

SIMULADOR PARA APOIO AO ENSINO DO CÓDIGO DA ESTRADA

Mário André Alves Nogueira

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Informática, Área de Especialização em
Sistemas Gráficos e Multimédia**

Orientador: António Abel Vieira de Castro (PhD)

Júri:

Presidente:

José António Reis Tavares (PhD)

Vogais:

João Paulo Jorge Pereira (PhD)

António Abel Vieira de Castro (PhD)

À minha família por tudo o que me proporcionou ao longo da vida.

Resumo

Uma das ambições da sociedade atual é a obtenção da carta de condução, havendo cada vez mais jovens a tirar a sua carta mal atingem a idade mínima necessária. Muitos destes jovens envolvem-se em acidentes rodoviários, provavelmente devido à sua inexperiência e ao seu estilo de vida.

Dados os problemas de inexperiência foi realizado um estudo de forma a averiguar se seria possível desenvolver uma ferramenta de modo a contribuir para uma melhoria do ensino do código da estrada, ajudando os atuais e futuros candidatos a condutor a sentirem-se mais bem preparados para quando adquirirem as suas licenças de condução.

O objetivo principal do presente estudo focou-se no desenvolvimento de uma solução capaz de simular situações de trânsito permitindo ao instrutor de condução alterar os componentes da simulação, como veículos e sinalização, permitindo a criação de múltiplas situações de trânsito demonstrando aos seus alunos o modo correto de proceder quando confrontados com situações semelhantes.

No final são apresentadas as conclusões retiradas do presente estudo, onde são retiradas as conclusões principais da análise de resultados efetuada, permitindo verificar que a ferramenta desenvolvida é interessante para uma melhoria do ensino atual do código da estrada. No fim são apresentadas as perspetivas de trabalho futuro.

Palavras-chave: Simulador, Código da estrada, *Unity3D*, Carta de condução

Abstract

One of the ambitions of today's society is the acquisition of a driving license, with more teenagers taking their driver's license when they reach the required minimum age. Many of these young people are involved in road accidents, probably due to their inexperience and their lifestyle.

Given the problems of inexperience a study was conducted to ascertain whether it would be possible to develop a tool to help improve the teaching of the traffic code, helping current and future candidates driver to feel better prepared for when acquire their driver's licenses.

The main objective of this study focused on developing a solution capable of simulating traffic situations allowing the driving instructor change the components of the simulation, such as vehicles and traffic signals, allowing the creation of multiple traffic situations demonstrating to his students the right way to proceed when faced with similar situations.

The conclusions drawn from this study, where the main conclusions of the analyses performed results are taken, allowing you to check that the developed tool is interesting to raising the current teaching of the Highway Code. In the end we present the prospects for future work.

Keywords: Simulator, Traffic Code, Driver's license, *Unity3D*

Agradecimentos

Gostaria de deixar aqui registado um pequeno agradecimento a todos que me ajudaram e acompanharam durante a realização deste estudo, pois sem eles não o conseguiria concluir.

Ao meu orientador, o Doutor António Vieira de Castro pela paciência, dedicação, incentivo e por todo o incansável apoio.

Ao ISEP – Instituto Superior de Engenharia do Porto por permitir as condições necessárias à realização deste trabalho e a todos que de alguma forma, mesmo que indiretamente, tenham facilitado ou contribuído para o desenvolvimento desta tese.

À minha família, amigos de longa data e amigos recentes por todo o apoio que me deram ao longo do Mestrado e pelo acompanhamento e ajuda quando eu mais precisei.

À empresa e colegas de trabalho pela compreensão e pelo tempo concedido para a finalização desta dissertação.

À escola de condução “Código e Norma” e a todos os seus instrutores por todo o apoio fornecido durante o desenvolvimento do protótipo e durante o estudo do atual ensino do código da estrada.

À escola de condução “Oficina do Condutor” também por o apoio fornecido durante o estudo das ferramentas auxiliares disponíveis para o ensino do código da estrada.

Índice

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento	1
1.2	Caracterização geral do problema	2
1.3	Objetivos e contributos esperados	5
1.4	Motivação	6
1.5	Organização deste documento	7
2	O ensino da condução em Portugal	9
2.1	Introdução	9
2.2	A matriz GDE e o ensino do IMT	11
2.2.1	A Matriz GDE	11
2.2.2	O ensino do IMT e os níveis de desempenho da matriz GDE	13
2.2.2.1	O nível atitudinal	13
2.2.2.2	O nível estratégico	13
2.2.2.3	O nível tático	13
2.2.2.4	O nível operacional	14
2.3	O ensino presencial nas escolas de condução	14
2.3.1	A formação teórica.....	14
2.3.1.1	<i>O software</i> de apoio ao ensino da condução.....	15
2.3.1.2	Os suportes físicos de ensino da condução	21
2.3.1.3	As metodologias das escolas.....	24
2.3.2	A Formação prática	24
2.3.2.1	<i>O software</i> na formação prática	25
2.4	A aprendizagem teórica a partir de casa.....	25
2.4.1	As aulas virtuais	26
2.4.2	Outra documentação <i>Online</i>	29
2.4.3	O acompanhamento dos alunos.....	32
2.4.4	Os sistemas de e-learning no ensino da condução	32
3	O protótipo, SIEC	35

3.1	Introdução	35
3.2	Ferramentas de Desenvolvimento	36
3.2.1	O Unity3D	37
3.2.2	O Unreal Engine 4	38
3.2.3	O Unreal Development Kit	39
3.2.4	A escolha da ferramenta de desenvolvimento	39
3.3	O SIEC.....	39
3.3.1	O modelo conceptual do presente protótipo	40
3.3.2	Os métodos de criação dos cenários	43
3.3.3	As simulações Estáticas	45
3.3.3.1	O Cruzamento.....	45
3.3.3.2	As opções dos Elementos.....	48
3.3.3.3	O movimento dos Veículos.....	50
3.3.3.4	A determinação de prioridades.....	54
3.3.3.5	Adaptação do movimento possível dos veículos	55
3.3.3.6	O ponto de vista do condutor	56
3.3.3.7	Os Entroncamentos.....	57
3.3.3.8	As Rotundas.....	58
3.3.3.9	Reflexão sobre as limitações e problemas encontrados.....	62
3.3.4	As simulações dinâmicas	64
3.3.4.1	A criação do cenário base.....	64
3.3.4.2	A importação dos cenários para o <i>Unity3D</i>	65
3.3.4.3	A definição de caminhos	66
3.3.4.4	O movimento de veículos e peões	67
3.3.4.5	Os elementos da simulação.....	68
3.3.4.5.1	Os veículos.....	68
3.3.4.5.2	Os sinais Luminosos.....	69
3.3.4.5.3	Os sinais de trânsito verticais.....	71
3.3.4.5.4	As passadeiras	72
3.3.4.5.5	Os peões.....	73

3.3.4.6	A determinação de prioridades.....	75
3.3.4.6.1	O ponto de Leitura: Sinalização de trânsito.....	75
3.3.4.6.2	O ponto de Leitura: Aproximação de passadeira.....	76
3.3.4.6.3	O ponto de Leitura: Distância de segurança.....	77
3.3.4.6.4	O ponto de leitura: Cedência de passagem.....	77
4	Análise de Resultados	79
4.1	Introdução	79
4.2	Análise de resultados	80
5	Conclusões e trabalho futuro	91
5.1	Introdução	91
5.2	Principais conclusões do presente estudo	92
5.3	Trabalho futuro.....	93
	Referências	95
	Anexos	99
	Anexo 1: Inquérito de avaliação de protótipo	100

Lista de Figuras

Figura 1 – Exemplo de campanha de prevenção	3
Figura 2 – Exemplo de uma sala de aula presencial do ensino do código da estrada	15
Figura 3 – Menu principal Sala Virtual	16
Figura 4 – Temas principais da Sala Virtual.....	16
Figura 5 – Os temas principais de “O Motociclo”	17
Figura 6 – Exemplo de conteúdos constituintes de um subtema.....	18
Figura 7 – Sinais de trânsito verticais organizados por categorias	19
Figura 8 – Quadro magnético.....	19
Figura 9 – Exemplo de cena criada usando o quadro magnético	20
Figura 10 – Exemplo de painéis com categorias de sinais de trânsito.....	21
Figura 11 – Exemplo de painel informativo com sinalização luminosa	22
Figura 12 – Exemplo de painéis de mecânica automóvel	22
Figura 13 - Exemplo de painéis de mecânica automóvel.....	22
Figura 14 – Painel interativo – Funcionamento de travões de ar	23
Figura 15 – Painel Quadro Magnético.....	23
Figura 16 – Exemplo de um simulador virtual de condução.....	25
Figura 17 – Canal de <i>YouTube</i> do Ronaldo Cardoso	26
Figura 18 – Exemplo de uma aula disponível no <i>YouTube</i>	27
Figura 19 – Subtemas divididos em vídeos.	27
Figura 20 – Canal de <i>YouTube</i> O Instrutor	28
Figura 21 – Método de memorização das velocidades máximas	29
Figura 22 – Artigos com conselhos de segurança rodoviária.....	30
Figura 23 – Exemplo de resumo de uma ficha do IMT.....	31
Figura 24 – Demonstração de distância de segurança	31
Figura 25 – Sistema de e-learning da Escola de Condução Invicta	33
Figura 26 – Logotipo <i>Unity3D</i>	37
Figura 27 – Modelo Conceptual: Sala de Aula	40
Figura 28 – Modelo Conceptual: SIEC.....	40
Figura 29 – Modelo Conceptual: Organização das simulações.....	41
Figura 30 – Modelo Conceptual: Variações dum tipo de simulação	42
Figura 31 – Modelo Conceptual: Exemplo simulação	42

Figura 32 – Modelo Conceptual: Exemplo Menu Lateral	43
Figura 33 – Cenário criado em Unity3D	44
Figura 34 – Cenário criado no 3DS Max	45
Figura 35 – Cenário base com suportes de elementos	46
Figura 36 – Mecanismo de interação para posicionamento de veículo	47
Figura 37 - Mecanismo de interação para posicionamento de sinalização	47
Figura 38 – Cenário base com menu lateral.....	48
Figura 39 – Menus dos elementos constituintes da simulação	49
Figura 40 - Opções associadas ao menu do elemento veículo "carro"	50
Figura 41 – Exemplo <i>NavMeshAgent</i>	52
Figura 42 – <i>NavMesh</i> gerado para uma simulação	52
Figura 43 – Definição de <i>Waypoint</i>	53
Figura 44 – Alteração de menu com base na sinalização existente	56
Figura 45 – Câmara com vista do condutor	57
Figura 46 – Entroncamento base	57
Figura 47 – Cenário criado com <i>3DSMax</i>	59
Figura 48 – Simulação com Menu Lateral de opções 1.....	60
Figura 49 - Simulação com Menu Lateral de opções 2.....	60
Figura 50 – Menus para caminhos automáticos	60
Figura 51- Menu para caminhos manuais	60
Figura 52 – Visualização de possíveis caminhos definidos manualmente	61
Figura 53 – Exemplo de circulação em rotundas	63
Figura 54 – Cenário complexo construído em <i>3DSMax</i>	65
Figura 55 – Cenário importado para o <i>Unity3D</i>	65
Figura 56 – <i>NavMesh</i> para os automóveis	66
Figura 57 – <i>NavMesh</i> para peões.....	67
Figura 58 – Constituição do criador de veículos.....	69
Figura 59 – Menu contextual de um sinal luminoso	71
Figura 60 – Base de sinais verticais com menu contextual	72
Figura 61 – Peões a atravessar uma passadeira.....	72
Figura 62 – <i>BlendTree</i> das animações dos peões.....	74
Figura 63 – Ponto de Leitura: Sinalização de trânsito	76
Figura 64 – Ponto de leitura: Aproximação de passadeira	76

Figura 65 – Ponto de leitura: Distância de segurança.....	77
Figura 66 – Ponto de Leitura: Cedência de passagem	78

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Matriz GDE.....	12
----------------------------	----

Lista de Gráficos

Gráfico 1 – Distribuição da população alvo	80
Gráfico 2 – Distribuição de cartas de condução	80
Gráfico 3 – Distribuição dos números de anos de carta	81
Gráfico 4 – Distribuição da preparação para a condução após obtenção da carta de condução	81
Gráfico 5 – Distribuição de preparação quando deparados com situações desconhecidas.....	82
Gráfico 6 – Distribuição da disponibilidade dos recursos utilizados.....	83
Gráfico 7 – Opinião dos inquiridos quanto à melhoria do seu ensino teórico	84
Gráfico 8 – Opinião dos inquiridos sobre sistema de alteração de cenários em tempo real	84
Gráfico 9 – Opinião dos inquiridos relativamente ao objetivo do protótipo.....	85
Gráfico 10 – Distribuição de ferramentas semelhantes ao protótipo na formação dos inquiridos	85
Gráfico 11 – Opinião dos utilizadores quanto à utilidade da ferramenta na sua formação.....	86
Gráfico 12 – Opinião dos inquiridos quanto à utilidade do protótipo para futuros condutores	86
Gráfico 13 – Preferência dos inquiridos quanto ao tipo de simulações	87
Gráfico 14 – Opinião dos inquiridos quanto à disponibilidade da ferramenta em dispositivos móveis	87
Gráfico 15 – Opinião dos inquiridos quanto à navegação entre simulações.....	88
Gráfico 16 – Opinião dos inquiridos quanto ao posicionamento de veículos nas simulações ..	88
Gráfico 17 - Opinião dos inquiridos quanto ao posicionamento de sinais de trânsito nas simulações.....	89
Gráfico 18 - Opinião dos inquiridos quanto à alteração das propriedades dos elementos nas simulações.....	90

Lista de Códigos

Código 1 – Exemplo de uso de um <i>RayCasting</i> em <i>Unity3D</i>	61
Código 2 – Exemplo do uso da instrução <i>yield</i>	70
Código 3 – Implementação da automatização da luminosidade dos semáforos	70
Código 4 – Implementação do temporizador dos semáforos.....	70
Código 5 – Implementação do movimento dos peões	74

Notações e Glossário

3dsMax	Aplicação de modelação 3D
Android	Sistema operativo para smarthphone produzidos pela Google
ANIECA	Associação Nacional dos Industriais do Ensino de Condução
ANSR	Associação Nacional de Segurança Rodoviária
Autodesk	Empresa de software de design e de conteúdo digital
Blender	Aplicação de modelação 3D
Boo	Linguagem de programação multi-paradigma com suporte a objetos
C#	Linguagem de programação orientada a objetos, desenvolvida pela Microsoft
C++	Linguagem de programação multi-paradigma de medio nível
DEI	Departamento de Engenharia Informática
e-learning	Ensino à distância
GDC	Game Developers Conference
GDE	Goals for Driver Education
GILT	Graphics Interaction and Learning Technologies
IMT	Instituto da Mobilidade e Tranportes
iOS	Sistema operativo para smarthphone produzidos pela Apple
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
Javascript	Linguagem de programação dinâmica.
LAMU	Laboratório de Multimédia
Linux	Sistema operativo para computadores
MAC	Computador pessoal desenvolvido pela Apple
Maya	Aplicação de modelação 3D

Mechanim	Sistema de animações do Unity3D
NavMesh	Sistema de definição de caminhos, orientados por inteligência artificial
PC	Computador pessoal
Prefab	Objeto que atua como um modelo de outros objetos em Unity3D
PS4	Consola de videojogos criada pela Sony
Site	Sítio na Web. É constituído por um conjunto de páginas Web, ligadas umas às outras através de hiperligações, alojadas num servidor da Internet.
Smartphone	Telefone, com funcionalidades avançadas que podem ser estendidas por meio de programas executados por seu sistema operativo
Software	Programas, ficheiros, é a parte lógica de um sistema informático.
Tablet	Computador portátil, de tamanho pequeno, fina espessura e com tela sensível ao toque.
UDK	Unreal Development Kit
UE3	Unreal Engine 3
UE4	Unreal Engine 4
Unity3D	Motor de jogo desenvolvido pela Unity Technologies
Unreal Engine 4	Motor de jogo desenvolvido pela Epic Games
VS2013	Visual Studio 2013
Xbox One	Consola de videojogos criada pela Microsoft

1 Introdução

“Man is still the most extraordinary computer of all”

John F. Kennedy

Neste capítulo é realizado um enquadramento da importância dos automóveis na vida do ser humano juntamente com os requisitos necessários ao manuseamento do mesmo, passando por uma breve história da invenção do automóvel.

Segue-se uma caracterização geral do problema identificando os principais problemas associados com a condução dos automóveis e algumas das suas possíveis causas. O ensino da condução representa um fator de peso na prevenção dos problemas encontrados nomeadamente a sinistralidade na estrada nas camadas jovens.

Definem-se os objetivos e contributos que se esperam obter com o desenvolvimento de uma ferramenta que possa ajudar a melhorar o ensino teórico do código da estrada, permitindo às escolas de condução melhorar a formação dos seus alunos.

Apresenta-se a motivação que levou, ao autor, a desenvolver uma investigação na área do ensino do código da estrada e apresenta-se a estrutura deste documento.

1.1 Enquadramento

A invenção da roda foi considerada uma das maiores, senão a maior, invenção realizada pelo homem desde a sua existência (Haven, 2006). A partir do momento da sua criação as suas aplicações não têm tido limites sendo usadas em inúmeras áreas e tendo os mais variados usos. A aplicação mais comum é usada por nós nos nossos veículos, do dia-a-dia, que tem

como funcionalidade o nosso meio de deslocamento. O seu uso é variado como: lazer, trabalho, passeios, deslocação de pessoas e bens entre outros.

O primeiro automóvel moderno foi criado por Karl Benz em 1885 (Eckermann & Albrecht, 2001) e desde então os seus criadores, têm dado largas à criatividade e explorado todos os materiais possíveis, para cada vez mais, desenharem automóveis ainda mais diferentes havendo uma enorme variedade de marcas e modelos, procurando aproximarem-se dos gostos dos consumidores. Sendo assim, no mercado encontramos modelos grandes, pequenos, desportivos, familiares, caros ou económicos, da potência alta ou baixa com vários tipos de performance. O uso dos automóveis como meio de deslocação, quer seja privado ou público, têm-se tornado numa forte necessidade para o funcionamento da vida do homem.

Ter um carro próprio é cada vez mais uma moda e uma etapa para se atingir um certo estatuto. Em 2010 estimava-se existir por cada 1000 pessoas entre 352 a 523 automóveis o que se traduz em quase 1 automóvel por cada 2 pessoas (ChartsBin, s.d.). No entanto não basta haver apenas a necessidade de obter um veículo, para se poder conduzir é necessário obter primeiro uma licença de condução, sendo que esta licença é denominada de carta de condução.

A carta de condução é obtida através da realização de dois exames: um teórico e um prático, sendo a aprovação de ambos obrigatório. Para ser elegível a realização do exame teórico o aluno tem que assistir e receber formação a um conjunto de aulas obrigatórias (teóricas e práticas) abrangendo os diversos temas existentes. O exame prático também requer a formação do manuseamento do automóvel e a aplicação dos conhecimentos adquiridos durante a formação teórica.

O ensino teórico do código da estrada é um tema que tem vindo a ser discutido internacionalmente, e tem vindo a ser melhorado de modo a desenvolver um conjunto de práticas para que o ensino seja similar entre todos os países.

1.2 Caracterização geral do problema

A sinistralidade na estrada é um tema discutido diariamente e tentando-se encontrar soluções e medidas que visem a diminuição os valores da mesma. Infelizmente, segundo a ANSR

(Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária), todos os anos se registam centenas de milhares de acidentes entre os quais se verificam feridos ligeiros, graves e até mesmo vítimas mortais. Apesar de ainda se verificar este número elevado de acidentes, a sinistralidade em Portugal tem vindo a diminuir desde 2004, havendo uma descida no número de acidentes e na gravidade dos mesmos, registando-se apenas uma acentuada subida em 2009 (5.8%) e uma ligeira em 2013 (1.6%) (ANSR, 2013).

Segundo as estatísticas documentadas, em 2013 foram registados 4715 condutores envolvidos em acidentes que tinham entre os 20 e os 24 anos de idade correspondendo a 9.7% do total de condutores envolvidos em acidentes.

Todos os dias são divulgadas campanhas de prevenção da sinistralidade (Figura 1), juntamente com formações sensibilizadoras de modo a contribuir para a redução da sinistralidade.

As crianças e jovens são Utentes Vulneráveis

Cabe ao adulto ensiná-los a deslocarem-se em segurança.

A criança deve:

- ✓ Reconhecer os perigos.
- ✓ Saber defender-se.
- ✓ Perceber e cumprir as regras básicas de trânsito.

Com o início das aulas aumenta o risco de acidente.

Proteja o seu filho! Ensine-lhe o trajecto casa - escola. Transporte-o em segurança

Sabia que:

Em média **14** crianças por dia são vítimas de acidentes de viação

ANSR
AUTORIDADE NACIONAL SEGURANÇA RODOVIÁRIA
Contacto: 202 200 830
www.ansr.pt

PARA
PENSAR
DEFENDER
REFLECTIR
SEGURANÇA RODOVIÁRIA

Regresso às aulas em segurança

ANSR
AUTORIDADE NACIONAL SEGURANÇA RODOVIÁRIA
Ministério da Administração Interna

Com o apoio:

APSI Associação de Pais e Encarregados de Educação
GAVIPE Associação de Pais e Encarregados de Educação
dgidc Direção-Geral de Infraestruturas e Transportes
LSPC Associação de Pais e Encarregados de Educação
Associação de Pais e Encarregados de Educação de Portugal
PRP Associação de Pais e Encarregados de Educação
Associação de Pais e Encarregados de Educação de Portugal

Figura 1 – Exemplo de campanha de prevenção

Com as suas campanhas de segurança rodoviária a ANSR pretende atingir todos os intervenientes, peões, passageiros e condutores alertando para os cuidados que cada interveniente deve ter. Segundo a ANSR é da responsabilidade de todos ajudar a combater (através da prevenção) o número de acidentes permitindo assim que todos se possam sentir mais seguros na rua (ANSR, 2014).

De acordo com estudos realizados pela OCDE (Organização de Cooperação e Desenvolvimento Económico) (OCDE, 2006) uma das maiores causas de acidentes entre os jovens de 15 e os 24

anos são acidentes rodoviários tornando-se portanto um problema de saúde pública, pois através destes estudos comprova-se que os condutores jovens contribuem para o elevado número de fatalidades. Quando comparamos estes estudos juntamente com os estudo da ANSR (ANSR, 2013) é possível identificar que o número de vítimas neste escalão etário é superior a qualquer outro escalão, totalizando um total de 3792 vítimas nas estradas portuguesas em apenas 2013.

É possível ainda associar o número destas vítimas ao tempo em que adquiriram a sua licença de condução, verificando-se que o seu número é superior em condutores que tenham a sua carta há menos de cinco anos, correspondendo a 33.29% do total de vítimas registadas em 2013. (IMT, 2010)

A análise destes estudos permite-nos verificar que os jovens condutores inexperientes se envolvem em diversos tipos de acidentes:

- Perda de controlo do veículo;
- Manobras durante o estacionamento;
- Excesso de velocidade;
- Erros durante a cedência de passagem;
- Erros na distância de segurança;
- Dificuldades na mudança de direção;
- Falhas durante a realização de curvas;
- Ultrapassagens mal efetuadas;
- Adormecimento ao volante.

As causas de acidentes descritas acima são as mais comuns em acidentes que envolvem jovens, contudo não é possível ainda determinar ao certo as razões que levam ao elevado número de acidentes nesta faixa etária. É possível verificar que existem duas causas fundamentais que contribuem para estes níveis de sinistralidade: a falta de experiência da condução e os fatores relacionados com a personalidade do condutor como a idade, estilo de vida, que podem naturalmente ser influenciadas por uma boa formação.

A falta de experiência na estrada implica que os métodos usados na condução pelo condutor (jovem e inexperiente) não estão tão desenvolvidos como os de um condutor experiente. Por exemplo o condutor experiente (com mais prática de condução) quando confrontado com

uma situação real de perigo, envolvendo trânsito e peões, terá instintivamente uma reação mais assertiva antecipando-se muitas vezes e evitando o acidente. Devido à pouca experiência de condução e imaturidade do condutor ao deparar-se com uma situação real idêntica ao do condutor com mais experiência, poderá não reagir devido à falta de antecipação do perigo ou pode reagir instintivamente de forma incorreta.

