões de gases poluentes e os perfis quer de velocidade diminuíram consideravelmente, sendo a desaceleração de -1m/s^2 . As duas últimas situações em aproximações a viaturas.

Em relação à frequência cardíaca durante o percurso, esta teve valores entre 53bpm e 93bpm tanto registados em desacelerações, como em aumentos da velocidade. As emissões do poluente CO_2 detiveram valores com perfis menos constantes do que relativamente às emissões do poluente CO. Pode-se afirmar que a predisposição do condutor perante o percurso não é constante, assim sendo não existe um comportamento pré-definido.



Figura 39-Aproximação a uma sinalização semaforizada, condutor4, trajeto1, no primeiro procedimento.

4.4.2. Trajeto2

Neste subcapítulo corrobora-se a análise referente aos procedimentos experimentais do condutor4 no referido trajeto, urbano e em estrada nacional

(1) Dinâmica do Veículo

No segundo procedimento (Figura 40 a)) ocorreu um decréscimo da velocidade máxima e velocidade média, 79,6km/h e 37,7km/h respetivamente, comparativamente ao primeiro procedimento. Em relação aos perfis de aceleração, a aceleração máxima e desaceleração máxima detiveram os seguintes valores, $4,8\text{m/s}^2$ e -3m/s^2 respetivamente, como se pode observar na Figura 40 b).

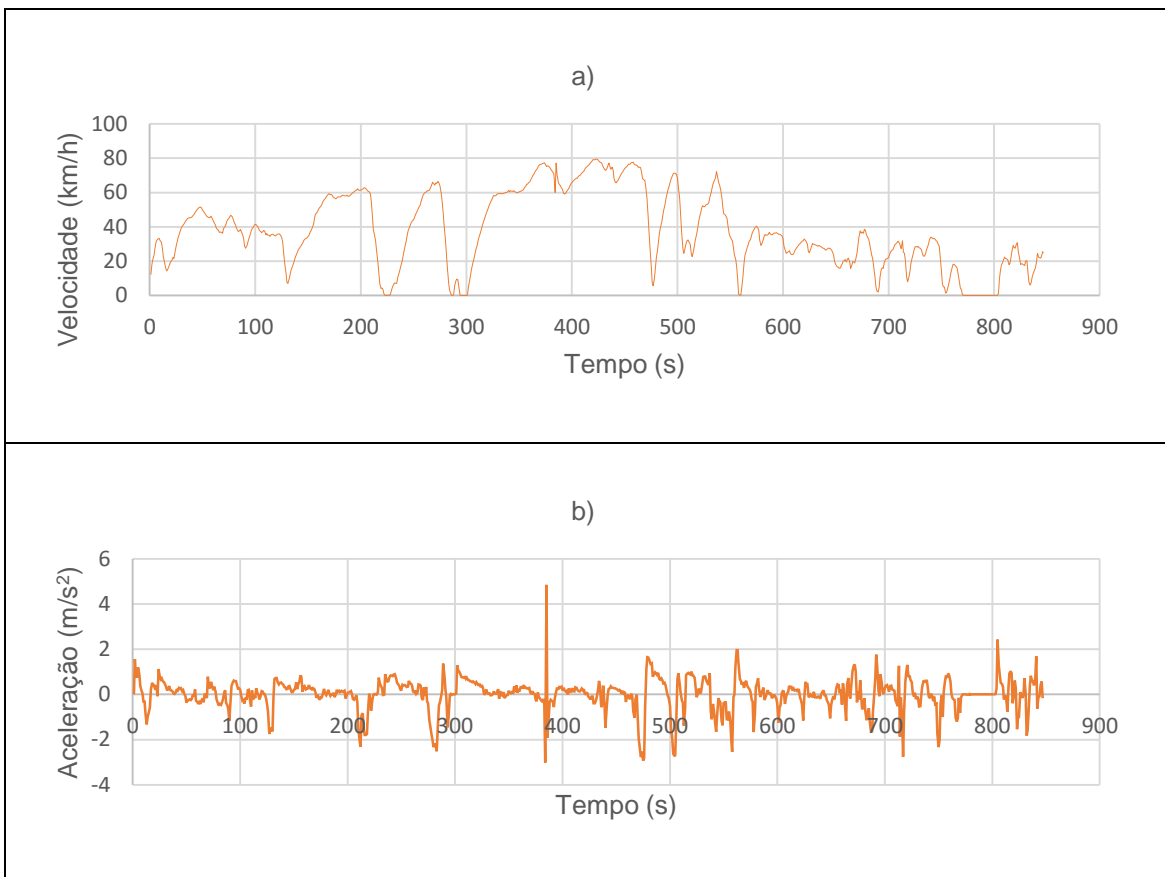


Figura 40-Perfis de Velocidade e Aceleração do condutor4, trajeto2, segunda monitorização: a) velocidade, b) aceleração.

(2) Consumo Energético

No caso referente ao trajeto2, os valores dos consumos de combustível por quilómetro são inferiores ao circuito urbano com a primeira viagem monitorizada com os valores mais elevados, como se observa na Tabela 33. A referida monitorização teve um tempo total mais elevado, maior número de imobilizações e maior tempo desperdiçado nestes casos, com um fluxo de tráfego superior comparativamente ao percurso urbano.

Tabela 33-Emissões e Consumos relativos do condutor4, Trajeto2.

Nº Viagem	Emissões Totais			Emissões/km			Consumo (l/100km)
	CO ₂ (g)	CO(g)	HC (g)	CO ₂ (g/km)	CO (g/km)	HC (g/km)	
1	1054,15	332,24	431,26	119,79	37,76	49,01	5,2
2	1041,13	305,92	421,40	118,31	34,76	47,89	5,1
3	999,07	314,98	407,58	113,53	35,79	46,32	5,09
4	1064,84	329,66	436,51	121,00	37,46	49,60	5,1

(3) ECG e Frequência Cardíaca

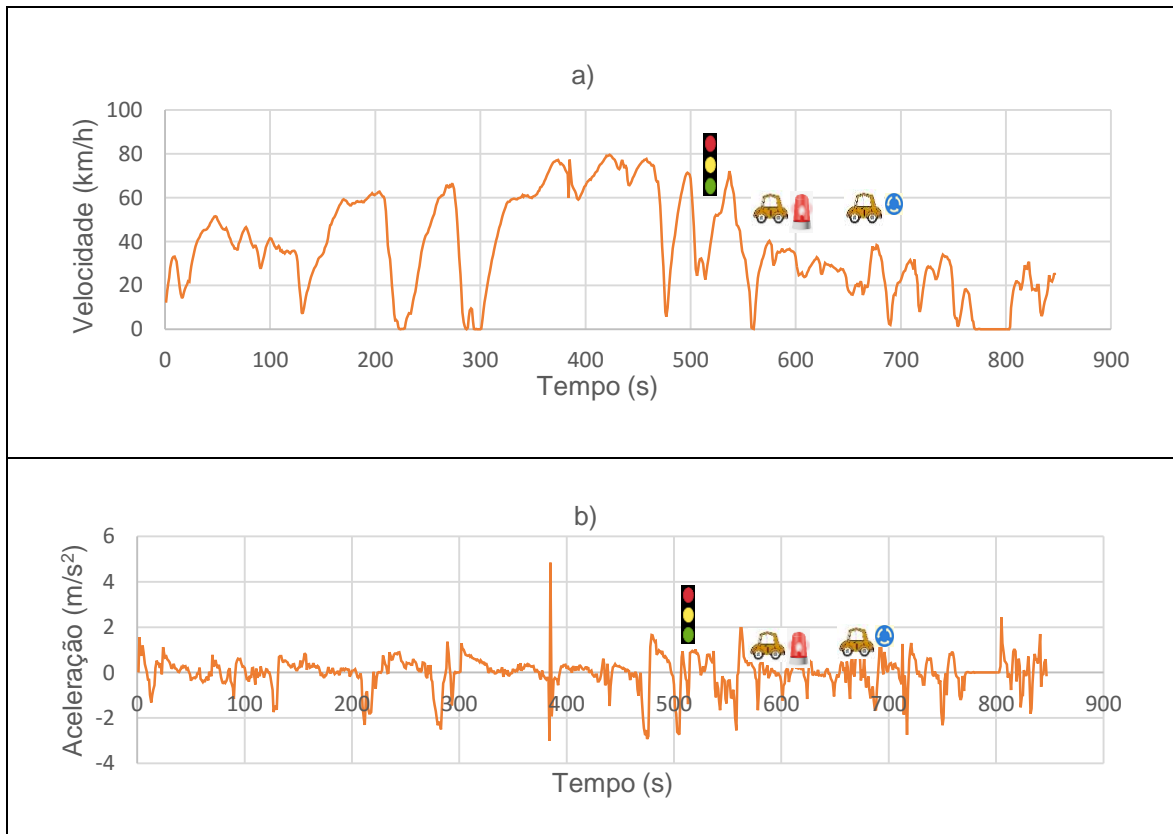
No caso referente ao trajeto2, a monitorização com a frequência média mais elevada foi a primeira viagem (Tabela 34) assim como, a velocidade máxima mais elevada comparativamente aos restantes procedimentos. Portanto, pode-se constatar que a maior predisposição do condutor para velocidades mais elevadas, advém também frequências cardíacas mais elevadas, sendo esta em repouso de 70bpm.

Tabela 34-Dados referentes às frequências cardíacas médias do condutor4, Trajeto2.

Monitorização	Frequência Cardíaca Média (bpm)
1	76,097
2	72,539
3	76,076
4	74,736

(4) Análise Comparativa

Esta secção tem como intuito comparar e analisar os dados referentes à dinâmica do veículo, emissões de gases poluentes e a frequência cardíaca ao longo do trajeto2 pelo condutor4, no segundo procedimento experimental.



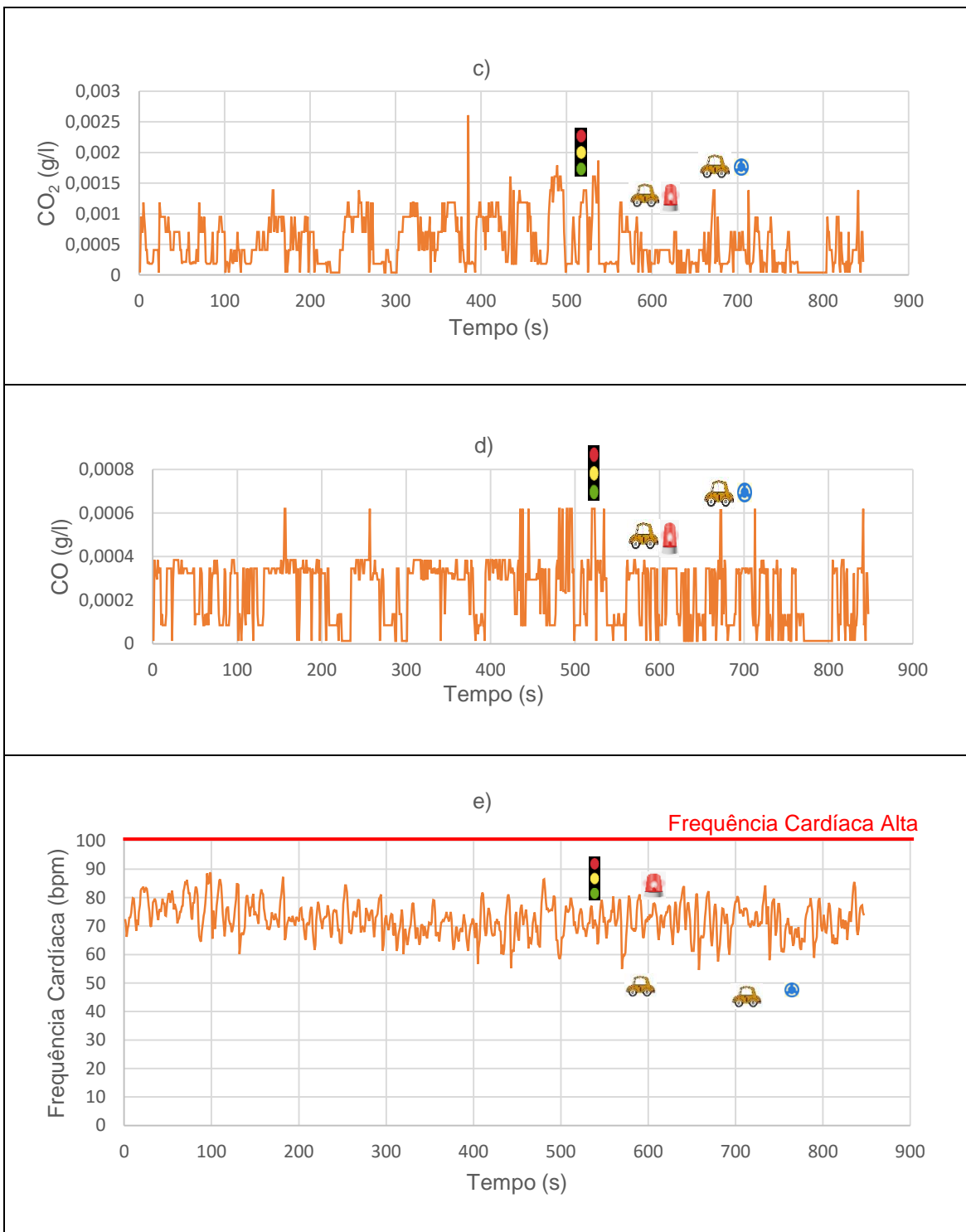


Figura 41-Resultados obtidos pelo condutor4, trajeto2, no segundo procedimento: a) velocidade, b) aceleração, c) emissões de CO₂, d) emissões do CO, e) frequência cardíaca.

Na Figura 41 e) observa-se um aumento da frequência cardíaca a partir do instante 340s, devendo-se à saída do circuito urbano e entrada para a estrada nacional N109. Posteriormente na segunda parte do trajeto denota-se três situações relevantes para analisar. O primeiro momento

chave consistiu numa sinalização semaforizada e, conseqüente aumento da frequência para 80bpm e diminuição da mesma para 69bpm. De seguida verifica-se entre os instantes 570s e 595s, primeiro uma diminuição da frequência cardíaca, seguida de um aumento desta mesma. No primeiro caso deveu-se à cedência de passagem a uma viatura, que se encontrava parada num sinal de cedência de passagem, constatou-se de seguida um policiamento, tendo-se obtido o valor mais elevado relativamente à frequência cardíaca de 80bpm. As emissões de gases poluentes diminuíram consideravelmente aquando o aparecimento da operação policial. Por fim a última adulteração verificada, foi a saída (numa rotunda) para um outro sentido da viatura que se encontrava à frente do condutor4 (Figura 42), aumentando de seguida a velocidade e conseqüente aceleração da viatura.

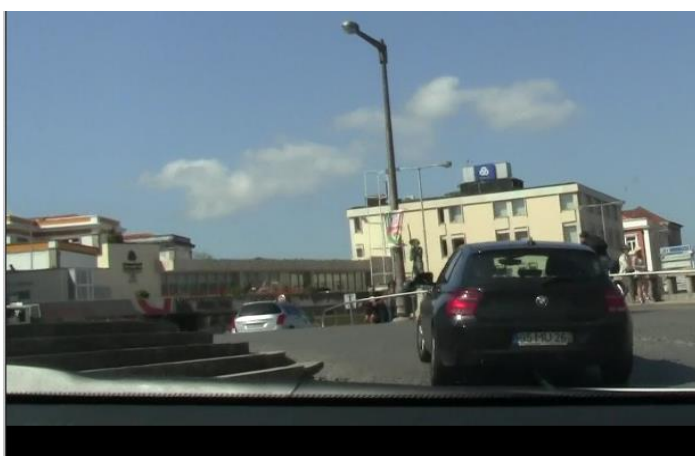


Figura 42-Rotunda efetuada pelo condutor4, Trajeto2, no segundo procedimento.

4.4.3. Trajeto3

Nesta fase aborda-se os dados obtidos em relação aos procedimentos experimentais efetuados no último trajeto pelo condutor4.

(1) Dinâmica do Veículo

O primeiro procedimento teve como velocidade máxima 105,2km/h, com uma velocidade média de 88,6km/h. Durante a monitorização deteve-se duas imobilizações, quatro reduções elevadas da velocidade devido a duas ultrapassagens e outros momentos por cedências de passagem, como se pode constatar na Figura 43 a). A aceleração máxima e desaceleração máxima foram de $3m/s^2$ e de $-3,2m/s^2$ respetivamente, Figura 43 b). Nesta análise o perfil de aceleração e desaceleração foi elevado, devido às imobilizações da viatura e ao fluxo do tráfego rodoviário.

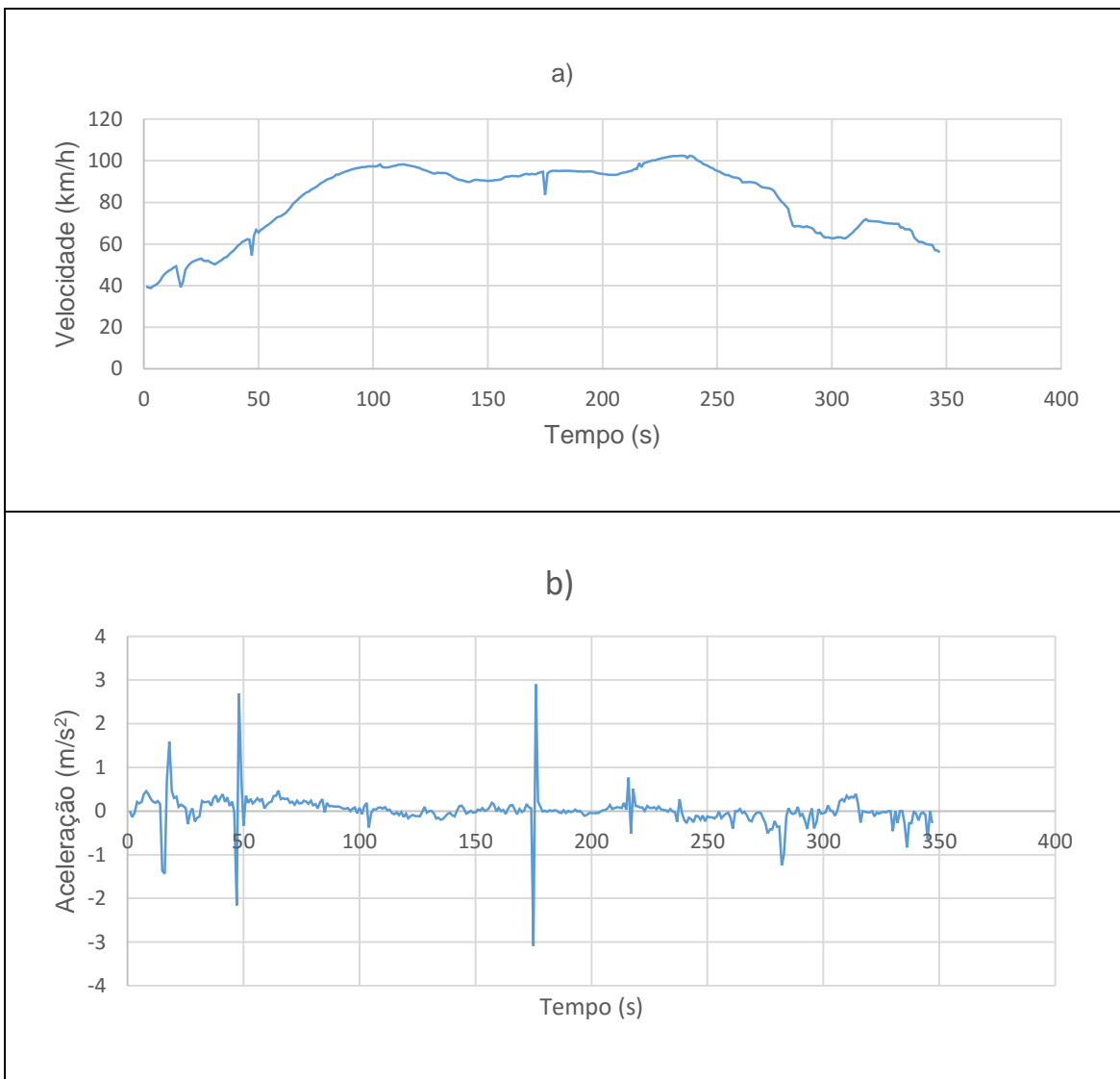


Figura 43-Perfis de Velocidade e Aceleração do condutor4, trajeto3, na primeira monitorização: a) velocidade, b) aceleração.

(2) Consumo Energético

No último trajeto em autoestrada, os valores mais elevados de consumo de combustível por quilómetro e emissões estabeleceram-se no terceiro percurso, como constatado na Tabela 35, com a segunda velocidade média mais elevada e condução mais constante.

Conclui-se que apesar dos condutores terem comportamentos díspares relativamente à preponderância perante os vários trajetos, os valores de consumo de combustível por quilómetro e emissões de gases poluentes são superiores no trajeto1, circuito urbano, e os valores menos elevados no trajeto em autoestrada.

Tabela 35-Emissões e Consumos do condutor4, Trajeto3.

Nº Viagem	Emissões Totais			Emissões/km			Consumo (l/100km)
	CO ₂ (g)	CO(g)	HC (g)	CO ₂ (g/km)	CO (g/km)	HC (g/km)	
1	749,85	176,01	273,41	90,34	21,21	32,94	4,1
2	694,54	169,32	253,69	83,68	20,40	30,56	4,1
3	764,25	176,05	276,17	92,08	21,21	33,27	4,3
4	743,73	154,76	154,76	89,61	18,65	30,49	4,2

Além do referido, é necessário ter em conta que o facto das emissões de gases poluentes serem mais elevadas no trajeto2 do que no trajeto3 é provocado em parte pelas oscilações de aceleração e de desaceleração serem mais elevadas assim como, as velocidades serem menos constantes ao longo do percurso. Além disso, o trajeto2 detém percentagens em todos os modos VSP, exceto nos modos 12 e 13 como se pode verificar na Figura 44.

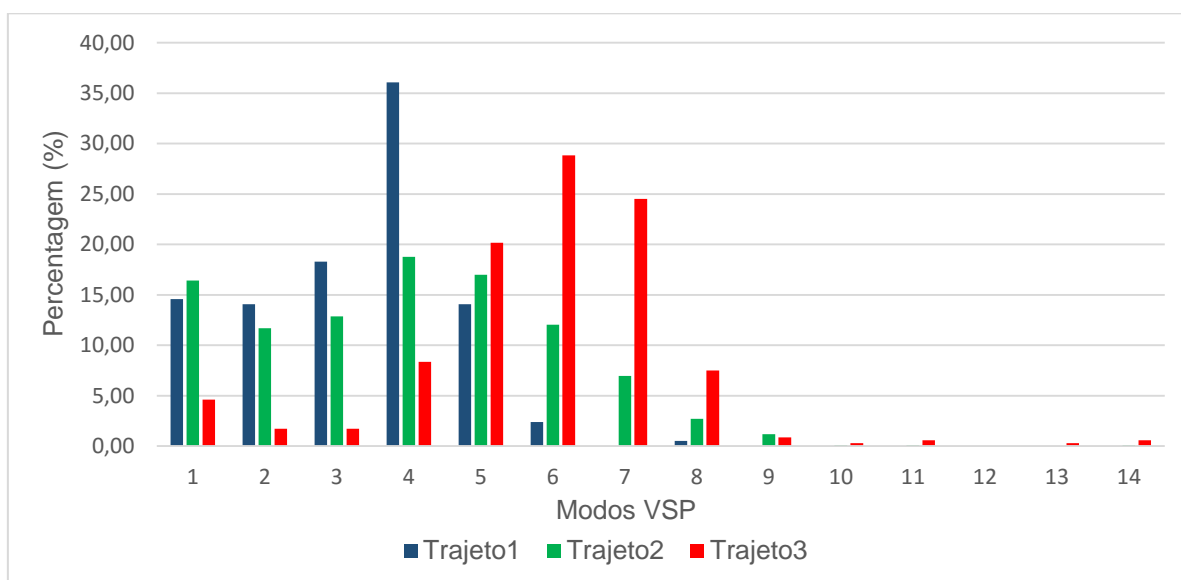


Figura 44-Modos VSP referentes ao condutor4 por trajetos e pelos procedimentos experimentais analisados.

(3) ECG e Frequência Cardíaca

No último procedimento experimental do terceiro percurso verificou-se que a segunda monitorização teve a frequência cardíaca média mais elevada, como se pode observar na Tabela 36, sendo esta de 70bpm em repouso. Apesar de não ser a monitorização com maior velocidade média e velocidade máxima e, ter sido a monitorização experimental com a condução mais fluída e constante.

Estes procedimentos experimentais efetuados pelo condutor4 detiveram valores díspares em relação às frequências cardíacas médias dos outros condutores, com valores médios totais mais elevados em autoestrada e mínimos no trajeto2 (circuito urbano e estrada nacional). O que admite que cada condutor se comporta diferencialmente mediante o fluxo de tráfego e condições das vias rodoviárias, não se estabelecendo um comportamento pré-estabelecido.

Tabela 36-Dados referentes às frequências cardíacas médias do condutor4, Trajeto3.

Monitorização	Frequência Cardíaca Média (bpm)
1	74,867
2	77,913
3	75,292
4	73,592

5. Conclusões e Trabalho Futuro

Este capítulo apresenta as conclusões referentes ao trabalho efetuado na presente Dissertação de Mestrado e os futuros trabalhos relativos à avaliação da influência do condutor no desempenho energético/ambiental do veículo.

A presente Dissertação de Mestrado teve como principal finalidade constatar a influência do condutor no desempenho energético/ambiental de um veículo em três trajetos delimitados com fluxos de tráfego díspares e diferenciados. Os procedimentos experimentais dividiram-se em três percursos em meio urbano, em estrada nacional (apesar de deter alguns quilómetros em meio urbano) e por fim em autoestrada, verificando de que forma o comportamento do condutor variava em termos de dinâmica veicular, consumos energéticos e frequências cardíacas.

O trabalho efetuado durante a presente Dissertação de Mestrado foi de carácter experimental portanto, foram vários os desafios encontrados. Um dos problemas durante os vários procedimentos experimentais ocorreu aquando a marcação de datas específicas para a realização das devidas medições experimentais que, devido às condições atmosféricas por vezes não eram as mais favoráveis. Nos procedimentos experimentais foi fundamental analisar em primeiro lugar, a influência do condutor no desempenho do veículo, em condições de piso seco durante a monitorização de cada condutor.

Uma das limitações das monitorizações efetuadas prendeu-se com a sincronização dos dispositivos ao longo dos percursos. Idealmente a melhor solução seria criar uma plataforma num Android, por via de ter os dispositivos sincronizados segundo a segundo. A solução encontrada foi elaborar uma ficha de registo com as horas e datas dos procedimentos experimentais e ao mesmo tempo desligar e ligar o VitalJacket (que retira os diversos dados com uma frequência de 500hz por segundo) e, marcar o início e fim de cada percurso com recurso ao GPS, que recolhe os dados dinâmicos do veículo de segundo a segundo. Contudo e apesar desta limitação de sincronização conseguiu-se corroborar uma metodologia coerente e viável da monitorização dos condutores mediante os vários percursos e procedimentos experimentais efetuados.

A metodologia VSP teve como intuito correlacionar a dinâmica do veículo com as emissões de gases poluentes e consumos, de forma a corroborar uma análise comparativa entre as quatro monitorizações realizadas para cada trajeto e para cada condutor.

O *software* Matlab serviu de base ao cálculo das frequências cardíacas a partir do ECG obtido com o dispositivo VitalJacket para cada condutor nas medições efetuadas em cada percurso.