A idade como justificação da causa de acidentes é um tema muito debatido pois relacionados com a idade existem fatores como a motivação e a necessidade de afirmação, o jovem sente normalmente através da condução um excesso de confiança que o pode levar a assumir comportamentos e atividades que não são adequados à prática da condução o que afeta a sua segurança, e a dos outros, na estrada, como o excesso de velocidade devido ao excesso dessa mesma.

1.3 Objetivos e contributos esperados

Tendo em conta os números da sinistralidade em Portugal e a facilidade atual de aceder a plataformas digitais como *smartphones*, *tablets* e computadores pretendemos desenvolver uma ferramenta que apoie o ensino teórico do código da estrada, facilitando às escolas e aos instrutores uma ferramenta moldável de modo a que os candidatos possam transitar da formação teórica para a prática melhor preparados e com mais “autonomia” quando se deparam com situações na estrada que saiam fora do contexto considerado “ideal” para a prática da condução.

Com esta ferramenta pretendemos contribuir para preparar os alunos para o seu papel enquanto futuros condutores, ajudando a identificar os principais perigos e também, a salientar os cuidados a ter durante as diferentes situações que eventualmente possam surgir durante a condução. Com o protótipo desenvolvido, pretendemos também contribuir para a identificação de perigos e evidenciar prevenções mesmo quando estes (condutores) assumem o papel de peões ou de passageiros permitindo assim que os candidatos a condutor comecem a treinar as suas capacidades de visualização e antecipação do acidente e analisar os elementos que os rodeiam para melhorar a sua reação nessas situações.

A ferramenta permitirá aos instrutores de condução a apresentação e alteração de cenários de condução em tempo real, manipulando os seus elementos constituintes como veículos e

sinalização, demonstrando aos seus alunos como é que devem reagir quando deparados com situações semelhantes.

O objetivo é desenvolver um protótipo que contribua para melhorar o ensino do código da estrada nas escolas portuguesas de modo a contribuir para a redução da sinistralidade.

Para o efeito, serão analisadas outras ferramentas e os meios de ensino existentes nas escolas de condução.

1.4 Motivação

Passados alguns anos após o autor desta tese ter tirado a sua carta de condução, este apercebe-se que o verdadeiro ensino começou efetivamente com a prática da mesma aprendendo desse modo a aplicar os conhecimentos teóricos adquiridos à prática de condução que o autor foi desenvolvendo ao longo dos anos.

Aparentemente o processo de ensino atual apenas consegue preparar os condutores até certo ponto para a realidade que é o dia-a-dia na estrada. O ensino da condução é ainda limitado aos percursos que poderão ser realizados durante o exame de condução, daí que o novo condutor recém-encartado colocado numa situação real de trânsito, sem o apoio do seu instrutor poderá sentir-se inseguro e pouco confiante.

Tendo, o autor desta tese, familiares mais novos a começar a tirar a carta surge a motivação de contribuir para que o ensino do código da estrada possa ser ainda mais melhorado com uma solução que permita criar, simular e explicar situações que possam acontecer no pós-carta inculcando-as no ensino teórico simulado.

As novas tecnologias permitem cada vez mais desenvolver soluções educativas que ajudam a manter o aluno interessado e motivado a aprender mais.

Cada vez existem mais jovens a tirar a carta. Tornando-se assim obrigatório apostar no bom ensino do código da estrada para que estes se sintam preparados quando finalmente adquirem a sua carta contribuindo assim para reduzir o número de acidentes, e prepara os novos condutores a conhecer situações reais simuladas que podem vir a encontrar no seu dia-a-dia enquanto condutores.

1.5 Organização deste documento

Este estudo encontra-se organizado em cinco capítulos. No primeiro é feito um enquadramento da importância dos automóveis na sociedade juntamente com os requisitos necessários ao manuseamento do mesmo, é efetuada também uma caracterização geral do problema identificando os principais problemas associados com a condução dos automóveis. São definidos, ainda no primeiro capítulo, os objetivos e contributos que se espera obter com o desenvolvimento de uma ferramenta que possa ajudar a melhorar o ensino teórico do código da estrada, seguido da motivação que desencadeou o processo de desenvolvimento.

No segundo capítulo é feita uma análise da metodologia de ensino do código da estrada em Portugal, analisando a entidade responsável pelo ensino, quais as suas bases e metodologias de ensino e quais os objetivos pretendidos com as metodologias adotadas. Segue-se uma análise das ferramentas disponíveis, no ensino da condução em Portugal, tanto para os formandos como para os formadores, que podem ser usadas nas escolas ou a partir de casa para uma melhoria do seu estudo.

No terceiro capítulo é efetuada uma descrição e apresentado um modelo conceptual do sistema que se pretende desenvolver, descrevendo as suas principais funcionalidades bem como o seu funcionamento e utilidade nas escolas de condução. É realizado um estudo das ferramentas disponíveis que têm capacidade e potencial para se desenvolver o sistema pretendido. São analisadas todas as fases de implementação de todas as funcionalidades, documentando os passos efetuados na implementação da mesma analisando as suas limitações e problemas encontrados durante o seu desenvolvimento. É também efetuada uma análise dos problemas, identificando a causa desses problemas juntamente com os problemas originados devido às limitações impostas inicialmente.

No quarto capítulo pretende-se avaliar os resultados obtidos no inquérito efetuado de avaliação do protótipo desenvolvido. É realizado um processo de inquérito realizado que teve como participantes alguns alunos do ISEP que se disponibilizaram, bem como alguns candidatos a condutores e pessoas já encartadas. Foi também proposto a participação a algumas escolas de condução.

Por fim no quinto e último capítulo do presente estudo são retiradas as respectivas conclusões da implementação de um protótipo e a sua utilidade no ensino atual da condução, sendo realizado também as perspectivas de trabalho futuro a realizar.

2 O ensino da condução em Portugal

“Live as if you were to die tomorrow. Learn as if you were to live forever”

Mahatma Gandhi

Neste capítulo começa-se por efetuar uma análise do ensino da condução em Portugal, avaliando a entidade reguladora do ensino e a base usada para a definição do ensino do código da estrada.

É feita uma análise dessa mesma base de ensino demonstrando como esta é constituída e quais os seus grandes objetivos. Faz-se uma análise da adaptação dessa base de ensino realizada pela entidade reguladora do ensino da condução e como esta afeta o ensino da condução.

É efetuado um levantamento dos recursos utilizados nas escolas de condução como auxiliares do seu ensino, tanto na formação teórica como na formação prática. Além do ensino presencial nas escolas é também abordado o ensino à distância disponível para os alunos, para que estes possam estudar a partir de casa, bem como as ferramentas disponíveis às escolas a monitorização do progresso dos seus formandos.

2.1 Introdução

Entende-se por ensino da condução, citando a Assembleia da República (Diário da República, 2014) *“Ensino da condução - o ensino teórico e prático com vista à aquisição ou reacquirição de competências para a condução em segurança”*, definindo o ensino teórico como *“o ensino que tem por objectivo a aquisição de competências e conhecimentos relativos a regras de trânsito e de sinalização, normas sancionatórias e processuais pela prática de contraordenações rodoviárias, responsabilidade e avaliação dos riscos para a circulação rodoviária segura,*

mobilidade sustentável e a preservação do ambiente;” e o ensino prático como “o ensino que tem por objectivo a adaptação do candidato a condutor ao ambiente rodoviário de condução, o domínio do veículo em circulação, a circulação rodoviária segura e a preservação do ambiente;”

Segundo o Artigo 12º do decreto-lei n.º 14/2014¹ (Diário da República, 2014) de 18 de Março atualmente em Portugal todo o ensino da condução é regulado pelo IMT (Instituto da Mobilidade e dos Transportes) sendo que todas as escolas que pretendam lecionar a condução têm que estar devidamente registadas e licenciadas pelo IMT ficando obrigadas a cumprir um mínimo de requisitos.

O IMT obriga não só ao registo/licenciamento da entidade mas também de todos os seus trabalhadores que influenciem o ensino da condução exigindo a cada um deles a certificação profissional adequada ao cargo que se pretende exercer. Atualmente o IMT oferece certificação profissional para três cargos distintos dentro das escolas de condução:

- Instrutor;
- Diretor;
- Examinador.

Para reforçar a qualidade do ensino da condução para os futuros condutores o IMT desenvolveu um manual do ensino da condução² que tem como principal objetivo definir boas práticas na atividade das escolas e especificar linhas de orientação para o ensino com qualidade da prática da condução.

Segundo o IMT a tarefa de condução define-se pela ação do Homem no domínio e controlo do veículo, quando inserido no sistema rodoviário, sendo que este se caracteriza pelo intuito de manter o veículo com uma determinada velocidade e trajetória realizando um percurso de um ponto A para um ponto B. A condução em si é um processo complexo sendo constituída por várias tarefas psicológicas fundamentais à boa prática da condução:

- Recolha de Informação;
- Tratamento da Informação;

¹ Disponível em <https://dre.pt/application/dir/pdf1s/2014/03/05400/0201502030.pdf>

² Disponível em http://www.imtt.pt/sites/IMTT/Portugues/EnsinoConducao/ManuaisEnsinoConducao/Documents/IMT_T_Manual_Ensino_Conducao.pdf

- Ação.

De acordo com um estudo efetuado por James McKnight e Bert Adams, realizado em 1970 (McKnight & Adams, 1970) para que um indivíduo tenha a capacidade de conduzir um automóvel tem que aprender cerca de 40 tarefas principais e 1500 tarefas secundárias relacionadas.

Devido ao elevado número de tarefas é exigido ao condutor um elevado nível de atenção e concentração durante a totalidade do ato da condução de forma a antecipar e prevenir acidentes, reunindo um conjunto de competências que podem ser agrupadas em quatro níveis de desempenho:

- Atitudinal;
- Estratégico;
- Tático;
- Operacional.

Estes níveis de desempenho são baseados na Matriz GDE (*Goals for Driver Education*), uma matriz que pretende apresentar os principais objetivos para o ensino da condução.

Dada a sua importância, apresentamos esta matriz com mais detalhe no tópico seguinte.

2.2 A matriz GDE e o ensino do IMT

2.2.1 A Matriz GDE

A matriz GDE teve as suas origens na Finlândia durante uma investigação sobre psicologia de condução. Foi apresentada no seu estado actual no âmbito do projecto GADGET em 1999 e publicada mundialmente em 2002 (Peräaho, et al., 2003) .

A matriz GDE consiste num plano de formação base que serve de guia na preparação do ensino da condução, sendo constituída por 4 níveis de comportamentos, espalhadas por 3 áreas.

Tabela 1 – Matriz GDE

Níveis/Área	Conhecimento	Aspetos de Risco	Autoavaliação
Objetivos de Vida	Estilo de Vida, idade, cultura.	Pressão dos colegas, hábitos ou dependências que afetem a condição	Impulsivo?
Viagens	Motivos da Viagem? Planeamento da viagem	Necessário efetuar a viagem? Quais as condições sobre a qual se irá realizar	Planeamento adequado da viagem?
Domínio de Situações de Transito	Observação dos sinais da estrada e outros elementos cumprimentos regras	Atenção a certas situações de risco, condições temporais, distancias de segurança	Estilo de condução
Domínio de condução automóvel	Funcionamento do automóvel Contro do automóvel Leis da física	Inexistência de cintos de segurança. Avaria do automóvel Material gasto.	Manuseamento do veículo

A tabela GDE demonstra assim que para melhorar a segurança rodoviária um condutor precisa não só de possuir capacidade de conduzir um automóvel e saber orientar-se no trânsito mas também de saber identificar, nas suas viagens, quais os riscos associados e quais os seus objetivos pessoais que podem influenciar o seu comportamento durante a condução do automóvel. Quanto mais forem capazes de identificar os fatores de risco, e de se auto avaliar para cada situação, os condutores, serão ainda mais capazes de perceber como os seus comportamentos e estado de espírito podem aumentar o risco de estarem envolvidos num acidente (Tabela 1).

2.2.2 O ensino do IMT e os níveis de desempenho da matriz GDE

Como referido anteriormente o IMT baseia o seu método de ensino na matriz GDE (IMT, 2010) definindo essencialmente quatro níveis de desempenho distintos contribuindo cada um individualmente para um mesmo objetivo comum, tornando assim o conhecimento de todos obrigatório para que o ensino da condução se torne mais eficiente. Vejamos os níveis da matriz GDE:

- 1º Nível – Atitudinal;
- 2º Nível – Estratégico;
- 3º Nível – Tático;
- 4º Nível – Operacional.

Apresentam-se de seguida a definição de cada nível individualmente.

2.2.2.1 O nível atitudinal

O nível atitudinal está relacionado com os objetivos de vida do condutor incluindo os objetivos pessoais, emoções e estilos de vida, dado que estes fatores influenciam diretamente o comportamento do condutor e a probabilidade de este se envolver num acidente.

O nível atitudinal está relacionado com a condução pelo que influencia a segurança ou insegurança da via rodoviária.

2.2.2.2 O nível estratégico

O segundo nível de desempenho define-se pelas escolhas feitas pelo condutor antes e depois de iniciar o ato da condução. Estas escolhas passam por decidir a maneira como o condutor irá conduzir, se pretende conduzir de dia ou noite, por vias com mais ou menos trânsito, etc. Este nível também refere a estratégia escolhida pelo utilizador na preparação de viagens, o seu planeamento e previsão das condições da estrada escolhendo o melhor caminho para chegar ao seu destino em segurança.

2.2.2.3 O nível tático

O terceiro nível, o nível tático, assenta-se na recolha de informação por parte do condutor, integrando as regras de circulação e sinalização de modo a que o condutor possa processar

essas informações e agir em conformidade. Também prevê a adaptação do condutor aos vários imprevistos que possam ocorrer na estrada.

2.2.2.4 O nível operacional

O último nível de desempenho definido por o IMT corresponde às acções desempenhadas pelo condutor durante o ato da condução, mais especificamente à maneira como os controlos do veículo são utilizados para a sua movimentação.

O condutor usa informação distinta retirada de todos os níveis mesmo não se apercebendo que a está a usar, pois grande parte da informação é recolhida automaticamente durante a condução. Normalmente a recolha de informação é processada de duas maneiras distintas: conscientemente e inconscientemente.

2.3 O ensino presencial nas escolas de condução

O presente tópico pretende apresentar uma reflexão sobre o modelo de ensino presencial de condução em Portugal. Presentemente esta formação assenta em dois pilares distintos, a formação teórica e a formação prática.

2.3.1 A formação teórica

Como referido, em Portugal, foi recentemente aprovado pela lei n.º 14/2014 de 18 de Março o regime jurídico do ensino da condução, regulando o acesso e o exercício da atividade de exploração de escolas de condução e das profissões de instrutor de condução e de diretor de escola de condução bem como a certificação das respetivas entidades formadoras.

A formação teórica decore normalmente numa sala de aula devidamente preparada para o efeito, equipada com elementos auxiliares para demonstração das regras do código da estrada. A formação teórica exige um mínimo de aulas, variável conforme a categoria que se pretende obter, sendo também obrigatório a assinatura do aluno, como prova que assistiu às aulas.



Figura 2 – Exemplo de uma sala de aula presencial do ensino do código da estrada³

2.3.1.1 O *software* de apoio ao ensino da condução

Atualmente todo o *software* usado nas escolas de condução para o ensino teórico do código da estrada tem que estar certificado de modo a garantir que contém informações corretas e se mantém atualizado conforme as alterações dos decreto-lei referentes ao código da estrada.

O *software* mais usado atualmente nas escolas é concebido pela entidade Segurança Rodoviária⁴, que fornece *software* destinado às escolas de condução e também destinado aos alunos. Para as escolas fornece um conjunto de ferramentas para uma Sala Virtual⁵, que tem como principal objetivo servir de auxiliar no ensino.

A Sala Virtual, representada na Figura 3, abrange todos os temas do ensino teórico exemplificando de uma forma relativamente simples e intuitiva e contendo os seguintes módulos:

- Sala Virtual;
- Ensino à distância;
- Condução defensiva;
- Testes de exame.

³ Imagem disponível em http://www.automira.net/images/instalacoes/sala_codigo_1.jpg consultada em Setembro de 2014

⁴ Disponível em <http://www.segurancarodoviaria.pt/>

⁵ Disponível em <http://www.segurancarodoviaria.pt/shop/sala-virtual-linha-profissional/>



Figura 3 – Menu principal Sala Virtual

Dentro da sala virtual é possível encontrar um conjunto de temas integrantes do ensino do código da estrada, como por exemplo cedência de passagem e sinalização vertical. Desta forma torna-se possível a fácil navegação e distinção dos diferentes temas.



Figura 4 – Temas principais da Sala Virtual

A organização por temas (Figura 4) permite também uma distinção da forma como são apresentados os conteúdos. Assim é possível ter apresentações variadas de conteúdos conforme a matéria que se pretende ensinar.

Nos dois primeiros tópicos, O Motociclo e O Código da Estrada encontram-se as regras de trânsito organizadas por temas principais, que por sua vez se subdividem em subtemas.

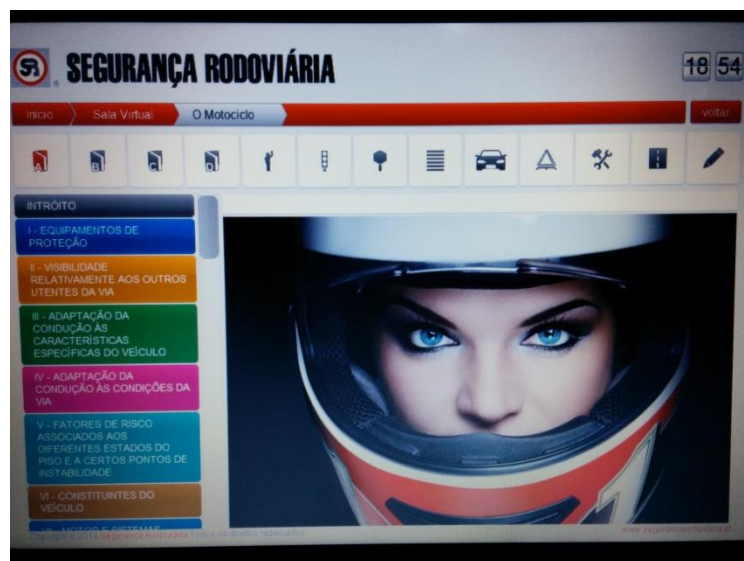


Figura 5 – Os temas principais de “O Motociclo”

Cada subtema é representado por um conjunto de elementos multimédia, como imagens, vídeos, audio, textos que ajudam o instrutor a exemplificar o subtema em questão aos seus alunos.

Desta forma torna-se mais simples tanto para os instrutores explicarem o tema em questão, como para os alunos o perceberem melhor.



Figura 6 – Exemplo de conteúdos constituintes de um subtema.

Para além dos temas abrangentes das regras do código da estrada existem também temas que abordam os restantes elementos intervenientes no ato da condução, como a mecânica automóvel, sinais de trânsito luminosos, verticais e horizontais, os sinais de agentes reguladores de trânsito, iluminação dos veículos e acessórios dos automóveis. Conforme acontecia nos temas anteriores, estes também se encontram organizados com uma subdivisão em subtemas, exemplificados da mesma maneira usando elementos visuais, como a explicação em vídeo do que se deve fazer no caso de um furo, por exemplo, desde o método de paragem até à própria troca do pneu, ou a demonstração dos sinais de trânsito existentes organizados por diferentes categorias (Figura 7).



Figura 7 – Sinais de trânsito verticais organizados por categorias

As duas últimas funcionalidades da Sala Virtual são semelhantes, tratando-se de um quadro magnético e um quadro de escrita. No quadro magnético é apresentado o exemplo de uma cidade com vários tipos de vias e situações de trânsito diferentes (Figura 8).

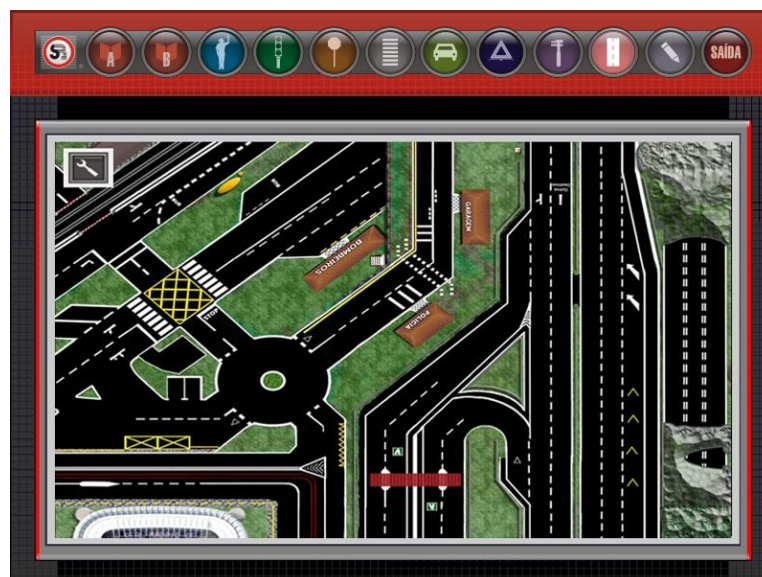


Figura 8 – Quadro magnético

Aqui é possível o instrutor montar situações de trânsito simuladas recorrendo a elementos como veículos, sinais de trânsito, peões de modo a exemplificar aos seus alunos como decorria o trânsito numa situação específica, mas atualmente limitadas. Não é possível correr

as simulações de modo automático, tem que ser o instrutor a mover manualmente os elementos na cena para demonstrar aos seus alunos a situação em questão.



Figura 9 – Exemplo de cena criada usando o quadro magnético

Finalmente o quadro de escrita apresenta-nos um quadro que permite desenhar de uma forma livre o que o instrutor achar necessário para uma demonstração do tema que se estará no momento a lecionar.

Dentro do tópico denominado Condução Defensiva é possível encontrar um conjunto de vídeos demonstrativos das boas práticas de condução defensiva, exemplificando o que se deve ter em atenção quando se está a conduzir de modo a contribuir para a prevenção de acidentes.

Na opção de “Testes de Exames” encontra-se um conjunto de exames de código disponíveis para realização a fins de preparar os alunos para o seu exame. Existe também disponíveis variados testes de exames disponíveis *online* partilhados por várias entidades, de forma gratuita ou paga, para que os alunos possam praticar a partir de casa.

O artigo 6º do decreto-lei nº 14/2014 permite a realização do ensino através da formação presencial ou através da formação à distância obrigando o registo do número de horas de permanência dos candidatos nos diversos temas e a respetiva avaliação formativa. A última

opção constituinte do menu principal da “Sala Virtual” leva-nos a um portal de ensino à distância mas que ainda não se encontra disponível para uso.

2.3.1.2 Os suportes físicos de ensino da condução

Estão também disponíveis para as escolas, pela Segurança Rodoviária, um conjunto de painéis informativos com os elementos mais importantes que afetam o ato da condução e painéis com informações da mecânica dos automóveis.

Existem ainda maquetes em tamanho reduzido dos componentes mais importantes de um veículo com diferentes tipos de motor, caixas de direção e funcionamento de travões.

Na secção dos painéis de sinais de trânsito é possível encontrar todos os sinais de trânsito existentes no código da estrada juntamente com exemplos de sinais cuja informação pode variar conforme a situação. Estes painéis encontram-se organizados por categorias de forma a ser mais fácil os alunos distinguirem a funcionalidade de cada um.

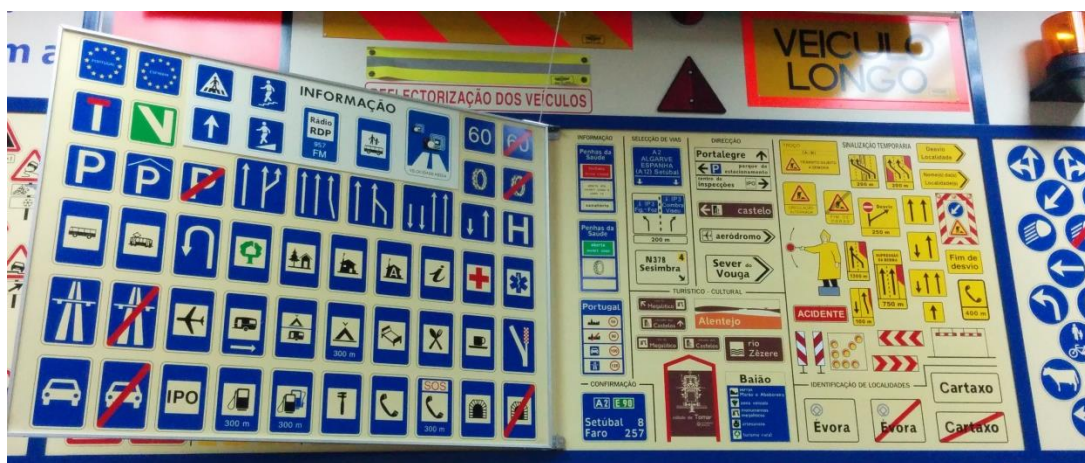


Figura 10 – Exemplo de painéis com categorias de sinais de trânsito

Os painéis de informação de sinais de trânsito não se restringem apenas aos sinais verticais, existe também painéis de demonstração do funcionamento dos sinais luminosos e da sinalização por parte de agentes reguladores de trânsito, sendo os anteriores animados para permitir a visualização do seu funcionamento.



Figura 11 – Exemplo de painel informativo com sinalização luminosa

Os painéis de mecânica automóvel apresentam informações úteis relativas ao funcionamento dos vários componentes constituintes de um veículo de forma a ajudar os alunos a perceber o funcionamento do seu automóvel. Estes componentes vão desde o motor ao funcionamento por exemplo dos travões.



Figura 12 – Exemplo de painéis de mecânica automóvel



Figura 13 - Exemplo de painéis de mecânica automóvel

Existem ainda alguns painéis que são relativamente interativos permitindo a utilização por parte do aluno/instrutor para demonstração do que ocorre quando se está a conduzir.



Figura 14 – Painel interativo – Funcionamento de travões de ar

Tal como existia na “Sala Virtual” existe também um quadro magnético (Figura 15) distribuído em forma de painel com o mesmo objetivo, permitir a simulação de situações de trânsito para demonstração aos alunos.

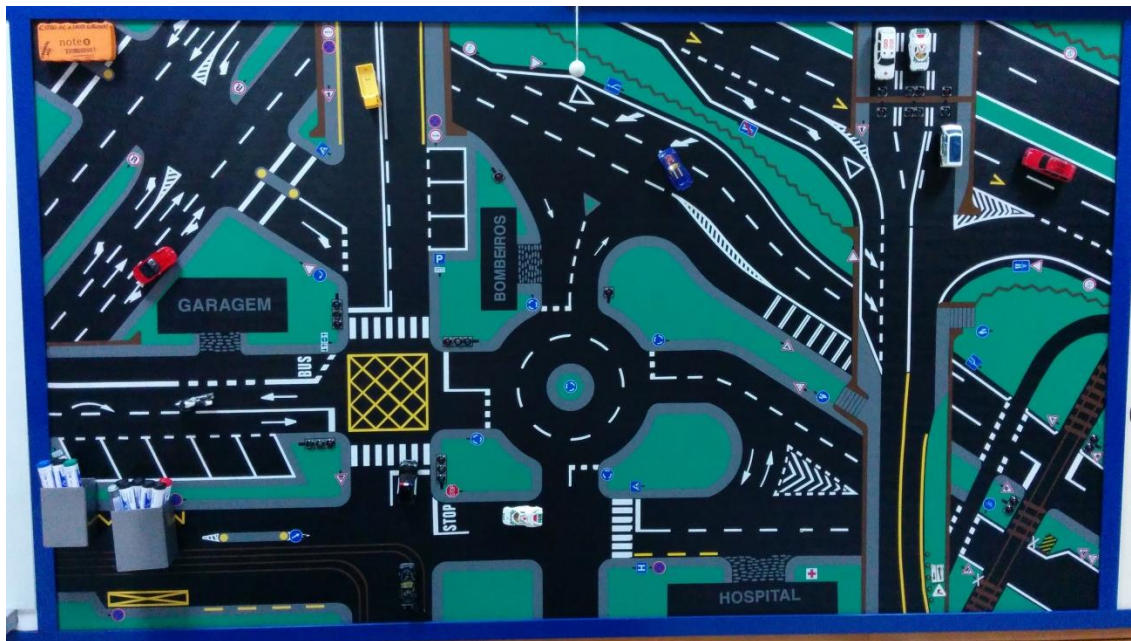


Figura 15 – Painel Quadro Magnético

No painel da Figura 15 é possível construir algumas situações de trânsito recorrendo ao cenário já existente e utilizando carros magnéticos e sinalização de trânsito de modo a demonstrar aos alunos como devem proceder quando deparados com essas situações. As

representações não correm automaticamente ficando a cargo do instrutor mover os elementos manualmente.

2.3.1.3 As metodologias das escolas

Todos os recursos acima demonstrados têm como objetivo servir de auxiliar ao ensino do código da estrada, não sendo obrigatório às escolas possuí-los e usa-los nos seus métodos de ensino. Cada escola é livre de usar as metodologias que entender para o ensino aos seus alunos desde que lecionem os temas definidos pelo IMT mas os *softwares* usados têm de ser certificados e aprovados pelo IMT.

Cada escola pode adotar o seu método de ensino, sendo o que as vai distinguir umas das outras. Umas baseiam-se fortemente nos recursos auxiliares, como os descritos anteriormente, outras usam recursos como quadro interativos para melhorar o seu processo de ensino do código da estrada e há ainda as que usam os recursos acima descritos além de desenvolverem os seus próprios manuais de ensino (**Erro! A origem da referência não foi encontrada.**), distribuindo-os pelos seus alunos de modo a que estes possam estudar a partir de casa.

2.3.2 A Formação prática

Segundo o IMT (IMT, 2010) *"As aulas práticas decorrem em harmonia com o plano de formação e respectivos conteúdos programáticos de acordo com a legislação em vigor."*, Existe um número obrigatório definido por lei de lições práticas, dependendo da categoria para a qual se pretende obter a carta de condução, sendo obrigatório o seu registo em equipamentos próprios para o efeito segundo definido na lei. (Diário da República, 2014). Normalmente as aulas práticas de condução são efetuadas em veículos, fornecidos pela escola onde o aluno se encontra inscrito, devidamente equipado para o efeito. Estes veículos vêm equipados com pedais no lado do condutor e no lado de passageiro, sendo que os que se situam do lado do passageiro se sobrepõe sobre os do condutor. Deste modo os instrutores são capazes de intervir na condução dos seus formandos caso seja necessário.

Segundo o artigo 7º do decreto-lei n.º14/2014 (Diário da República, 2014) a aprendizagem prática do ensino da condução pode ser acompanhada por um tutor invés do instrutor, caso este cumpra os requisitos mínimos necessários.

2.3.2.1 O software na formação prática

Citando a Assembleia da República (Diário da República, 2014) “Podem ser utilizados no ensino prático, como suporte e complemento à formação, simuladores de condução, nos termos a definir pela portaria referida no nº1 do artigo 69.º.”

Atualmente existem disponíveis para as escolas de condução, sistemas completos que permitem a simulação da condução de um veículo em estrada. Este tipo de simulador coloca o seu utilizador no lugar de condutor de um automóvel a circular por um conjunto de estradas.

O sistema de simulação consiste num conjunto de elementos pertencentes a um veículo nomeadamente um volante, mudanças e alavanca de velocidades para que o seu utilizador se ambiente como se estivesse de fato ao volante de um automóvel real.

Durante o decorrer da simulação cabe ao utilizador conduzir o seu veículo, num ambiente virtual que simula vários tipos de ambientes como como a condução na neve, no gelo, de noite e outras condições atmosféricas extremam.



Figura 16 – Exemplo de um simulador virtual de condução

2.4 A aprendizagem teórica a partir de casa

Hoje em dia a *Internet* apresenta-se como mais um recurso de pesquisa disponibilizando um acesso infinito de recursos digitais de aprendizagem para os seus utilizadores. Atualmente

fora das salas de aula do ensino do código da estrada estão disponíveis conteúdos de ensino acessíveis a qualquer estudante sendo necessário apenas um acesso à *Internet*.

2.4.1 As aulas virtuais

Recorrendo a *sites* como o *YouTube*⁶ é possível encontrar aulas teóricas do código da estrada com explicações detalhadas de cada tema como se estivéssemos numa sala de aula presencial. Um dos casos analisados foi o canal no *YouTube* do formador Ronaldo Cardoso⁷ que contém um conjunto de vídeos explicativos do código da estrada, totalmente gratuitos, devidamente numerados e separados por temas.



Figura 17 – Canal de *YouTube* do Ronaldo Cardoso

Este canal encontra-se dividido em *playlists* sendo as duas principais as que contém aulas em vídeo explicativas formatadas em temas principais como Sinalização de trânsito e regras de circulação encontrando-se depois divididos em subtemas existindo uma aula por cada um, completando um total de 168 vídeos.

⁶ Disponível em <http://www.youtube.com>

⁷ Disponível em <https://www.youtube.com/user/rccardoso34>

Falando a título de exemplo do vídeo onde é explicado as normas de cedência de passagem podemos verificar que este tem uma duração de aproximadamente 40 minutos onde são apresentados os vários tipos de via seguido da exemplificação da cedência de passagem para cada uma.



Figura 18 – Exemplo de uma aula disponível no YouTube

Na Figura 18 é possível verificar a explicação da cedência de passagem demonstrando qual o veículo que tem prioridade para avançar primeiro.

2	2	AULA 46 NORMAS DE CIRCULAÇÃO - AULA LEGISLAÇÃO DE TRÂNSITO E PROVA SIMULADA DO DETRAN	LegTransito Ronaldo Cardoso	13:23
3	3	AULA 47 NORMAS DE CIRCULAÇÃO - AULA LEGISLAÇÃO DE TRÂNSITO E PROVA SIMULADA DO DETRAN	LegTransito Ronaldo Cardoso	11:29
4	4	AULA 48 NORMAS DE CIRCULAÇÃO - LEGISLAÇÃO DE TRÂNSITO E PROVA SIMULADA DO DETRAN	LegTransito Ronaldo Cardoso	13:23
5	5	AULA 49 NORMAS DE CIRCULAÇÃO - LEGISLAÇÃO DE TRÂNSITO E PROVA SIMULADA DO DETRAN	LegTransito Ronaldo Cardoso	12:43
6	6	AULA 50 NORMAS DE CIRCULAÇÃO - LEGISLAÇÃO DE TRÂNSITO E PROVA SIMULADA DO DETRAN	LegTransito Ronaldo Cardoso	12:38
7	7	AULA 51 NORMAS DE CIRCULAÇÃO - CURSO DE LEGISLAÇÃO DE TRÂNSITO E PROVA SIMULADA DO DETRAN	LegTransito Ronaldo Cardoso	13:00
8	8	AULA 52 NORMAS DE CIRCULAÇÃO CURSO DE LEGISLAÇÃO DE TRÂNSITO AUTO ESCOLA SIMULADO DO DETRAN	LegTransito Ronaldo Cardoso	14:27
9	9	AULA 53 NORMAS DE CIRCULAÇÃO AUTO ESCOLA CURSO DE LEGISLAÇÃO DE TRÂNSITO SIMULADO DETRAN	LegTransito Ronaldo Cardoso	16:12
10	10	AULA 54 NORMAS DE CIRCULAÇÃO - CURSO DE LEGISLAÇÃO DE TRÂNSITO EM AUTO ESCOLA E SIMULADO DETRAN	LegTransito Ronaldo Cardoso	15:46
11	11	AULA 55 NORMAS DE CIRCULAÇÃO CURSO DE LEGISLAÇÃO DE TRÂNSITO EM AUTO ESCOLA E SIMULADO DETRAN	LegTransito Ronaldo Cardoso	15:07
12	12	AULA 56 NORMAS DE CIRCULAÇÃO - CURSO LEGISLAÇÃO DE TRÂNSITO EM AUTO ESCOLA	LegTransito Ronaldo Cardoso	13:08
13	13	AULA 57 NORMAS DE CIRCULAÇÃO - CURSO LEGISLAÇÃO DE TRÂNSITO EM AUTO ESCOLA	LegTransito Ronaldo Cardoso	14:10

Figura 19 – Subtemas divididos em vídeos.

Existe também o canal de outro utilizador que se denomina “O Instrutor”⁸ que contém aulas de curta duração com explicações de temas específicos relativos ao código da estrada.

Temas como a “cedência de passagem” dividido em 7 aulas distintas explicando as várias situações que podem acontecer durante a condução e como é que cada condutor deve proceder obedecendo às regras de trânsito.

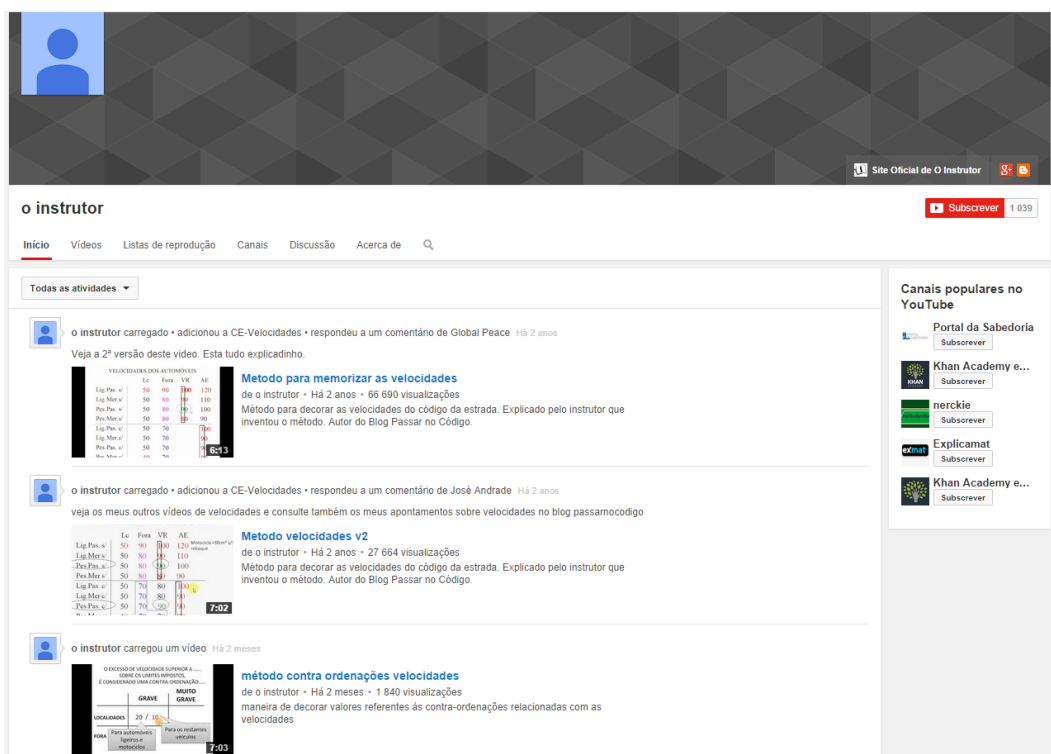


Figura 20 – Canal de YouTube O Instrutor

O utilizador responsável por este canal desenvolveu e apresenta um método, que se pode encontrar num dos vídeos disponíveis, para a memorização dos limites de velocidade para todos os tipos de veículos existentes com base nas estradas onde estes se encontram. Este método passa pela criação de uma tabela com todas as combinações possíveis entre veículos e tipos de estrada seguido do seu preenchimento com os valores máximos das velocidades.

⁸ Disponível em <https://www.youtube.com/user/oinstrutorcom>

WWW.OINSTRUTOR.COM

	Lc	Fora	VR	AE	
Lig.Pas. s/	50	90	100	120	Motociclo >50cm ³ s/ reboque
Lig.Mer s/	50	80	90	110	
Pes.Pas. s/	50	80	90	100	Triciclo
Pes.Mer s/	50	80	80	90	
Lig.Pas. c/	50	70	80	100	Motociclo >50cm ³ c/reboque
Lig.Mer c/	50	70	80	90	
Pes.Pas. c/	50	70	90	90	
Pes.Mer c/	40	70	70	80	

Figura 21 – Método de memorização das velocidades máximas⁹

Trata-se de uma animação feita em *flash* e convertida em vídeo. Tem atualmente 30 mil visitas.

2.4.2 Outra documentação Online

Para além da existência de aulas virtuais disponíveis na *Internet* existe também documentação escrita que pode ser encontrada nos *WebSites* do IMT¹⁰, da ANSR¹¹, da Segurança Rodoviária¹² e da Educação Rodoviária¹³ documentação está relativa à lei do código da estrada com toda a informação relativa aos decretos-lei impostos em Portugal.

Para além dos decretos-lei estão também disponíveis pequenos artigos, acessíveis a qualquer pessoa, com conselhos preventivos relativos à circulação rodoviária de modo a facultar aos seus leitores o modo correto de agir de modo a contribuir para prevenção da sinistralidade nas estradas.

⁹ Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=-N6I8_DA-ol

¹⁰ Disponível em <http://www.imtt.pt>

¹¹ Disponível em <http://www.ansr.pt/>

¹² Disponível em <http://www.segurancaRodoviaria.pt/>

¹³ Disponível em <http://www.educacao-rodoviaria.pt/>



Figura 22 – Artigos com conselhos de segurança rodoviária¹⁴

No *site* do IMT é possível encontrar um conjunto de fichas *online* explicativas de vários temas constituintes do código da estrada como por exemplo “Car Jacking”, “Eco-Condução”, “Uma maior segurança para os peões”, etc. Em cada ficha está disponível um resumo da mesma explicando os temas que serão abrangidos na ficha, uma síntese informativa e quais os níveis da matriz GDE que a mesma reflete.

¹⁴ Disponível em <http://www.segurancaRodoviaria.pt/segurancaRodoviaria/conselhos/>



Figura 23 – Exemplo de resumo de uma ficha do IMT

Dentro destas fichas (Figura 22) é possível encontrar informações detalhadas sobre do tema que se pretende ensinar, começando por uma explicação teórica do tema. Quando esta é relevante, por vezes são seguidos de uma explicação sobre a sua aplicação pratica, como se vê na Figura 24 sobre a distância de segurança.

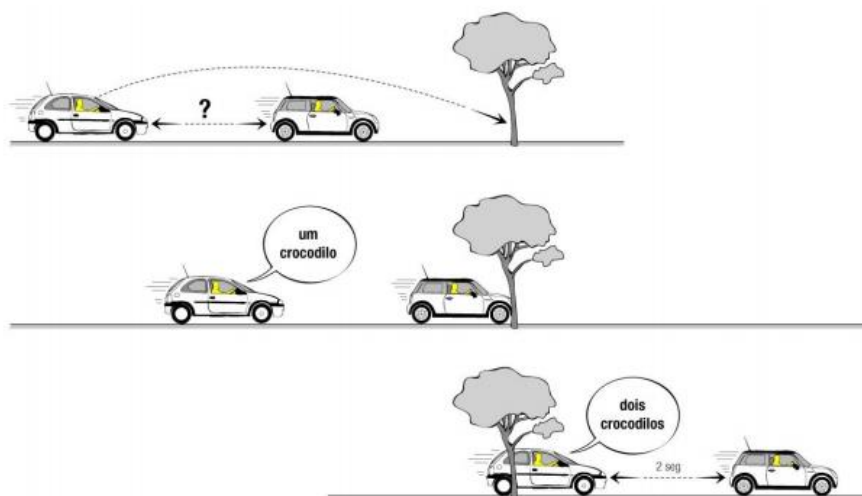


Figura 24 – Demonstração de distância de segurança

Estas fichas disponibilizadas pelo IMT abrangem vários tópicos da condução como “Cedência de Passagem”, “Condução Defensiva”, “Condução Noturna” entre outros, sendo via *web* disponibilizados materiais de estudo para os alunos usarem fora das escolas.

2.4.3 O acompanhamento dos alunos

O acompanhamento da aprendizagem dos candidatos a condutores é um fator muito importante para os instrutores, pois só assim é que estes os podem aconselhar a realizar o exame teórico da condução.

Para a realização deste acompanhamento existe disponível para as escolas, uma plataforma de realização de exames onde as escolas registam os seus candidatos a condutores.

Após o registo os alunos têm à sua disposição vários exames para realizar e prepararem-se para o seu exame teórico, podendo posteriormente os instrutores visualizar os exames que cada aluno realizou, o número de respostas com sucesso que realizou, quantas errou e em quais. Assim torna-se possível os instrutores saber em tempo real as dificuldades de cada um dos seus alunos individualmente e em que área incidem as dúvidas.

2.4.4 Os sistemas de e-learning no ensino da condução

Entende-se por *e-learning* o “processo de ensino e formação, que permite criar um ambiente de aprendizagem suportado pelas tecnologias da Web, permitindo a transformação da informação em conhecimento. É uma forma de ensino e formação, em que o e-aluno adquire conhecimento do e-tutor, através da utilização de uma série organizada de conteúdos, acções (síncronas e assíncronas), actividades e exercícios” (Barbosa, 2007)


Como referido anteriormente a lei atual prevê o uso de sistemas de *e-learning* durante o ensino da condução sendo obrigatório a imposição de certas regras. Algumas entidades já começam a recorrer a este sistema para auxiliar o ensino do código da estrada como é o caso da Segurança Rodoviária demonstrado anteriormente e já preparou o seu *software* para a integração com um futuro sistema.

A escola de condução Invicta¹⁵ em parceria com a ANIECA¹⁶ (Associação Nacional dos Industriais do Ensino de Condução Automóvel) já desenvolveu um sistema de e-learning para fornecer aos seus alunos um método alternativo de estudo do código da estrada

¹⁵ Disponível em <http://www.invicta.pt/elearning/>

¹⁶ Disponível em <http://www.anieca.pt>

Área do Utilizador
E-Learning



Plataforma de E-Learning

Atenta à realidade atual do ensino, a Escola de Condução Invicta, em parceria com a Anieca e através de investimentos com capitais próprios em meios audiovisuais eletrónicos, disponibiliza exclusivamente para os seus alunos um conceito novo no ensino da condução automóvel - o E-Learning.

Através do E-Learning rompe-se as barreiras geográficas e temporais, podendo em qualquer lugar o aluno estudar e rever as vezes que pretender o curso em que está inscrito.

É importante ressaltar que o e-learning não substitui o ensino tradicional na sua totalidade, é sim uma ferramenta potencializada pela Internet e perfeitamente ajustada às características do nosso tempo, marcadas pela agilidade, velocidade e gigantescos volumes de informação que o receptor tem diariamente que processar.

Cursos em Vídeo

A Escola de Condução Invicta disponibiliza exclusivamente para o seus alunos, cursos em vídeo que pode comodamente visualizar no seu tablet, smartphone ou PC, com os conteúdos do ensino teórico da condução e também do ensino prático. A visualização destes cursos tem como objetivo principal ser um complemento ao ensino, ajudando a aluno a melhor se preparar a prova teórica e entender melhor a tarefa da condução. A sua visualização não dispensa o aluno da frequência presencial das aulas teóricas e práticas.

A Escola de Condução Invicta disponibiliza o curso do Código da Estrada em vídeo como complemento ao estudo efetuado em sala de aula e também o curso de Técnicas de Condução Automóvel para complementar o ensino prático da condução automóvel.

Consideramos que ambos os cursos são um auxiliar valioso para o aluno poder atingir os seus objetivos.

Apesar dos inúmeros esforços por parte das editoras de conteúdos, os módulos de vídeo poderão conter incorreções, pelo que em caso de dúvida durante o estudo, deve o aluno aconselhar-se e esclarecer as dúvidas que possam surgir junto do seu professor.

Bdrive - Plataforma de ensino à distância

A atual legislação nomeadamente através do Despacho nº 17692/2005, obriga o candidato inicial e condutor à frequência de pelo menos 28 lições teóricas do ensino da condução e em caso de reprovação à frequência mínima de 5 lições a incidir sobre os temas que deram origem à reprovação. A frequência destas lições é presencial em sala de aula e são obrigatórias.