Posteriormente aos desafios mencionados, foi possível então efetuar as medições experimentais e comparar os vários procedimentos dos condutores e sua influência no desempenho energético/ambiental de uma viatura. O intuito relativamente aos percursos delimitados foi ter como base três tipos de percursos, como referenciado precedentemente, para se avaliar de que forma o condutor altera a sua condução mediante cada percurso e sua influência na dinâmica e consumos energéticos de veículos. No percurso urbano constatou-se que os condutores variam constantemente a sua condução mediante aproximações a singularidades de tráfego, como

rotundas, cruzamentos semaforizados e a passadeiras. Em relação às velocidades médias estas variam entre 15km/h e os 25km/h, e as máximas entre os 40km/h e os 45km/h, cumprindo na íntegra os limites de velocidade nestas vias. As emissões do gás poluente CO₂ estiveram entre 110 g/km e 142 g/km, as emissões do gás poluente CO entre 100g/km e 145g/km, no caso do HC os valores estiveram entre 45g/km e 65g/km e, os consumos de combustível por quilómetro entre 0,04l/km e os 0,063l/km. Constatase que os condutores tiveram comportamentos muito similares em termos de consumos, emissões e velocidades neste trajeto. Portanto, pode-se afirmar que para os trajetos analisados, e embora o condutor influencie o desempenho do veículo, o desempenho energético-ambiental do mesmo é influenciado sobretudo pelo trajeto em si.

No caso do trajeto2, verifica-se que as velocidades praticadas aumentaram por via do facto do percurso ser urbano e em estrada nacional, possibilitando conduzir em velocidades mais elevadas mas com maior densidade de tráfego. Portanto, as velocidades médias oscilaram entre os 25km/h e os 41km/h, consistindo num aumento de entre 64% e 67%. Em termos de velocidade máxima recolheram-se valores entre os 78km/h e os 103km/h, acima do limite legal no troço da estrada nacional, que se situa neste caso nos 70km/h. Os valores médios dos consumos de combustível e emissões de gases poluentes diminuíram comparativamente ao percurso urbano, tendo valores entre 98g/km e 130g/km para o CO₂, entre 26g/km e 40g/km para o CO, entre 38g/km e 52g/km para o HC e, entre 0,04l/km e 0,055l/km em termos de consumo de combustível. Logo, neste tipo de trajeto rodoviário o condutor tem maior preponderância para exceder os limites de velocidade, aumentando o risco para situações adversas para o próprio condutor e para o próprio tráfego. Constatase que as emissões dos gases poluentes foram inferiores comparativamente ao percurso urbano (< 20%), por via das velocidades serem mais constantes e o consumo de combustível por quilómetro menores. Tal como mencionado na análise do trajeto precedente, o condutor é o principal fator das alterações obtidas na dinâmica do veículo e consumos energéticos. Porém verifica-se que os condutores são influenciados pelo percurso, alterando a sua condução e predisposição perante o fluxo de tráfego.

Relativamente ao último percurso, os consumos de combustível por quilómetro e emissões de gases poluentes foram inferiores ao trajeto2 e ao trajeto1, situando-se entre 90g/km e 105g/km no caso do gás poluente CO₂, entre 10g/km e 22g/km relativamente ao gás poluente CO, entre 20g/km e 35g/km em relação ao gás poluente HC e os consumos por quilómetro entre 0,038l/km e 0,044l/km. Além do referido, verificou-se que as velocidades máximas e médias aumentaram (> 20%) pelo facto do limite de velocidade ser de 120km/h e, também pela maior fluidez do tráfego. Contudo, os condutores e tal como no trajeto anterior, tiveram maior predominância para ultrapassar o limite legal de velocidade, sobretudo verificado pelo número inferior de veículos a circular e pela qualidade do piso.

No caso relativo à variação das emissões de gases poluentes (CO₂, CO e HC), os valores com maior discrepância obtiveram-se no gás poluente CO, entre os 20% e os 50%, seguindo-se o gás poluente HC, com variações entre os 10% e os 45% e, por fim o CO₂ entre os 5% e os 35%, relativamente aos três percursos. O consumo de combustível por quilómetro foi superior no trajeto1

e menor no percurso em autoestrada por via das acelerações e desacelerações mais elevadas e velocidade menos constantes no primeiro percurso e, em sentido contrário no último percurso.

A frequência cardíaca dos condutores possibilitou avaliar os níveis de *stress* e ansiedade durante os três trajetos delimitados. É importante ter a consciência que os valores obtidos pelo ECG e conseqüente frequência cardíaca são diferentes entre condutores. Por esse facto, a avaliação cingiu-se nas diferenças entre as frequências cardíacas de cada condutor e procedimento experimental.

No caso do primeiro condutor, este teve uma frequência cardíaca idêntica entre as monitorizações do percurso urbano e do percurso em autoestrada, sendo superior no trajeto composto por uma parte urbano e outra em estrada nacional. O constatado deve-se em parte ao maior fluxo de tráfego no segundo trajeto que conduz à ocorrência de *stress* e irritação perante outros condutores.

O segundo condutor obteve valores superiores relativos à frequência cardíaca no trajeto urbano, porque na sua avaliação experimental verificou-se um aumento do índice de irritabilidade perante condutores, peões e viaturas estacionadas em segunda via. Em autoestrada, o condutor2 sentiu-se mais confortável e tranquilo durante a monitorização experimental, logo a sua frequência cardíaca diminuiu.

Relativamente à frequência cardíaca do terceiro condutor, este teve um comportamento similar ao condutor1, com valores inferiores no percurso em autoestrada e superiores no percurso urbano e em estrada nacional. Os resultados obtidos deveram-se em parte ao maior fluxo de tráfego no segundo trajeto, advindo *stress* e condução inconstante. Em autoestrada o condutor tal como os anteriores teve maior preponderância para uma condução mais estável, apesar de exceder os limites legais de velocidade nesta via.

Por fim, o último condutor foi o que estava mais calmo durante os vários procedimentos experimentais, a sua frequência cardíaca nunca aumentou para mais de 80bpm (o condutor1 com um valor médio de 86bpm, o segundo condutor com 97bpm de média e, o terceiro condutor com 108bpm), tendo sido no trajeto urbano em que se registaram os valores superiores e no trajeto2 com valores inferiores, contrariamente aos outros condutores.

Em suma, os condutores 2 e 3 foram os que sustaram valores mais elevados relativamente à frequência cardíaca, com uma média de 97bpm e 108bpm respetivamente, durante os vários procedimentos. Além da frequência cardíaca, as velocidades máximas e médias, acelerações/desacelerações foram superiores no caso destes condutores, apesar dos consumos e emissões terem sido similares aos obtidos pelos outros dois. Pode-se afirmar também que em quase todos os procedimentos experimentais, o aumento da frequência cardíaca (< 20%) pressupõe um aumento de emissões dos gases poluentes (CO₂, CO e HC) e aumento dos consumos de combustível entre 25% e 30%. Apesar disso, as situações de tráfego que detêm frequências cardíacas mais elevadas são distintas, por vezes o seu aumento é constatado no em fluxos de tráfego mais elevados e em sinalizações semaforizadas mas, também em casos de circulação com

velocidades baixas. Em contrapartida as frequências mais baixas são verificadas aquando a maior fluidez do tráfego.

Em síntese, o trabalho efetuado comprova que a dinâmica e o desempenho energético-ambiental dos veículos são influenciados pelos condutores, pelo percurso monitorizado e pelo próprio ambiental circundante, que influencia o comportamento do condutor perante a variação da densidade e fluxo de tráfego, como concluído no artigo de Wang et al. (2015). Em simultâneo a escolha de rotas influencia os consumos energéticos de veículo tal como se constatou no estudo de Bandeira et al. (2013), na Dissertação de Mestrado de Almeida (2010) e no artigo de Carvalho, (2011).

Em relação ao trabalho futuro a ser efetuado relativamente à influência do condutor no desempenho veicular, são enumeradas as seguintes propostas que complementaríamos a presente Dissertação de Mestrado:

- Maior número de monitorizações nos percursos delimitados em outras condições (nomeadamente, com piso molhado e condições atmosféricas adversas) de forma a obter perfis de condução elaborados;
- O desenvolvimento de uma aplicação para Android que possibilitaria monitorizar os dispositivos a partir de um só relógio, nomeadamente o do Android, permitindo corroborar uma análise temporal mais precisa dos resultados e despende menos tempo na elaboração dos mesmos;
- A possibilidade de efetuar as medições experimentais em outras cidades com maiores fluxos e densidades de tráfegos superiores;
- Maior amostra de condutores (com diferentes idades, anos de condução, com ou sem experiência de veículos com transmissão automática, entre outros);
- Monitorização em outros veículos, nomeadamente com caixa manual de velocidades;
- Análise das variações faciais do condutor, de forma a obter uma clara avaliação comportamental do condutor.

6. Referências

- Afonso, R., 2013. Tracking and Data Recording System for Vehicles. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica. Universidade de Aveiro.
- Almeida, T., 2010. Monitorização experimental de Rotas Alternativas Para Veículos. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica. Universidade de Aveiro, 152 pp.
- APA, 2015. Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas. Memorando sobre emissões de CO₂ elaborado com base na submissão oficial para a Comissão Europeia (Regulamento (EU) No 525/2013) e CQNUAC, 30 de Outubro 2015. Disponível em: <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=17&subref=150>.
- Auzoult, L., Lheureux, F., Massard, S., Minary, J., Charlois, C., 2015. The perceived effectiveness of road safety interventions: Regulation of driver's behavioral intentions and self-consciousness. *Transportation Research Part F* 34, 29-40.
- Bandeira, J., Almeida, T., Khattak, A., Coelho, M., 2013. Generating Emissions Information for Route Selection: Experimental Monitoring and Routes Characterization. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 17(1):3–17.
- Bandeira, J., Fontes, T., Pereira, S., Fernandes, P., Khattak, A., Coelho, M., 2014. Assessing the importance of vehicle type for the implementation of eco-routing systems. *Transportation Research Procedia* 3, 800 – 809.
- Bella, F., Silvestri, M., 2016. Driver's braking behavior approaching pedestrian crossings: a parametric duration model of the speed reduction times. *Journal of Advanced Transportation*, DOI: 10.1002/art.1366.
- Bernardi, J e Landim, P., 2002. Aplicação do Sistema de Posicionamento Global (GPS) na coleta de dados. DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatemática, Texto Didático 10, 31 pp. 2002.
- Carvalho, D., 2011. Escolha de Rotas-Influência da hora de ponta nos consumos e emissões. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica. Universidade de Aveiro.
- Coelho, E., 2009. Avaliação dos níveis de congestionamento em vias arteriais com a utilização da micro-simulação. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Colunas, M., Fernandes, J., Oliveira, I., Cunha, J.. 2011. Droid Jacket: Using an Android based smartphone for Team Monitoring. Dep. of Electronics, Telecommunications and Informatics. 2011 IEEE Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC), DOI: 10.1109/IWCMC.2011.5982868, 2157-2161.

Colunista Portal, 2013. Disponível em:<http://www.portaleducacao.com.br/biologia/artigos/46302/gps-sistema-de-posicionamento-global>. Acedido em Março de 2016.

Connor, J., Norton, R., Ameratunga, S., Robinson, E., Civil, I., Dunn, R., Jackson, R., 2002. Driver sleepiness and risk of serious injury to car occupants: population based case control study. *Br. Med. J.* 324 (7346), 1125.

Dozza, M., Flannagan, C., Sayer, J., 2015. Real-world effects of using a phone while driving on lateral and longitudinal control of vehicles. *Journal of Safety Research* 55, 81 – 87.

Fontes, T., Lemos, A., Fernandes, P., Bandeira, J., Coelho, M., 2014. Emissions impact of road traffic incidents using Advanced Traveler Information Systems in a regional scale. *Transportation Research Procedia* 3, 41 – 50.

Foss, R., Goodwin, A., 2014. Distracted Driver Behaviors and Distracting Conditions Among Adolescent Drivers: Findings From a Naturalistic Driving Study. *Journal of Adolescent Health* 54, S50eS60.

Ibarra, D., Mendoza, R., López, E., Burtamante, R., 2015. Influence of the automotive Start/Stop system on noise emission: Experimental study. *Applied Acoustics* 100, 55 – 62.

Jiménez-Palacios, 1998. Understanding and quantifying motor vehicle emissions with vehicle specific power and TILDAS remote sensing. Massachusetts Institute of Technology, 1998. 54 – 56 f. Disponível em <http://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/44505/43303941.pdf?sequence=1>. Acedido em Março de 2016.

Kecklund, G., Anund, A., Wahlström, M.R., Philip, P., Akerstedt, T., 2012. Sleepiness and the risk of car crash: a case-control study. *J. Sleep Res.* 21 (S1), 307.

Machado, A., Oliveira, B., 2011. O Sistema OBD (On-Board Diagnosis). Instituto Superior de Engenharia do Porto, Mestrado em Automação e Sistemas. Disponível em: http://ave.dee.isep.ipp.pt/~mjf/act_lect/SIAUT/Trabalhos%202007-08/Trabalhos/SIAUT_OBD.pdf. Acedido em Março de 2016.

Mackenzie, A., Harris, J., 2015. Eye movements and hazard perception in active and passive driving. *Visual Cognition*, DOI: 10.1080/13506285.2015.1079583.

Morris, A., Reed, S., Welsh, R., Brown, L., Birrel, S., 2015. Distraction effects of navigation and green-driving systems – results from field operational tests (FOTs) in the UK. *Eur. Transp. Res. Rev.*, DOI 10.1007/s12544-015-0175-3.

Muniz, F., 2007. Economia dos Transportes, Congestionamentos. Disponível em: <ftp://ftp.cefetes.br/cursos/transportes/FabioMuniz/Economia%20dos%20transportes/congestionamentos.pdf>. Acedido em Março de 2016.

Nabi, H., Guéguen, A., Chiron, M., Lafont, S., Zins, M., Lagarde, E., 2006. Awareness of driving while sleepy and road traffic accidents: prospective study in GAZEL cohort. *Br. Med. J.* 333 (7558), 75.

NCSU, 2002. Methodology for developing modal emission rates for EPA's multi-scale motor vehicle & equipment emission system. Raleigh, Carolina do Norte. Disponível em <http://www.epa.gov/otaq/models/ngm/r02027.pdf>. Acedido em Março de 2016.

Neves, M., 2014. Monitorização experimental de dinâmica de veículos. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica. Universidade de Aveiro.

Noh, S., An, K., Han, W., 2015. Situation Assessment and Behavior Decision for Vehicle/Driver Cooperative Driving in Highway Environments. 2015 IEEE International Conference on Automation Science and Engineering (CASE), Pages 626-633, August 24-28, 2015.

Norauto, 2016. OBD ELM 327 Wifi Android. Disponível em: <http://www.norauto.pt/index.php?id=5348&rb=375&tbl=registos>. Acedido em Março de 2016.

Ohliges, T., 2015. Alterações climáticas e ambiente, Julho de 2015. Disponível em: www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/pt/FTU_5.4.2.pdf. Acedido em Março de 2016.

Palar, B., Delhomme P., 2014. A simulator study of factors influencing drivers' behavior at traffic lights. *Transportation Research Part F* 37, 107 – 118.

Peng, Y., Boyle, L., 2015. Driver's adaptive glance behavior to in-vehicle information systems. *Accident Analysis and Prevention* 85, 93 – 101.

Pereira, A., 2010. Católica do Porto oferece produto inovador ao Papa. Disponível em: <http://www.porto24.pt/inteligencia/catolica-do-porto-oferece-produto-inovador-ao-papa/>

Silva, C., 2006. Gestão de tráfego rodoviário, Lisboa. Disponível em https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779571249439/1.0_Correntes_de_trafego_06.pdf. Acedido em Março de 2016.

Rodrigues, J., Vieira, F., Vinhoza, T., Barros, J., Cunha, J., 2010. A Non-Intrusive Multi-Sensor System for Characterizing Driver Behavior. 13th International IEEE Annual Conference on Intelligent Transportation Systems Madeira Island, Portugal, September 19-22, 2010.

Saifuzzaman, M., Haque, Md., Zheng, Z., Washington, S. 2014. Impact of mobile phone use on car-following behaviour of young drivers. *Accident Analysis and Prevention* 82, 10 – 19.

Sun, J., Ma, Z., Li, T., Niu, D., 2015. Development and application of an integrated traffic simulation and multi-driving simulators. *Simulation Modelling Practice and Theory* 59, 1 – 17.

The Physics Classroom - Acceleration. Disponível em <http://www.physicsclassroom.com/class/1DKin/Lesson-1/Acceleration>>. Acedido em Março de 2016.

Toyota, 2016. Disponível em: https://www.toyota.pt/new-cars/auris/prices.json#/publish/CARCONFIG_LOAD/modelid=b163d626-70cf-446b-996f-ce93db94e80e/carid=b6e27597-4e6d-40ea-8989-f2cebbe7f16b. Acedido em Março de 2016.

Wan, F., Li, M., Fan, J., Pan, F., 2014. Study on Driver Visual Physiological Characteristics in Urban Traffic. Hindawi Publishing Corporation *Advances in Mechanical Engineering* Volume 2014, Article ID 789364.

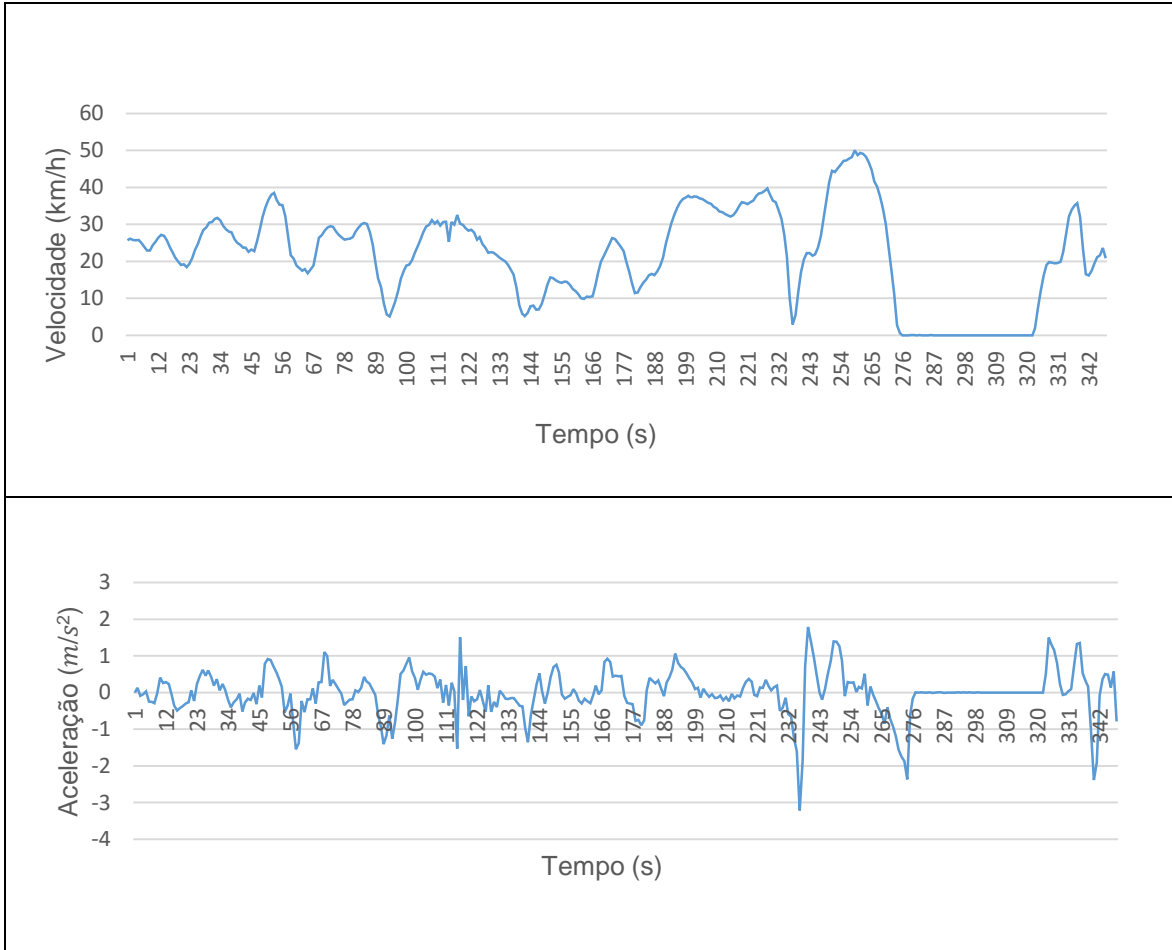
Wang, J., Wu, J., Li, Y., 2015. The Driving Safety Field Based on Driver-Vehicle-Road Interactions. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, VOL. 16, No. 4, August 2015.

Watling, C., Armstrong, K., Radun, I., 2015. Examining signs of driver sleepiness, usage of sleepiness countermeasures and the associations with sleepy driving behaviours and individual factors. *Accident Analyses and Preventions* B5, 22-29.

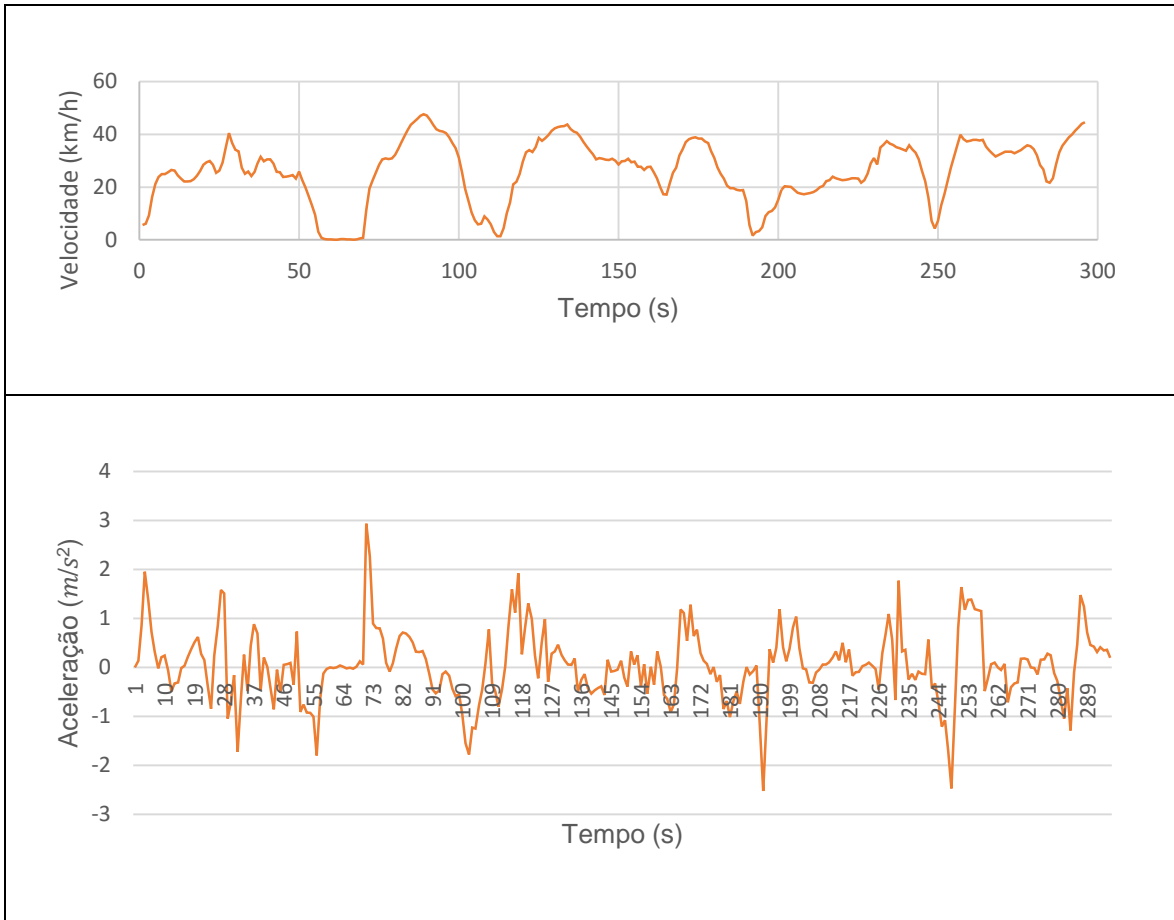
Zhai, H., Frey, H. Christopher; Roupail, N.M, 2011. Development of a modal emissions model for a hybrid electric vehicle. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. ISSN 13619209. 16:6 (2011) 444–450. doi: 10.1016/j.trd.2011.05.001.

Anexos

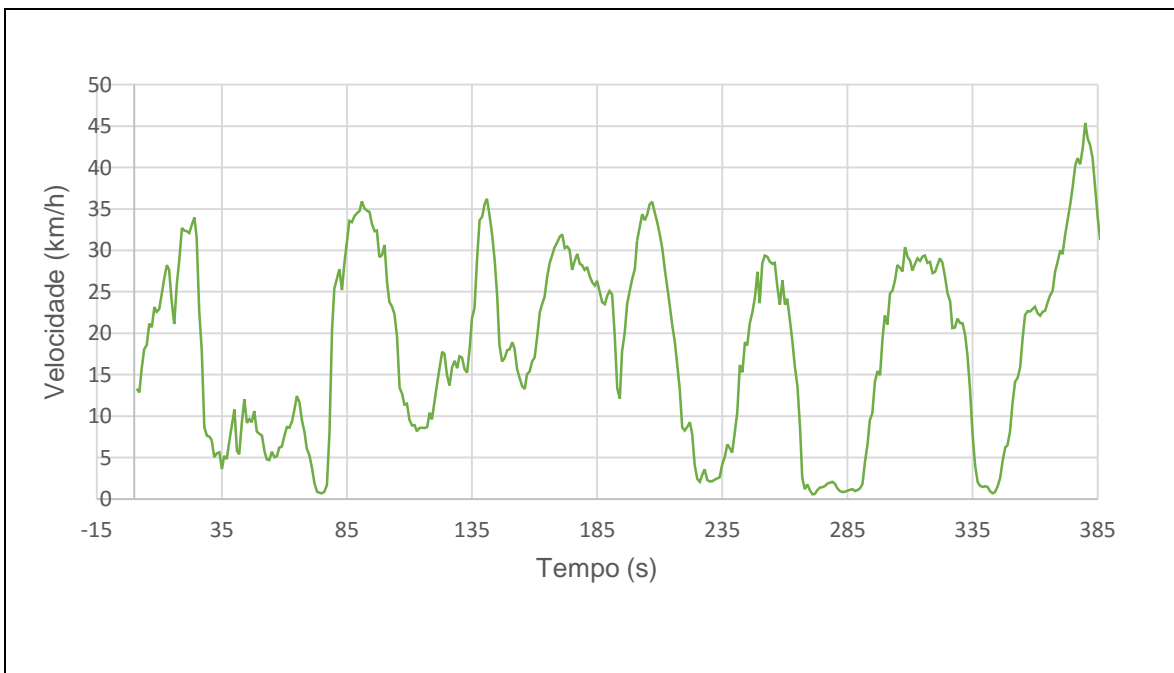
Anexo1- Dinâmica do Veículo, Condutor1.