O Bdrive é uma plataforma de ensino de carácter facultativo, integrada num projeto piloto realizado em parceria entre a Anieca e o IMT - I.P. que visa a implementação da formação teórica de condutores à distância.

Esta parceria permite a 200 Escolas de Condução a nível nacional, entre as quais a Escola de Condução Invicta, colocar à disposição dos seus instrutores um método inovador de ensino à distância.

Neste método de ensino à distância é permitido aos instrutores da Escola de Condução Invicta frequentarem aproximadamente 50% do curso teórico comodamente em sua casa, usando o seu PC, Tablet ou Smartphone, ficando assim dispensados de assistirem presencialmente em sala de aula ao equivalente a 16 lições teóricas.

A frequência presencial às aulas teóricas é no entanto obrigatória para os restantes 50% da formação, nomeadamente no que respeita aos conceitos de segurança rodoviária, condução defensiva e formação de atitudes e comportamentos corretos.

Figura 25 – Sistema de e-learning da Escola de Condução Invicta

3 O protótipo, SIEC

“Technology has to be invented or adopted”

Jared Diamond

Neste terceiro capítulo é efetuada uma descrição e apresentação do seu modelo conceptual do sistema que se pretende desenvolver, descrevendo as suas principais funcionalidades bem como o seu funcionamento e utilidade nas escolas de condução.

É realizado um estudo das ferramentas com capacidade e potencial para se desenvolver o sistema pretendido, analisando as suas principais funcionalidades, vantagens e desvantagens na sua utilização.

São analisadas todas as fases de implementação de todas as funcionalidades, documentando os passos efetuados na implementação da mesma analisando as suas limitações e problemas encontrados durante o seu desenvolvimento. É também efetuada uma análise dos problemas, identificando a causa desses problemas juntamente com os problemas originados devido às limitações impostas inicialmente.

3.1 Introdução

O presente capítulo pretende apresentar uma proposta de um modelo inovador, simples e intuitivo que proporcione aos formadores efetuar alterações em tempo real recorrendo a diferentes cenários no sentido de questionar os seus alunos sobre atitudes e procedimentos perante situações reais simuladas.

Com a realização deste estudo pretendemos desenvolver uma ferramenta (protótipo) que seja capaz de ajudar a melhorar o ensino do código da estrada e ajudar a preparar os futuros condutores para a sua condução e desta forma a contribuir para ajudar a minimizar a

sinistralidade envolvendo os jovens nas estradas, consolidando vários temas integrantes do manual de ensino do código da estrada mas focando-se essencialmente no apoio ao nível 3 da Matriz GDE descrita anteriormente.

Decidimos chamar a este protótipo “SIEC” como designação abreviada de um “Sistema Interativo de apoio ao Ensino da Condução”.

O SIEC consistirá num simulador destinado aos instrutores do código da estrada e aos próprios alunos, onde se pretendem simular situações reais da condução na estrada demonstrando o que deve ser feito respeitando todas as regras e leis do código da estrada.

O simulador disponibilizará um conjunto de cenários pré-produzidos e permitirá ao seu utilizador manipular os diversos elementos, que tenham influência nas condições influentes no fluxo do trânsito, constituintes do cenário permitindo assim a criação de inúmeras situações com os mais variados fatores envolventes.

Depois do cenário estar completo (com sinais, viaturas e direções) basta o utilizador executar a simulação e visualizar os seus resultados.

Prevê-se que o simulador traga também mais interatividade nas salas de aula do código da estrada entre professor e alunos de modo a manter os alunos interessados e empenhados nos temas a lecionar vendo em tempo real se estavam corretos.

Também se pretende que o uso desta ferramenta nas salas de aula incentive as escolas a investir em novas tecnologias como quadros interativos, *tablets* ou monitores *touch*.

3.2 Ferramentas de Desenvolvimento

Devido aos requisitos do *software*, é necessário avaliar qual o melhor caminho a percorrer durante o desenvolvimento, quais as ferramentas disponíveis, e as vantagens ou desvantagens de cada uma.

Dados os requisitos específicos do presente projeto, foi necessário avaliar as ferramentas existentes, e escolher a que melhor se enquadrava para o seu desenvolvimento. Sendo o simulador a ferramenta que servirá para demonstração de situações de trânsito, entre outros,

o ambiente de desenvolvimento escolhido deverá ser capaz de permitir o desenvolvimento de ambientes em 3D (a 3 dimensões).

Um dos objetivos do nosso simulador será o de apoiar os docentes do código da estrada mas também deve ser uma ferramenta para auxiliar a autoaprendizagem dos alunos. Deverá ainda ser de fácil instalação/execução e se possível ser multiplataforma.

Com base nisto foram analisadas as seguintes ferramentas de desenvolvimento:

- Unity3D¹⁷;
- Unreal Engine 4¹⁸;
- Unreal Development Kit¹⁹.

Apresentam-se em seguida alguns detalhes de cada uma delas

3.2.1 O Unity3D



Figura 26 – Logotipo *Unity3D*

O Unity3D é uma ferramenta de desenvolvimento de jogos, ou seja, um motor de jogo que coloca ao dispor do utilizador um conjunto completo de ferramentas intuitivas que permitem o rápido desenvolvimento de conteúdos interativos em 2 e 3 Dimensões. Permite também o *deploy* para várias plataformas de forma relativamente fácil e rápida.

O *Unity3D* tem vindo ao longo dos anos a evoluir de forma exponencial, estando de momento na sua quarta iteração permitindo o desenvolvimento para 17 plataformas distintas, tais como *Windows, Mac, Linux, Android* e *IOS*. As linguagens de programação que o *Unity3D* permite são: *C#, UnityScript* (ou como é conhecido *JavaScript* para *Unity*) ou *Boo*, estando a sua lógica baseada em Mono, uma plataforma de *.NET Open Source*, apesar de permitir 3 linguagens

¹⁷ Disponível em <http://www.unity3d.com>

¹⁸ Disponível em <http://www.unrealengine.com>

¹⁹ Disponível em <http://www.udk.com>

distintas não existe limitação de uma linguagem por projeto, permitindo assim componentes escritos em duas ou até mesmo 3 linguagens diferentes no mesmo projeto.

Podemos encontrar no *Unity3D* funcionalidades como:

- Capacidade de reproduzir ambientes imersivos com os sistemas de iluminação, sombras, áudio e efeitos especiais;
- Um sistema de animações capaz de aplicar animações a qualquer tipo de objeto criando um ambiente complexo e realista;
- Sistema de navegação governado por inteligência artificial capaz de calcular em tempo real os melhores percursos para chegar ao destino.

3.2.2 O Unreal Engine 4



O *Unreal Engine*²⁰ é um motor de jogo desenvolvido pela *Epic Games*²¹, lançado em 1996 e tendo como principal objetivo de desenvolvimento jogos do tipo *First-Person Shooters*, no entanto devido ao seu sucesso é hoje utilizado numa extensão larga de variedade de géneros.

Atualmente, está na sua quarta iteração, lançada em Março de 2014 na GCD (*Game Developers Conference*) permitindo o desenvolvimento para várias plataformas incluindo PC, MAC, Linux, IOS, Android, PS4 e Xbox One, entre outras. Uma das grandes revelações do *Unreal Engine 4* foi o seu modelo de negócio, disponibilizando o motor de jogo a toda a gente, por apenas uma subscrição mensal de 19€ + 5% dos ganhos com o produto desenvolvido. Qualquer um que subscreva ao *Unreal Engine*, tem acesso a um Editor destinado ao desenvolvimento, documentação e tutoriais, acesso total ao código fonte do motor de jogo e atualizações gratuitas enquanto a subscrição se mantiver. Tem C++ como linguagem de programação o *Unreal Engine* e tem vindo, aos longos dos anos, a ser escolhido cada vez mais para a produção de jogos, filmes em 3 dimensões, simuladores, entre inúmeras outras.

²⁰ Disponível em <http://www.unrealengine.com>

²¹ Disponível em <http://www.epicgames.com>

3.2.3 O Unreal Development Kit

O *Unreal Development Kit*²² foi lançado pela *Epic Games*²³ em Dezembro de 2009 como sendo uma plataforma de desenvolvimento grátis, disponível a toda a gente que estivesse interessado no desenvolvimento com *Unreal Engine*, mas que não tinha oportunidade ou possibilidade de pagar a licença do produto completo. Baseado no *Unreal Engine 3*, o UDK tem disponíveis menos funcionalidades que o UE3, usa como linguagem de programação *UnrealScript*, uma linguagem orientada a objetos, com uma sintaxe similar a Java.

O UDK está disponível de uma forma gratuita apenas para aplicações não comerciais, caso se queira comercializar a aplicação desenvolvida em UDK é necessário comprar uma licença.

3.2.4 A escolha da ferramenta de desenvolvimento

Estando as três hipóteses analisadas e estudadas e tendo em conta a curva de aprendizagem de cada uma juntamente com as suas funcionalidades e o seu custo de licença decidiu-se utilizar o *Unity3D* como ferramenta de desenvolvimento principal.

Um dos fatores com forte influência foi a experiência prévia do autor nesta tecnologia para além de poder cumprir as funcionalidades esperadas.

3.3 O SIEC

Atendendo a que, o aluno de condução deve ser levado a considerar um conjunto de ações relacionadas com a tomada de decisão durante o ato de condução, é usual serem levados a realizar um conjunto de exercícios simulados no sentido de os preparar para situações reais. Verificando-se que não existe nenhuma aplicação semelhante avançou-se com a proposta do SIEC que foi bem aceite pelas escolas de condução abordadas.

²² Disponível em <http://www.udk.com>

²³ Disponível em <http://www.epicgames.com>

3.3.1 O modelo conceptual do presente protótipo

O SIEC pretende, em tempo real, permitir ao instrutor apresentar aos seus alunos um cenário base onde seja possível alterar os elementos constituintes do mesmo, como semáforos, veículos e sinais de trânsito de modo a demonstrar as mesmas situações possíveis que possam ocorrer no ato da condução de forma semelhante à vida real.

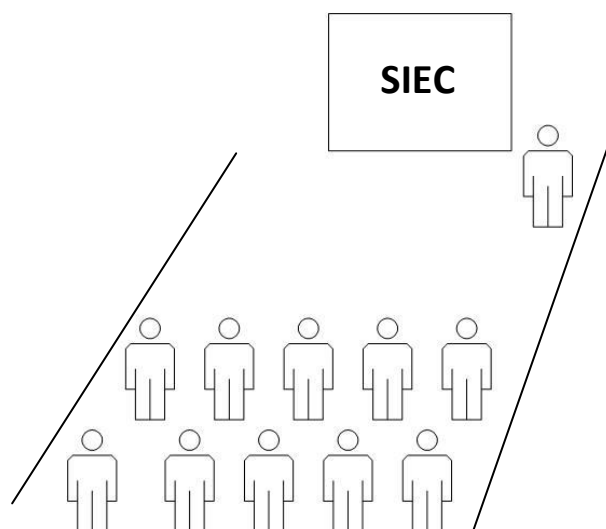


Figura 27 – Modelo Conceptual: Sala de Aula

Como demonstrado na figura anterior pretende-se que o instrutor utilize o SIEC, onde irá selecionar cenários e acrescentar componentes, de uma forma visível para todos os seus alunos para que estes possam levantar as suas dúvidas e discutir a situações/combinções de trânsito onde possam existir. O sistema deverá após apresentar a forma correta de agir.

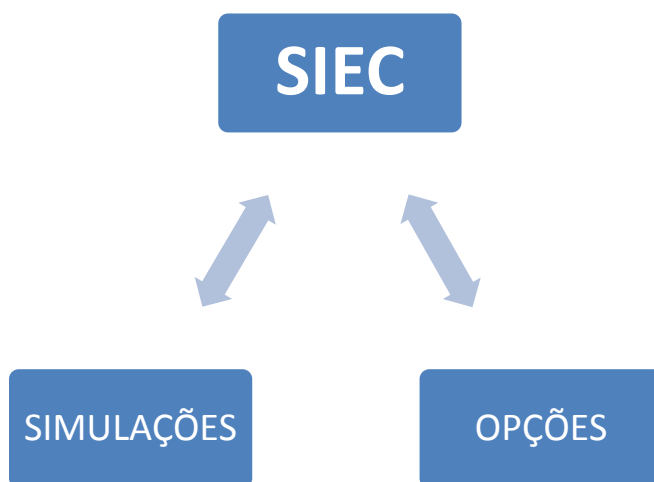


Figura 28 – Modelo Conceptual: SIEC

O SIEC irá ser constituído por um conjunto de simulações baseadas em cenários reais simples para que possam ser modificados posteriormente.

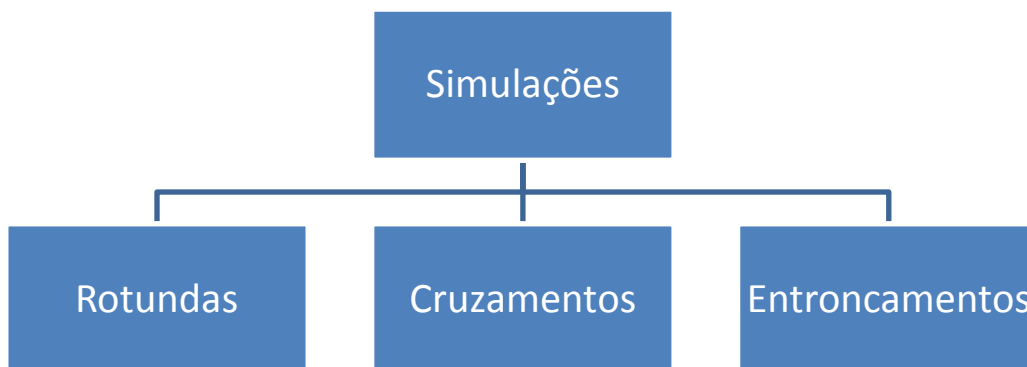


Figura 29 – Modelo Conceptual: Organização das simulações

Devido ao alargado número de situações de trânsito previstas no código da estrada, estas irão ser agrupadas em categorias de modo a facilitar a identificação do tipo de simulação que se pretende escolher. Nesta primeira fase, como se pode ver na Figura 29, consideram-se:

- Rotundas
- Cruzamentos
- Entroncamentos

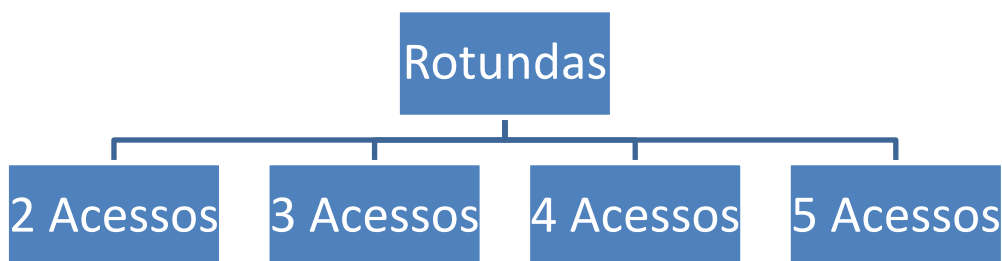


Figura 30 – Modelo Conceptual: Variações dum tipo de simulação

Como se pode verificar na figura acima o SIEC estará preparado para prever variações dum tipo de simulação. Usando o exemplo da figura anterior para uma rotunda é possível haver um número variado de acessos e, conforme o número de acesso existente a circulação pode sofrer alterações. Usando esta metodologia é possível prever vários tipos de simulação para todas as categorias existentes.

Note-se que os acessos podem ser caracterizados em três tipos distintos: Apenas entrada, apenas saídas ou mistos.

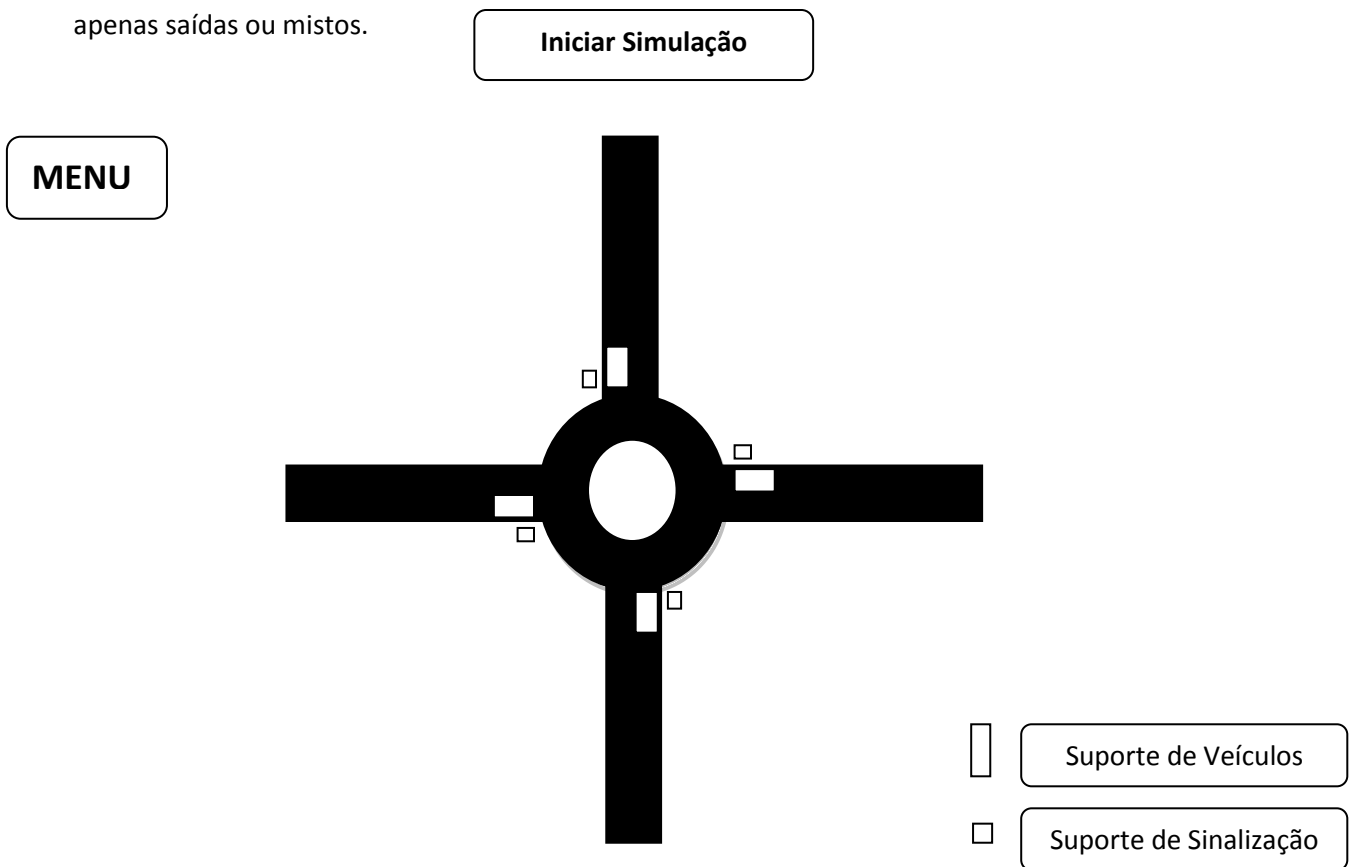


Figura 31 – Modelo Conceptual: Exemplo simulação

Pretende-se que as simulações sejam simples, intuitivas e de fácil utilização para qualquer tipo de utilizador. Com essa finalidade elaborou-se um esquema de constituição das simulações em rotunda como se demonstra na figura acima.

No desenho base da simulação posicionam-se os elementos que atuarão como suporte aos veículos e sinais de trânsito. Para a inserção de um elemento (veículo ou sinalização) na

simulação foi desenhado um menu lateral contendo todas as hipóteses possíveis de elementos a inserir para cada simulação. Após a escolha do elemento pretendido (veículo ou sinalização) basta apenas escolher qual o suporte em que se pretende inserir um elemento. Quando o cenário está completo com os elementos que se pretende basta pressionar o botão designado de “Iniciar Simulação” para visualizar os resultados da nossa simulação.

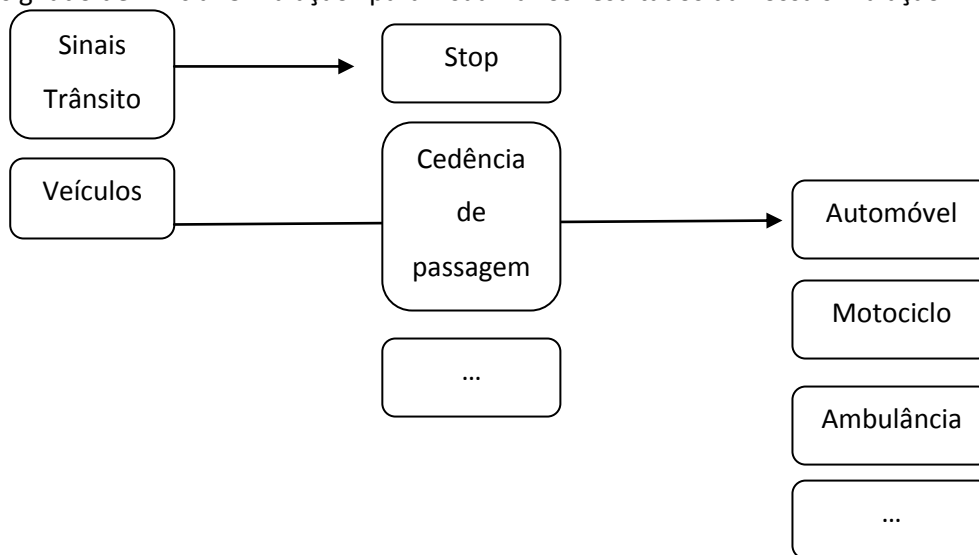


Figura 32 – Modelo Conceptual: Exemplo Menu Lateral

Semelhante ao que acontecerá nas simulações, o menu lateral também estará organizado por categorias. Quando se escolhe uma categoria esta despoleta o aparecimento de um segundo menu lateral contendo as subopções disponíveis para essa mesma categoria, podendo ainda, caso se justifique, o menu secundário subdividir-se.

Este modelo conceptual permitir-nos-á ter uma ideia das funcionalidades do produto final e da sua organização funcional. A montante será necessário criar cenários para suportar a aplicação a desenvolver.

3.3.2 Os métodos de criação dos cenários

Para a criação dos cenários base estavam disponíveis duas opções: a criação usando o próprio *Unity3D* ou usar uma ferramenta própria para modelação de objetos a 3 dimensões, como por exemplo *Blender*, *3dsMax* ou *Maya*. Ambos trazem vantagens e desvantagens.

- Criar a cena no *Unity3D* permite uma construção mais rápida inicial dos elementos base (estradas, passeios, etc.) mas como o *Unity3D* apenas permite

criação de objetos básicos torna-se muito complicado fazer a implementação de passeios em curva ou outros objetos mais complexos

- Usar uma ferramenta própria para modelação 3D, como o *3dsMax*²⁴ da *Autodesk*²⁵, o *Blender*²⁶ ou o *Maya*²⁷ permite ter mais controlo sobre os objetos a criar mas em contrapartida obriga à aprendizagem de uma outra ferramenta.

Decidimos desenvolver dois cenários distintos sendo um usado o editor do *Unity3D* e outro usado o *3dsMax* da *Autodesk*.

O *Unity3d* permitiu uma rápida criação de estruturas usando apenas os seus objetos básicos, agrupando-os num objeto principal mas como referido anteriormente não permitiu a definição de objetos complexos.