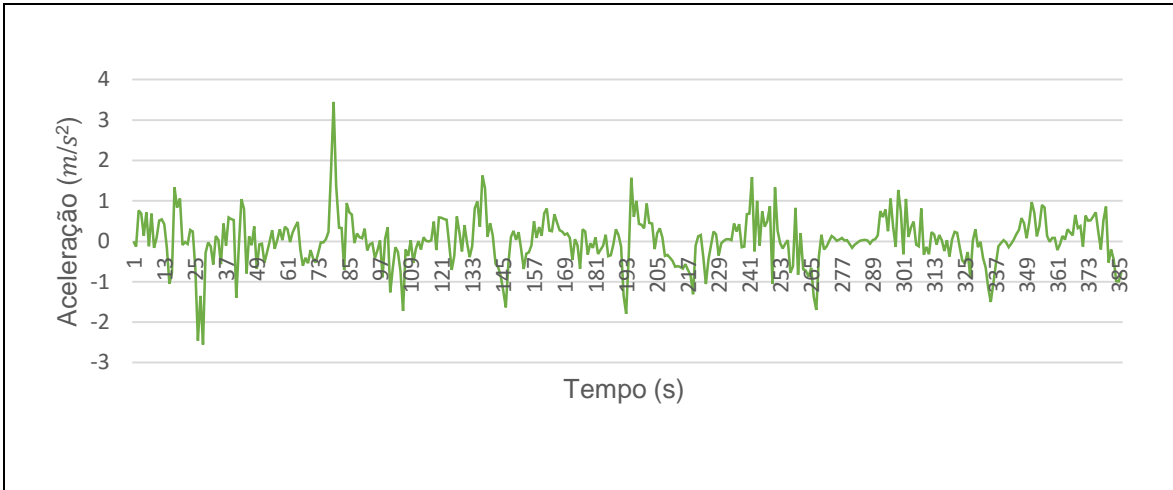


FiguraA1-Dinâmica do Veículo (condutor1, trajeto1 Procedimento1).

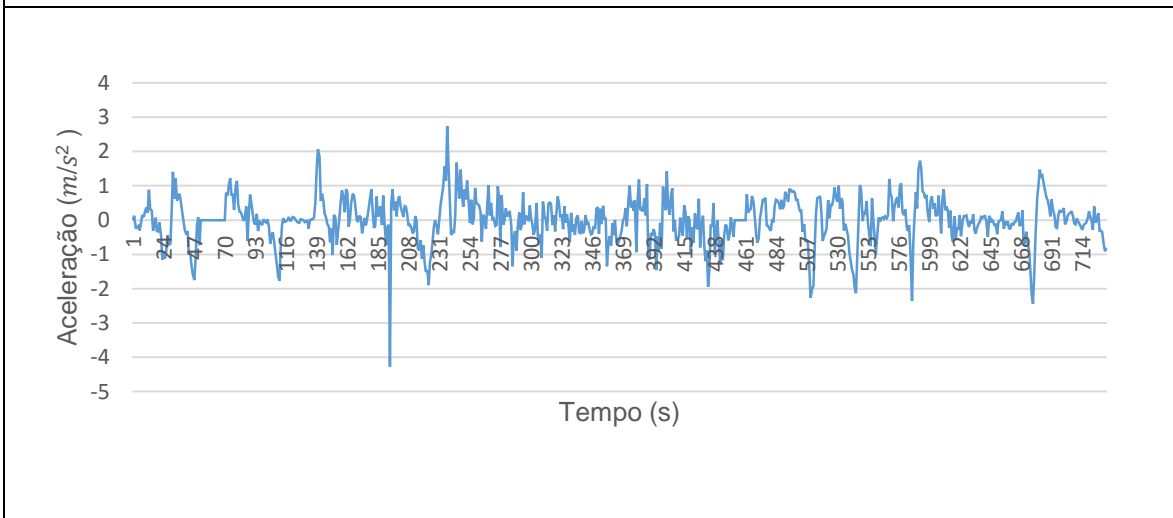
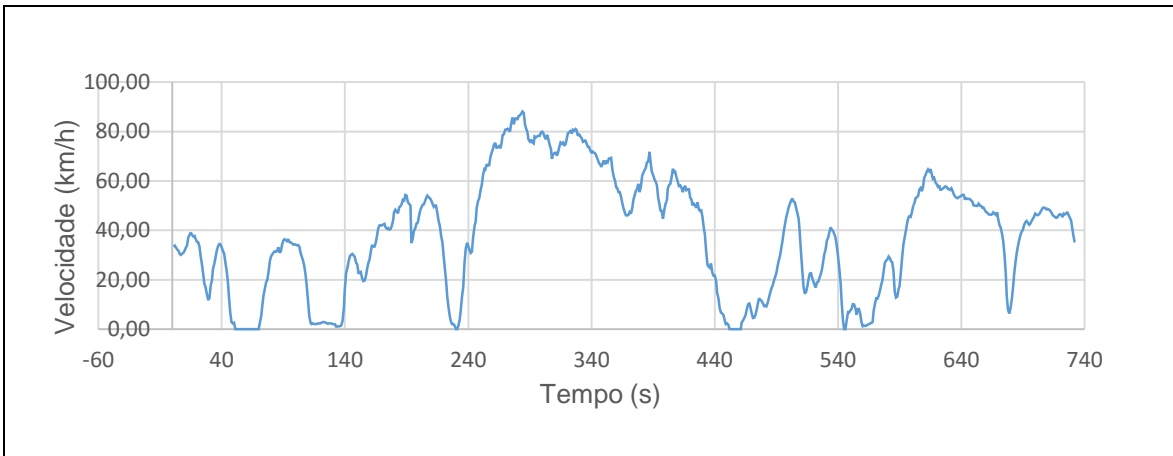


FiguraA2- Dinâmica do Veículo (condutor1, trajeto1, Procedimento2).

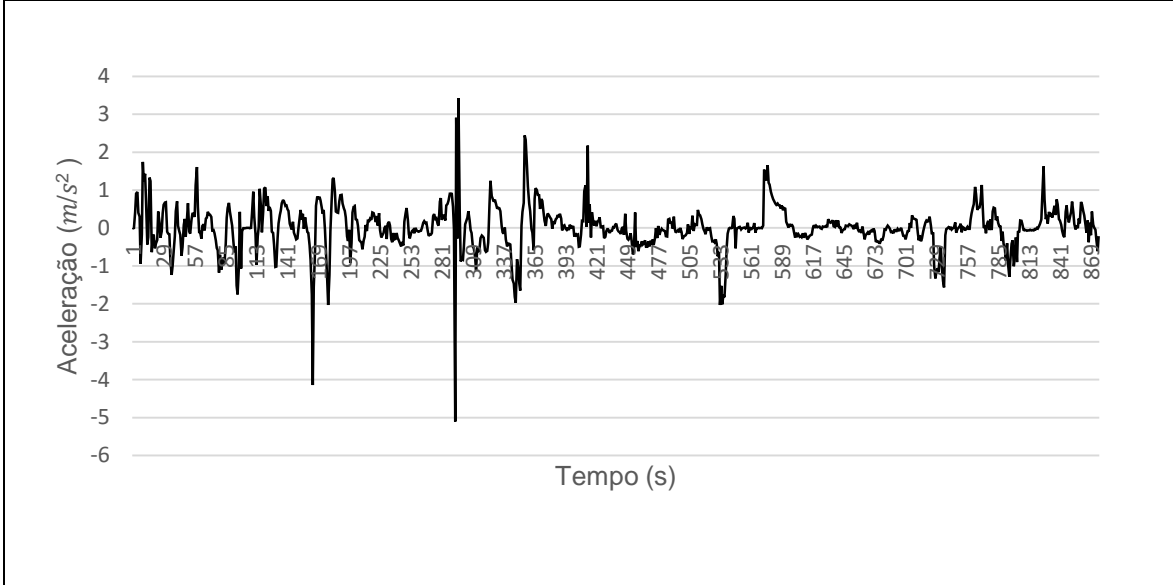
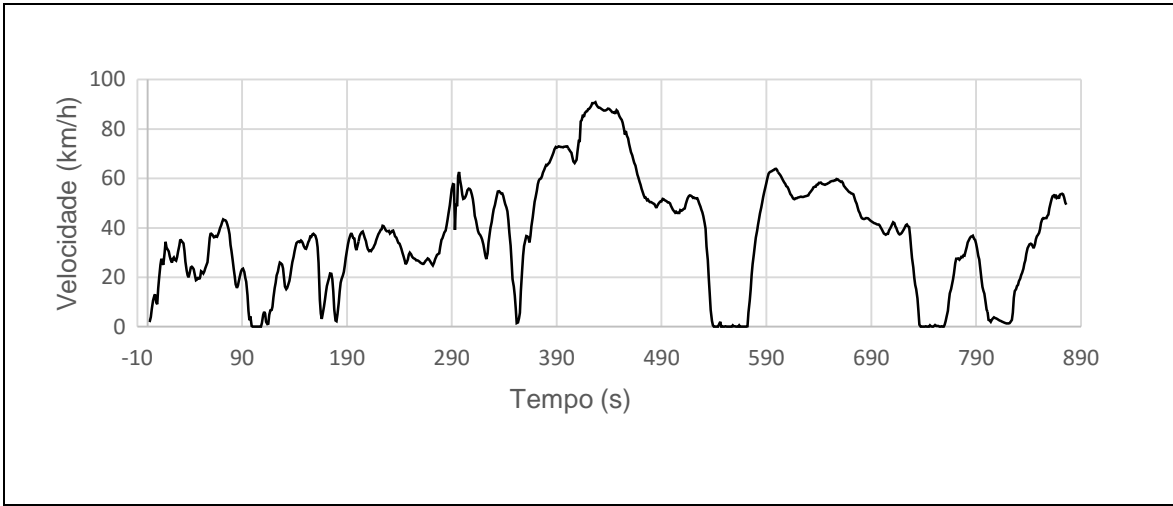




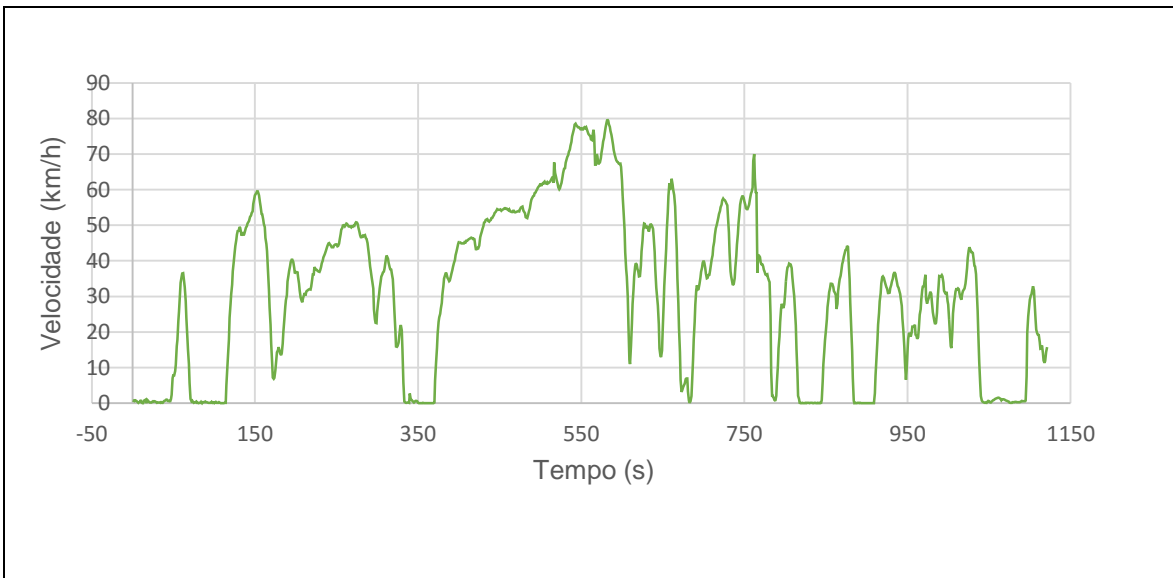
FiguraA3- Dinâmica do Veículo (condutor1, trajeto1, Procedimento4).

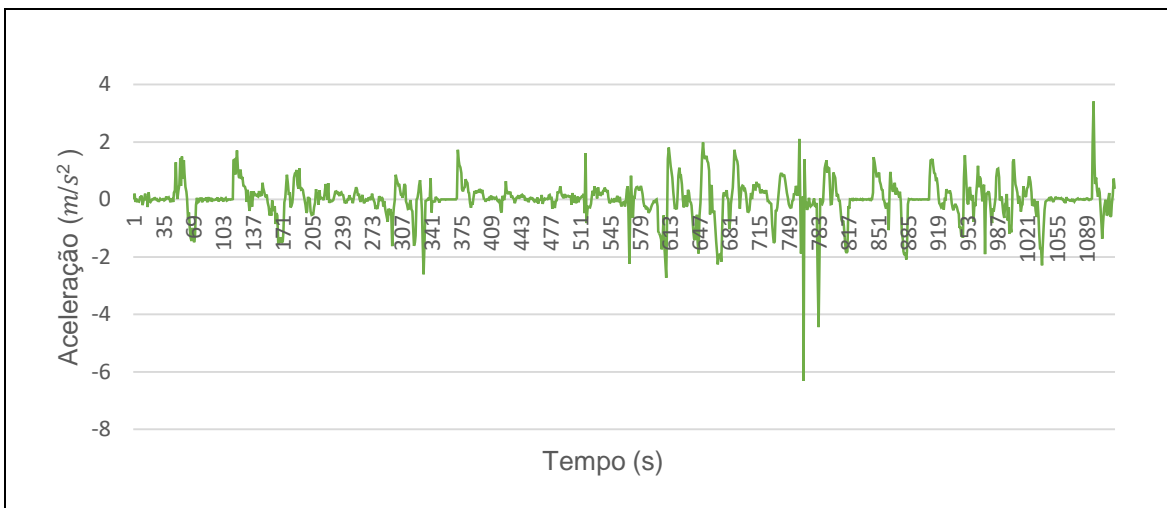


FiguraA4- Dinâmica do Veículo (condutor1, trajeto2, Procedimento1).

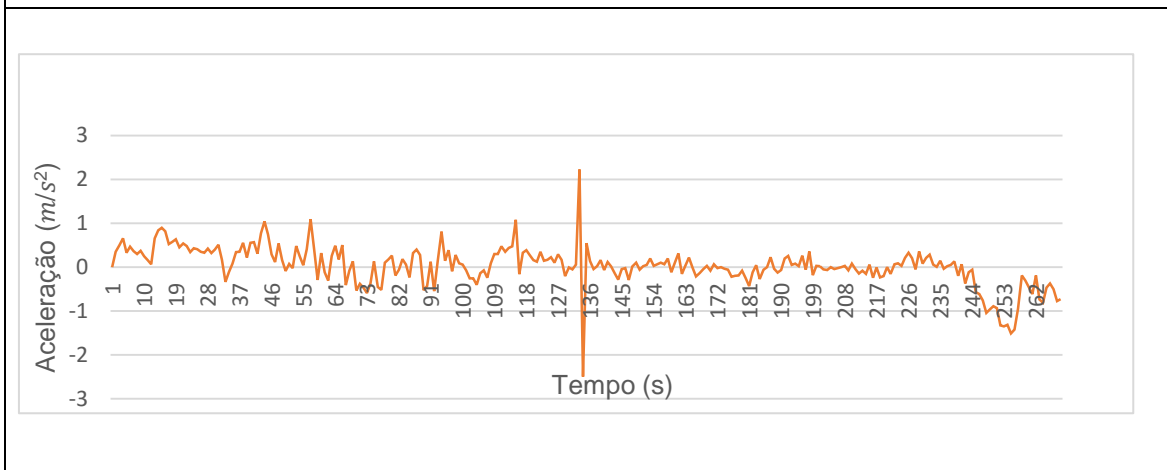
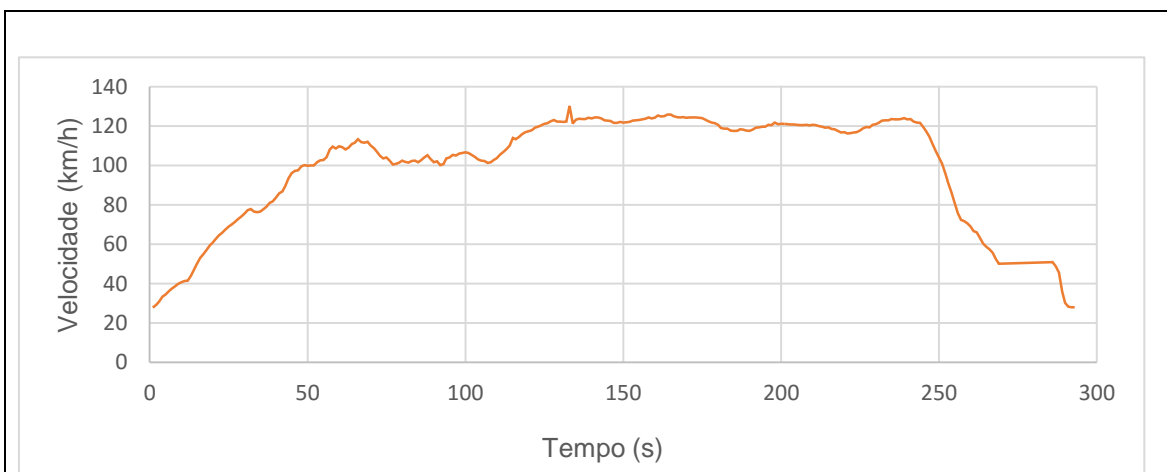


FiguraA5- Dinâmica do Veículo (condutor1, trajeto2, Procedimento3).

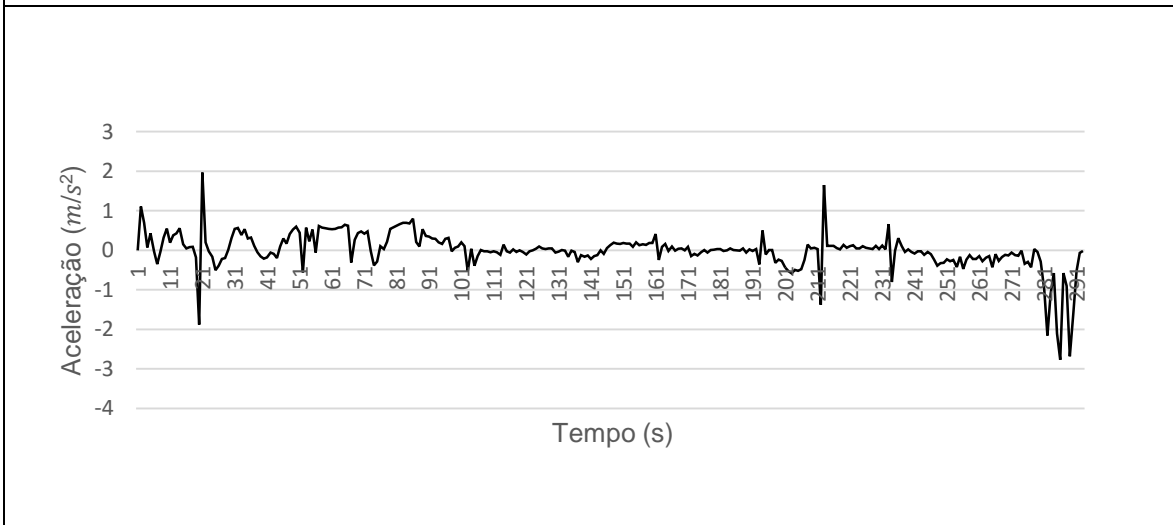
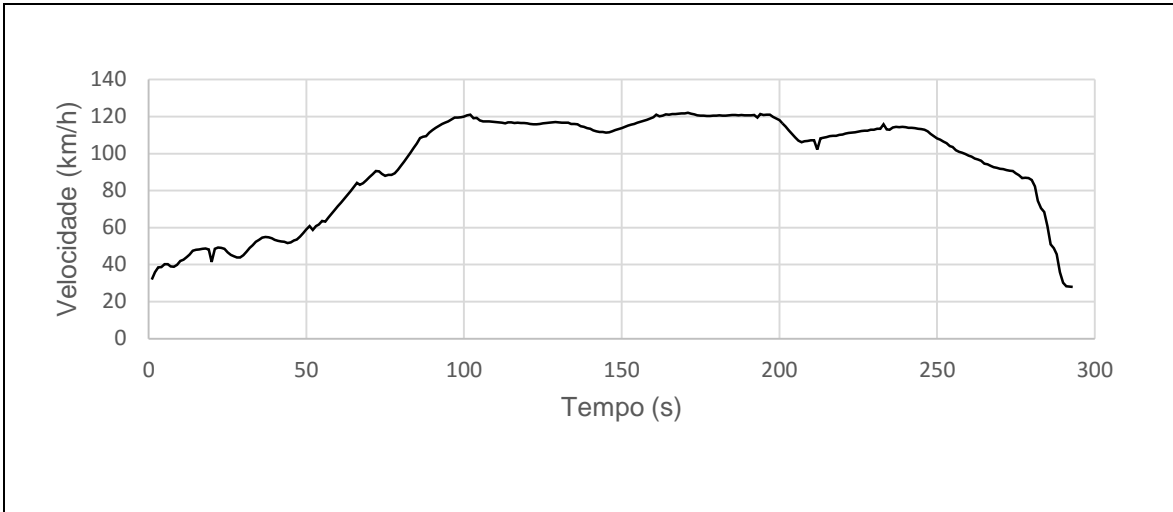




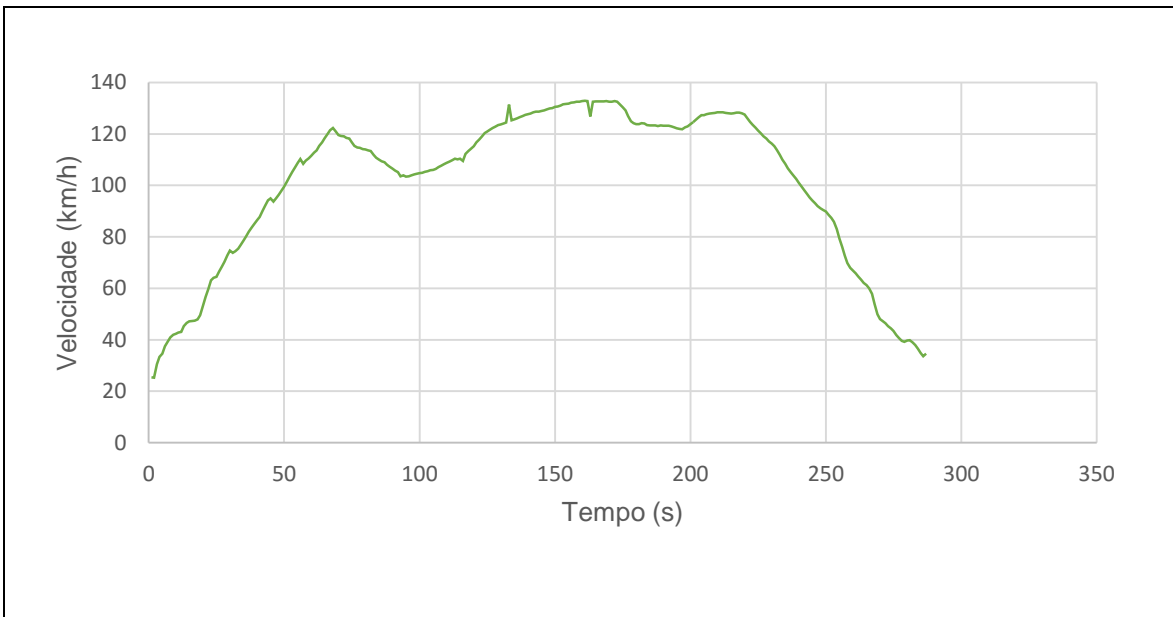
FiguraA6- Dinâmica do Veículo (condutor1, trajeto2, Procedimento4).

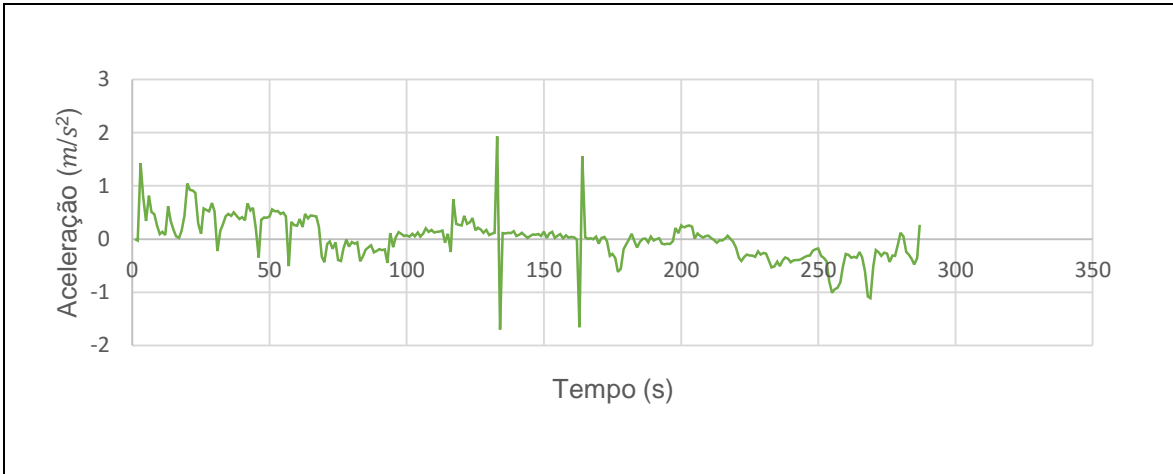


FiguraA7- Dinâmica do Veículo (condutor1, trajeto3, Procedimento1).



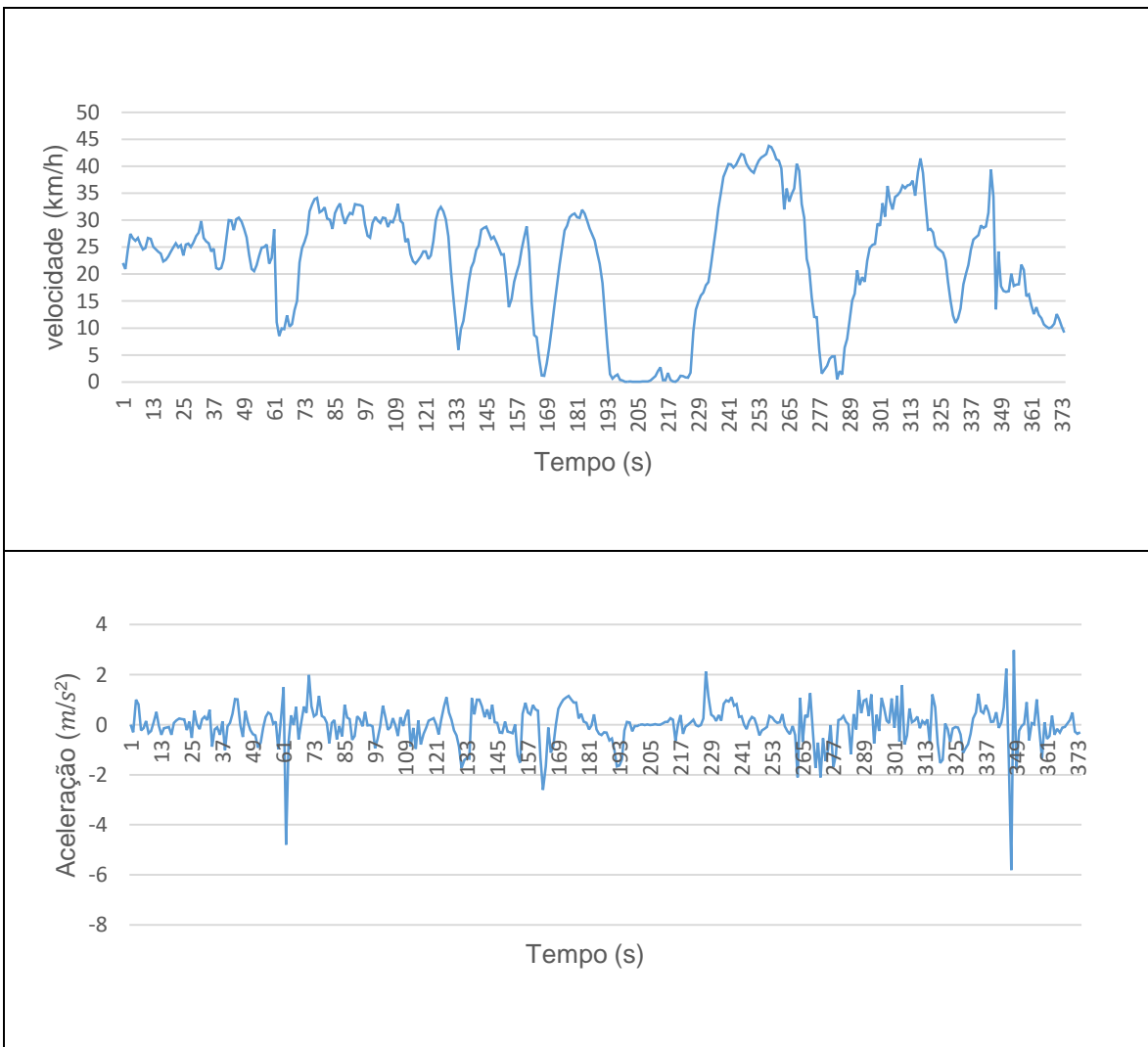
FiguraA8- Dinâmica do Veículo (condutor1, trajeto3, Procedimento3).



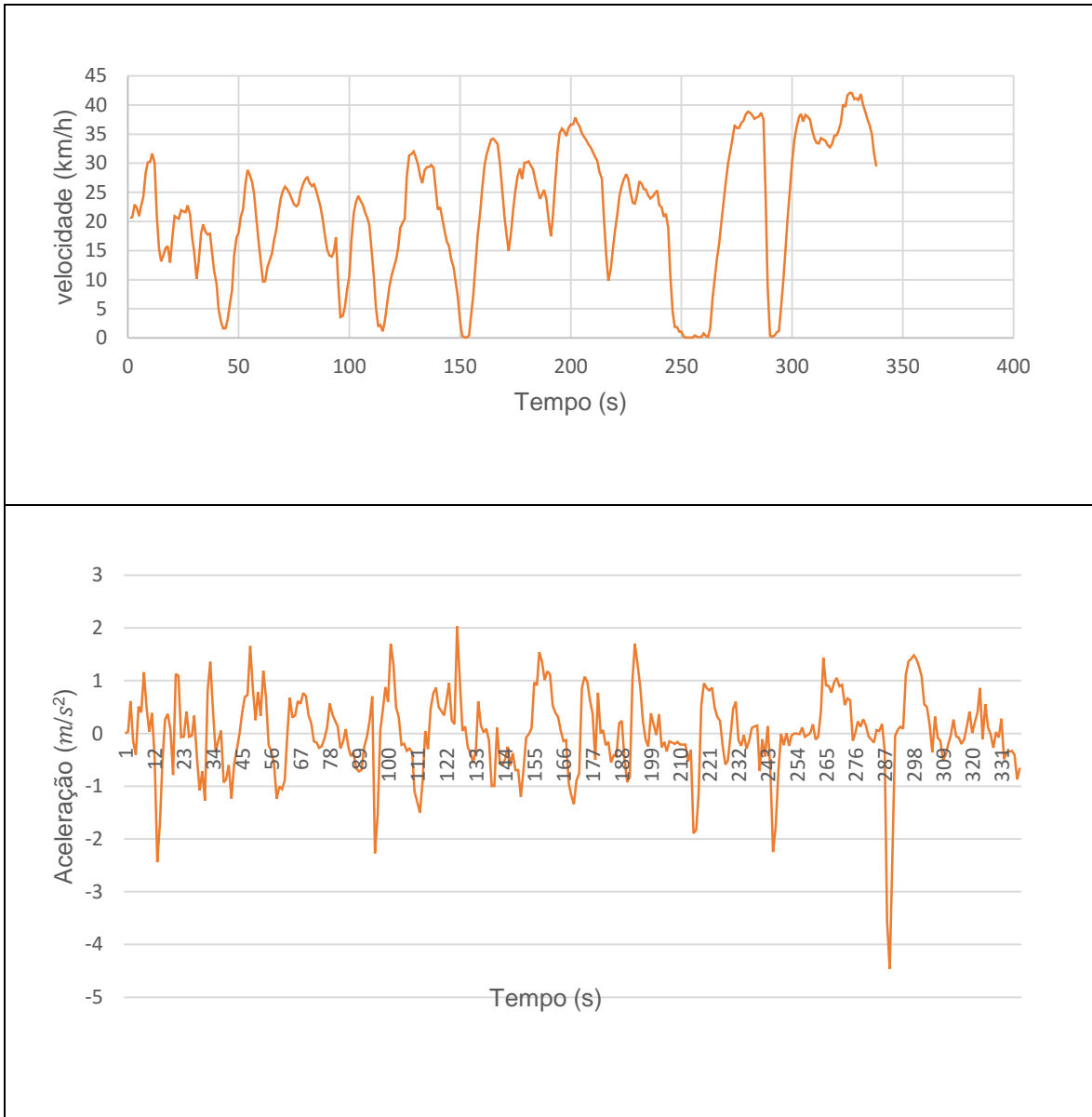


FiguraA9- Dinâmica do Veículo (condutor1, trajeto3, Procedimento4).

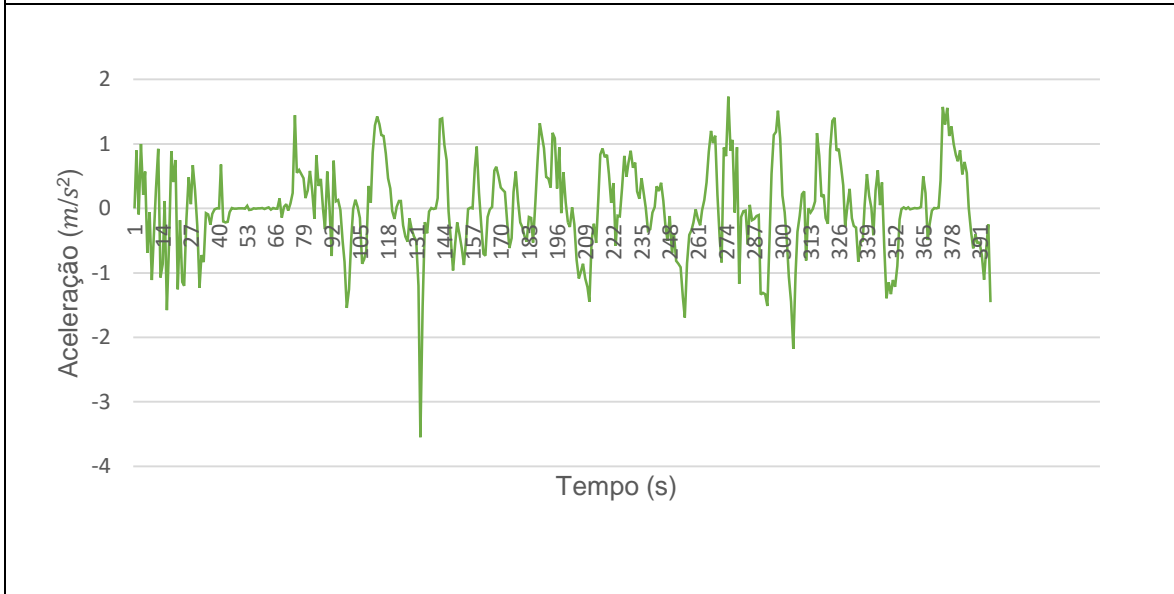
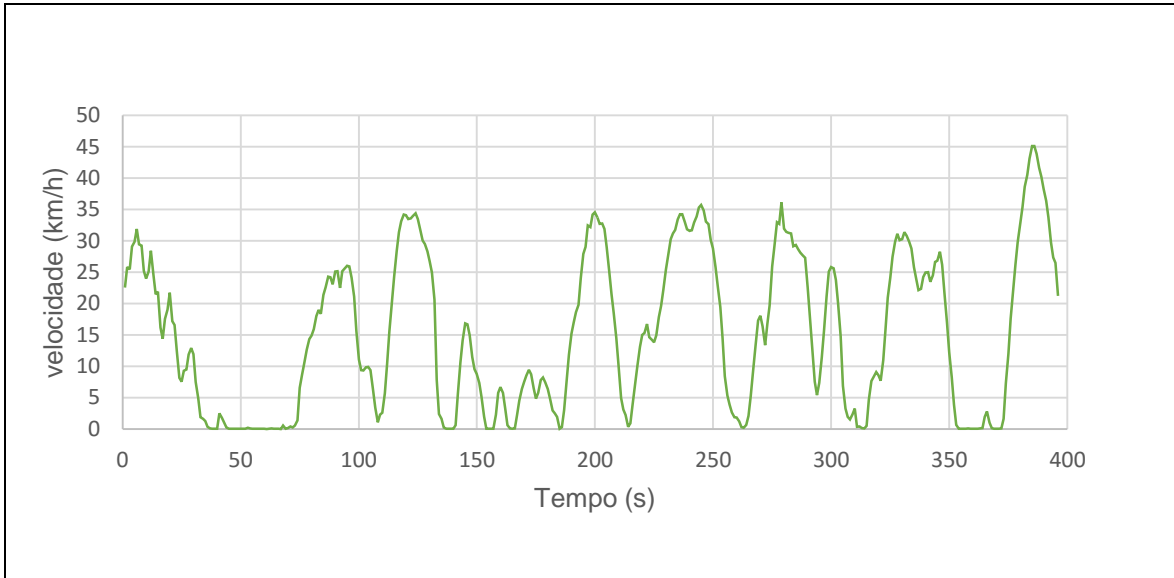
Anexo2- Dinâmica do Veículo, Condutor2.



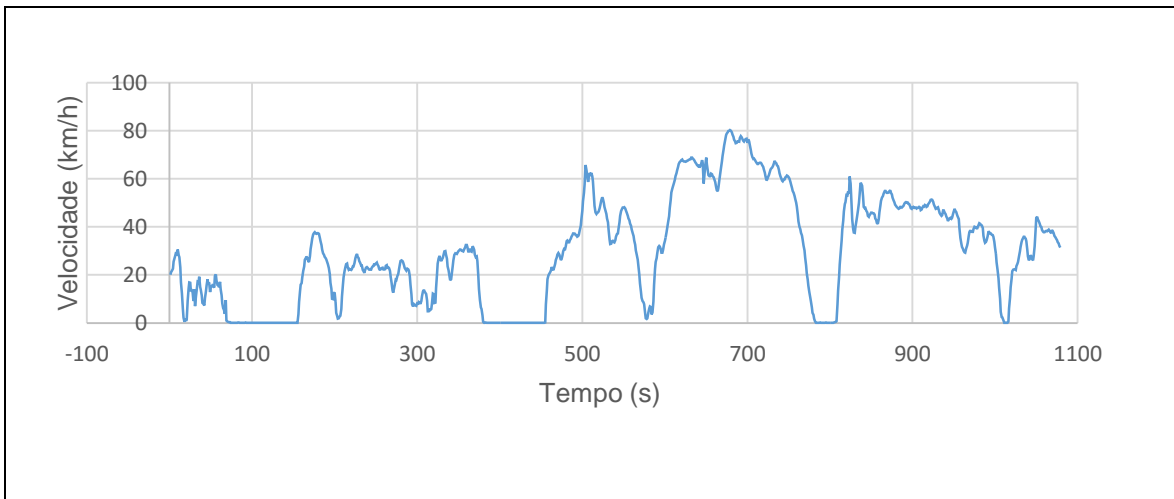
FiguraA10- Dinâmica do Veículo (condutor2, trajeto1, Procedimento1).

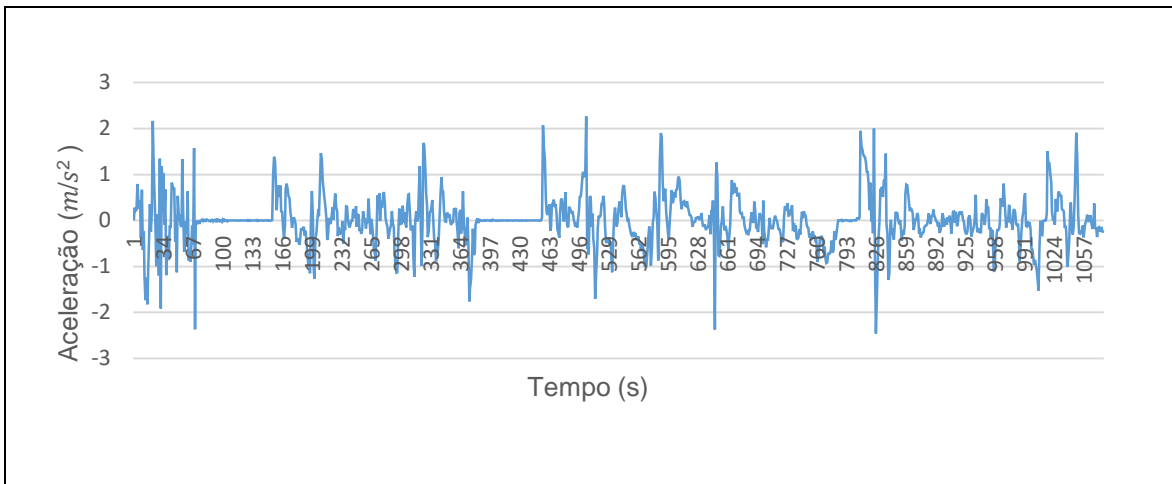


FiguraA11- Dinâmica do Veículo (condutor2, trajeto1, Procedimento2).

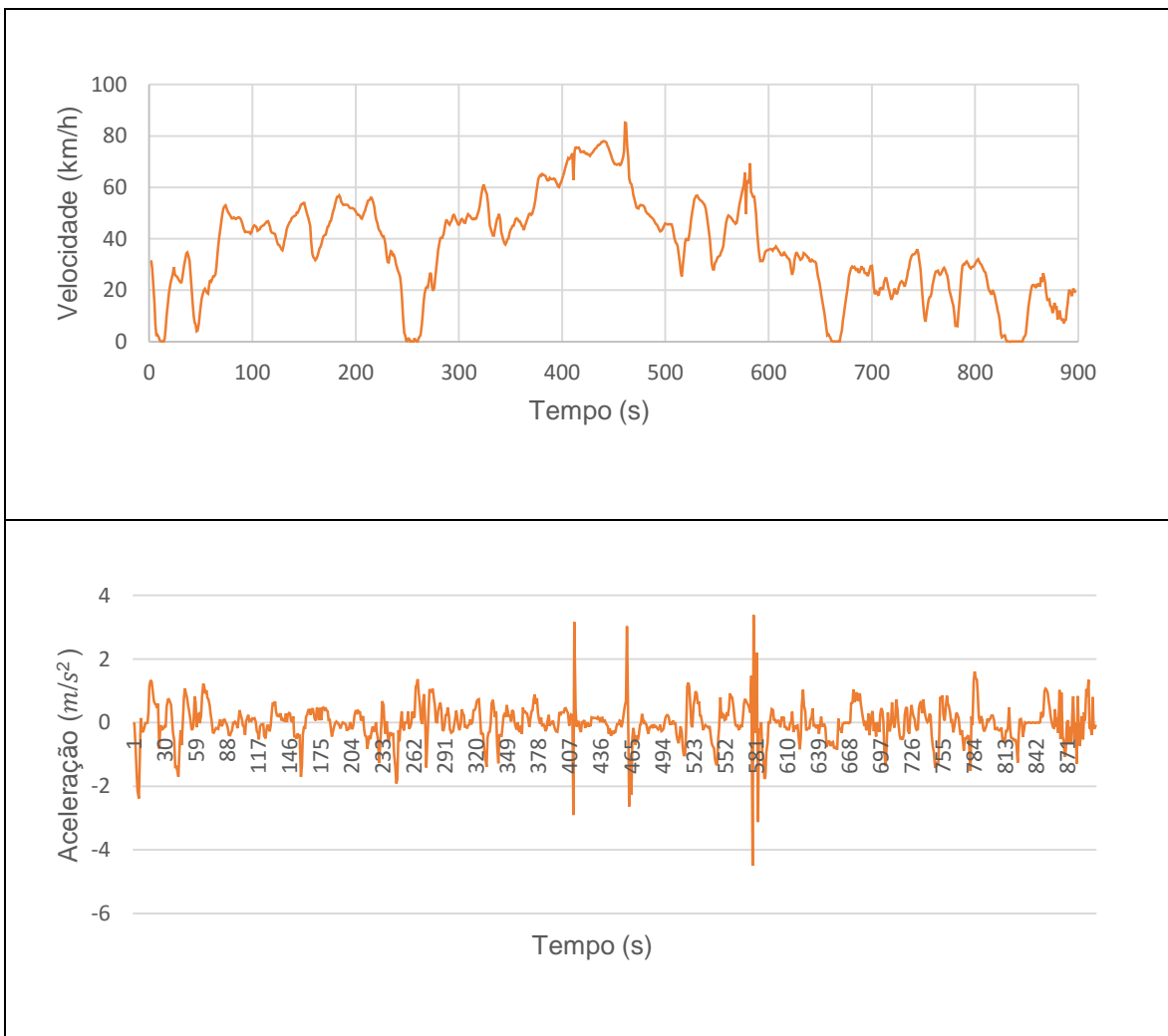


FiguraA12- Dinâmica do Veículo (condutor2, trajeto1, Procedimento4).

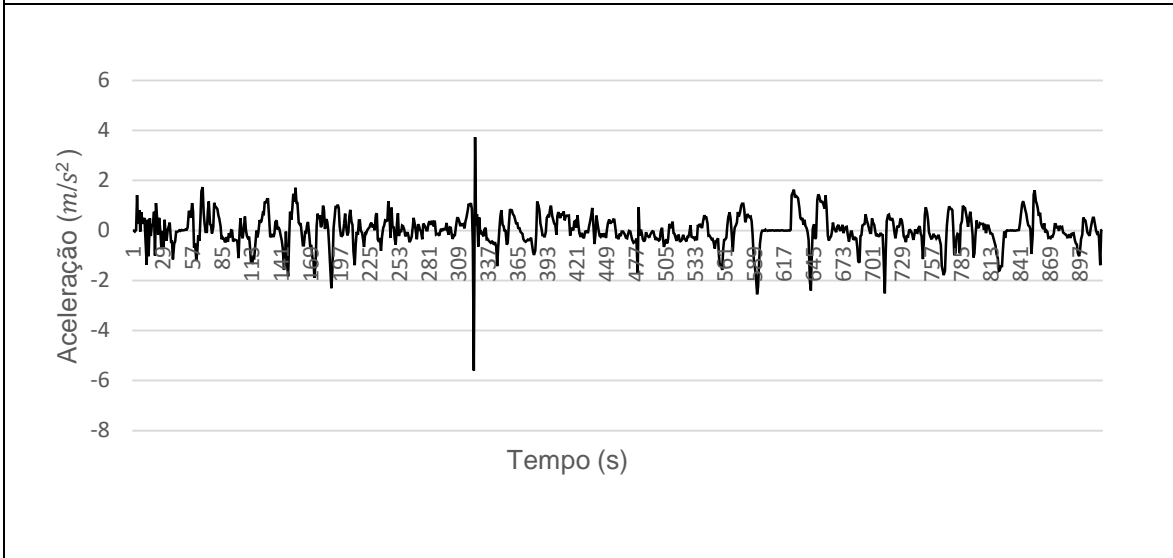
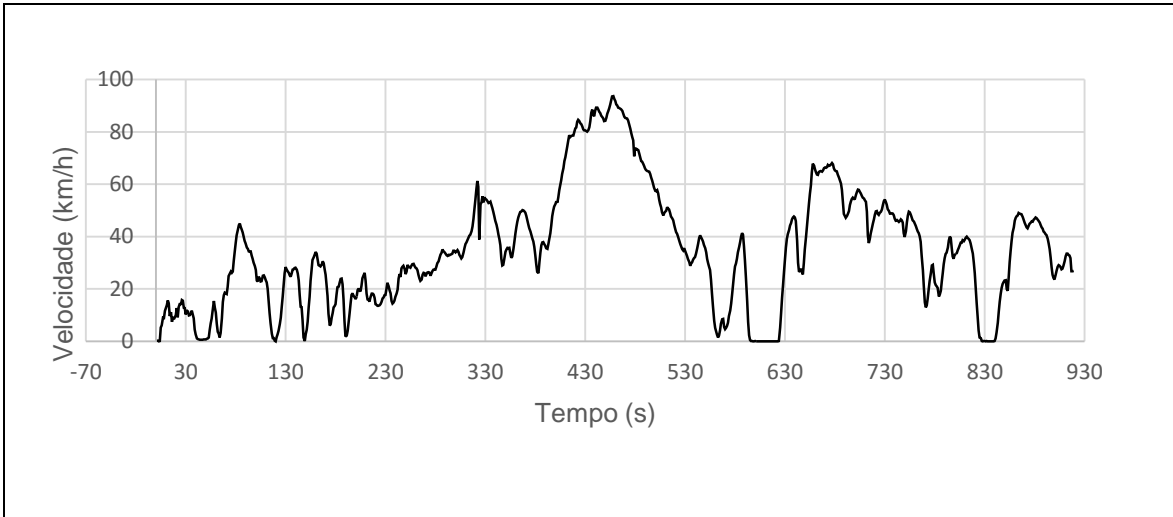




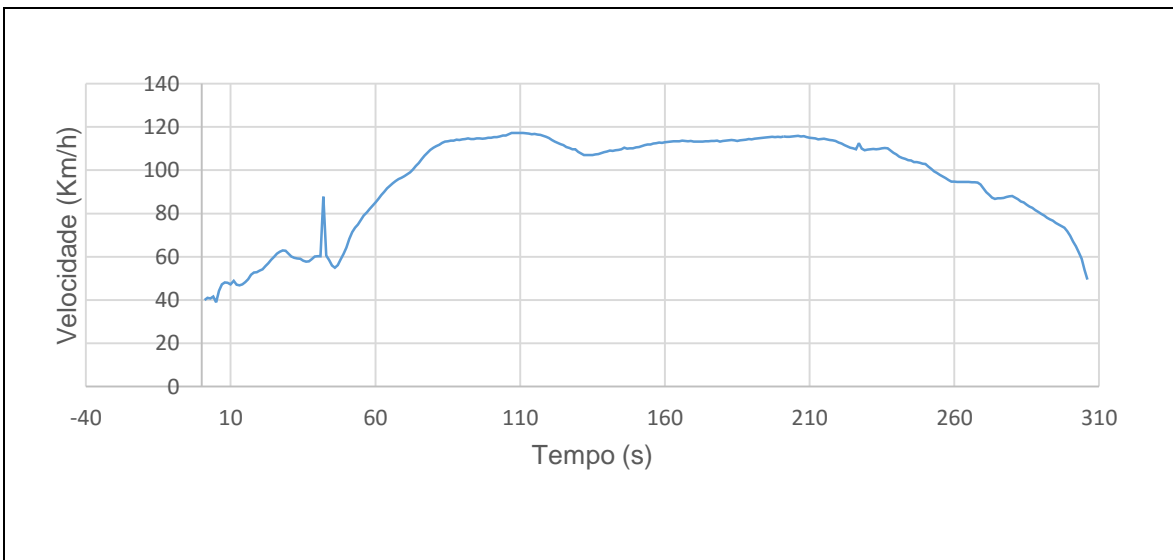
FiguraA13- Dinâmica do Veículo (condutor2, trajeto2, Procedimento1).

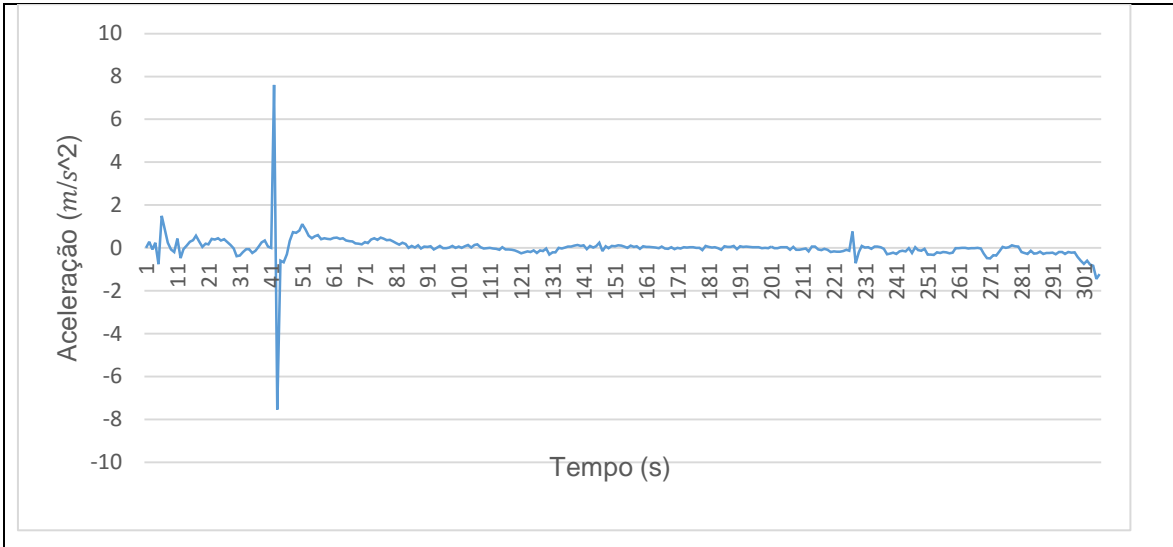


FiguraA14- Dinâmica do Veículo (condutor2, trajeto2, Procedimento2).