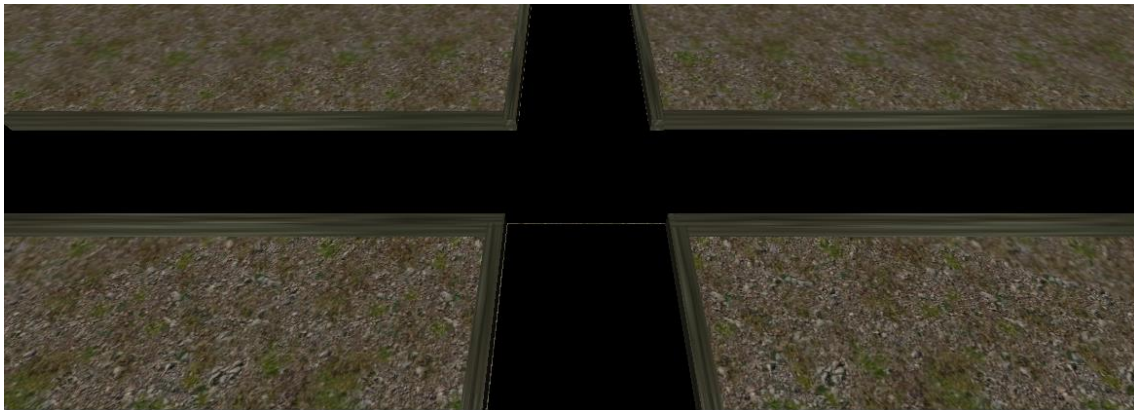


Figura 33 – Cenário criado em Unity3D

Como se pode ver na imagem anterior nota-se que há separação/falhas entre objetos, pois o *Unity3D* não permite a junção de 2 objetos num só trazendo algumas quebras visuais na aparência.

No *3dsMax* o caso muda de figura, apesar de o impacto inicial e o tempo de desenvolvimento ser um pouco superior, o *3dsMax* permitiu outro tipo de controlo sobre o objeto(s) que se pretendem desenvolver

²⁴ Disponível em <http://www.autodesk.com/products/3ds-max/overview>

²⁵ Disponível em <http://www.autodesk.com>

²⁶ Disponível em <http://www.blender.org>

²⁷ Disponível em <http://www.autodesk.com/products/maya/overview>

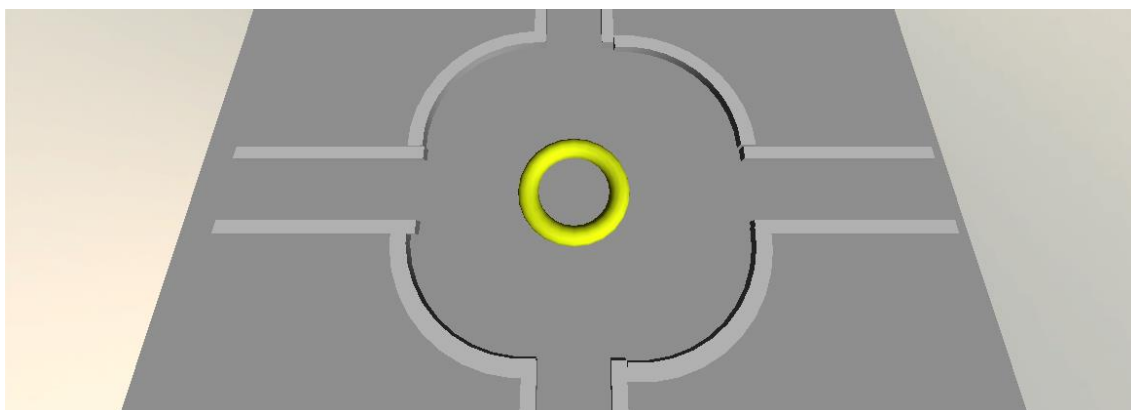


Figura 34 – Cenário criado no 3DS Max

O *3dsMax* permite a criação de um cenário simples usando apenas também objetos simples, cubos e esferas mas, devido às possibilidades do *3dsMax*, é possível transformar esses objetos e uni-los os objetos num só permitindo uma cena mais consistente.

Apesar do desenvolvimento, de cenários, no *Unity3D* ser mais simples e relativamente rápido concluímos que compensa o desenvolvimento com uma ferramenta própria para modelação pois as suas vantagens são superiores às suas desvantagens, pela qualidade com que é possível desenhar cenários.

Nesta fase, analisamos as simulações estáticas existentes.

3.3.3 As simulações Estáticas

3.3.3.1 O Cruzamento

Para a criação da primeira simulação foi decidido utilizar o cenário criado no *Unity3D*, a simulação de um cruzamento. Num cruzamento é necessário ter em conta todos os fatores que podem influenciar o movimento de cada veículo. Cada via está dependente das outras dependendo da sinalização de cada uma ou a inexistência de sinalização. A posição da via relativamente às outras também é importante para a definição de prioridades baseadas nas regras do trânsito.

Tendo em conta todos estes fatores, numa primeira fase, foram definidas as seguintes restrições:

- A simulação começaria em *standby*, isto é, seria apresentado ao utilizador uma cena de base tendo este que adicionar os elementos (veículos, sinais de trânsito) configurando-os e só depois iniciar a simulação manualmente;
- Adicionar apenas um veículo por cada via de trânsito cabendo ao utilizador definir qual o rumo (direção) que cada veículo toma;
- Permitir a inserção de um sinal de trânsito por via selecionado de duas categorias: luminoso ou vertical.

Começou-se por implementar a plataforma onde seriam inseridos os veículos e os sinais de trânsito, cubos criados com as ferramentas disponíveis no *Unity3D*, posteriormente redimensionados (Figura 35).

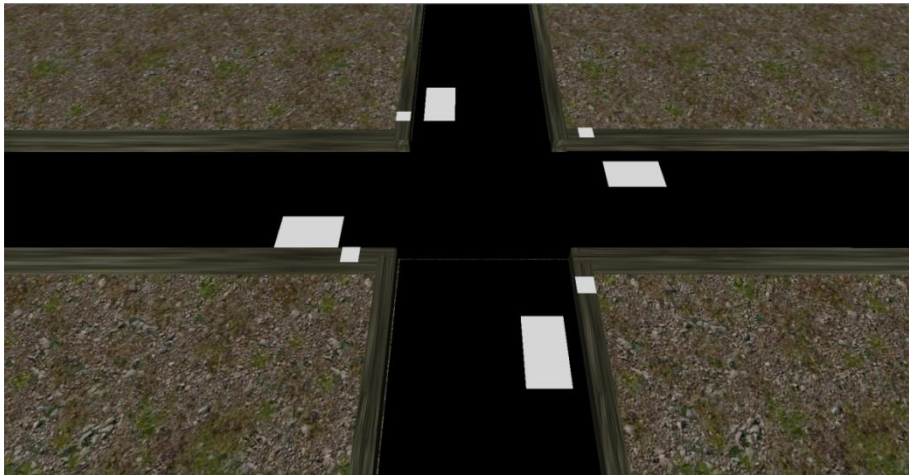


Figura 35 – Cenário base com suportes de elementos

Para inserir um novo elemento no cenário o utilizador deverá selecionar a área onde pretende inserir o novo elemento, que passa a assumir a cor azul para veículos (Figura 36) ou preto para sinalização de trânsito (Figura 37).

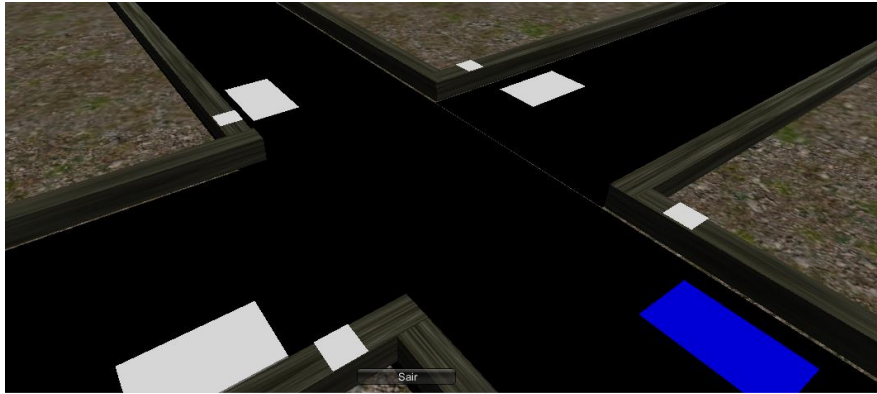


Figura 36 – Mecanismo de interação para posicionamento de veículo

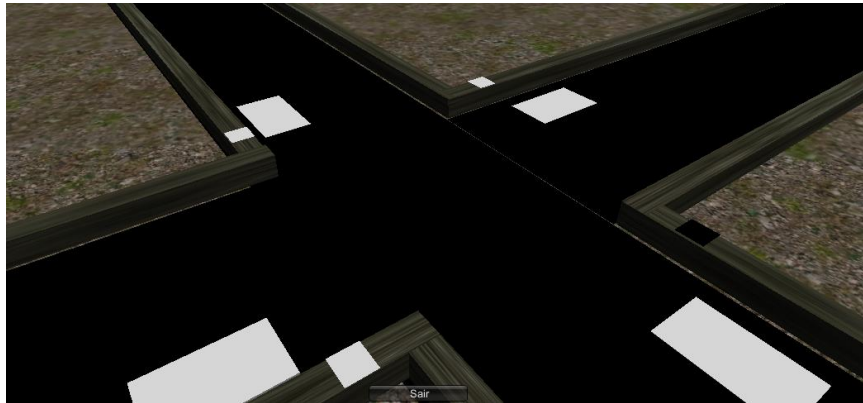


Figura 37 - Mecanismo de interação para posicionamento de sinalização

Com base nas restrições definidas foram criados duas plataformas, uma para os veículos e outra para os sinais de trânsito, replicados para cada via usando *prefabs* do Unity3D. *Prefabs* é uma funcionalidade que permite a transformação de um objeto num *prefab*, atuando este com um objeto pré-existente permitindo a sua duplicação de forma fácil e rápida. A grande vantagem dos *prefabs* é que caso se pretenda alterar uma propriedade do objeto, seja ela adicionar um *script* ou um componente, basta aplicar a um *prefab* que automaticamente é aplicado a todas as cópias do mesmo.

O segundo passo da implementação consistiu na inserção dos devidos elementos nas plataformas criadas no passo anterior. O método escolhido para a disponibilização dos conteúdos disponíveis para inserção na cena foi a criação de um menu lateral organizado por

categorias principais, Veículos e Sinais de Transito, que por sua vez podem ser subdivididos em subcategorias.

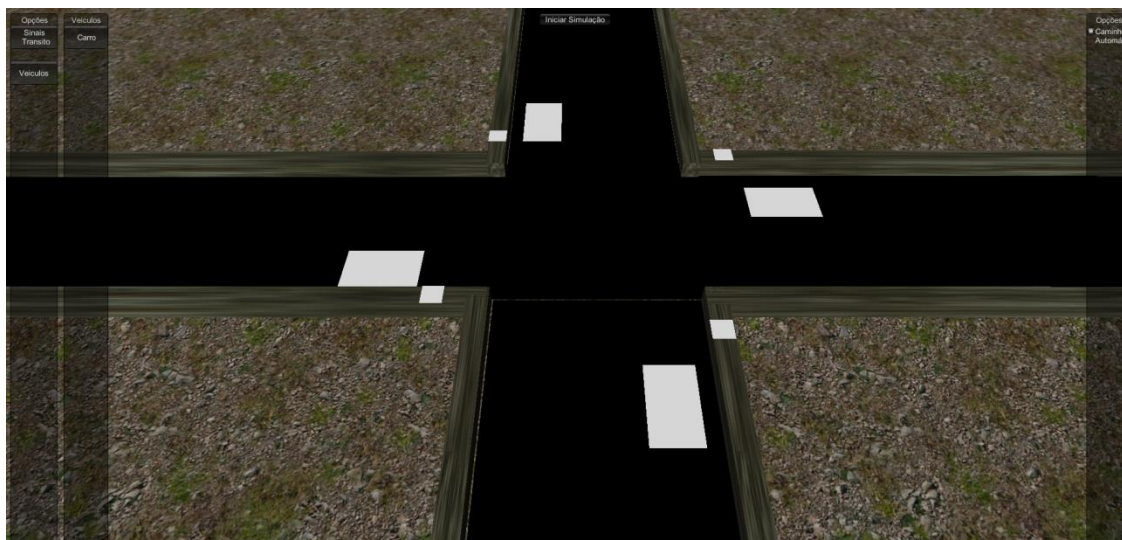


Figura 38 – Cenário base com menu lateral

Cada item do menu está associado a um elemento estando estes elementos categorizados por tipo. A escolha de um elemento do menu define o próximo elemento a ser inserido na cena no seu devido lugar, para tal acontecer foi adicionado um objeto denominado *MainController* que servirá para guardar o registo desse objeto.

Nas plataformas foi adicionado um *script* que fica a espera do evento *OnMouseDown()*, evento esse que é acionado quando ocorre um clique do botão esquerdo do rato no objeto ao qual está associado o *script*. Quando o evento é executado é verificado qual o próximo objeto a ser colocado em cena e caso esse seja compatível com a plataforma onde o evento foi acionado este é inserido em cima da mesma.

3.3.3.2 As opções dos Elementos

Quando os elementos já se encontram posicionados no cenário, é necessário proceder à sua configuração. No caso de se tratar de um veículo, deve-se configurar o rumo que o veículo seguirá uma vez iniciada a simulação. Se se tratar de um sinal de trânsito luminoso é necessário especificar o seu estado, “Vermelho”, “Amarelo”, “Verde” ou “Desativado”. A sua configuração é realizada através de um menu de opções disponível quando o elemento é inserido no cenário ou quando se pressiona o botão esquerdo do rato no próprio elemento.

Cada elemento tem um menu com base no seu tipo. Veículos têm acesso às opções de caminho a percorrer e sinais luminosos ao seu estado. Os restantes sinais (ex. um sinal de STOP) não têm menu com definições próprias pois não existe nada a configurar. Existem duas opções que são comuns a todos os elementos, sendo esta a opção "Eliminar" que permite eliminar o elemento do cenário para que se possa inserir outro no seu lugar e a opção "Fechar" que fecha o menu atual podendo este ser aberto novamente, como foi referido anteriormente, pressionando o botão esquerdo do rato no elemento.

Todos os menus referentes a objetos de cena foram desenhados com base na posição do cursor do rato na altura em que se pressiona o botão esquerdo, calculando a posição do cursor no espaço 3D para um ponto da câmara. Assim todos os menus ficam alinhados com os objetos aos quais se referem.



Figura 39 – Menus dos elementos constituintes da simulação

A figura seguinte pretende apresentar todas as opções associadas ao menu veículo (neste caso “carro”) sendo possível indicar que este seguirá é em frente, virará para a esquerda ou virará para a direita.

Como se pode ver, é ainda possível a sua remoção do cenário através as opção “Eliminar” ou Fechar o menu clicando em “Fechar”.



Figura 40 - Opções associadas ao menu do elemento veículo "carro"

3.3.3.3 O movimento dos Veículos

A implementação do movimento dos veículos consiste em mover cada de forma independente tendo em conta a direção escolhida durante a preparação da simulação por parte do utilizador. Para isto foram estudadas três metodologias diferentes de implementar o movimento.

A primeira passa por calcular e efetuar o movimento do veículo de uma forma mais manual, toda efetuada por código. Este método implicaria um desenvolvimento de um algoritmo complexo com demasiadas variáveis e cálculos que acabaria por tornar a execução da simulação lenta. Seria necessário incrementar a cada *frame*, de uma forma manual, valores à posição atual do veículo que se pretende mover e isto traria vários problemas pois por cada cálculo de posição ter-se-ia que validar se a próxima posição faz parte da estrada, isto é não é um passeio, se a estrada tem tamanho suficiente para que o veículo possa passar, também seria necessário verificar se a estrada não começaria a subir e ajustar a inclinação do veículo de acordo. Isto é apenas alguns dos problemas detetados neste método de calcular o movimento do veículo.

A segunda metodologia é, na sua essência, muito similar à primeira, sendo que a única diferença é que o cálculo da posição do veículo não seria efetuado de uma forma manual, mas sim usando uma função do *Unity3D* denominada *Lerp*. A *Lerp* é uma função que calcula automaticamente, dados previamente dois pontos, as posições entre eles ao longo de um

tempo também previamente definido. Este método permite-nos fornecer ao *unity* as nossas posições iniciais e finais dos veículos e o tempo que pretenderíamos que demorasse a percorrer esta distância. A única vantagem que este método traria comparando com a primeira metodologia seria apenas o cálculo automática da posição, pois todos os restantes problemas existentes anteriormente também se verificariam.

A terceira e última metodologia estudada foi o uso do sistema de navegação incorporado no *Unity3D* denominado *Navigation Mesh*, também conhecido por *NavMesh*. Este sistema consiste na definição dos caminhos que podem ser percorridos pelos objetos na cena. A geração destes caminhos permite definir todos os caminhos por onde o nosso veículo teria a possibilidade de navegar e o tamanho de cada estrada/rua.

Após a geração dos caminhos seria necessário adicionar ao veículo um componente do tipo *NavMeshAgent* que seria responsável pelo seu movimento, este componente permitiria a definição de parâmetros como a velocidade, tamanho e aceleração do objeto que pretendemos mover. Assim todos os cálculos de movimento, colisões ficam a cargo do sistema de navegação do *Unity3D* sendo mais este rápido e eficiente e permitindo uma definição de movimento mais avançada e detalhada que as metodologias anteriores, bastando indicar quais os pontos principais pelo qual o veículo terá que passar ficando a cargo do *Unity3D* a verificação, cálculo e rotação do veículo para passar por esses pontos até chegar ao seu destino.

O *Unity3D* calcula o melhor caminho com base nos parâmetros definidos pelo *NavMeshAgent* tendo em conta o caminho gerado.

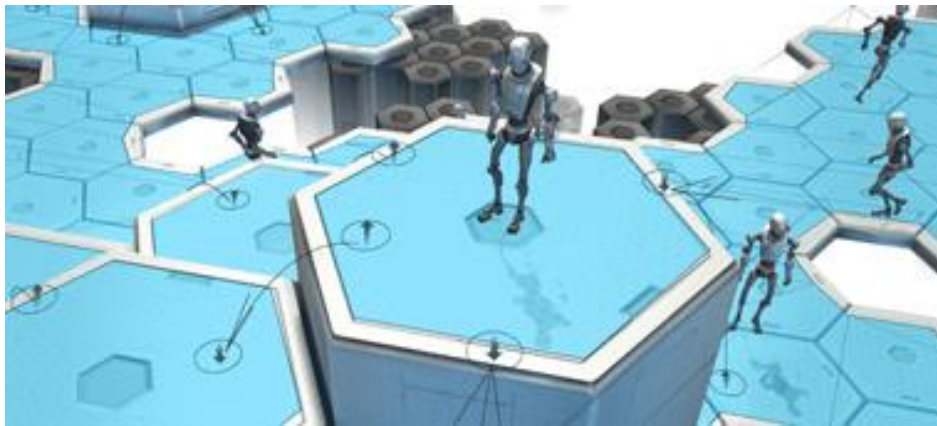


Figura 41 – Exemplo *NavMeshAgent*²⁸

A definição dos caminhos possíveis tem que ser realizada durante o desenvolvimento da aplicação, pois esta área não pode ser alterada ou gerada novamente durante a sua execução. Contudo existe a opção de inserir objetos com um componente *NavMeshObstacle* que atua como uma barreira, obrigando os objetos a recalcularem a sua trajetória.

Foi decidido usar o sistema de navegação do *Unity3D* para a implementação do movimento dos veículos pois, como foi referido, as vantagens são superiores relativamente às outras metodologias.

Estando a metodologia escolhida resta agora preparar o cenário para ser compatível começando por gerar os caminhos possíveis (*Navigation Data*), ajustando às condições da estrada, e adicionar um *NavMeshAgent* ao veículo parametrizando de acordo com os nossos requisitos.

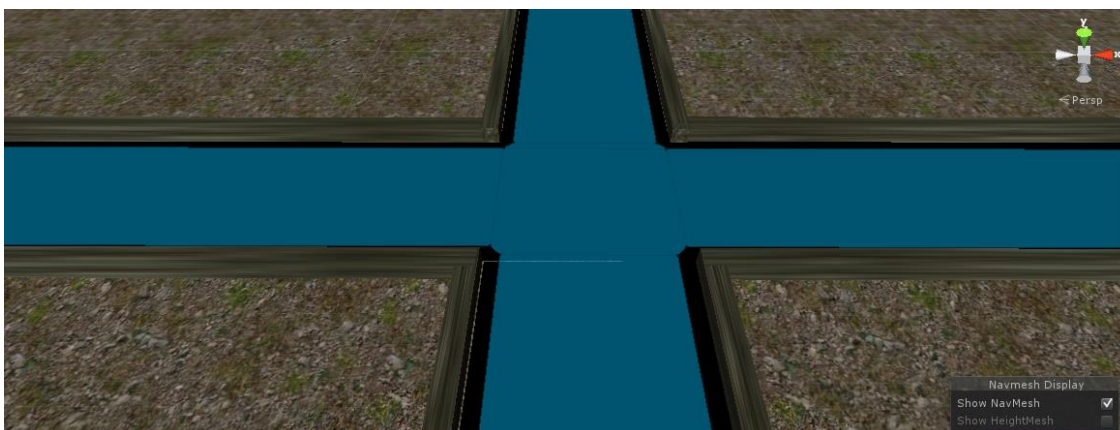


Figura 42 – *NavMesh* gerado para uma simulação

²⁸ Disponível em <http://unity3d.com/profiles/unity3d/themes/unity/images/unity/quality/ai/pathfinding.jpg>

Fica apenas a faltar a definição dos pontos principais por onde o veículo terá que passar para completar a sua trajetória. Para tal foi criado um objeto simples, marcado com uma bandeira azul visível apenas no editor do *Unity3D*, que atuará como marcador dos pontos principais pelos quais o veículo terá que passar na sua rota.

Como para cada cenário diferente os caminhos a percorrer também serão diferentes foram criados, para cada via e para cada rumo possível por via, marcadores que definem o caminho a percorrer.

Como inicialmente não existem proibições/obrigações impostas por sinalização é necessário permitir todos caminhos possíveis.

No caso deste primeiro cenário (Figura 43) tratando-se de um cruzamento com 4 vias foram criados marcadores, para cada via, para os rumos virar à direita, esquerda e seguir em frente, nomeando cada um de acordo com a via a que pertence.

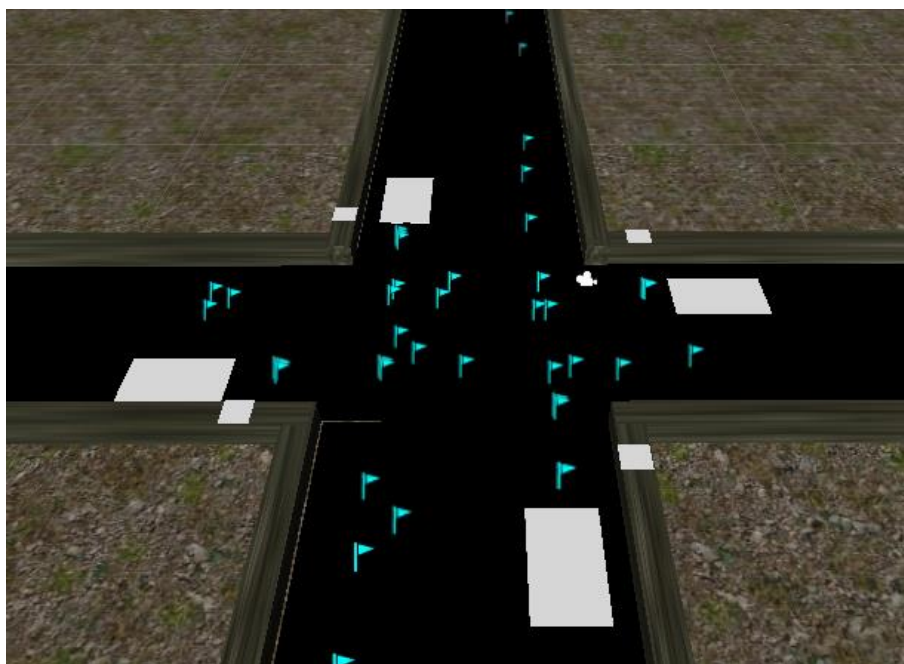


Figura 43 – Definição de *Waypoint*

Visto que cada percurso disponível se mantém ao longo da simulação, e cada um apenas serve para utilização de veículos originados de uma via apenas foram subdivididas as vias agrupando cada uma juntamente com todos os seus objetos e elementos, criando um objeto principal por via.

Desta forma tornou-se possível agrupar os marcadores por via pré definindo os caminhos a percorrer conforme a direção que o veículo iria tomar.

3.3.3.4 A determinação de prioridades

A circulação automóvel rege-se por um conjunto de regras básicas, como por exemplo circular na via mais a direita ou ceder passagem a quem circula pela direita, sendo condicionado ou alterado o fluxo de trânsito com a colocação de sinais, sejam estes luminosos, verticais ou horizontais, permitindo assim que o trânsito se mantenha de forma organizada.

Como pretendemos que a simulação seja dinâmica permitindo ao utilizador definir os elementos constituintes da cena é necessário ter em conta que cada vez que se insere/altera um elemento, este irá afetar não só a via na qual se está a trabalhar mas também todas as outras existentes.

Para isso foi implementado um sistema de prioridades por via definindo 5 níveis de prioridade: Muito Baixo, Baixo, Normal, Alto, Muito Alto; permitindo assim que cada via tenha o seu próprio nível de prioridade sem estar dependente das restantes.

Todas as vias iniciam com a sua prioridade definida para Normal, sendo esta alterada com a colocação de elementos (veículos e sinalização).

Elementos de proibição, como os sinais de stop ou os sinais luminosos no estado de vermelho, atribuem automaticamente a prioridade “Muito Baixo” sendo que sinais luminosos verde atribuem a prioridade “Muito Alta”.

A alteração da direção do veículo, caso exista, também influencia a prioridade, pois um veículo que pretenda seguir a via à sua esquerda tem que primeiro ceder passagem aos veículos que se encontrem à sua direita, a menos que exista sinalização em contrário.

Para fazer refletir esta situação no protótipo, conforme a direção escolhida para cada veículo implementou-se o seguinte para cada direção:

- **Direita:** Aumenta um nível de prioridade exceto quando o nível já se encontra em Muito Alto ou Muito Baixo, nesse caso mantém;

- **Em Frente:** Mantém o nível atual exceto quando o nível se encontra em Muito Alto onde desce para Alto;
- **Esquerda:** Diminui um nível de prioridade exceto quando este já se encontra no nível Muito Baixo.

Desta forma será possível definir o nível de prioridade de cada via com base nos elementos que serão inseridos/alterados/removidos tendo em conta a função de cada um, permitindo que a simulação seja dividida pelas vias existentes passando a existir 4 simulações independentes.

A gestão das prioridades e a responsabilidade de iniciar a simulação de cada via foi deixada a cargo do *MainController* criado anteriormente, que analisava o nível de prioridade de todas as vias executando a simulação de cada uma conforme fosse necessário. Primeiramente eram executadas todas as simulações que tivessem o seu nível de prioridade definido como Muito Alto seguido daquelas com o nível Alto, Normal, Baixo e por fim as Muito Baixo.

Após vários ensaios com o sistema de prioridades implementado verificou-se que este tinha as suas falhas onde, para algumas situações, as regras de trânsito não eram aplicadas corretamente havendo vias que iniciavam a sua simulação com a mesma prioridade mas com os seus veículos em rota de colisão.

Para resolver esta situação foi necessário modificar o sistema de prioridades adicionando um segundo nível de prioridade apenas com 3 níveis: Alto, Normal, Baixo; sendo este segundo nível alterado apenas pela definição do movimento do veículo. Assim o primeiro nível de prioridade, mantendo os 5 níveis, fica apenas a ser alterado pelos sinais de trânsito e o segundo nível é modificado pelos veículos inseridos no cenário. A adição de um segundo nível de prioridade veio trazer um maior controlo sobre a execução das simulações. Quando a simulação é iniciada são primeiro analisados o nível principal, e dentro de cada nível são executadas as simulações por ordem do segundo nível.

3.3.3.5 Adaptação do movimento possível dos veículos

Apesar dos sinais de obrigatoriedade não influenciarem diretamente, a definição de prioridade, estes são importantes pois influenciam o fluxo do trânsito proibindo o acesso a rotas ou obrigando a escolher uma.

Para se ter em conta estes tipos de sinais foram adicionados parâmetros ao objeto principal de cada via definindo-se as direções possíveis que podem ser escolhidas para um veículo dessa mesma via, sendo esses parâmetros adicionados aos objetos dos sinais de obrigatoriedade estando preenchidos de acordo com as funções de cada um.

Cada vez que se insere/altera um sinal de obrigatoriedade os parâmetros da via são atualizados. Estando estes parâmetros definidos é necessário modificar o menu dos veículos de modo a que seja apenas possível indicar uma direção que seja permitida pela sinalização.



Figura 44 – Alteração de menu com base na sinalização existente

3.3.3.6 O ponto de vista do condutor

Por vezes pode ser interessante para o instrutor ou até mesmo para o formando ver a simulação da perspectiva do condutor da viatura de modo a demonstrar o que se deve procurar na estrada na prática da condução ajudando assim a preparar os candidatos para a parte prática do ensino. Por este motivo foi adicionado uma opção ao menu dos veículos denominada "Câmara" que permite alterar a câmara principal do cenário para uma dentro do veículo escolhido demonstrando assim a perspectiva do condutor durante a simulação.



Figura 45 – Câmera com vista do condutor

3.3.3.7 Os Entroncamentos

Concluída a primeira simulação passou-se ao desenvolvimento de uma segunda aplicando a mesma lógica utilizada na primeira. A situação escolhida foi um entroncamento simples, apenas com três vias. Esta simulação serviu para testar e comprovar que a reutilização dos componentes usados na simulação anterior, tendo estes sido criados como *prefabs*, permite uma rápida criação de cenários semelhantes sendo necessário apenas definir alguns elementos, como os *waypoints* necessários para o movimento do caminho, a geração do *NavMesh* entre outros.

Para a criação do entroncamento foi usado o editor do *Unity3D*, recorrendo à criação de cubos e transformação dos mesmos para o desenho dos passeios. Foram usados planos para a definição das estradas. Após o cenário base estar completo procedeu-se à importação dos elementos constituintes da cena.



Figura 46 – Entroncamento base

Começou-se pela importação dos objetos principais que definem os sentidos possíveis de trânsito, criando um para cada sentido. Estes objetos são compostos por um objeto mãe que

contém todos os *scripts* necessários à definição de prioridades para o sentido a que se refere, um elemento que atuará como base para os sinais de trânsito e outro elemento para os veículos, como descrito anteriormente.

Tal como foi efetuado na simulação anterior é necessário a geração dos *NavMeshes* para a definição dos caminhos possíveis por onde o automóvel pode seguir.

Por último basta apenas definir os *Waypoints* para cada direção que cada sentido que o veículo pode tomar.

3.3.3.8 As Rotundas

O uso de *prefabs* permite-nos desta forma uma implementação rápida de vários cenários semelhantes, para demonstração de situações de trânsito, com apenas a importação e configuração dos elementos criados na primeira vez. Porém existem situações em que a sua preparação e configuração não é tão simples pois os conceitos a aplicar são ligeiramente diferentes, e pode ser necessário demonstrar aos alunos do código da estrada caminhos que os condutores tomam mas que não são corretos de acordo com o código da estrada. Exemplos destas situações são as rotundas.

Durante a realização desta tese, em Janeiro de 2014 a lei relativa ao trânsito nas rotundas foi alterada, modificando a maneira como as rotundas devem ser percorridas. No entanto continua a haver condutores que não respeitam esta nova lei, deste modo pode ser do interesse do instrutor demonstrar aos seus alunos a maneira errada e a correta de se percorrer uma rotunda. Tendo em consideração estas situações foi implementado um cenário com uma rotunda com algumas alterações.

Contrariamente ao método usado nas duas simulações anteriores para este foi decidido criar o cenário base usando o *3DSMax*. O conceito usado para a criação do cenário foi o mesmo usado nos cenários criados no editor do *Unity3D*, um plano para servir de terreno, cubos para definição dos passeios e planos extra para a definição das estradas, sendo a grande diferença a possibilidade de serem aplicadas aos objetos transformações/deformações e efeitos mais poderoso e com maior facilidade.

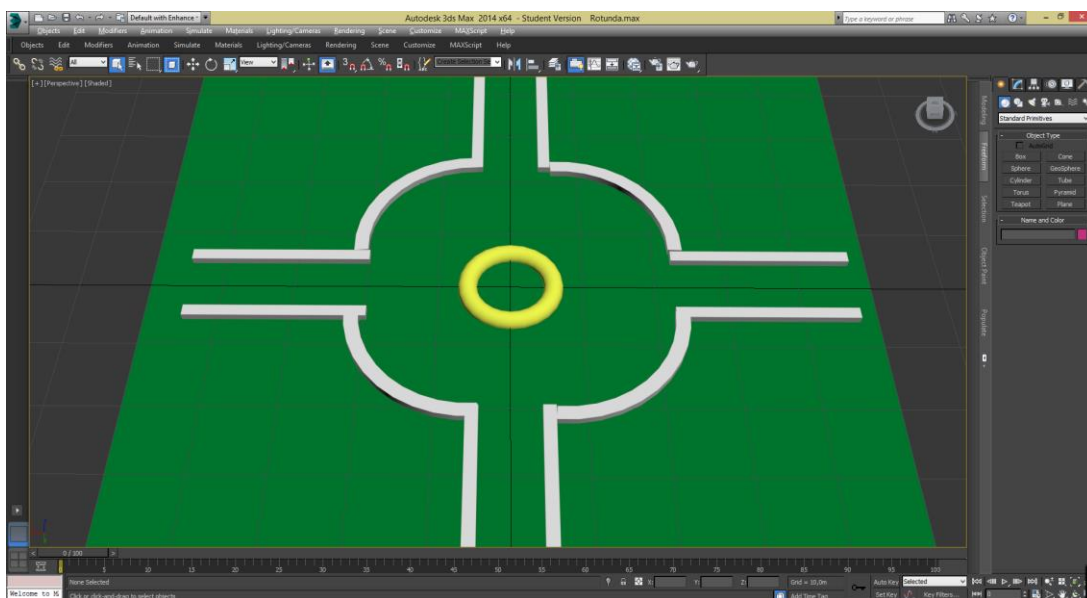


Figura 47 – Cenário criado com 3DSMax

Após a criação do cenário base estar concluído foram novamente aplicados os mesmos *prefabs*, os que definem os sentidos possíveis dos automóveis, os *scripts* da câmara para implementação dos menus constituintes da cena e a geração dos *NavMeshes*.

Foi ainda decidido criar os *Waypoints* para definição dos caminhos corretos, de acordo com a nova lei, para percorrer uma rotunda. Contudo, durante esta implementação, foi verificada uma limitação dos nossos *prefabs*, verificando-se que apenas permitiam um máximo de quatro direções possíveis para cada via devido ao fato de apenas ser possível definir quatro conjuntos de *waypoints* para cada uma delas. Para o cenário de rotunda atual não iria ser um problema pois esta apenas contém quatro acessos. O problema seria visível para rotundas que fossem compostas por mais que quatro acessos.

Após as configurações básicas estarem prontas de modo a que a simulação do cenário fosse possível restam apenas a resolução do problema da definição de caminhos errados para a demonstração do que era incorreto, ou seja, o que não se deve fazer quando se está a conduzir numa rotunda.

Para tal pensou-se implementar um método que permitirá a seleção manual, feita pelo utilizador durante a pré-configuração da simulação, dos caminhos que o automóvel irá percorrer durante a sua simulação.

Para a ativação desta funcionalidade será implementado no canto lateral direito um menu com o objetivo de modificar opções do cenário, inserida a opção pretendida para ativar a seleção manual dos caminhos que o automóvel deve percorrer.



Figura 48 – Simulação com Menu Lateral de opções 1

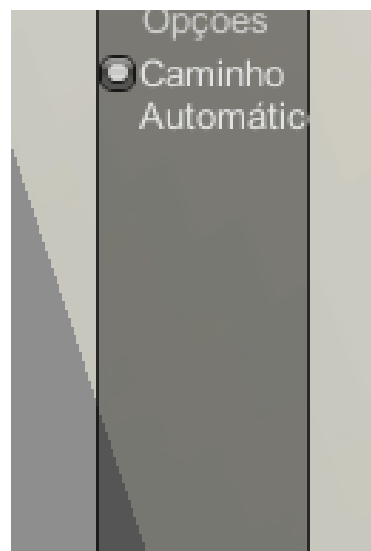


Figura 49 - Simulação com Menu Lateral de opções 2

Alterou-se o *script* de geração do menu de opções do veículo para que a alteração se realizasse dinamicamente conforme a opção de caminhos manuais (Figura 51), ou automáticos (Figura 50) que fossem selecionados ou não, de modo a poderem ser mais intuitivos para o utilizador e não causar confusão.



Figura 50 – Menus para caminhos automáticos



Figura 51- Menu para caminhos manuais

Assim para a definição de caminhos manuais de cada automóvel é necessário demarcar a opção de caminhos manuais e selecionar o veículo ao qual se pretende aplicar o caminho, bastando apenas de seguida selecionar no mapa os pontos um a um que se vai pretender colocar por onde o automóvel passe durante o seu percurso.

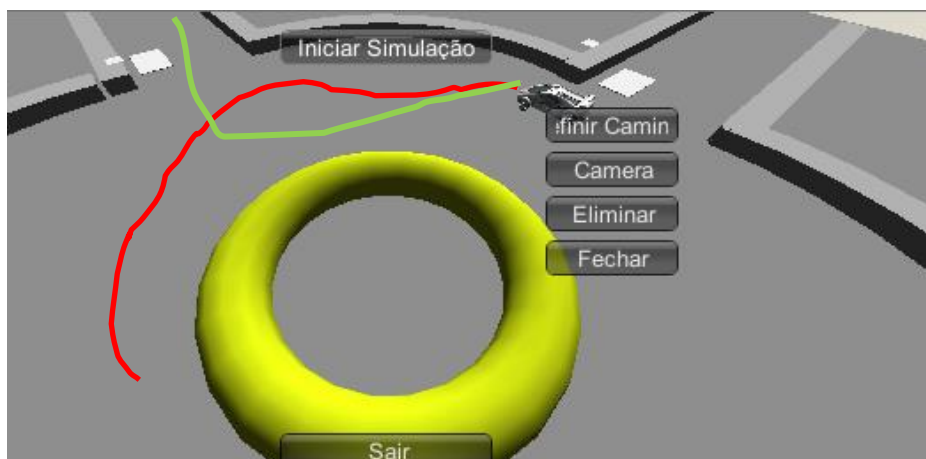


Figura 52 – Visualização de possíveis caminhos definidos manualmente

Na Figura 52 é possível visualizar um exemplo de caminhos definidos por o utilizador bastando que este indique os pontos principais constituintes dos caminhos.

A definição dos *Waypoints* manuais é feita recorrendo ao uso de *RayCasting*. Em *Unity3D* *RayCasting* é numa funcionalidade do motor de física que permite a geração de um raio, invisível para o utilizador, que deteta qual o objeto (*collider*) que foi atingido e retorna informação sobre esse mesmo objeto.

```
using UnityEngine;
using System.Collections;

public class ExampleClass : MonoBehaviour
{
    void Update()
    {
        Vector3 fwd = transform.TransformDirection(Vector3.forward);
        if (Physics.Raycast(transform.position, fwd, 10))
            print("There is something in front of the object!");
    }
}
```

Código 1 – Exemplo de uso de um *RayCasting* em *Unity3D*

Com este método é lançado um raio com início na localização do cursor do rato no instante em que o utilizador pressionou o botão na direção do cenário. Quando há uma colisão com um objeto na cena é validado se o objeto em causa é um objeto valido para o percurso, ou seja é testado se é uma estrada, e caso o seja é adicionado esse ponto à lista de pontos a percorrer pelo automóvel em causa.

Quando a simulação é iniciada os automóveis percorrem os pontos definidos pelo utilizador e não os definidos pelo sistema.

3.3.3.9 Reflexão sobre as limitações e problemas encontrados

Como foi referido no início do processo de desenvolvimento as simulações criadas foram inicialmente pensadas com algumas limitações de modo a tornar o processo de aprendizagem mais simples para o utilizador final. No entanto com o decorrer do processo de desenvolvimento foram encontradas novas limitações, como o máximo de sentidos que um veículo pode tomar nos diversos cenários e especificamente nas rotundas. Para cenários deste tipo não é possível aplicar os mesmos *prefabs* que foram usados nas primeiras cenas quando existiam mais que quatro sentidos possíveis.

Um dos problemas encontrados após o desenvolvimento das simulações foi que em cada via existia a sua prioridade definida sem a influência das outras adjacentes, isto tornava-se útil num ambiente de formação para exemplificação da cedência de passagem com várias combinações de sinalização nas vias. No entanto não irá demonstrar o que ocorre na realidade pois existem outros fatores que não irão ser contabilizados.

Outros dos problemas encontrados derivaram das limitações impostas inicialmente pois como só é possível definir um sinal por via não se torna possível simular cenários com um sinal luminoso e um sinal vertical, também não é possível a inserção de passadeiras e simular o efeito que os peões têm no desenrolar do trânsito. Assim também não é possível a inserção de múltiplos veículos nas vias, pois não se torna visível a interação entre os veículos no decorrer da simulação.

Foi possível constatar que cada um dos tópicos em questão tem uma quantidade de informação a ser ensinada aos alunos muito mais ampla e vasta do que pensávamos inicialmente.

Naturalmente, não sendo o autor deste trabalho instrutor da área, e tendo naturalmente limitações a esse nível teve algumas reuniões iniciais com formadores nesta área.

O protótipo foi sendo desenvolvido mediante as indicações provenientes dessas reuniões, mas foi possível constatar que o enorme interesse dos formadores desta área num sistema desta natureza os levou a facilitar o processo.

Por exemplo, a abordagem do ato de entrada numa rotunda era tratado de uma forma relativamente superficial o que levou a que a causa-efeito com que as simulações envolvendo rotundas se tornassem irrealistas quando comparadas com a realidade.

Na prática, como se pode ver por exemplo na Figura 53 o processo (por exemplo de circulação em rotundas) é muitíssimo mais complexo do que se podia imaginar inicialmente para o ato de ensinar e aprender. Devido à sua complexidade estas limitações foram, nesta fase, identificadas como um problema obrigando a refletir sobre o método definido para a implementação.

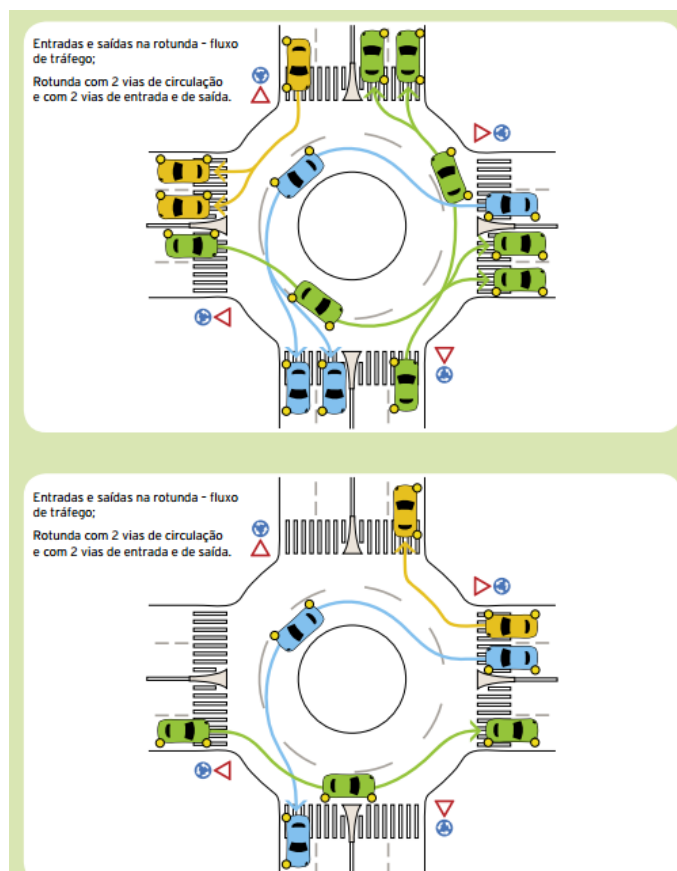


Figura 53 – Exemplo de circulação em rotundas

3.3.4 As simulações dinâmicas

Considerando as limitações e problemas detetados anteriormente decidiu-se denominar as simulações anteriores de “Simulações Estáticas” e definir o seu objetivo para simulações de formação, demonstrando tópicos do código da estrada como cedências de passagem e circulação em rotundas. Criou-se então outro tipo de simulações denominadas “Simulações Interativas” que terão como objetivo principal a demonstração e simulação de situações reais.

Contrariamente às simulações anteriores, estas não começaram paradas mas estarão constantemente a correr permitindo uma alteração em tempo real dos sinais de trânsito luminosos e verticais simultaneamente, controlo de quantos veículos apareceram por cena e qual a direção que estes tomam, inserção de passadeiras e controlo de aparecimento de peões.

Desta forma é possível aplicar ao protótipo de uma maneira mais realista, pois teremos maneira de inserir a causa-efeito do processo da condução. Como o tipo e objetivos da simulação diferem das anteriores não poderão ser usados os *prefabs* criados anteriormente.

3.3.4.1 A criação do cenário base

Para este novo tipo de simulações, tal como aconteceu previamente, foi escolhido usar uma ferramenta externa ao *Unity3D* para a criação dos cenários. O objetivo deste tipo de simulação é uma demonstração da realidade, sendo esta a situação de trânsito mais comum na estrada, foi escolhido um cruzamento de forma a dar a noção de realidade (mais elaborada e completa).

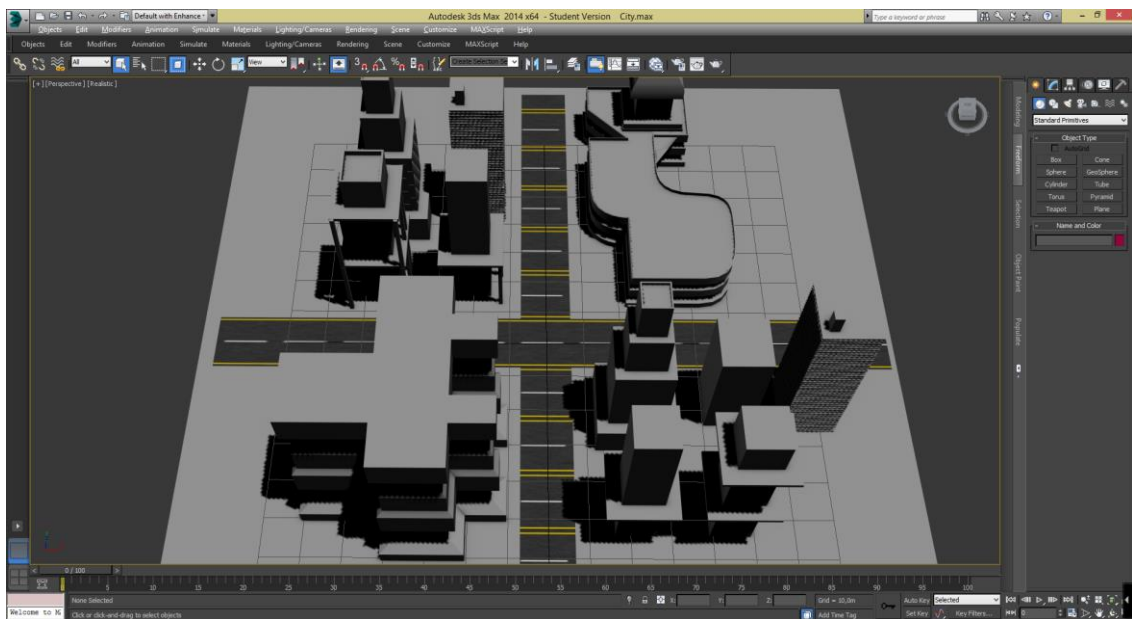


Figura 54 – Cenário complexo construído em 3DSMax

3.3.4.2 A importação dos cenários para o *Unity3D*

Estando o cenário pronto e exportado do *3DSMax* chega a altura de o importar e validar as propriedades do objeto para dar início ao processo de desenvolvimento da simulação. Importa-se o nosso cenário para o editor e adiciona-se a luz ambiente e uma câmara. Temos o cenário base construído e pronto para que sejam adicionados os nossos elementos.