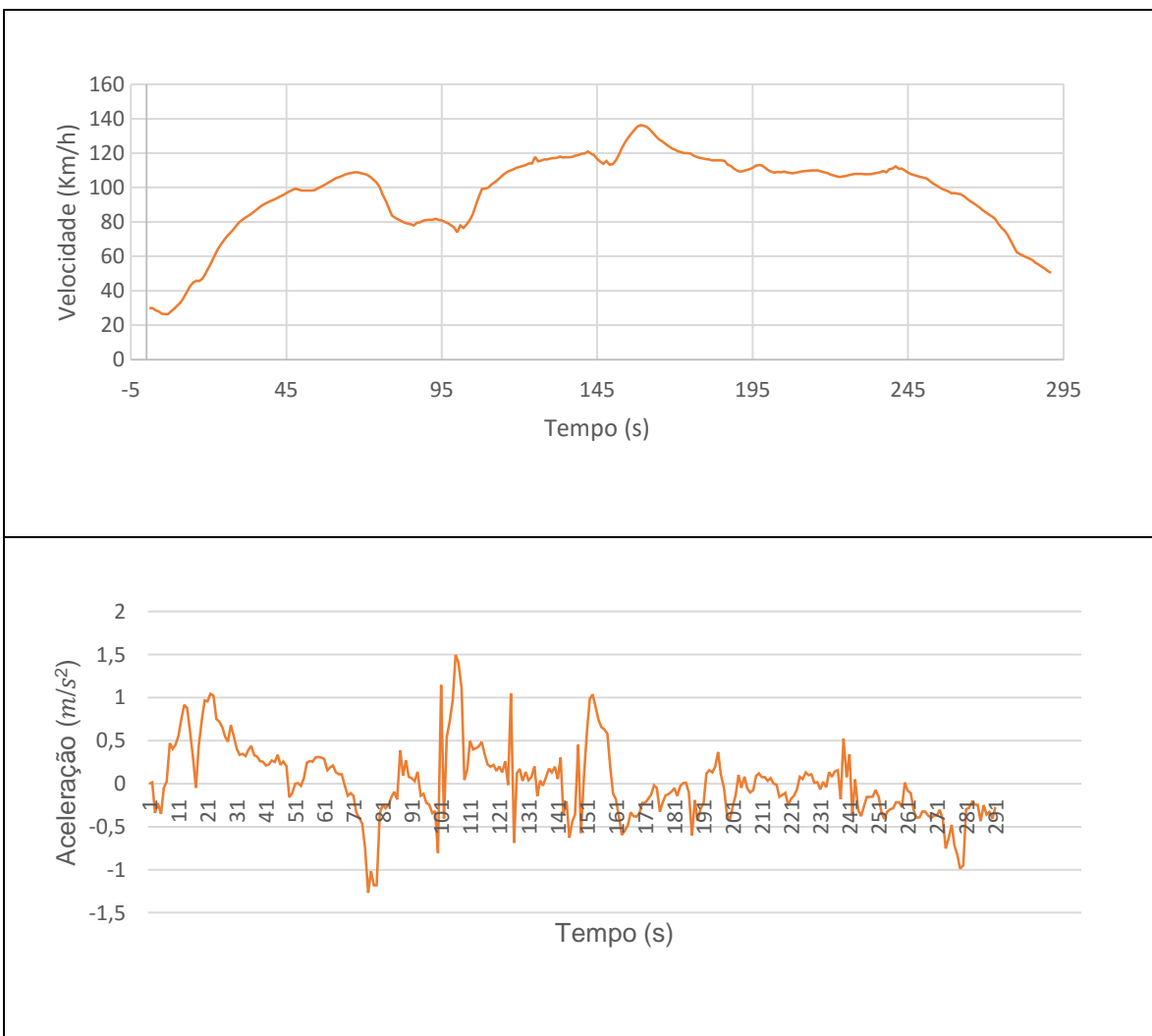


FiguraA15- Dinâmica do Veículo (condutor2, trajeto2, Procedimento3).

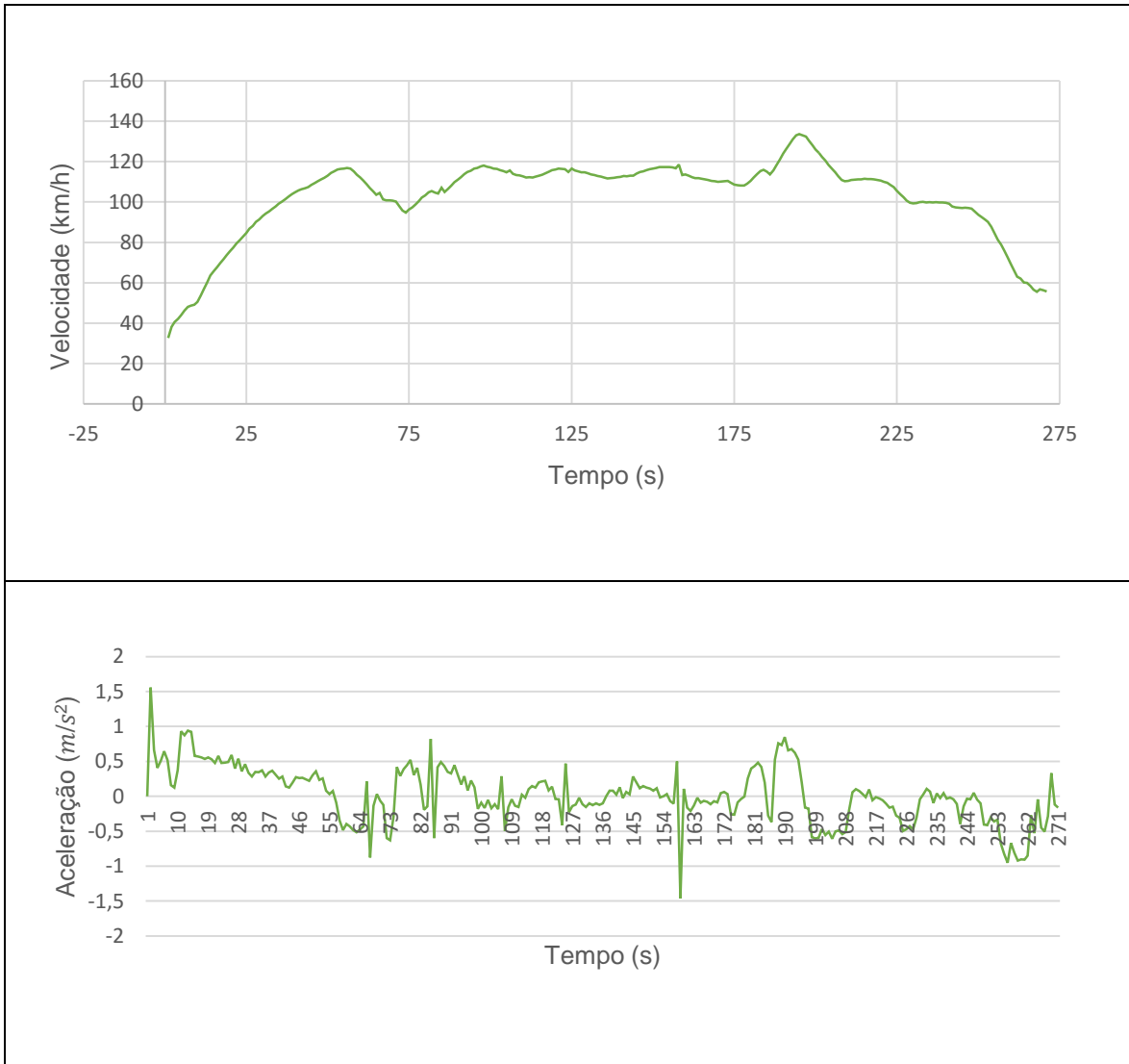




FiguraA16- Dinâmica do Veículo (condutor2, trajeto3, Procedimento1).

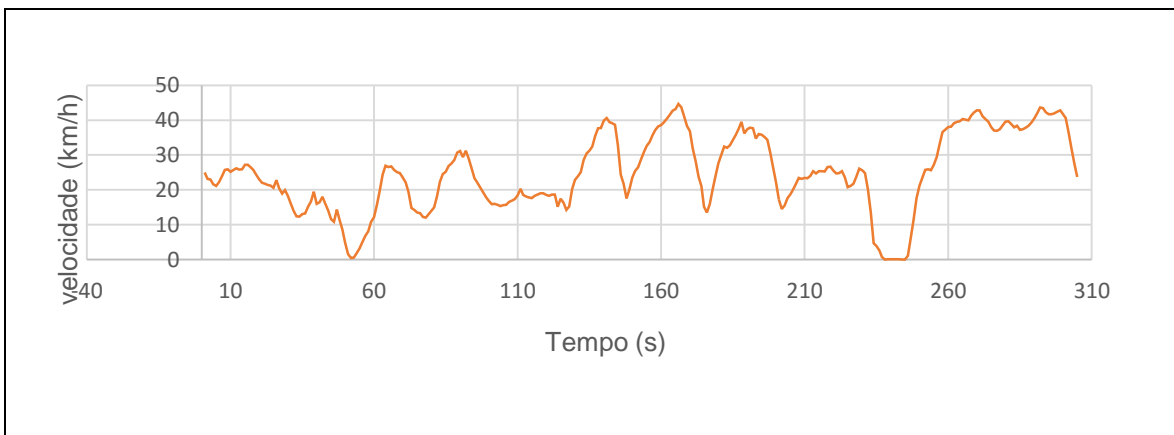


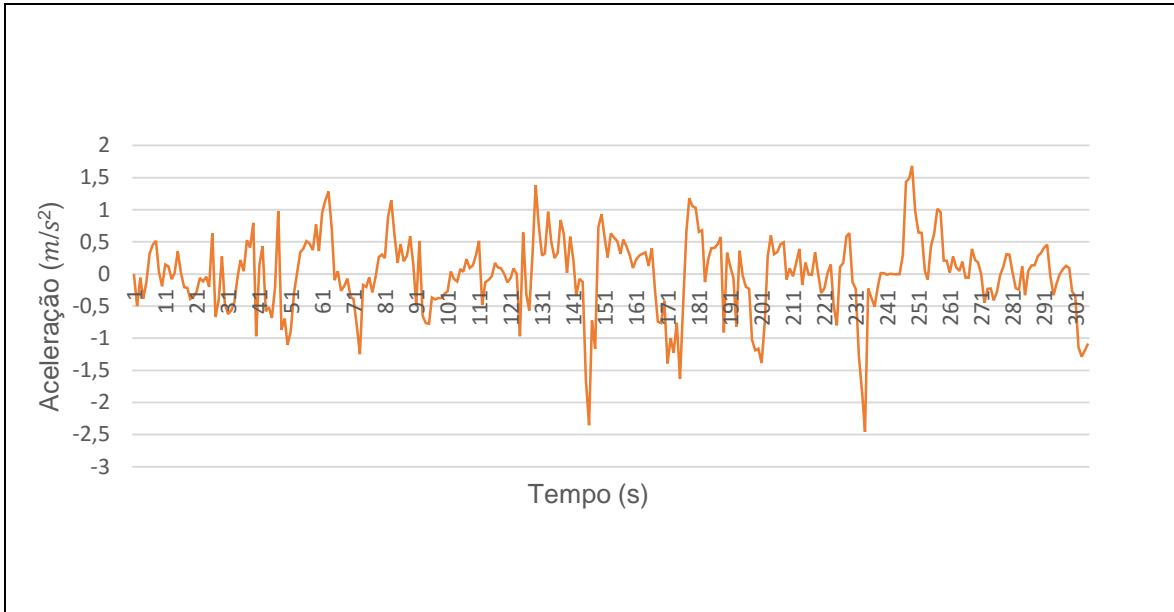
FiguraA17- Dinâmica do Veículo (condutor2, trajeto3, Procedimento2).



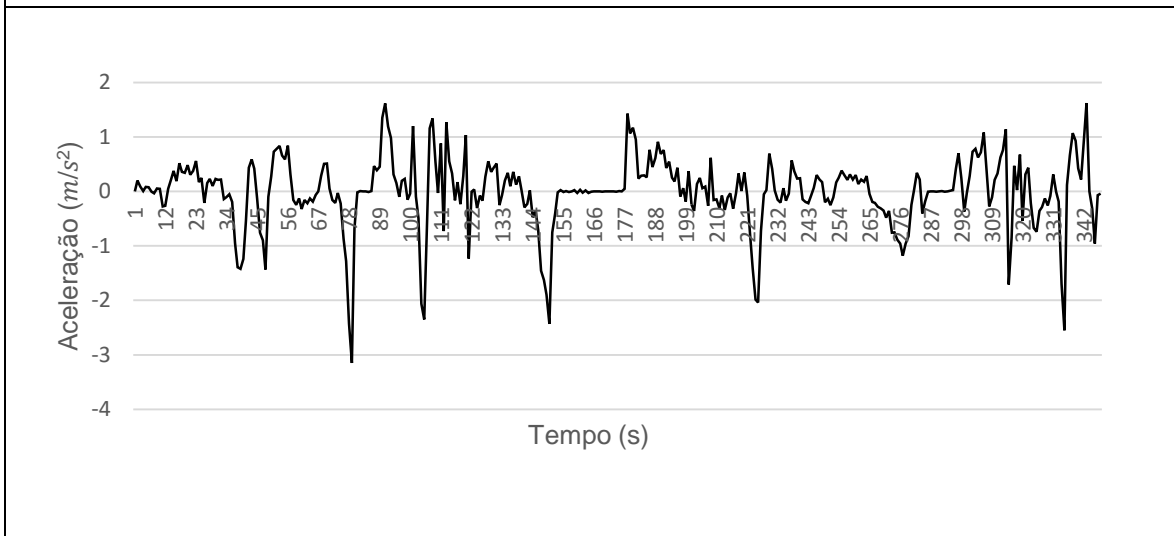
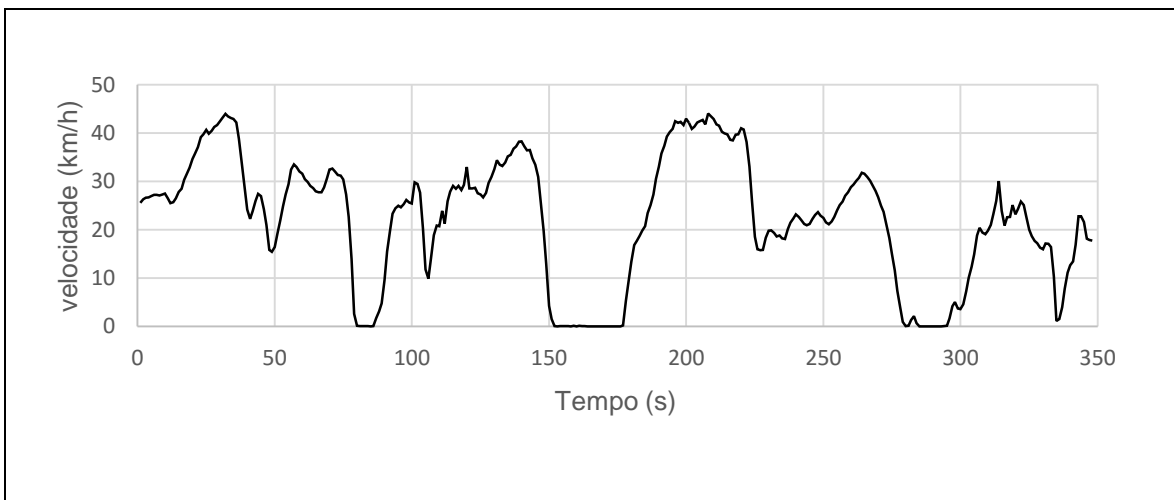
FiguraA18- Dinâmica do Veículo (condutor2, trajeto3, Procedimento4).

Anexo3- Dinâmica do Veículo, Condutor3.

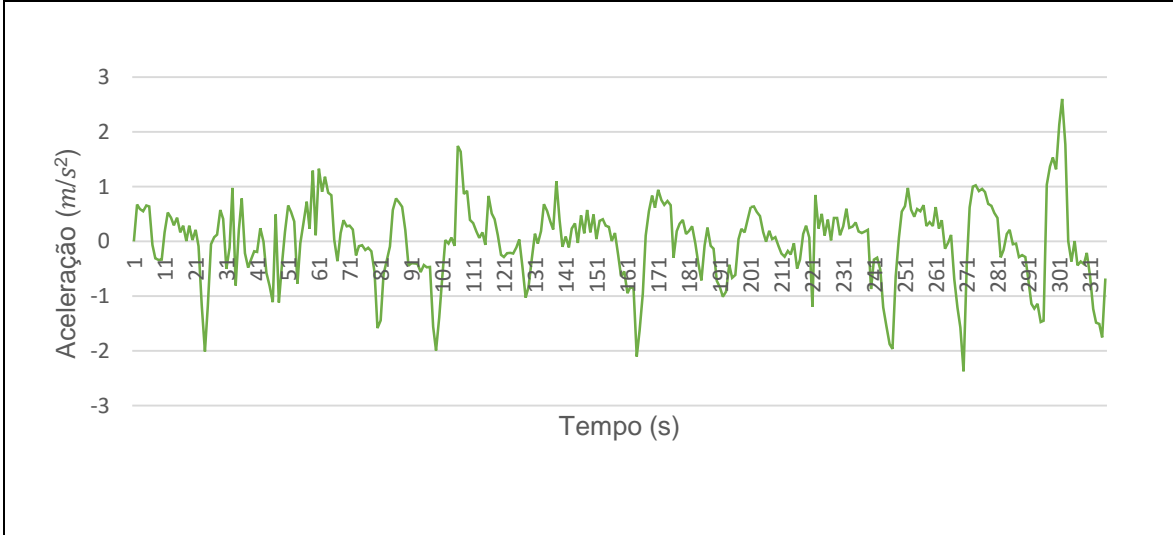
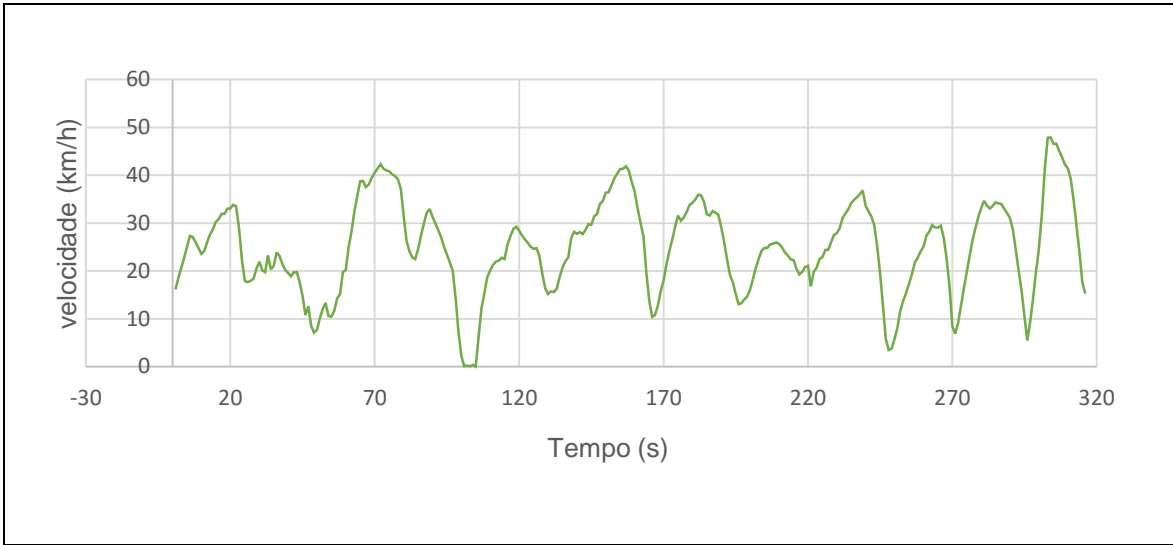




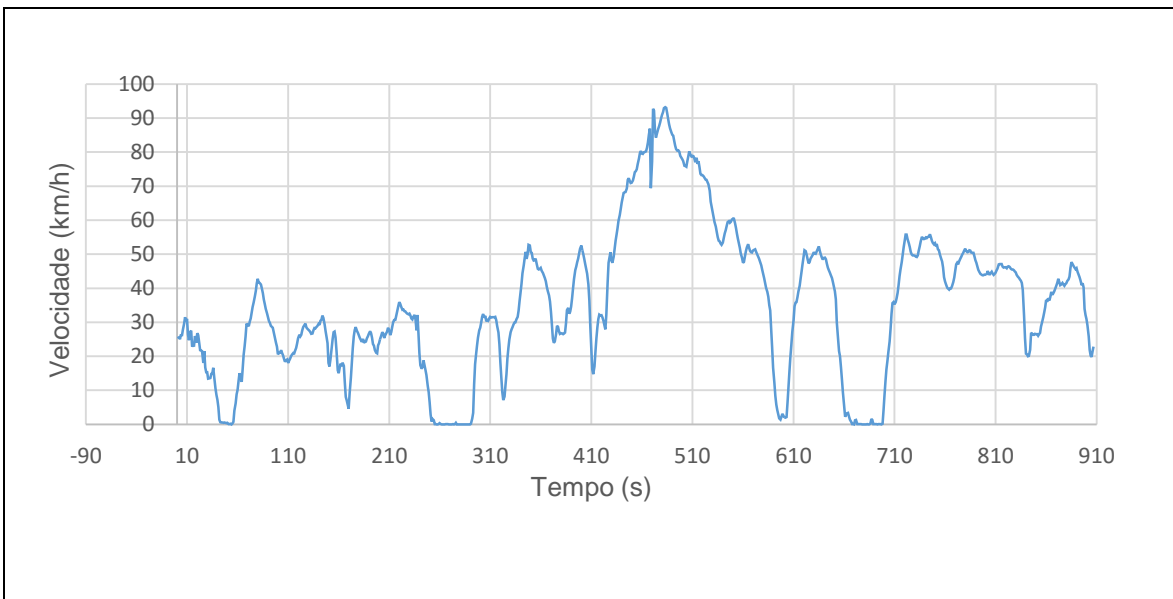
FiguraA19- Dinâmica do Veículo (condutor3, trajeto1, Procedimento2).

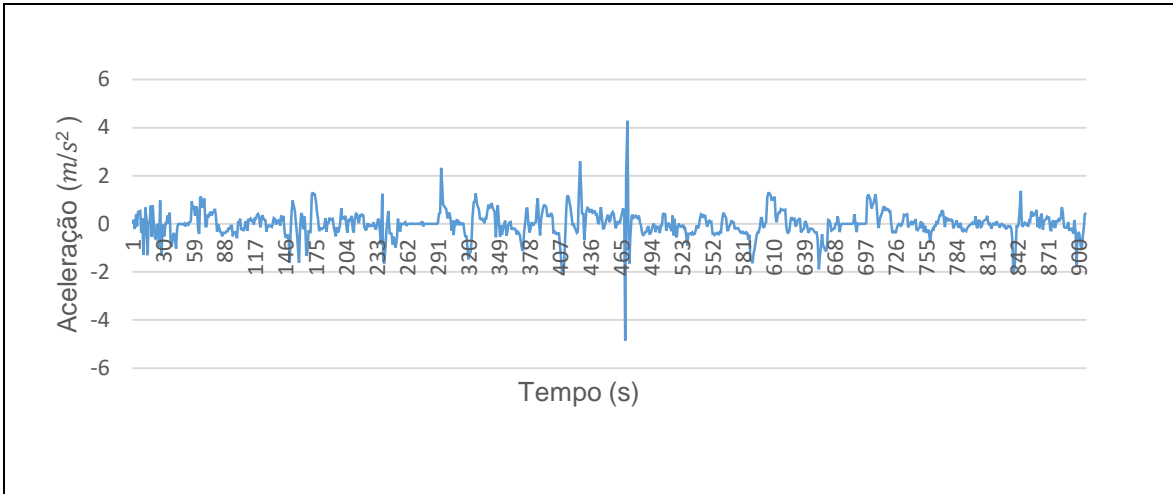


FiguraA20- Dinâmica do Veículo (condutor3, trajeto1, Procedimento3).

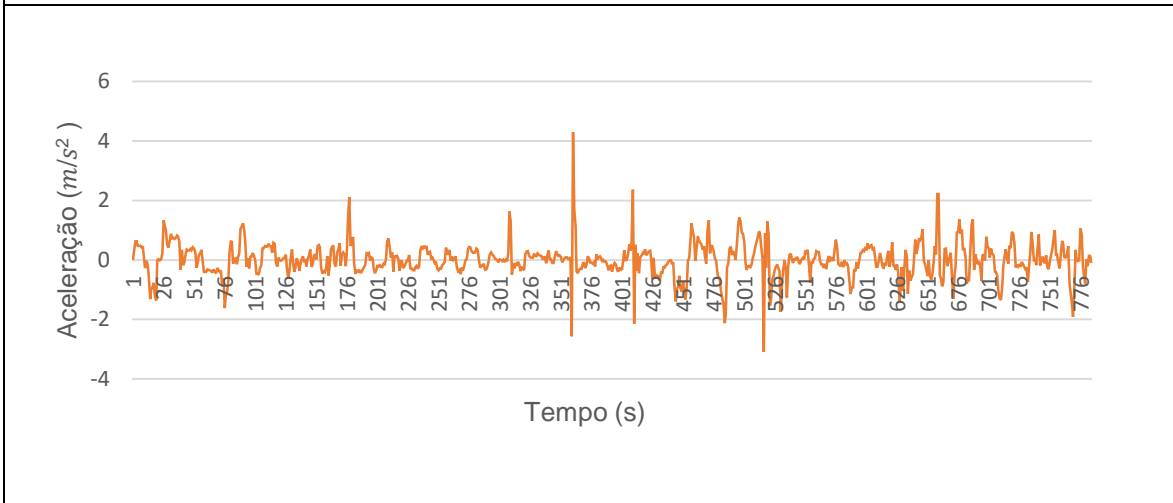
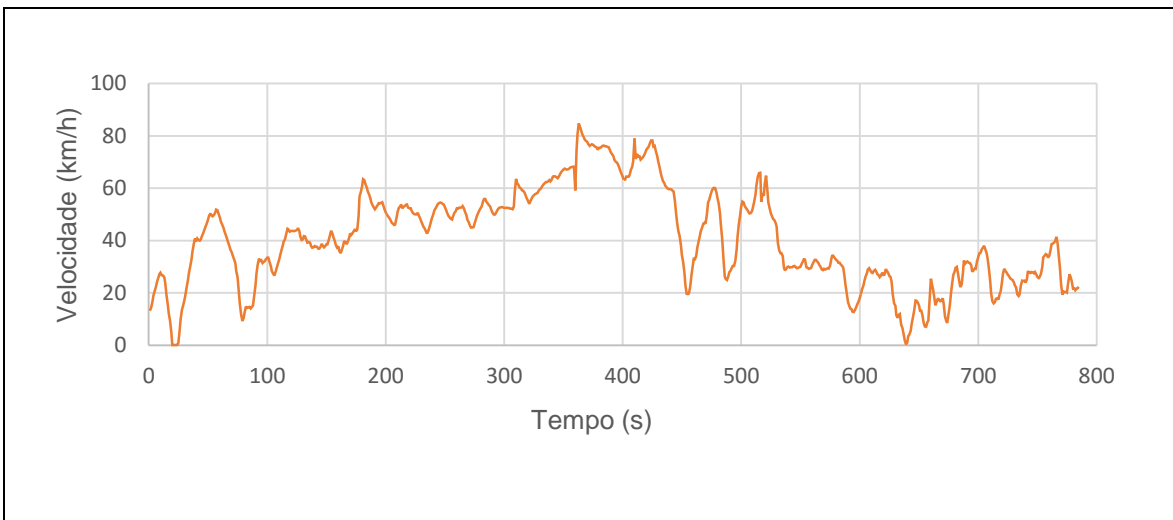


FiguraA21- Dinâmica do Veículo (condutor3, trajeto1, Procedimento4).