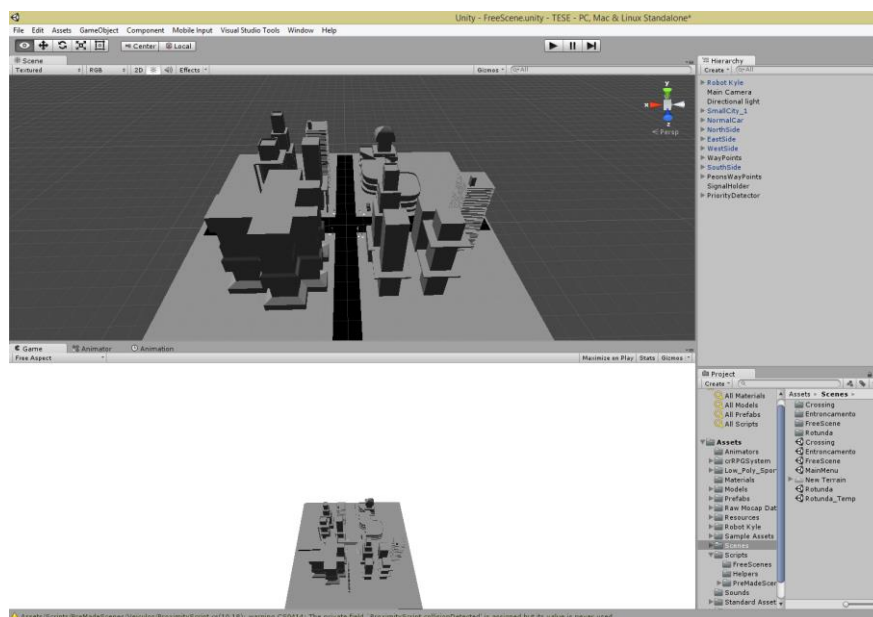


Figura 55 – Cenário importado para o *Unity3D*

3.3.4.3 A definição de caminhos

Semelhante ao mecanismo implementado anteriormente o movimento dos automóveis será efetuado através da definição de *NavMeshes*. Como neste tipo de simulação irá conter veículos e peões não bastava definir o *NavMesh* para as estradas, é preciso definir também para as áreas transitáveis por peões. Como referido anteriormente o *Unity3D* permitirá a definição de várias camadas de *NavMeshes* e atribuição dessas mesmas camadas aos objetos a fim de filtrar quais os que podem transitar em cada camada. Desta forma foi criada uma camada para os automóveis contendo apenas as estradas nas quais os veículos podem movimentar.

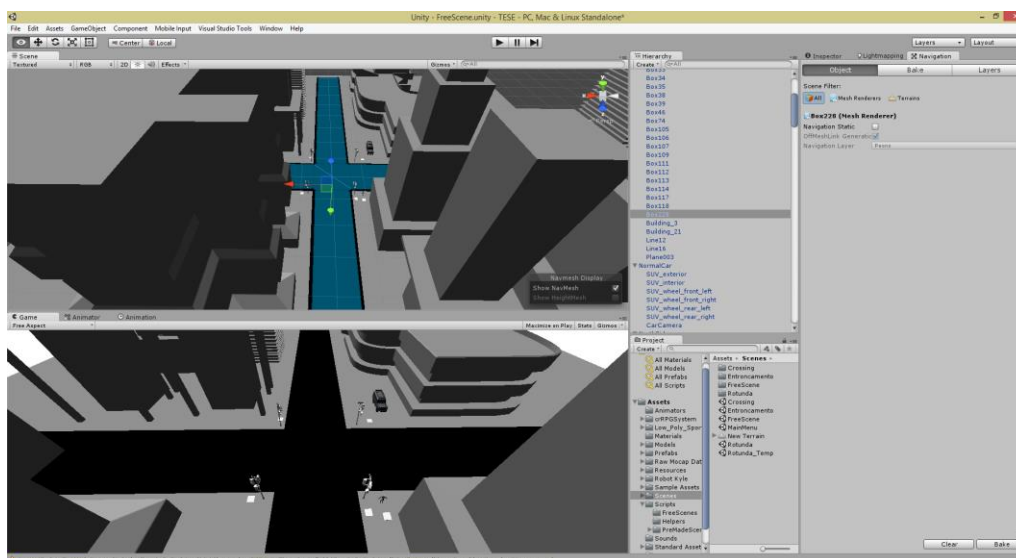


Figura 56 – *NavMesh* para os automóveis

O mesmo é efetuado para os peões definindo uma camada composta pelas estradas e pela zona de passeios, assim é possível garantir que os automóveis nunca irão andar por cima de zona dos peões e ao mesmo tempo permitir o movimento dos peões nos passeios e nas estradas (para atravessarem passadeiras).

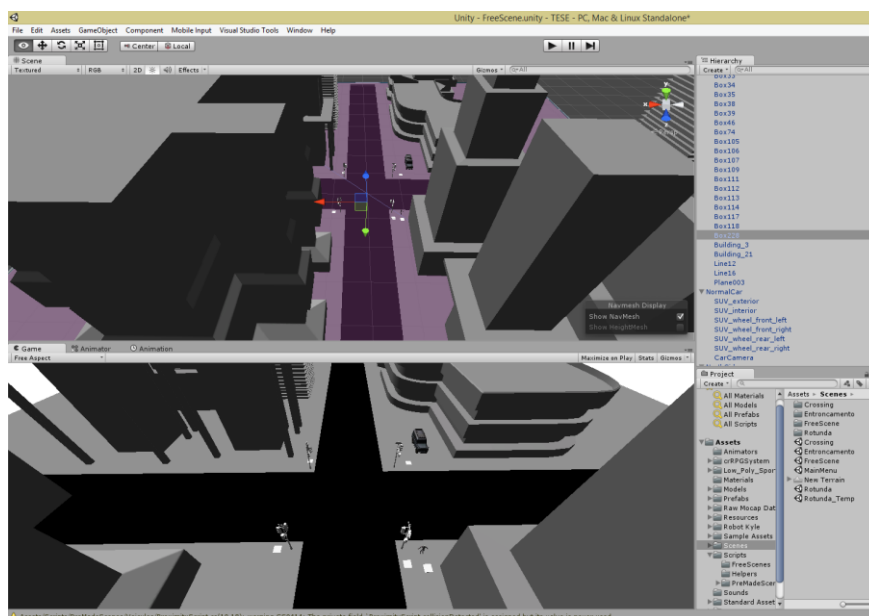


Figura 57 – NavMesh para peões

3.3.4.4 O movimento de veículos e peões

Tal como acontecia previamente o movimento de veículos e peões continua a ser controlado por um *NavMeshAgent* incorporado nos objetos, ficando o *Unity3D* responsável por movimentar os veículos e peões de acordo com os *waypoints* definidos por nós inicialmente. Para o movimento dos veículos não foram definidos um conjunto de *waypoints* para cada sentido disponível em cada via, pois como detetado nas simulações anteriores causaria bastante confusão na sua manutenção. Tendo-se verificado este problema foram criados um conjunto de *waypoints* base e genéricos para cada via, sendo estes reutilizados por todas as outras vias, assim mantem-se o editor limpo e torna a manutenção, alteração de percursos mais simples.

A definição do movimento de peões é feita também com o recurso aos mesmos *waypoints* utilizados no movimento dos veículos mas sendo apenas necessário a definição de dois por cada via.

3.3.4.5 Os elementos da simulação

Nas Simulações Dinâmicas foram retiradas grande parte das limitações impostas inicialmente nas Simulações Estáticas, permitindo a inserção de um maior número de elementos intervenientes na simulação como veículos, sinais de trânsito luminosos, sinais de trânsito verticais, passadeiras e peões.

3.3.4.5.1 Os veículos

Sendo este tipo de simulação uma simulação continua o uso de objetos que serviam anteriormente como suporte para adicionar automóveis à simulação não se enquadram, pois o objetivo é ter os automóveis a serem criados dinamicamente sem que seja o utilizador a cria-los. Para este efeito foi criado um objeto, posteriormente denominados de “*CarSpawner*” que servirão de controladores para a criação de veículos. Trata-se de um objeto simples apenas com um *script* que controla efetivamente a criação de veículos para a via no qual este se encontra inserido.

O método de criação de veículos tem em conta dois fatores essenciais: o tempo de espera entre dois veículos e uma lista de veículos possíveis de serem criados. Cada veículo contido na lista contém duas propriedades, o modelo do automóvel a ser criado e a hipótese, em percentagem, que este tem ao ser criado. Desta forma é possível existirem vários tipos de veículos durante a simulação permitindo uma melhor sensação de realidade, permitindo também a fácil alteração, durante a execução da simulação da frequência com que estes são criados para cada via.

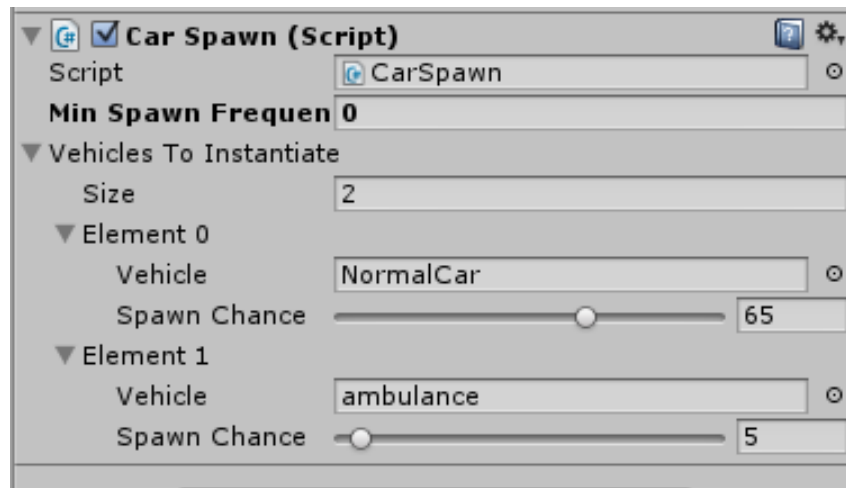


Figura 58 – Constituição do criador de veículos

Como neste tipo de simulação já não existe a limitação de haver apenas um sinal de trânsito por via foi adicionado a todas as vias existentes um sinal de trânsito luminoso permanente não sendo possível elimina-lo da simulação, apenas é possível desativa-lo.

3.3.4.5.2 Os sinais Luminosos

Para este tipo de simulação a lógica por trás dos sinais luminosos foi refeita, pois estes agora têm que ser dinâmicos, alterarem a sua sinalização de forma automática, e adaptarem-se caso o utilizador altere a sua sinalização a qualquer momento durante a execução da simulação. Para se conseguir um efeito de semáforos realistas recorreu-se ao uso de *Courotines*.

Courotines em Unity3D permite suspender a execução de uma função a meio, retornando um valor usando uma instrução *yield* e quando a função for executada novamente, normalmente na *frame* seguinte, a execução é retomada onde se deu o retorno do valor.

```
using UnityEngine;
using System.Collections;

public class ExampleClass : MonoBehaviour
{
    IEnumerator WaitAndPrint()
    {
        yield return new WaitForSeconds(5);
        print("WaitAndPrint " + Time.time);
    }
    IEnumerator Example()
    {
        print("Starting " + Time.time);
        yield return WaitAndPrint();
        print("Done " + Time.time);
    }
}
```

```
}
```

Código 2 – Exemplo do uso da instrução *yield*

Para a implementação da automatização dos semáforos foi criado uma função que controla a luzes sinaléticas de um semáforo, recebendo com parâmetro a luz que deve ser ativada em primeiro lugar.

```
public void EnableLight(TrafficLights light)
{
    DisableLights();
    StopAllCoroutines();
    switch (light)
    {
        case TrafficLights.Disabled:
            DisableLights();
            break;
        case TrafficLights.Green:
            this.greenLight.enabled = true;
            StartCoroutine(GreenCountDown());
            break;
        case TrafficLights.Yellow:
            this.yellowLight.enabled = true;
            StartCoroutine(YellowCountDown());
            break;
        case TrafficLights.Red:
            this.redLight.enabled = true;
            StartCoroutine(RedCountDown());
            break;
        default:
            DisableLights();
            break;
    }
    CurrentLight = light;
}
```

Código 3 – Implementação da automatização da luminosidade dos semáforos

A função começa por desativar todas as luzes que estejam ativas naquele momento de modo a evitar que haja duas luzes ligadas, de seguida são paradas todas as *coroutines* que estejam em execução para o sinal luminoso em questão. É então verificada qual a luz que deve ser activa e iniciada uma *coroutine* onde é feita a espera pela ativação da próxima

```
IEnumerator GreenCountDown()
{
    yield return new WaitForSeconds(20);
    EnableLight(TrafficLights.Yellow);
}
```

Código 4 – Implementação do temporizador dos semáforos

Como acontecia nas simulações estáticas, os sinais luminosos contêm um menu para alteração da sinalização.



Figura 59 – Menu contextual de um sinal luminoso

3.3.4.5.3 Os sinais de trânsito verticais

Para a inserção dos elementos foi usado o mesmo conceito que anteriormente, uma base sobre a qual os elementos irão ser inseridos, existindo apenas uma base por cada via existente na simulação. A única diferença existente entre os dois tipos de simulação é a inexistência de um menu lateral sobre o qual podemos escolher qual o sinal de trânsito a inserir. Em vez disso foi escolhido, para este tipo de simulação, inserir o menu na própria base, semelhante ao menu usado nos sinais luminosos. Desta forma o ecrã mantém-se mais limpo em termos de ocupação de espaço e torna-se mais intuitivo para o utilizador pois escolhe primeiro qual a base em que pretende inserir um sinal vertical e só depois é que decide qual o sinal que pretende inserir.



Figura 60 – Base de sinais verticais com menu contextual

3.3.4.5.4 As passadeiras

A inserção de passadeiras de peões na simulação dá-se junto aos sinais luminosos, bastando apenas pressionar o botão esquerdo do rato numa área imediatamente anterior ao sinal luminoso da via onde se pretende inserir uma passadeira. Este evento gera um menu contextual que permite ao utilizador ativar a passadeira para aquela via. A ativação da passadeira também aciona a criação e movimentação de peões para a via em questão e caso a passadeira seja desativa também os peões o são.

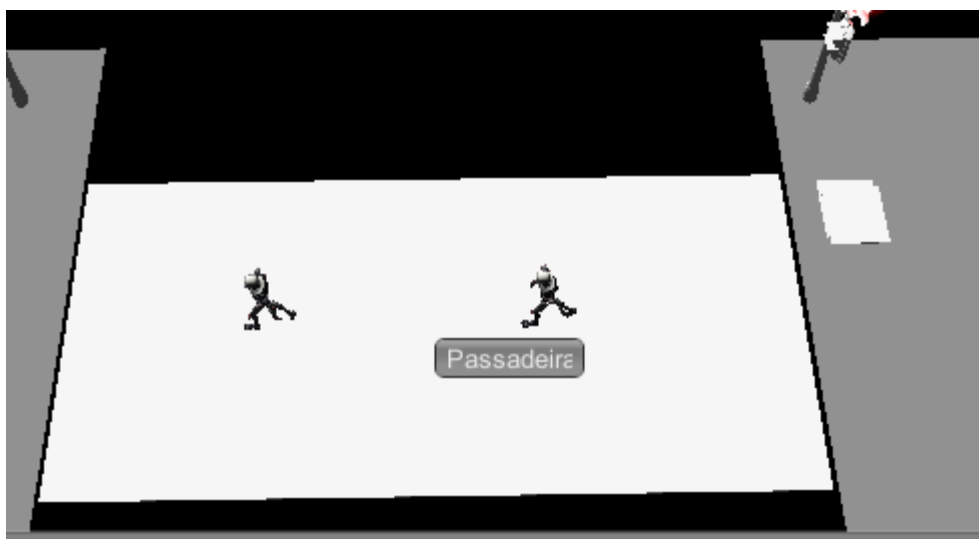


Figura 61 – Peões a atravessar uma passadeira

3.3.4.5.5 Os peões

Como referido anteriormente os peões apenas são gerados para uma via caso esta tenha uma passadeira ativa. A geração de peões é semelhante à geração dos veículos sendo controlada por um *script* tendo como parâmetro a frequência com que os peões podem ser criados.

Apesar do seu movimento ser controlado pelo componente *NavMeshAgent* as suas animações não o são, pois o sistema de navegação existente no *Unity3D* não tem capacidade para gerir as animações dos componentes que controla. Para a gestão de animações dos peões foram estudadas duas hipóteses para a sua implementação.

A primeira foi a seleção e reprodução de uma forma manual das animações através de execução de código. De uma forma simples consiste em dar a ordem de reprodução da animação correta na altura que se pretende. Para que isto seja possível as animações têm que estar criadas e definidas no próprio modelo.

O segundo método de controlo de animações foi o uso do sistema de animações do *Unity3D* conhecido como *Mechanim*. Como visto anteriormente o *Mechanim* permite a configuração e reutilização de animações em vários objetos distintos sem que estas tenham sido desenhadas e criadas para aquele objetos específico, com o auxílio *BlendTrees* é possível reutilizar o mesmo sistema de controlo de animações para objetos diferentes.

Tendo em atenção as capacidades e possibilidades de cada implementação foi decidido utilizar o *Mechanim* como sistema principal de controlo de animações para os peões. Para que seja possível a animação de um objeto ser controladas pelo *Mechanim* é necessário criar uma *BlendTree* e associá-la ao nosso peão. Para este caso apenas é necessário definir duas animações: uma para quando o peão está parado junto à passadeira à espera de poder avançar e outra para o movimento do peão para quando atravessa a passadeira e percorre o seu caminho. Como explicado anteriormente a transição entre animações é possível através da definição de transições entre as várias animações existentes, como tal definiu-se especificar duas transições entre a nossa animação de espera e a animação de movimento. Estas transições são ativas com base na modificação de um parâmetro booleano para indicação se o nosso peão se está a movimentar ou não. Caso esteja este parâmetro é-lhe atribuído o valor “Verdadeiro”, o sistema de animação deteta esta alteração de valor e

começa a reproduzir a animação de movimento para o peão, o contrário acontece quando lhe é atribuído novamente o valor “Falso” o nosso peão volta a reproduzir a animação de parado.

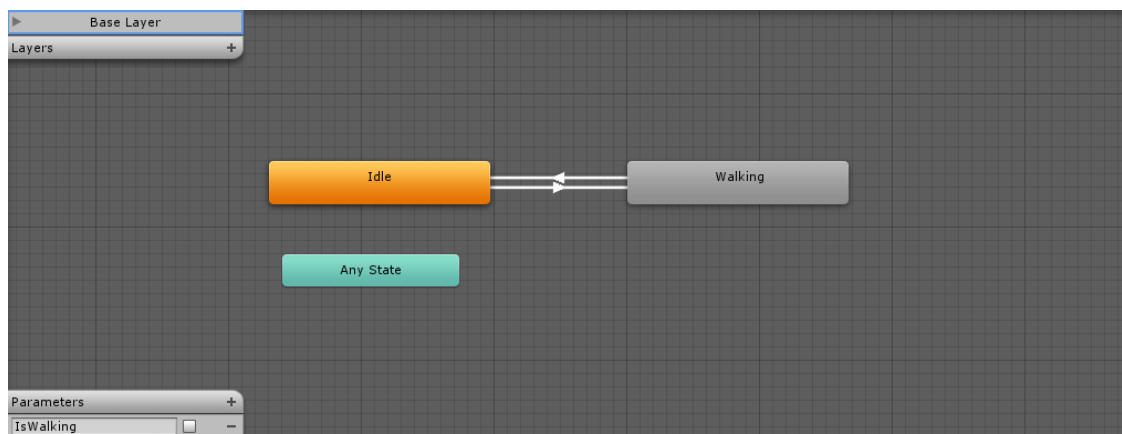


Figura 62 – BlendTree das animações dos peões

```

if (trafficLightController.CurrentLight == TrafficLights.Red)
{
    nav.Resume();
    if (wayPointIndex < Waypoints.Count)
    {
        if (nav.remainingDistance<=0.5)
        {
            if (wayPointIndex < Waypoints.Count &&
Waypoints[wayPointIndex] != null)
            {
                nav.destination = Waypoints[wayPointIndex].position;
                AnimatorStateInfo stateinfo =
anim.GetCurrentAnimatorStateInfo(0);
                anim.SetBool("IsWalking", true);
                wayPointIndex++;
            }
        }
    }
}
else
{
    anim.SetBool("IsWalking", false);
}

```

Código 5 – Implementação do movimento dos peões

3.3.4.6 A determinação de prioridades

Anteriormente as prioridades de movimentação do trânsito eram definidas na via e alteradas conforme os elementos que fossem sendo inseridos/alterados, fazendo com que os automóveis de uma certa via só se movimentassem caso essa via tivesse ordem para tal e não houvesse outra via com prioridade superior. Neste tipo de simulação a determinação de prioridades foi totalmente refeita de modo a tornar as simulações mais fluidas e realistas.

Começou-se por alterar a gestão de prioridades para os próprios veículos, ficando cada um responsável pela sua prioridade, retirando as informações que precisa do ambiente em seu redor. Assim cada veículo consegue mover-se independentemente mas estando a sua capacidade de movimentação ou não dependente das informações que recebe dos restantes elementos da simulação. Para controlar a leitura destas informações e não causar problemas de desempenho foram introduzidos no cenário pontos de leitura nas várias zonas onde é necessário verificar a prioridade do veículo que pretende avançar para determinada zona. Em cada ponto de leitura, os veículos, apenas leem informação relativa aos elementos que possam ter influência no seu movimento naquele determinado momento.

3.3.4.6.1 O ponto de Leitura: Sinalização de trânsito

O primeiro ponto de leitura foi introduzido imediatamente antes de cada conjunto de sinalização luminosa, vertical e passadeiras. Este ponto é responsável por dar a conhecer ao veículo qual o estado atual da sinalização da via em que se encontra. Com base na informação recebida ir-se-á determinar a próxima ação do veículo, por exemplo caso a via esteja com um sinal vermelho o automóvel para e aguarda que a sinalização mude para verde de modo a prosseguir com o seu percurso, ou se um peão estiver a atravessar uma passadeira no momento em que o automóvel chega à passadeira este para e aguarda que o peão atravesse para continuar a sua marcha. O mesmo acontece para a sinalização vertical que dependendo do tipo de sinal produz diferentes efeitos no veículo:

- Caso seja um sinal com influência na prioridade do veículo, um sinal de Stop ou um sinal de cedência de passagem o veículo é obrigado a parar, caso o sinal o obrigue, e a ceder passagem a todos os restantes veículos, mas só se o sinal luminoso estiver desativo.

- Caso seja um sinal de proibição ou de obrigatoriedade de sentido o percurso do veículo é alterado caso seja necessário de modo a cumprir o sinal. Este tipo de sinal não está dependente do sinal luminoso.

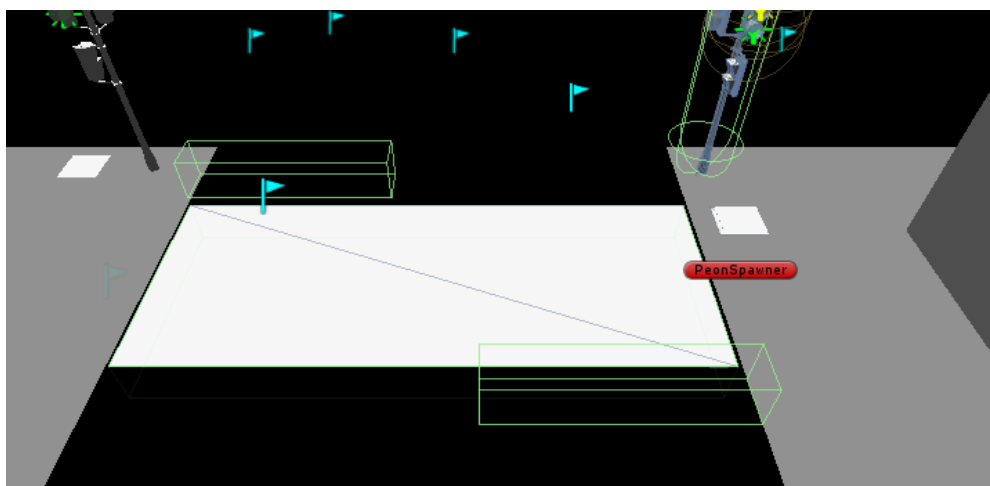


Figura 63 – Ponto de Leitura: Sinalização de trânsito

3.3.4.6.2 O ponto de Leitura: Aproximação de passadeira

O segundo ponto de leitura foi implementado nas entradas de cada via de forma a dar a conhecer aos automóveis, provenientes de outras vias, o estado atual da passadeira da via na qual pretendem entrar. Este ponto apenas é reportado ao veículo se existir algum peão a atravessar a passadeira existente na via onde pretende entrar caso haja algum o veículo para e aguarda que o peão termine a sua travessia para depois retomar o seu percurso.