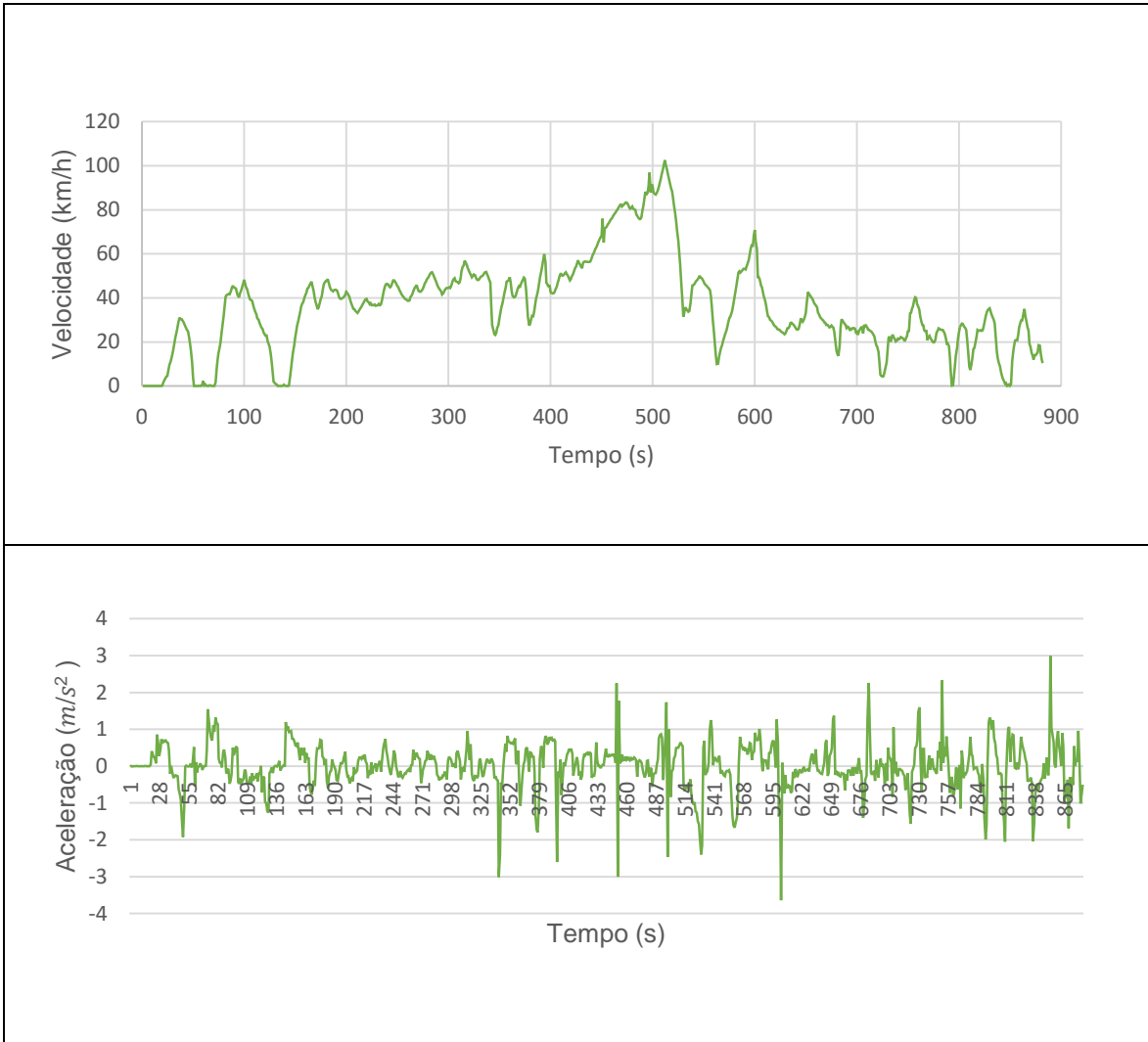




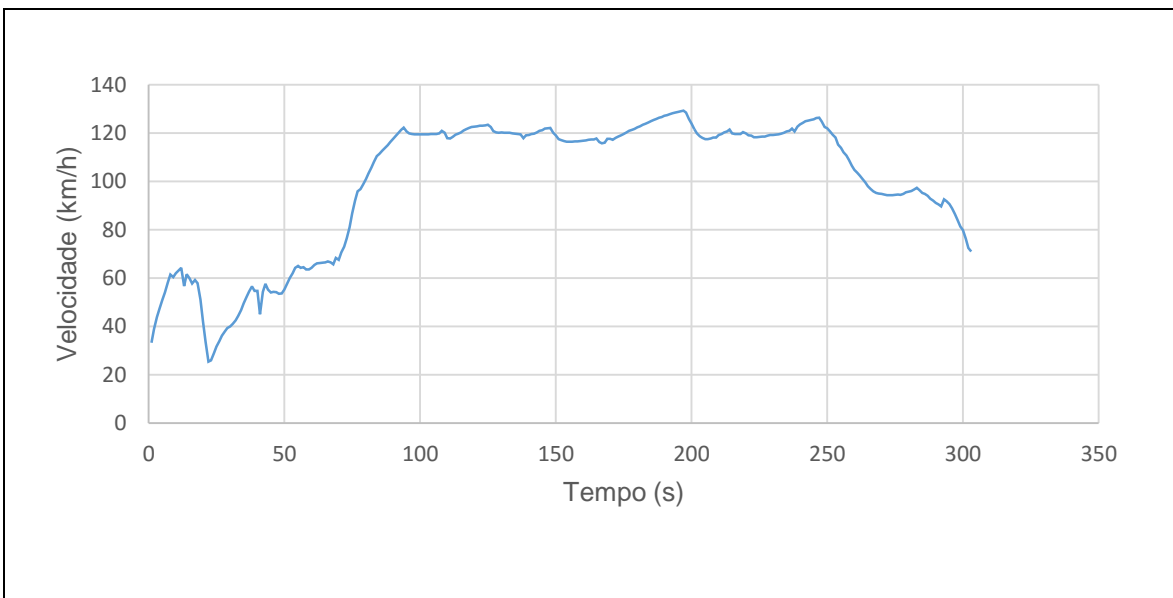
FiguraA22- Dinâmica do Veículo (condutor3, trajeto2, Procedimento1).

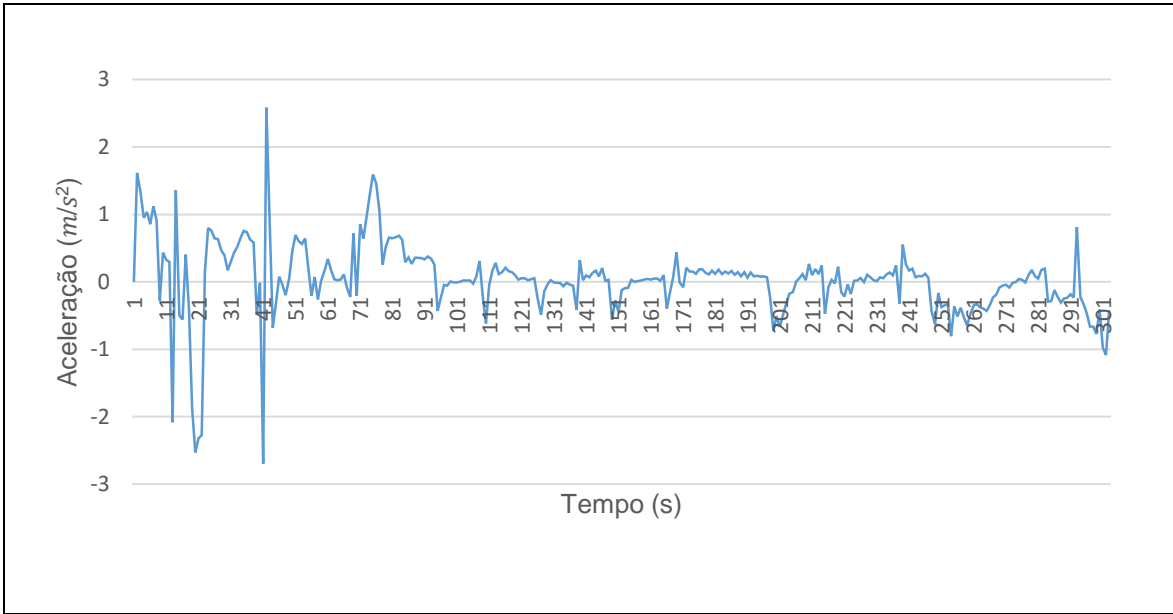


FiguraA23- Dinâmica do Veículo (condutor3, trajeto2, Procedimento2).

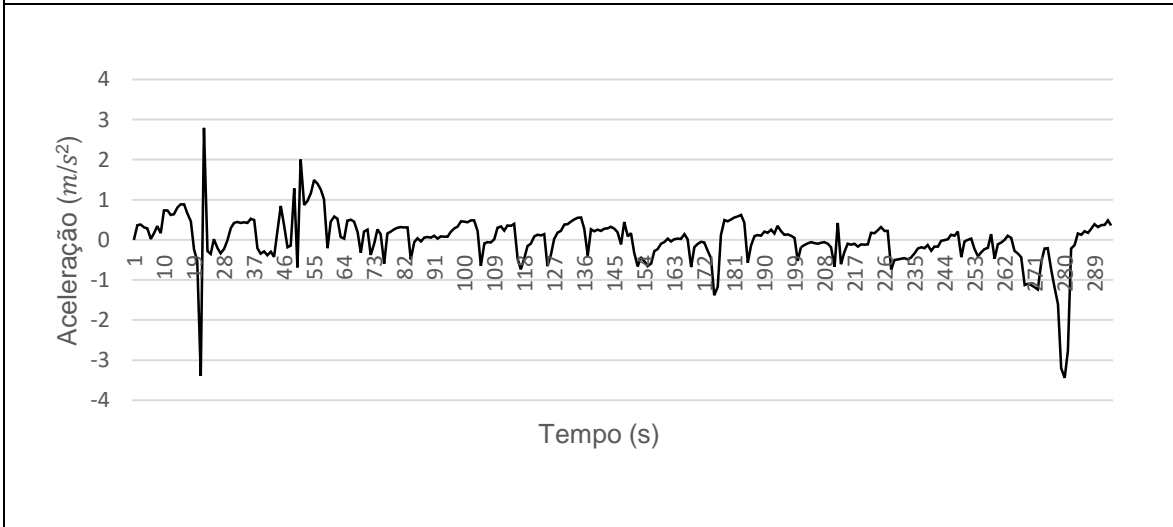
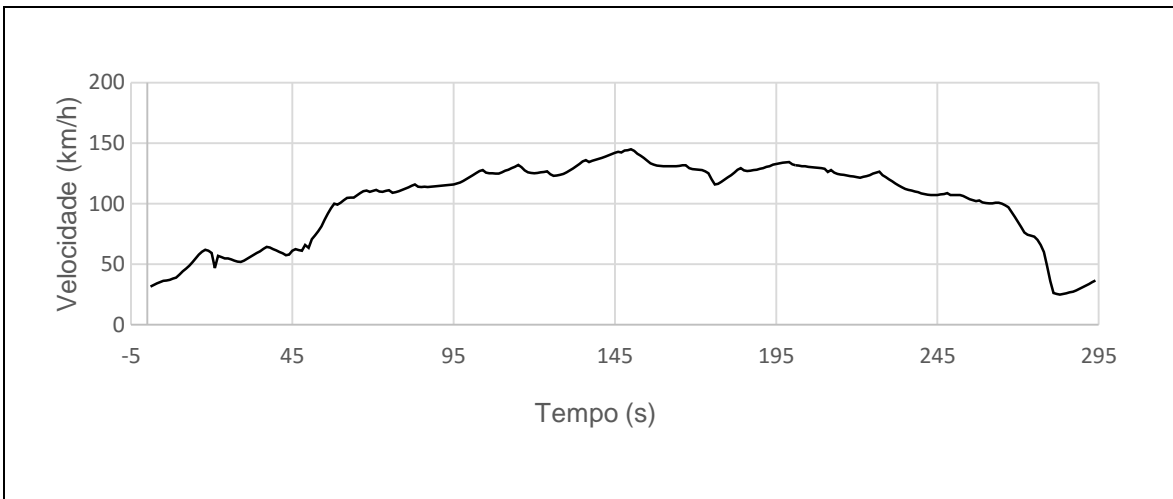


FiguraA24- Dinâmica do Veículo (condutor3, trajeto2, Procedimento4).

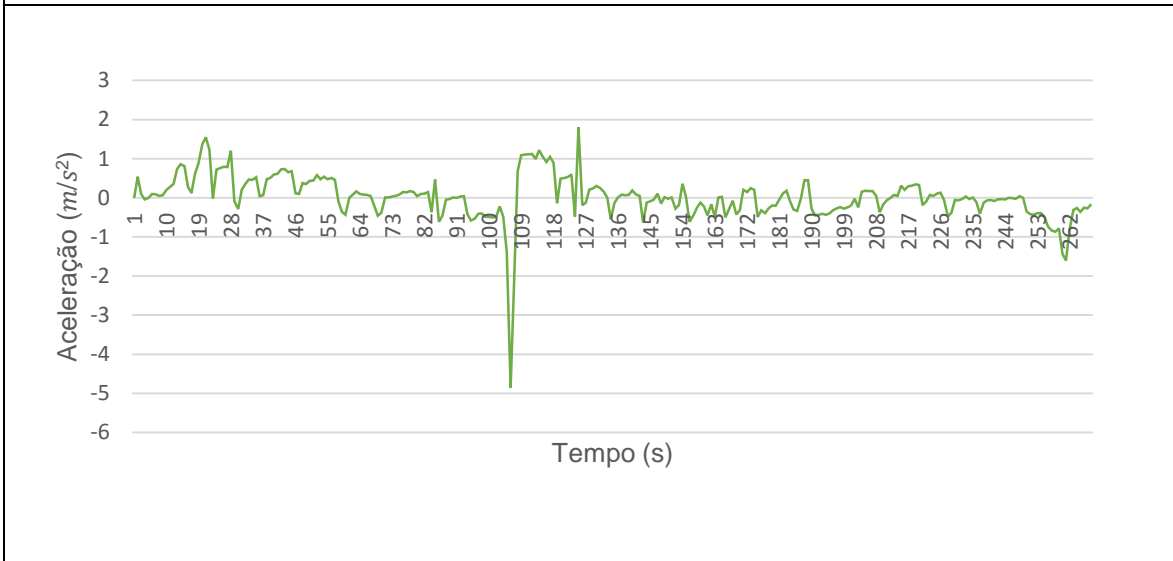
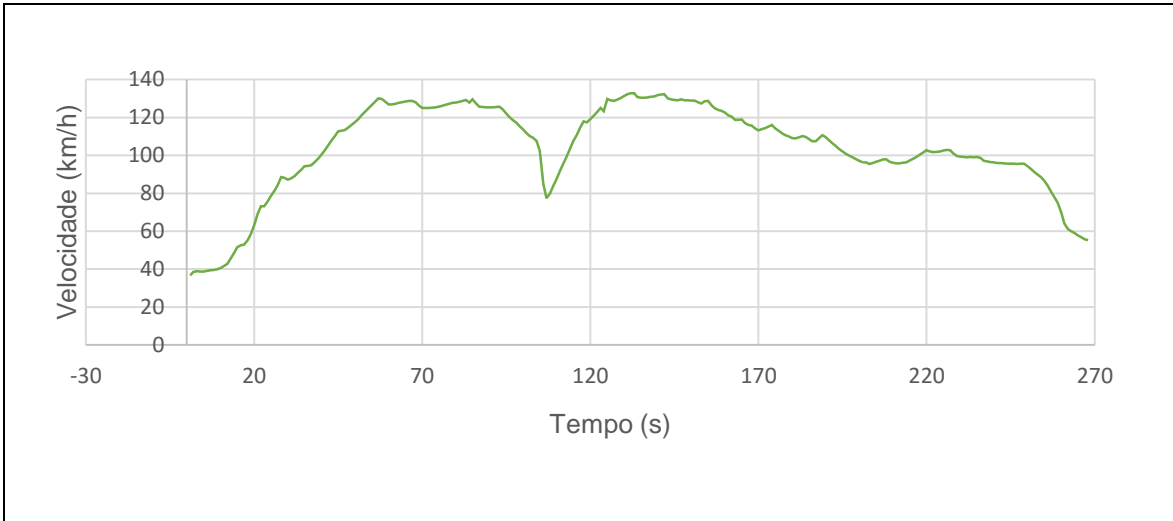




FiguraA25- Dinâmica do Veículo (condutor3, trajeto3, Procedimento1).

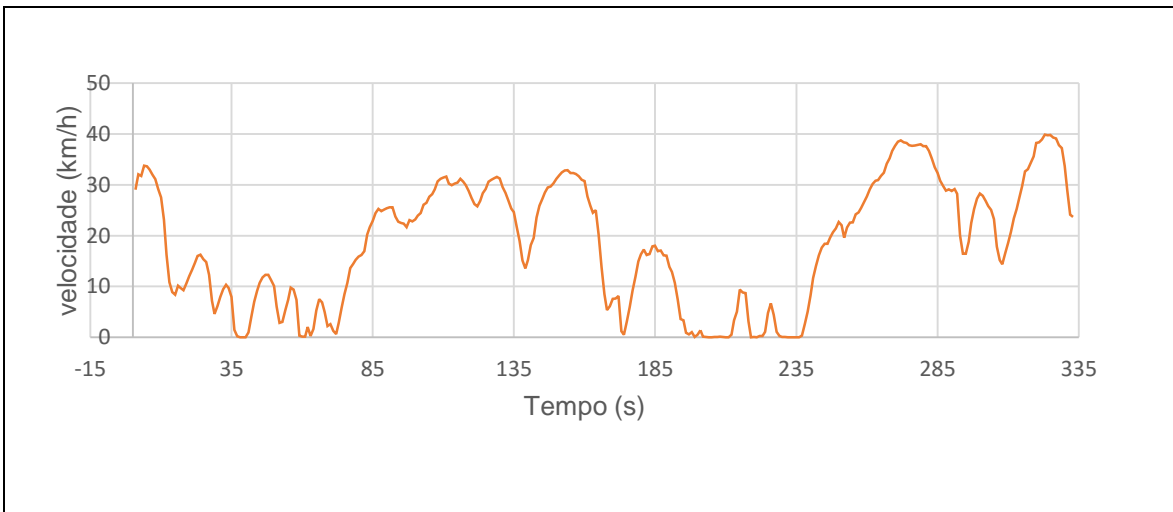


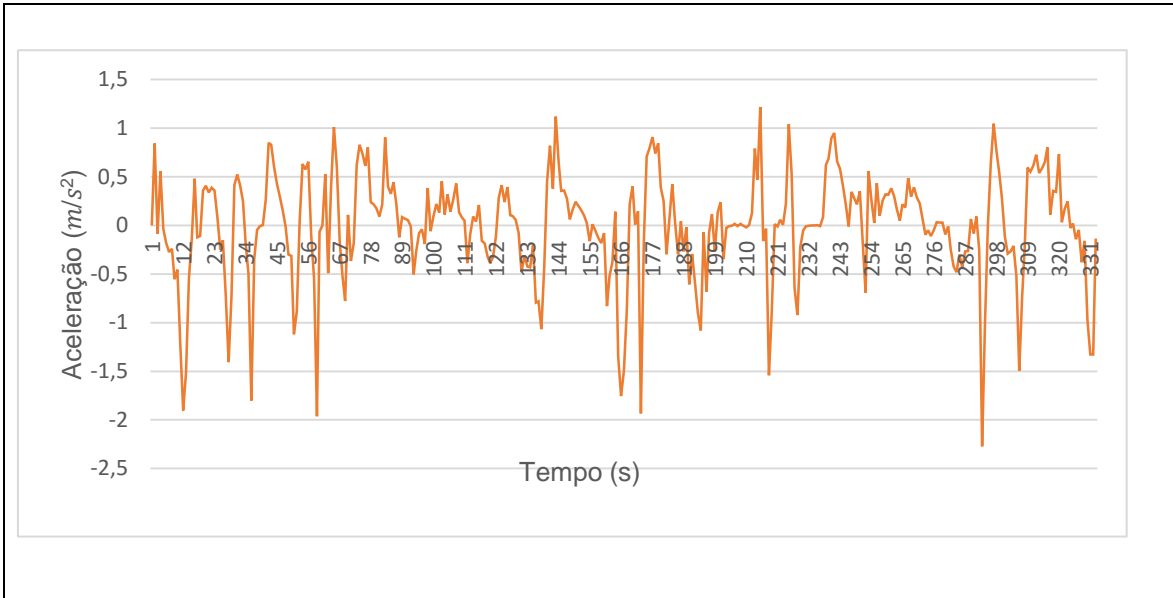
FiguraA26- Dinâmica do Veículo (condutor3, trajeto3, Procedimento3).



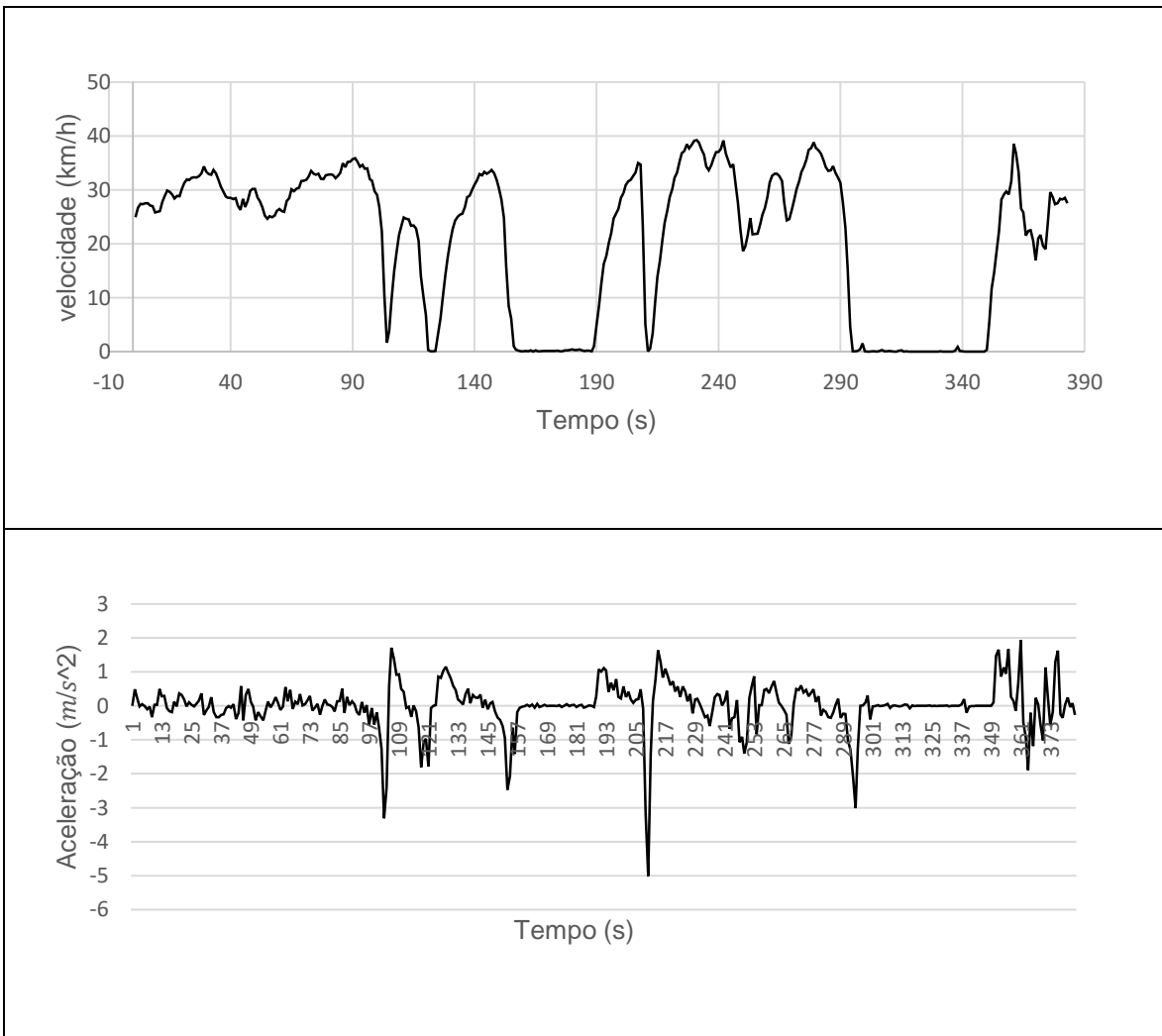
FiguraA27- Dinâmica do Veículo (condutor3, trajeto3, Procedimento4).

Anexo4- Dinâmica do Veículo, Condutor4.

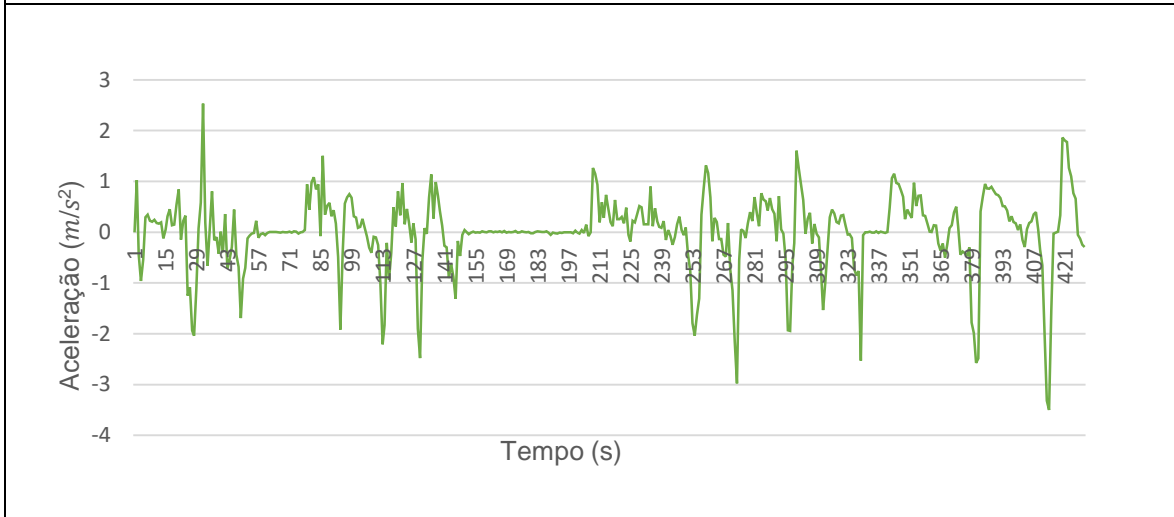
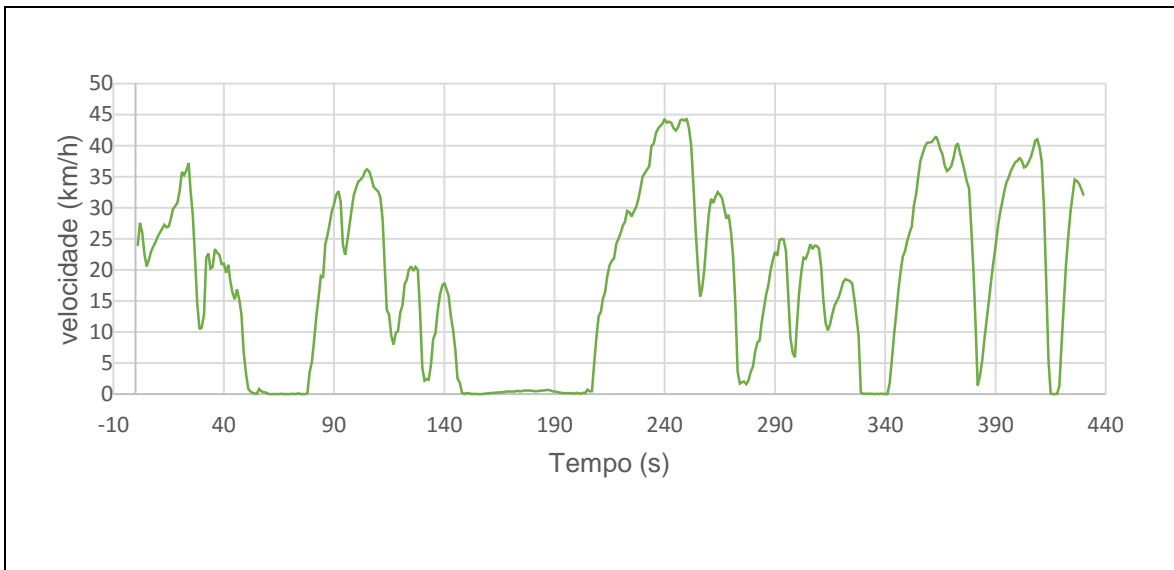




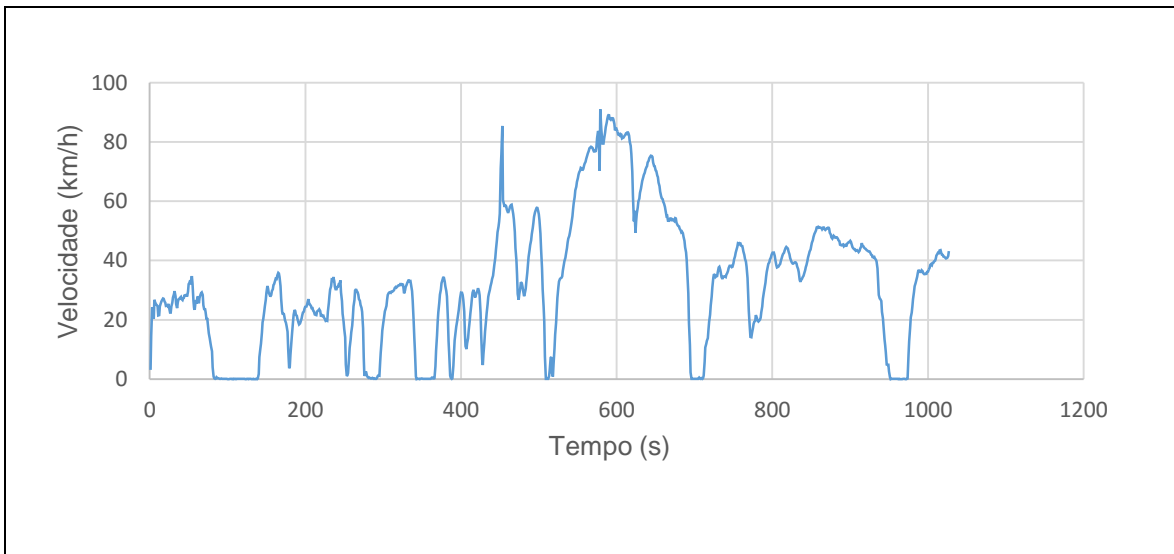
FiguraA28- Dinâmica do Veículo (condutor4, trajeto1, Procedimento2).

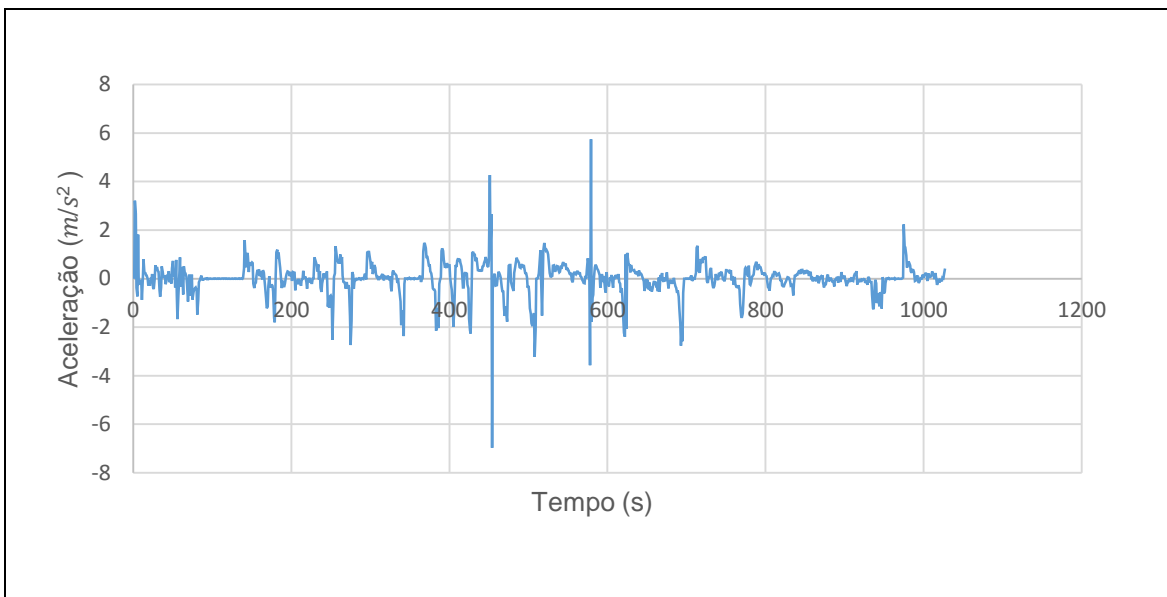


FiguraA29- Dinâmica do Veículo (condutor4, trajeto1, Procedimento2).

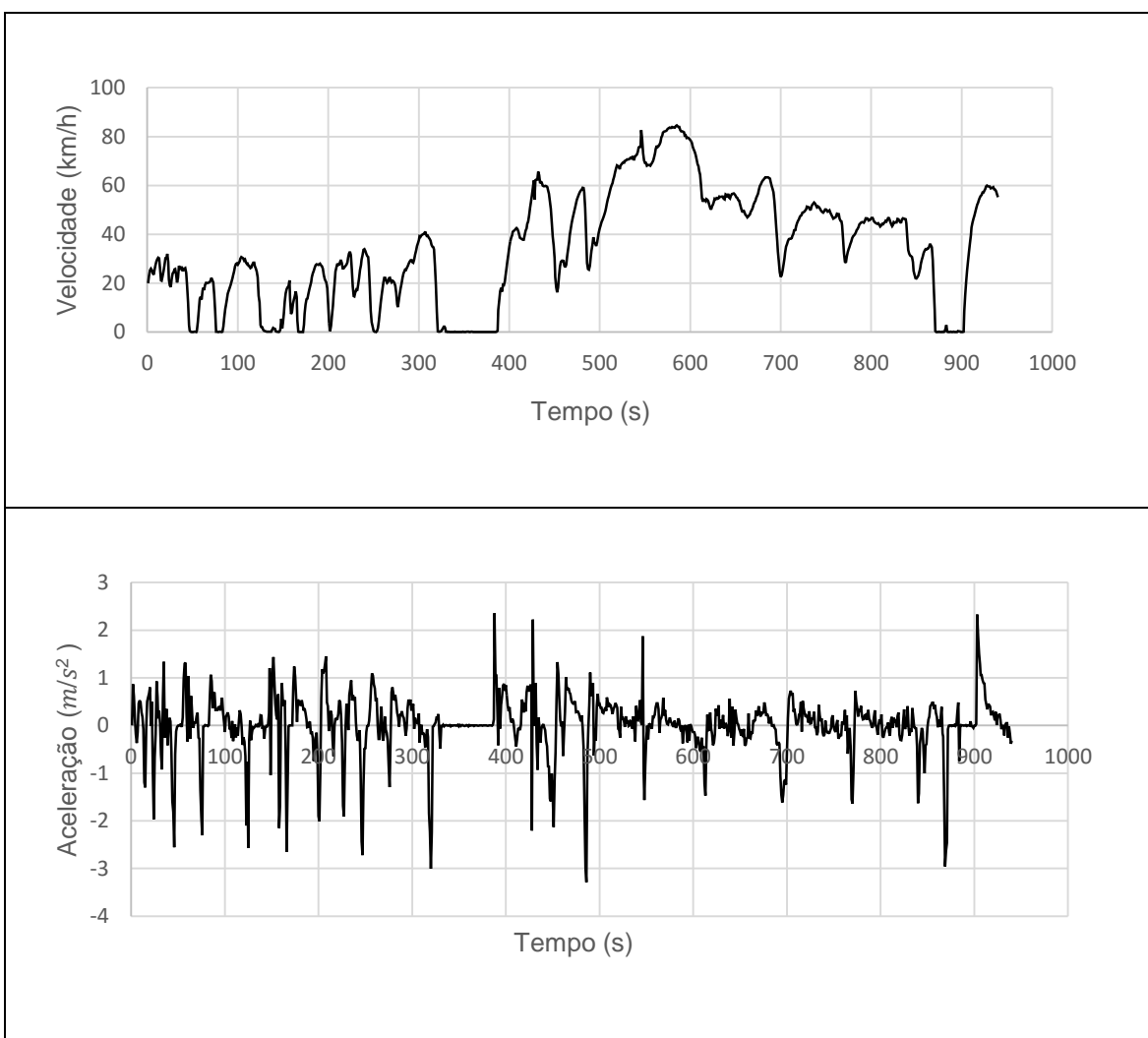


FiguraA30- Dinâmica do Veículo (condutor4, trajeto1, Procedimento4).

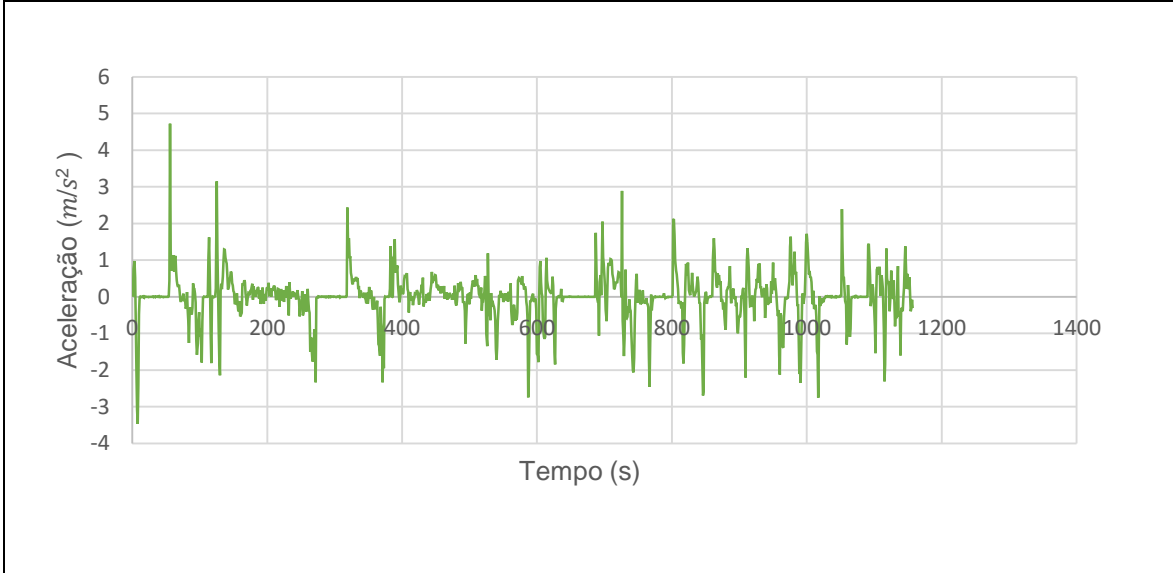
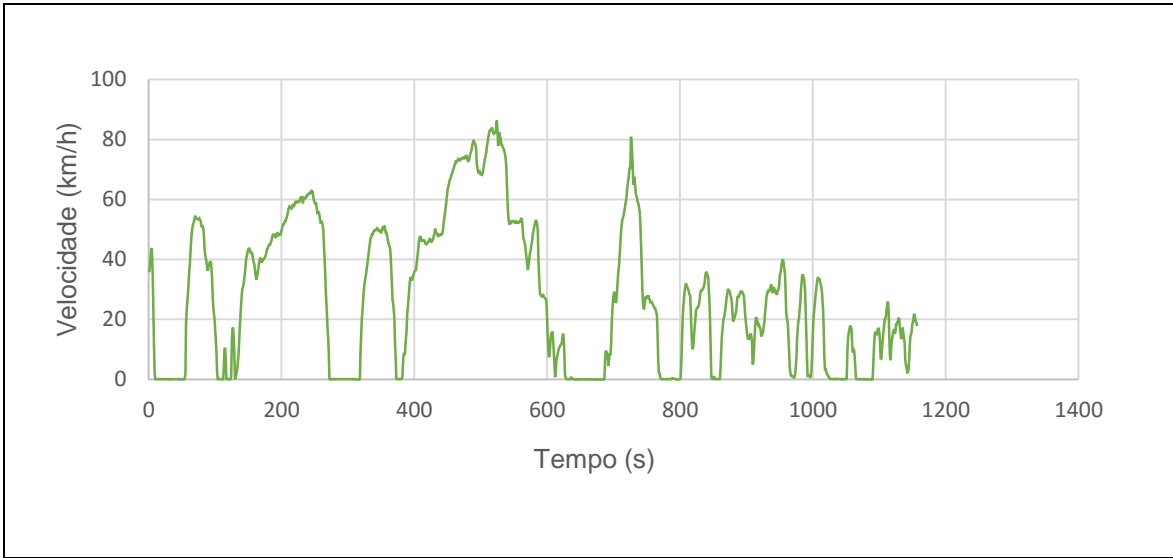




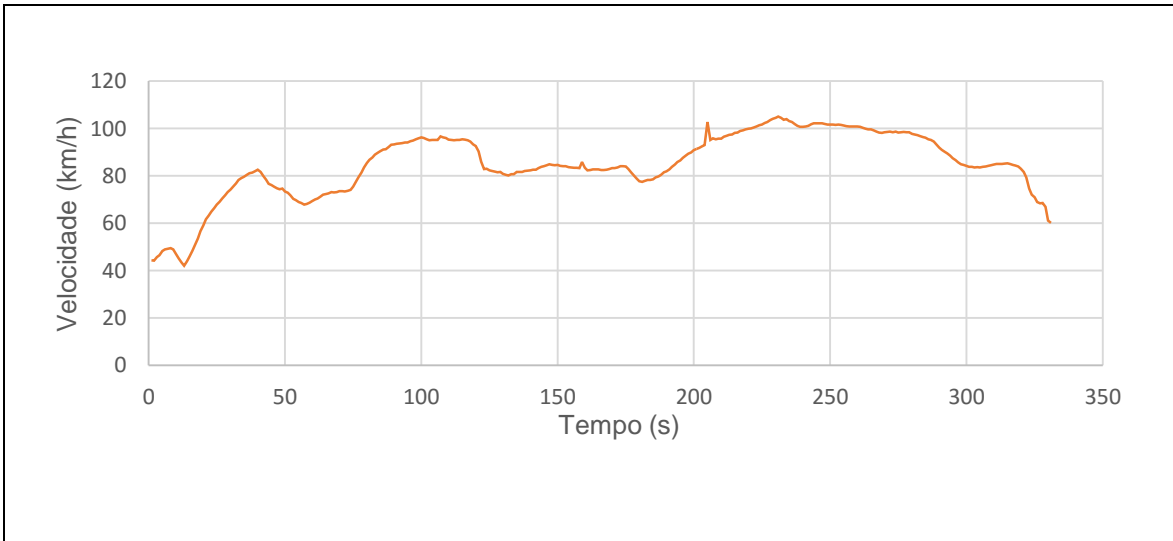
FiguraA31- Dinâmica do Veículo (condutor4, trajeto2, Procedimento4).

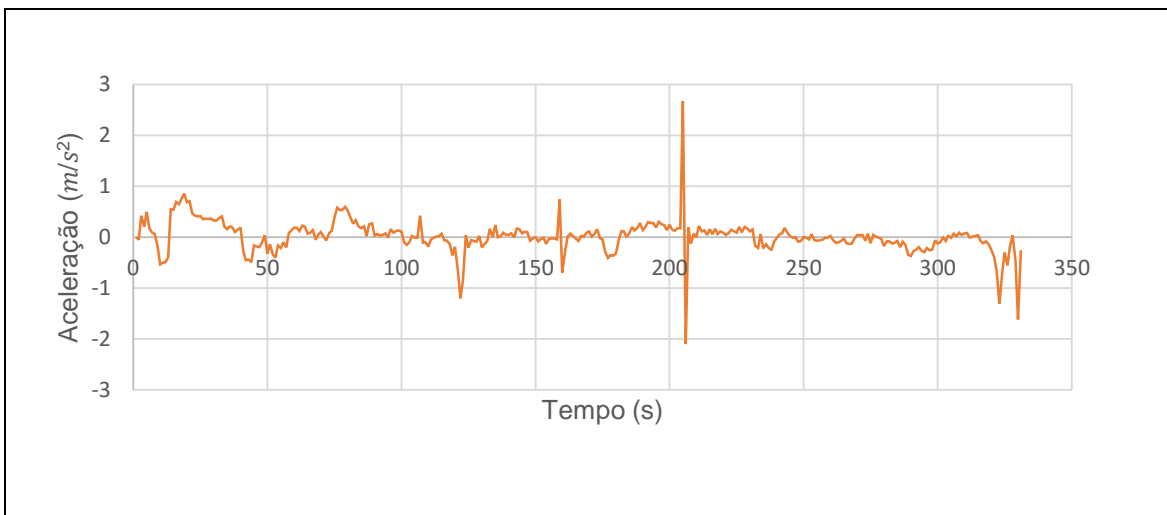


FiguraA32- Dinâmica do Veículo (condutor4, trajeto2, Procedimento3).

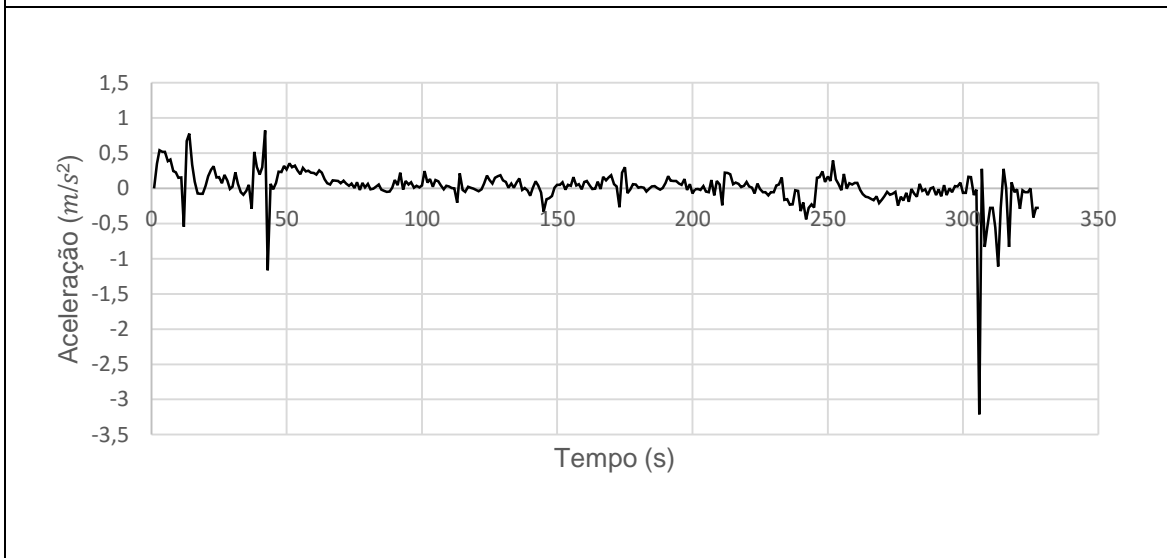
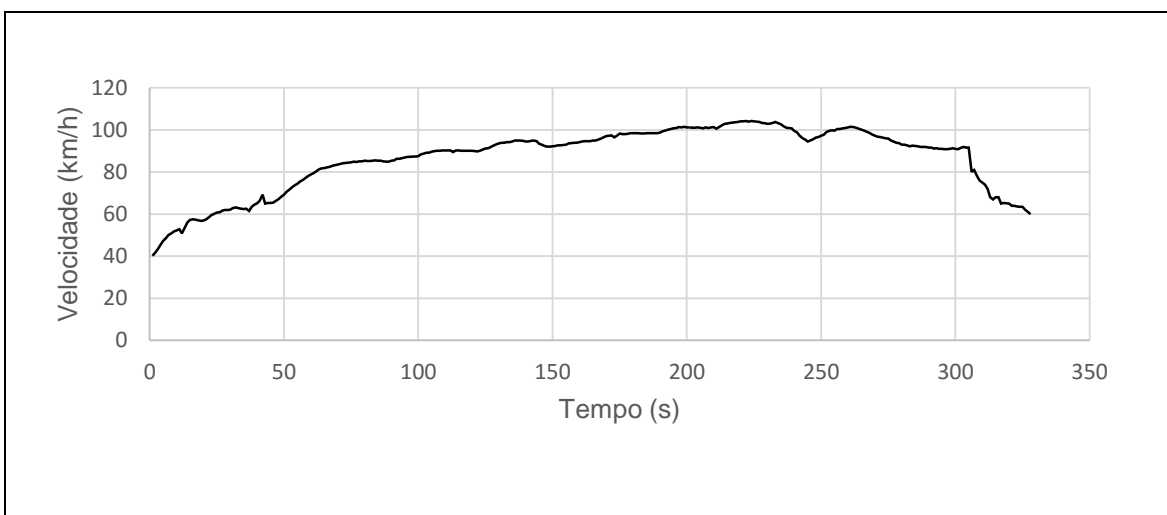


FiguraA33- Dinâmica do Veículo (condutor4, trajeto2, Procedimento4).

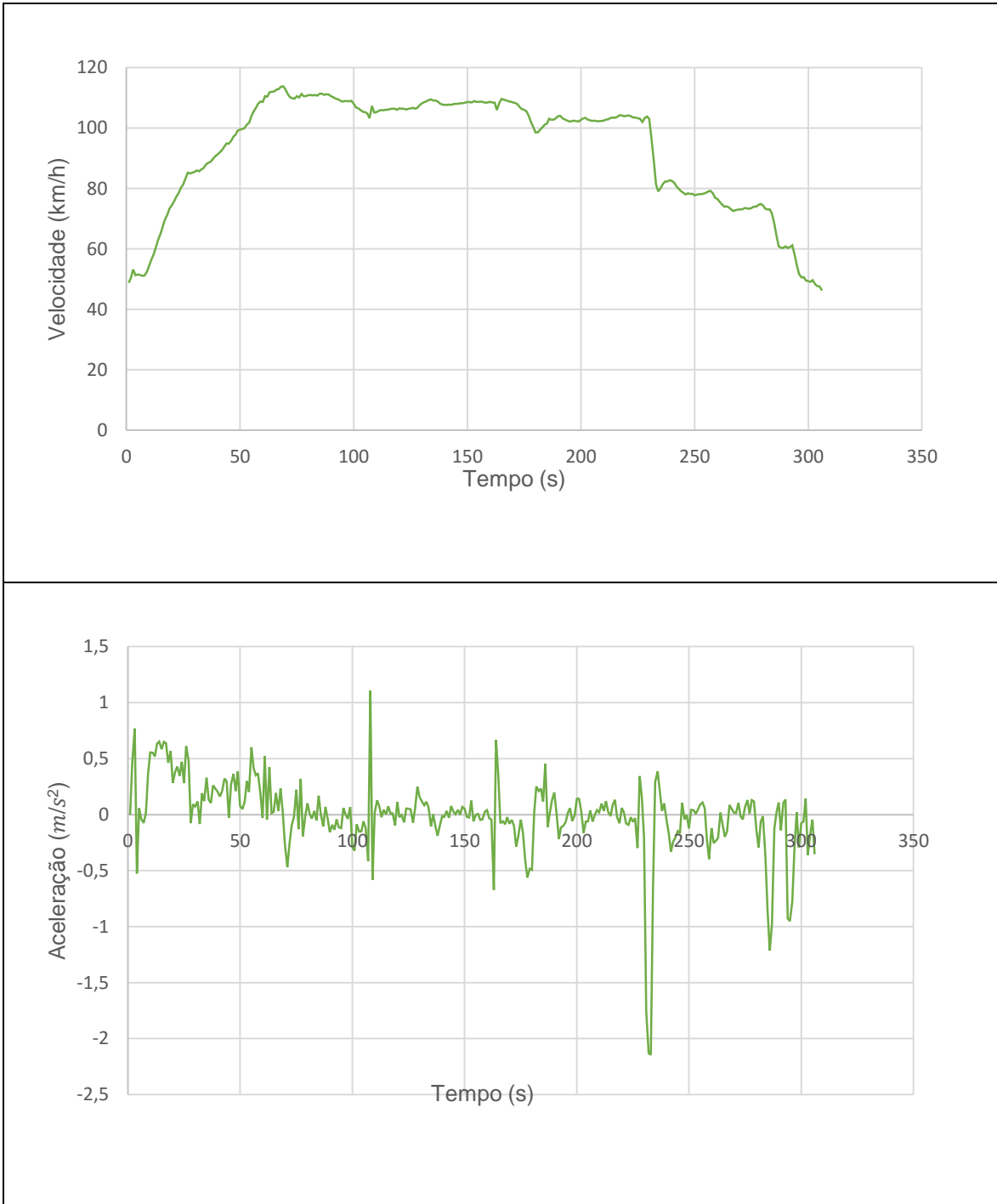




FiguraA34- Dinâmica do Veículo (condutor4, trajeto3, Procedimento2).



FiguraA35- Dinâmica do Veículo (condutor4, trajeto3, Procedimento3).



FiguraA36- Dinâmica do Veículo (condutor4, trajeto3, Procedimento4).

Anexo5- Programação efetuada no Matlab para a obtenção do ECG de cada condutor.

```

77 %-----URBANO-----
78 % Experimento 1
79 % C_U1=openVJBinFile('C_U1.bin');%plot(C_U1);
80 % Grafico sincronizado
81 % [C_U1_X C_U1_Y]=graficosincronizado(C_U1,348); plot(C_U1_X,C_U1_Y);
82 % [EC_U1_0 EC_U1_1 EC_U1_2]=pan_tompkin(C_U1,500,0);%ECG
83 % Calculo da frecuencia cardiaca:
84 % C_U1_F=FrecuenciaCardiaca(EC_U1_1)
85 %
86 % Experimento 2
87 % C_U2=openVJBinFile('C_U2.bin');%plot(C_U2);
88 % Grafico sincronizado
89 % [C_U2_X C_U2_Y]=graficosincronizado(C_U2,296); plot(C_U2_X,C_U2_Y);
90 % [EC_U2_0 EC_U2_1 EC_U2_2]=pan_tompkin(C_U2,500,0);%ECG
91 % Calculo da frecuencia cardiaca:
92 % C_U2_F=FrecuenciaCardiaca(EC_U2_1)
93 %
94 % Experimento 3
95 % C_U3=openVJBinFile('C_U3.bin');%plot(C_U3);
96 % Grafico sincronizado
97 % [C_U3_X C_U3_Y]=graficosincronizado(C_U3,395);plot(C_U3_X,C_U3_Y);
98 % [EC_U3_0 EC_U3_1 EC_U3_2]=pan_tompkin(C_U3,500,0);%ECG
99 % Calculo da frecuencia cardiaca:
100 % C_U3_F=FrecuenciaCardiaca(EC_U3_1)
101 %
102 % Experimento 4
103 % C_U4=openVJBinFile('C_U4.bin');%plot(C_U4);
104 % Grafico sincronizado
105 % [C_U4_X C_U4_Y]=graficosincronizado(C_U4,354);plot(C_U4_X,C_U4_Y);
106 % [EC_U4_0 EC_U4_1 EC_U4_2]=pan_tompkin(C_U4,500,0);%ECG
107 % Calculo da frecuencia cardiaca:
108 % C_U4_F=FrecuenciaCardiaca(EC_U4_1)
109

```

FiguraA37-Programação efetuado para os cálculos referentes ao circuito urbano (Trajeto1) realizado no Matlab.

```

%%-----NACIONAL-----
%% Experimento 1
%% C_N1=openVJBinFile('C_N1.bin');%plot(C_N1);
%% Grafico sincronizado
%% [C_N1_X C_N1_Y]=graficosincronizado(C_N1,732); plot(C_N1_X,C_N1_Y);
%% [EC_N1_0 EC_N1_1 EC_N1_2]=pan_tompkin(C_N1,500,0);%ECG
%% Calculo da frecuencia cardiaca:
%% C_N1_F=FrecuenciaCardiaca(EC_N1_1)
%%
%% Experimento 2
%% C_N2=openVJBinFile('C_N2.bin');%plot(C_N2);
%% Grafico sincronizado
%% [C_N2_X C_N2_Y]=graficosincronizado(C_N2,1119); plot(C_N2_X,C_N2_Y);
%% [EC_N2_0 EC_N2_1 EC_N2_2]=pan_tompkin(C_N2,500,0);%ECG
%% Calculo da frecuencia cardiaca:
%% C_N2_F=FrecuenciaCardiaca(EC_N2_1)
%%
%% Experimento 3
%% C_N3=openVJBinFile('C_N3.bin');%plot(C_N3);
%% Grafico sincronizado
%% [C_N3_X C_N3_Y]=graficosincronizado(C_N3,876); plot(C_N3_X,C_N3_Y);
%% [EC_N3_0 EC_N3_1 EC_N3_2]=pan_tompkin(C_N3,500,0);%ECG
%% Calculo da frecuencia cardiaca:
%% C_N3_F=FrecuenciaCardiaca(EC_N3_1)
%%
%% Experimento 4
%% C_N4=openVJBinFile('C_N4.bin');%plot(C_N4);
%% Grafico sincronizado
%% [C_N4_X C_N4_Y]=graficosincronizado(C_N4,1121);plot(C_N4_X,C_N4_Y);
%% [EC_N4_0 EC_N4_1 EC_N4_2]=pan_tompkin(C_N4,500,0);%ECG
%% Calculo da frecuencia cardiaca:
%% C_N4_F=FrecuenciaCardiaca(EC_N4_1)

```

FiguraA38-Programação efetuado para os cálculos referentes ao circuito urbano e em estrada nacional (Trajeto2) realizado no Matlab.

```

11 %-----AUTOESTRADA-----
12 %Experimento 1
13 C_A1=openVJBinFile('C_A1.bin');%plot(C_A1);
14 %Grafico sincronizado
15 [C_A1_X C_A1_Y]=graficosincronizado(C_A1,293);plot(C_A1_X,C_A1_Y);
16 [EC_A1_0 EC_A1_1 EC_A1_2]=pan_tompkin(C_A1,500,0);%ECG
17 %Calculo da frequencia cardiaca:
18 [C_A1_F]=FrequenciaCardiaca(EC_A1_1)
19 %
20 %Experimento 2
21 C_A2=openVJBinFile('C_A2.bin');%plot(C_A2);
22 %Grafico sincronizado
23 [C_A2_X C_A2_Y]=graficosincronizado(C_A2,293); plot(C_A2_X,C_A2_Y);
24 [EC_A2_0 EC_A2_1 EC_A1_2]=pan_tompkin(C_A2,500,0);%ECG
25 %Calculo da frequencia cardiaca:
26 C_A2_F=FrequenciaCardiaca(EC_A2_1)
27 %
28 %Experimento 3
29 C_A3=openVJBinFile('C_A3.bin');plot(C_A3);
30 %Grafico sincronizado
31 [C_A3_X C_A3_Y]=graficosincronizado(C_A3,293);plot(C_A3_X,C_A3_Y);
32 [EC_A3_0 EC_A3_1 EC_A3_2]=pan_tompkin(C_A3,500,0);%ECG
33 %Calculo da frequencia cardiaca:
34 C_A3_F=FrequenciaCardiaca(EC_A3_1)
35 %
36 %Experimento 4
37 C_A4=openVJBinFile('C_A4.bin');plot(C_A4);
38 %Grafico sincronizado
39 [C_A4_X C_A4_Y]=graficosincronizado(C_A4,293); plot(C_A4_X,C_A4_Y);
40 [EC_A4_0 EC_A4_1 EC_A4_2]=pan_tompkin(C_A4,500,0);%ECG
41 %Calculo da frequencia cardiaca:
42 C_A4_F=FrequenciaCardiaca(EC_A4_1)
43

```

FiguraA39-Programação efetuado para os cálculos referentes ao circuito em autoestrada (Trajeto3) realizada no Matlab.

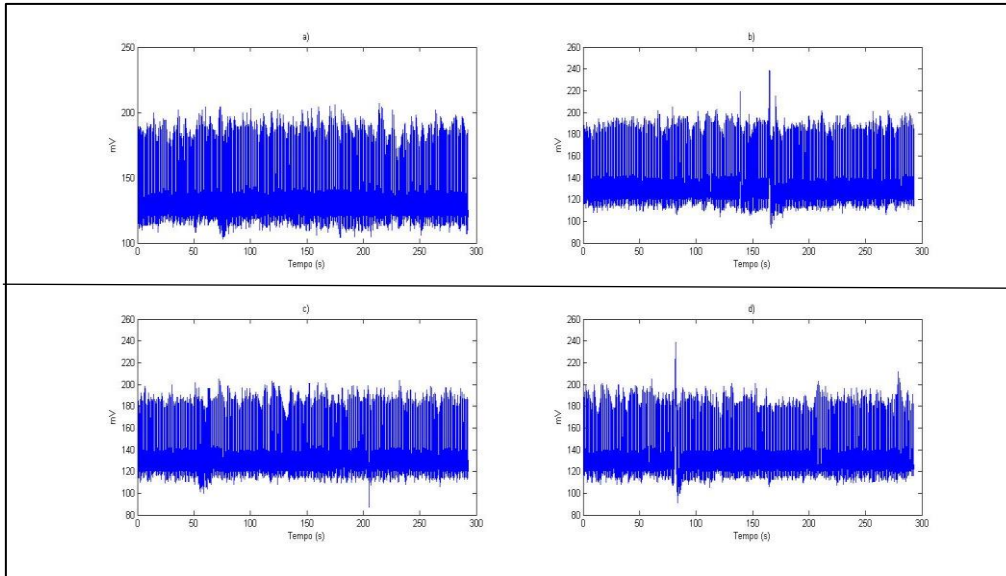
Anexo6- Programação efetuada no Matlab para a obtenção das Frequência Cardíaca de cada condutor.

```

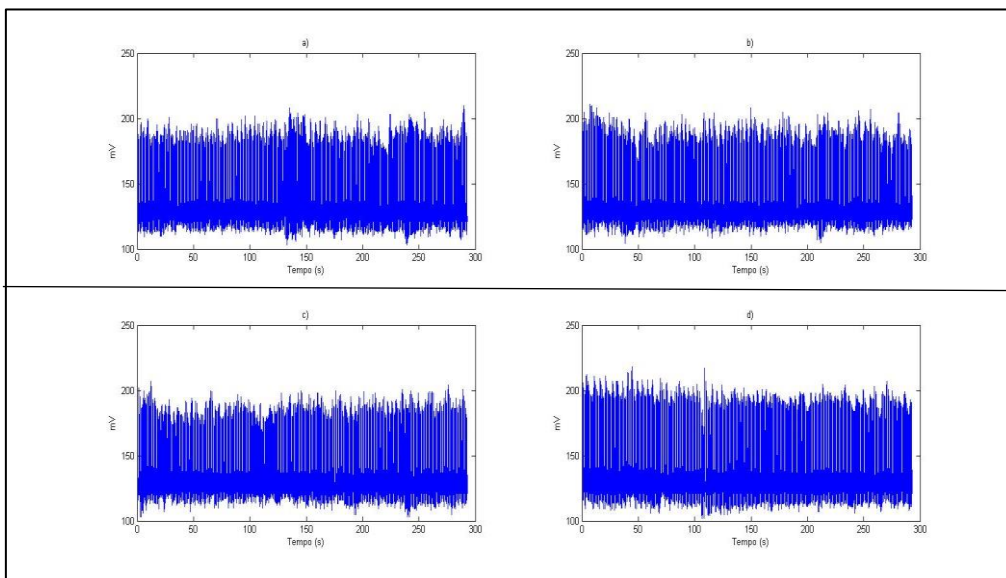
Programacao.m x pan_tompkin.m x FrequenciaCardiaca.m x graficosincronizado.m x
1 function [MediaFQ] = FrequenciaCardiaca(Dados)
2 %Frequencia Cardiaca
3 i1=(size(Dados));
4 i2=i1(1,2);
5 i3=2:1:i2-1;
6 i4=3:1:i2;
7 Pico1=Dados(i3);
8 Pico2=Dados(i4);
9
10 %Calculo:
11 % C_A1_RR=(pico2-pico2)*2 (cada amostra correponde a 2milissegundos)
12 % C_A1_HR=60000/C_A1_RR (Frequencia cardiaca);
13 RR=(Pico2-Pico1)*2;
14 HR=60000./RR;
15 MediaFQ=mean(HR); %Media da Frequencia Cardiaca (batimentos/segundo)
16
17
18 end

```

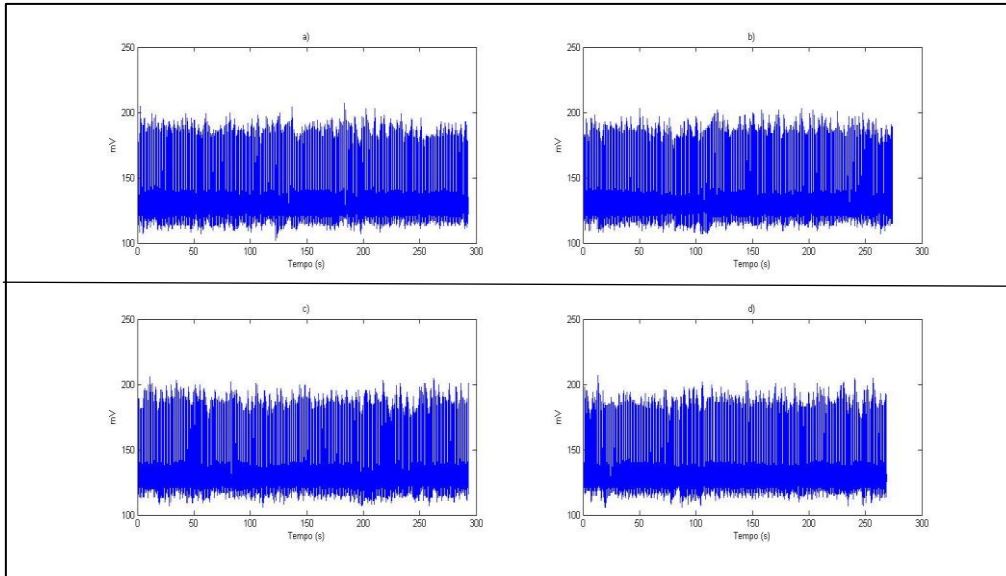
FiguraA40-Programação efetuada para o cálculo das frequências cardíacas realizada no Matlab.



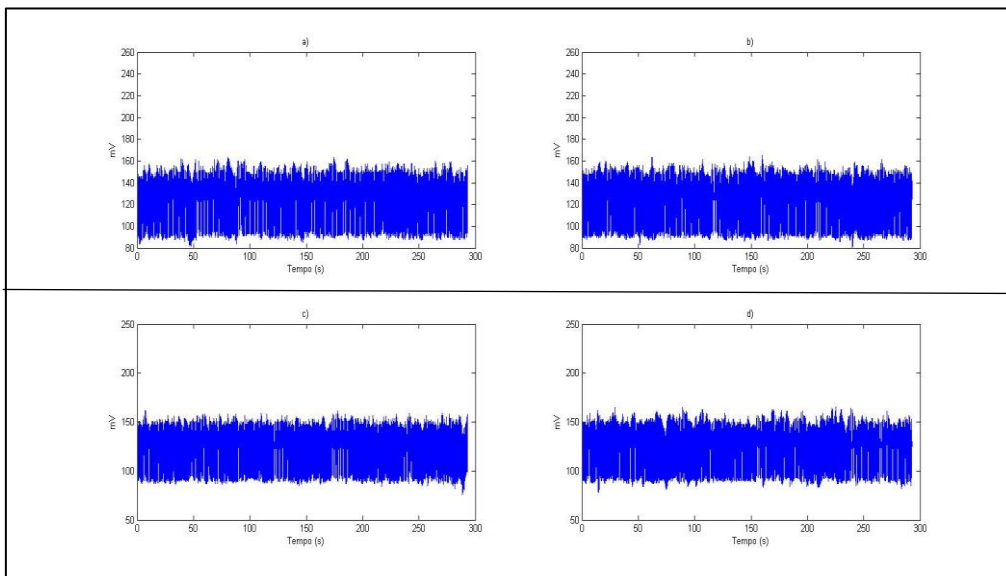
FiguraA41-ECG referente ao primeiro condutor e trajeto1, e os quatro procedimentos.



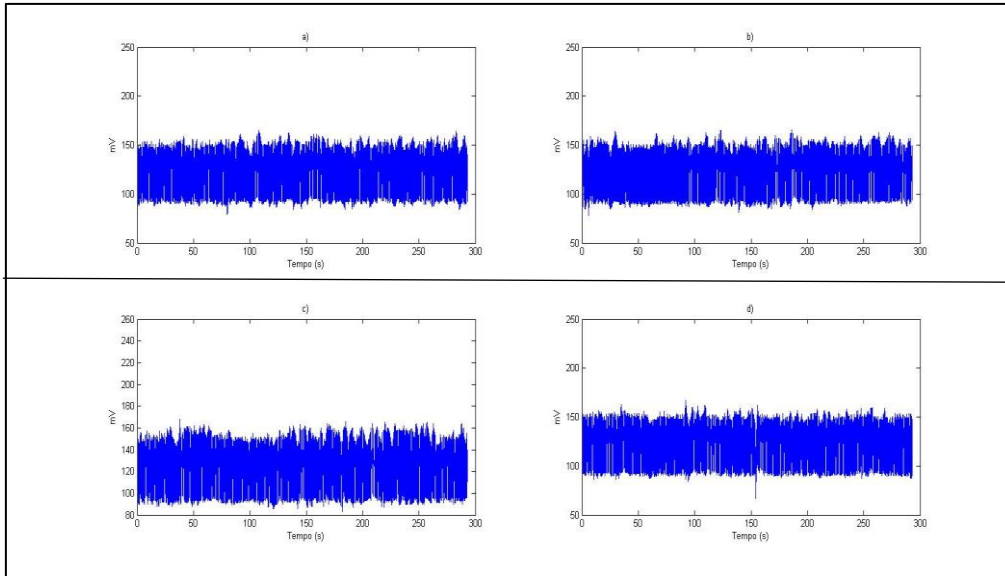
FiguraA42-ECG referente ao primeiro condutor e trajeto2, e os quatro procedimentos.



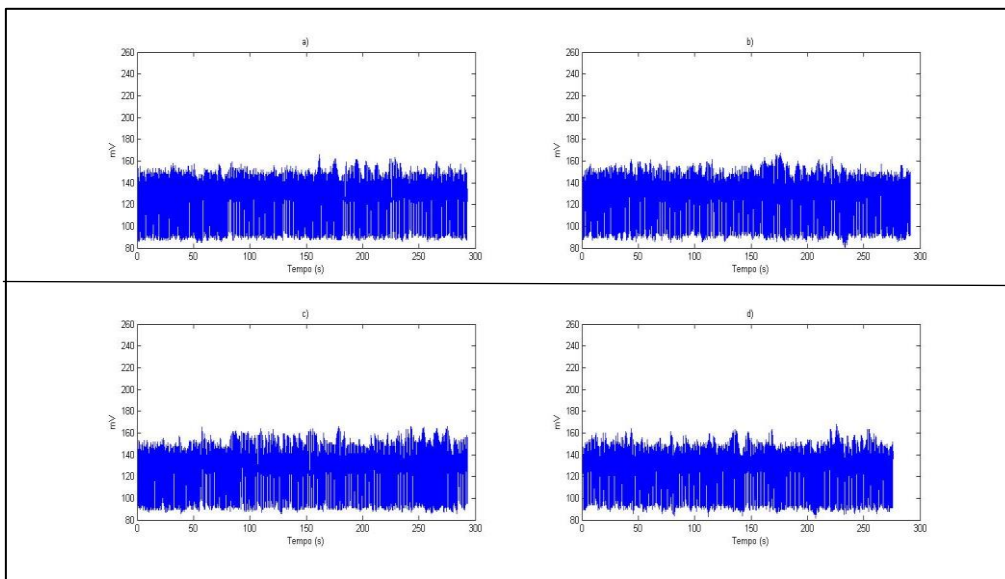
FiguraA43-ECG referente ao primeiro condutor e trajeto3, e os quatro procedimentos.



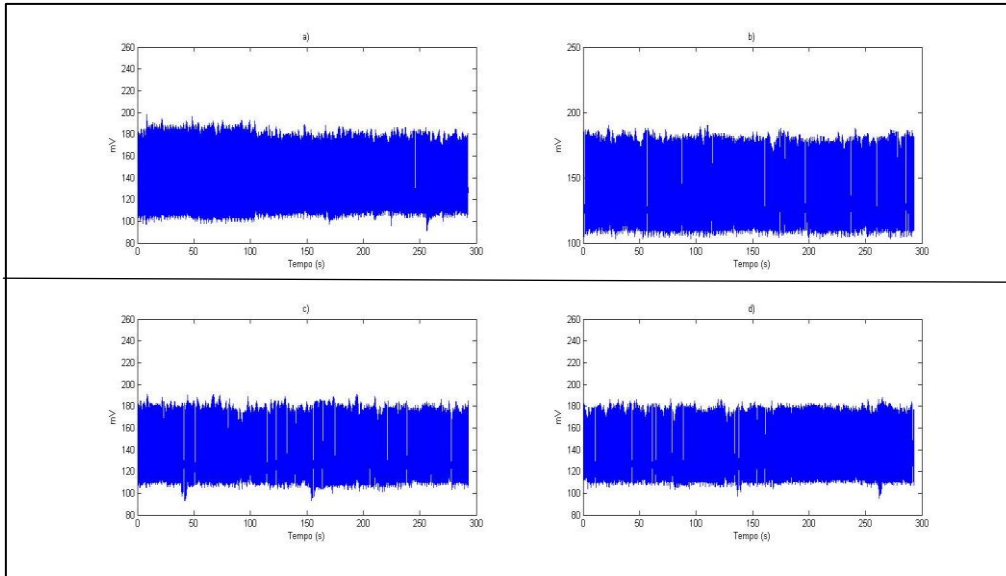
FiguraA44-ECG referente ao condutor2 e trajeto1, e os quatro procedimentos.



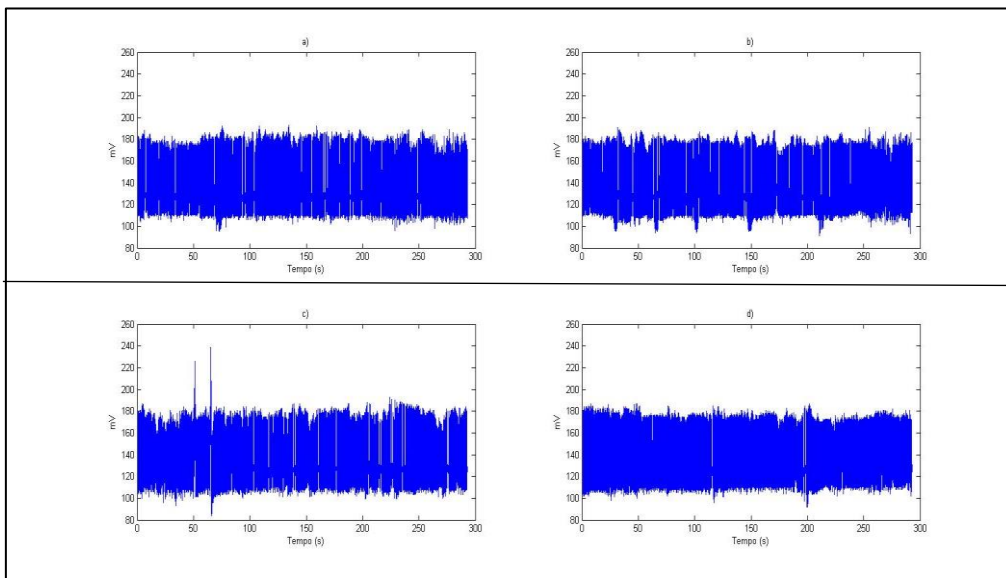
FiguraA45-ECG referente ao condutor2 e trajeto2, e os quatro procedimentos.



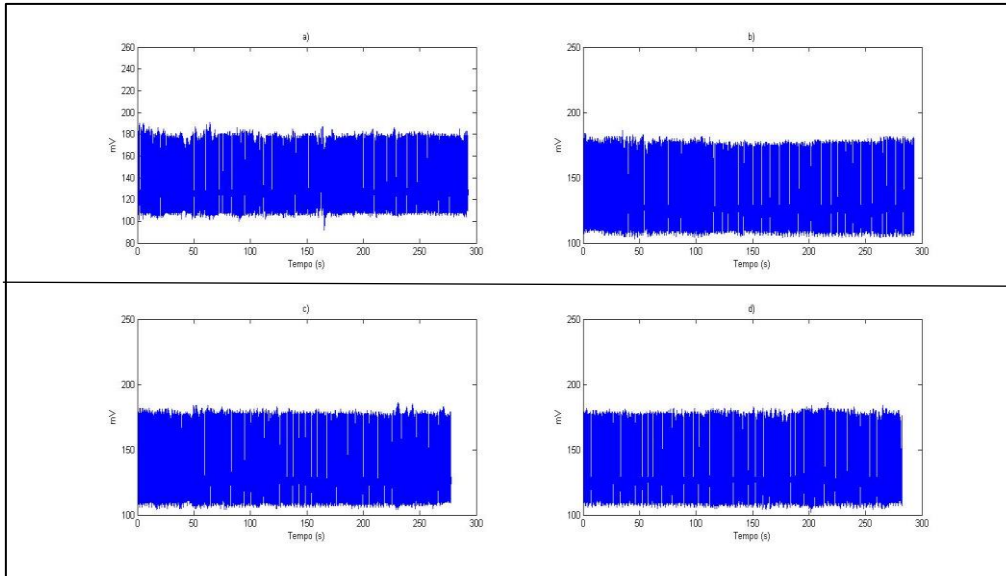
FiguraA46-ECG referente ao condutor2 e trajeto3, e os quatro procedimentos.



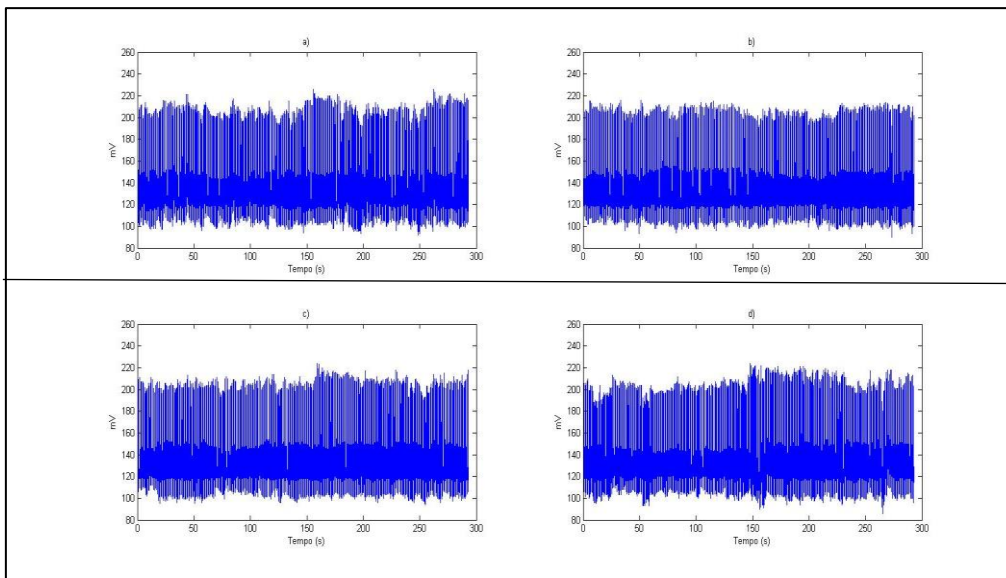
FiguraA47-ECG referente ao condutor3 e trajeto1, e os quatro procedimentos.



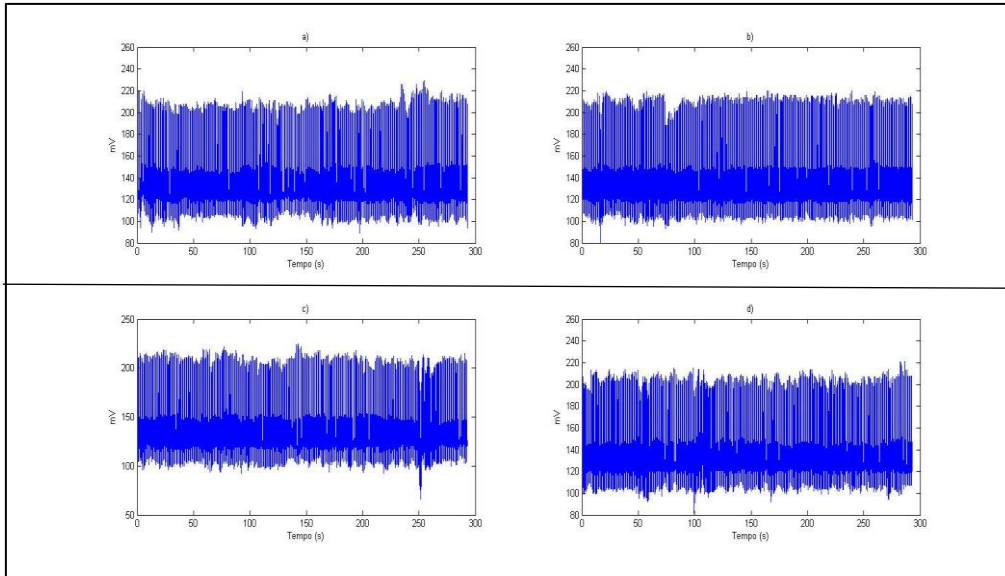
FiguraA48-ECG referente ao condutor3 e trajeto2, e os quatro procedimentos.



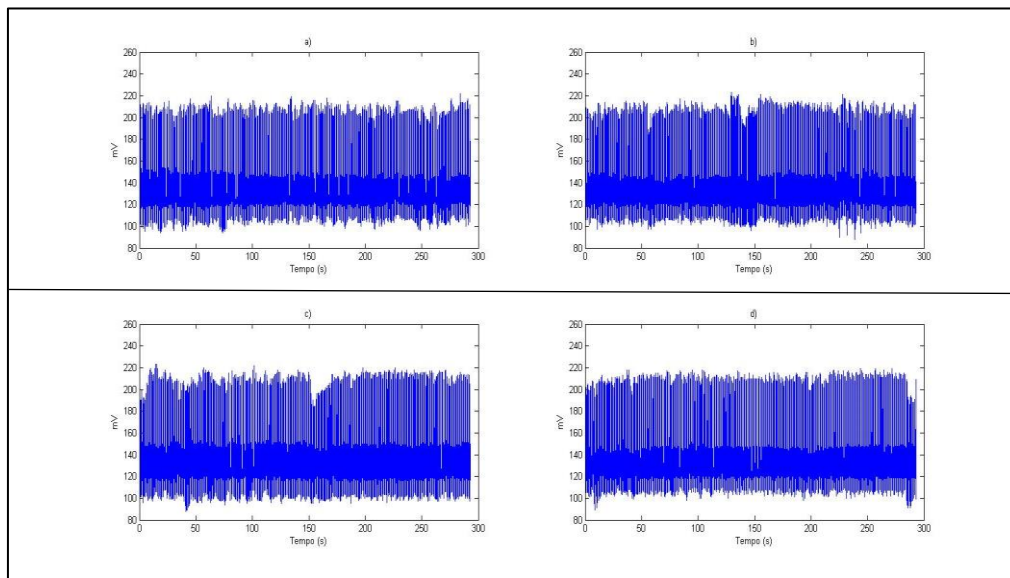
FiguraA49-ECG referente ao condutor3 e trajeto3, e os quatro procedimentos.



FiguraA50-ECG referente ao quarto condutor e trajeto1, e os quatro procedimentos.



FiguraA51-ECG referente ao quarto condutor e trajeto2, e os quatro procedimentos.



FiguraA52-ECG referente ao quarto condutor e trajeto3, e os quatro procedimentos.