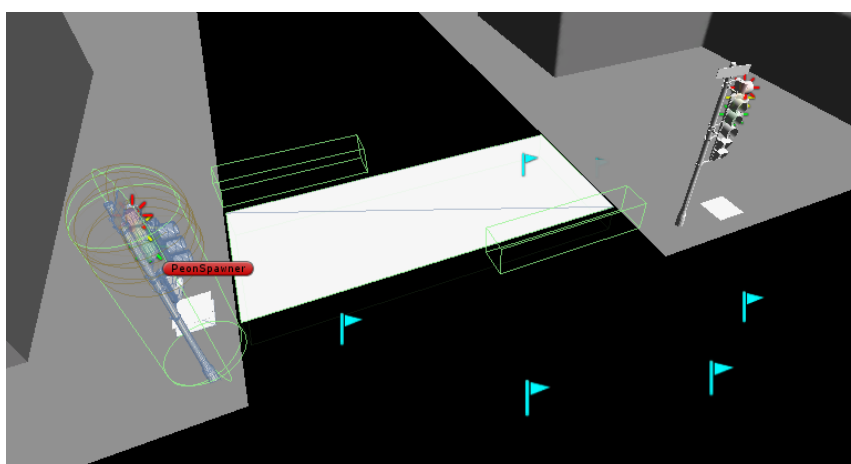


Figura 64 – Ponto de leitura: Aproximação de passadeira

3.3.4.6.3 O ponto de Leitura: Distância de segurança

Considerando os pontos de leitura anteriores, tendo em conta que um veículo apenas recebe as informações quando passa nesses pontos de leitura, deparando-se com uma situação em que um automóvel passa no ponto de leitura Sinalização de trânsito e vê-se obrigado a parar, o segundo e seguintes, que vierem atrás do primeiro como nunca irão passar no ponto de leitura não vão receber informação de que têm que parar devido à sinalização existente.

Para evitar esta situação foi implementado um ponto de leitura nos próprios veículos com objetivo de detetar não só se também estão obrigados a parar mas também para detetar se estão em risco de colisão com outros veículos. Este ponto de leitura é colocado na frente dos automóveis e é utilizada novamente *RayCasting* para gerar um raio para a frente do automóvel com uma certa distância e verificar o objeto de colisão, caso o objeto detetado pelo raio for outro veículo são efetuadas validações para averiguar qual a ação que deve efetuar.



Figura 65 – Ponto de leitura: Distância de segurança

3.3.4.6.4 O ponto de leitura: Cedência de passagem

Quando um automóvel se encontra no meio do cruzamento a sinalização existente anteriormente deixa de ter influência no seu movimento, em vez disso entra em vigor a lei da prioridade (quem se apresenta pela direita). Para implementação desta lei na nossa simulação foi implementado um ponto de leitura para cada via na intersecção de todas as vias existentes.

É então possível verificar para cada veículo, e com base na sua direção, se é necessário ajustar a sua prioridade.

O ponto de leitura de cedência de passagem é constituído por dois pontos distintos, um colocado no interior da via e outro colocado na intersecção. O primeiro serve como indicador se algum veículo está prestes a entrar na intersecção e, caso o esteja, é enviada a informação para o segundo ponto colocado na intersecção. O segundo ponto tem como função notificar os veículos que estão prestes a passar por ele, a existência de veículo provenientes da via por onde estão prestes a travessar e caso estes tenham prioridade, o ponto de leitura notifica o veículo obrigando-o a para e a deixar passar todos os veículos que tenham prioridade sobre ele.

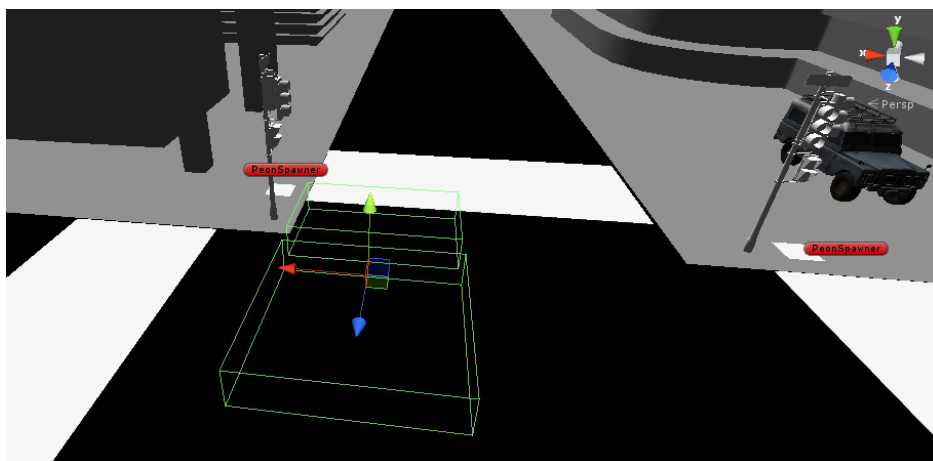


Figura 66 – Ponto de Leitura: Cedência de passagem

4 Análise de Resultados

“Strive not to be a success, but rather to be of value”

Albert Einstein

Neste capítulo pretende-se avaliar os resultados obtidos no inquérito efetuado de avaliação do protótipo desenvolvido. É inicialmente caracterizado o público-alvo quanto à sua idade e formação do código da estrada seguido de uma avaliação do protótipo e à sua facilidade de utilização.

O processo de inquérito realizado teve como participantes alguns alunos do ISEP que se disponibilizaram, bem como alguns candidatos a condutores e pessoas já encartadas. Foi também proposta a participação a algumas escolas de condução.

Os dados obtidos com a realização do inquérito são analisados com o recurso a gráficos gerados a partir de uma folha de cálculo exportada do *Google Drive*²⁹

4.1 Introdução

Devido à natureza e potencial deste estudo é necessário avaliar o potencial do protótipo implementado de modo a verificar a utilidade da ferramenta desenvolvida no ensino do código da estrada.

Nesse sentido o objetivo deste capítulo foi orientado à análise dos resultados obtidos através da realização de um inquérito (Anexo 1: Inquérito de avaliação de protótipo).

²⁹ Disponível em https://docs.google.com/forms/d/1nPFnPd_64m5f16DPSVpvOxAHAQT3MLMi5bZz3vFzfcc/edit

4.2 Análise de resultados

Responderam a este inquérito 38 pessoas. As respostas iniciais a este inquérito permitiram caracterizar o nosso público-alvo. Os gráficos apresentados foram gerados no tratamento dos dados obtidos após a exportação das respostas do inquérito.

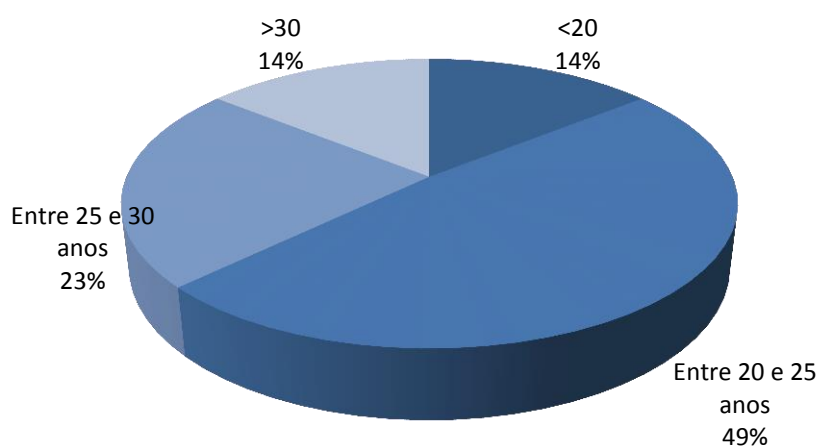


Gráfico 1 – Distribuição da população alvo

Este gráfico permite-nos verificar que os 49% dos nossos inquiridos se encontram com idades entre os 20 e os 25 anos, 23% entre os 25 e os 30 anos, 14% têm idades inferiores a 20 anos, e os últimos 14% encontram-se com idades superiores a 30.

Pretendemos saber se o público-alvo era titular de uma carta de condução pois estes estariam em melhores condições de perceber melhor o processo e os objetivos do protótipo.

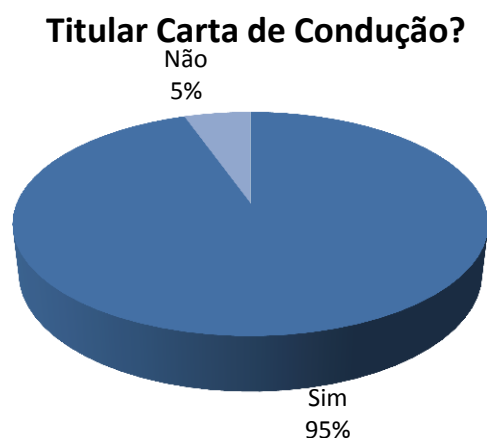


Gráfico 2 – Distribuição de cartas de condução

O gráfico acima permite-nos constatar que 95% dos inquiridos são possuidores de carta de condução e que apenas 5% não são condutores ou estão em processo de adquirir uma carta de condução.

No gráfico seguinte é-nos possível verificar as anuidades de carta dos condutores que responderam ao inquérito.

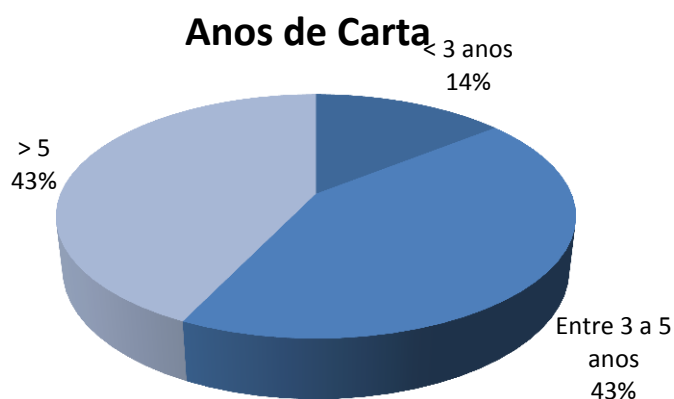


Gráfico 3 – Distribuição dos números de anos de carta

A maior parte dos inquiridos adquiriram a sua carta de condução à pelo menos 3 anos e à menos de 5 anos, ocupando 43% dos inquiridos com carta de condução, partilhando o lugar com os que adquiriram a sua carta de condução há mais de 5 anos. Os últimos 14% pertencem aos inquiridos que adquiriram a sua carta há menos de 3 anos.

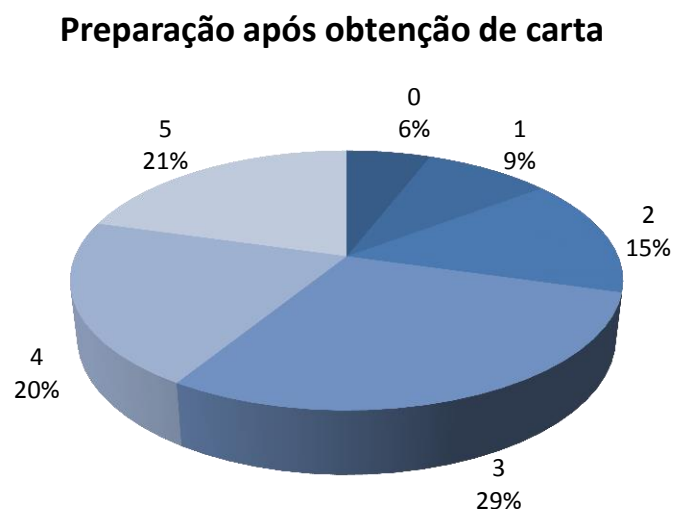


Gráfico 4 – Distribuição da preparação para a condução após obtenção da carta de condução

Esta distribuição tem como objetivo identificar o quanto preparados, para a condução fora do ambiente de escola, se sentiam os inquiridos após terem obtido a sua carta de condução.

Foi possível verificar que 6% dos inquiridos não se sentiam nada bem preparados; 9% sentiam-se minimamente preparados para a condução, 15% sentiam-se um pouco preparados, 23% ocupando a maior posição sentiam-se preparados para a condução do dia-a-dia, 20% sentiam-se bem preparados e por fim os últimos 21% afirmam sentir-se muito bem preparados para a condução fora do ambiente da escola de condução.

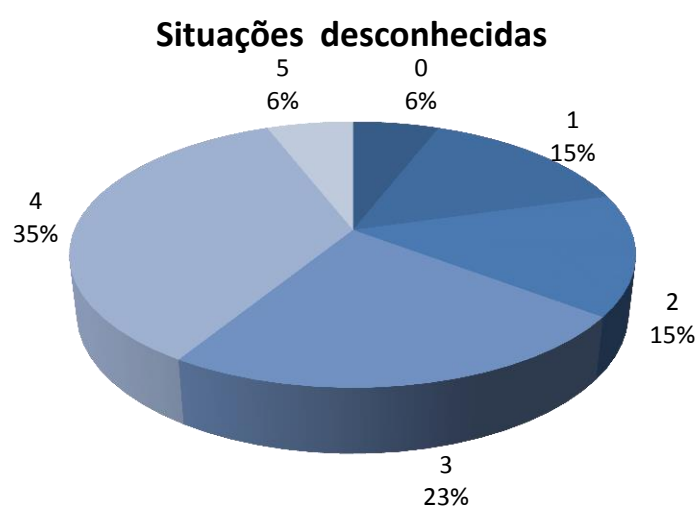


Gráfico 5 – Distribuição de preparação quando deparados com situações desconhecidas

Este último gráfico tem com objetivo avaliar se os inquiridos tinham facilidade em saber o que fazer quando se deparavam com situações, enquanto condutores, que nunca tinham visto nas suas aulas teóricas ou práticas.

Analisando os resultados é possível verificar 6% não sabiam o que haveriam de fazer, 15% tinham apenas alguma ideia do que fazer, 15% tinham um conhecimento mínimo do que tinham que fazer, 23% sabiam como tinham que proceder mas mantinham algumas dúvidas se realmente era o caminho correto, 35% dos inquiridos sabiam o que tinham que fazer nas situações em que se deparavam mas retinham sempre algum receio de ser o melhor processo a efetuar. Apenas 6% referir a certeza absoluta do que realizar quando se encontravam em situações desconhecidas.

De seguida foram questionados sobre a possibilidade de algum dos inquiridos ser atualmente instrutor de condução. Foram obtidas 100% de respostas negativas.

As próximas análises de resultados pretendem identificar a formação teórica do código da estrada dos inquiridos, avaliando o seu nível de formação, bem como os recursos disponíveis nas suas formações teóricas.

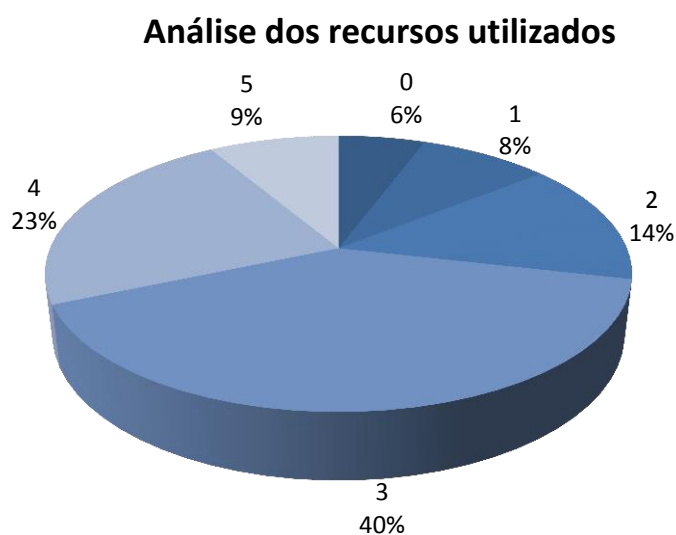


Gráfico 6 – Distribuição da disponibilidade dos recursos utilizados

O gráfico anterior tem como finalidade identificar se os recursos utilizados nas aulas teóricas da formação da carta de condução dos inquiridos foram suficientes. Verifica-se que 6% dos inquiridos acharam que os recursos utilizados na sua formação teórica do código da estrada não foram nada suficientes ou até mesmo inexistentes, 8% são da opinião que os recursos foram minimamente suficientes, 14% acham que foram poucos os recursos utilizados durante a sua formação teórica, 40% dos inquiridos responderam que os recursos utilizados durante a sua formação foram suficientes mas que haveria muito espaço para melhorias, 23% pensam que tiveram bons recursos durante as suas aulas mas que também poderiam ser melhorados. Apenas 9% são da opinião que os recursos que lhes foram expostos foram mais que suficientes durante a sua aprendizagem do código da estrada.

Existencia de espaço para melhoria do ensino

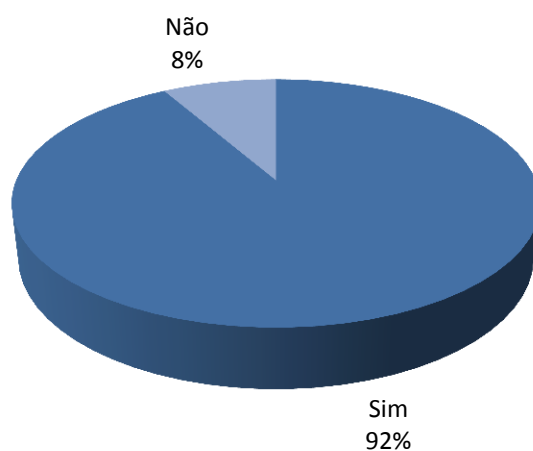


Gráfico 7 – Opinião dos inquiridos quanto à melhoria do seu ensino teórico

Foi questionado aos inquiridos se a sua formação teórica do código da estrada poderia ter sido melhorada caso houvesse acesso a melhores ferramentas de aprendizagem. Foram obtidas 92% de respostas positivas e apenas 8% de respostas negativas.

Sistema de alteração de cenários em tempo real

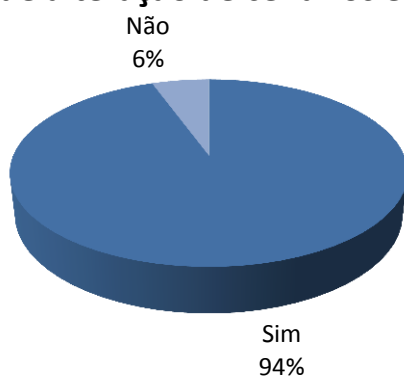


Gráfico 8 – Opinião dos inquiridos sobre sistema de alteração de cenários em tempo real

Para concluir o perfil da formação teórica dos inquiridos foi exposta a questão se estes gostariam de ter tido acesso, durante a sua formação teórica do código da estrada, a um sistema que permitisse a alteração de cenários em tempo real. Verificou-se 94% de respostas positivas e 6% de respostas negativas.

Passou-se então à próxima fase do inquérito como objetivo de determinar a utilidade do protótipo desenvolvido no ensino do código da estrada. Começou-se por questionar os inquiridos sobre a sua opinião relativamente ao objetivo do protótipo.

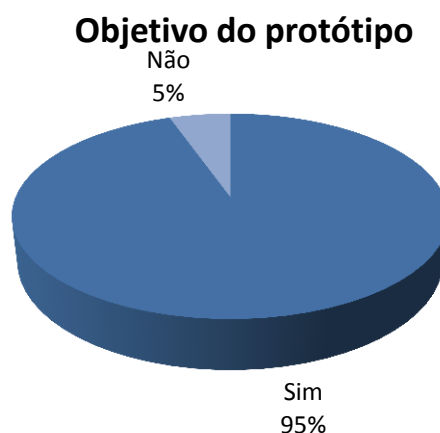


Gráfico 9 – Opinião dos inquiridos relativamente ao objetivo do protótipo

Como se pode verificar no gráfico anterior 95% dos inquiridos são da opinião que o protótipo tem um objetivo que pode ser interessante para o ensino do código da estrada, enquanto 5% são da opinião que o protótipo não tem interesse nenhum.

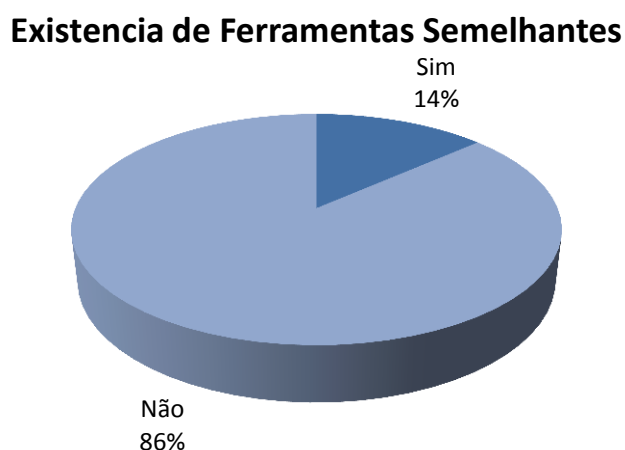


Gráfico 10 – Distribuição de ferramentas semelhantes ao protótipo na formação dos inquiridos

De seguida foi questionado aos inquiridos se, durante a sua formação teórica, tinham tido acesso a ferramentas semelhantes ao protótipo. Verificou-se que 86% dos inquiridos responderam negativamente enquanto 14% responderam positivamente. Aos 86% que

responderam negativamente foi-lhes questionado de seguida se caso tivessem tido acesso a uma ferramenta igual ao protótipo os ajudaria a compreender melhor o funcionamento do trânsito. No gráfico seguinte é possível verificar que 95% responderam positivamente enquanto 5% responderam que não os teria ajudado a compreender melhor o funcionamento do trânsito.

Utilidade da ferramenta na formação

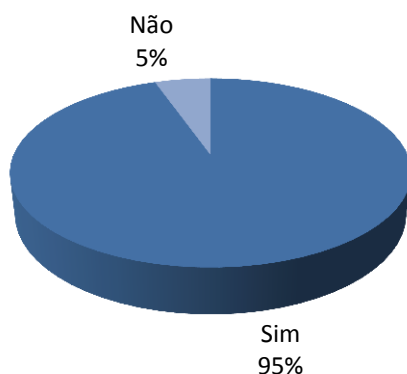


Gráfico 11 – Opinião dos utilizadores quanto à utilidade da ferramenta na sua formação

Foi efetuada uma tentativa de averiguar se os inquiridos eram da opinião se o protótipo poderia ser útil na formação de futuros candidatos a condutor.

Utilidade para futuros condutores

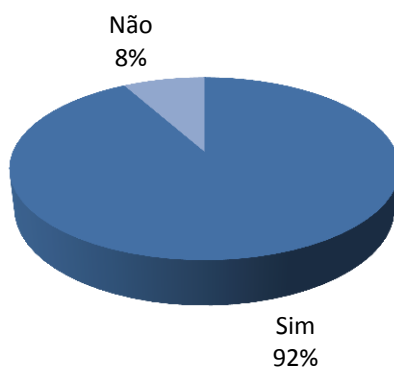


Gráfico 12 – Opinião dos inquiridos quanto à utilidade do protótipo para futuros condutores

Analisando as respostas dos inquiridos verifica-se que 92% são da opinião que esta ferramenta poderá ter utilidade no ensino de futuros candidatos a condutor; 8% são da opinião contrária.

Preferência de Simulações

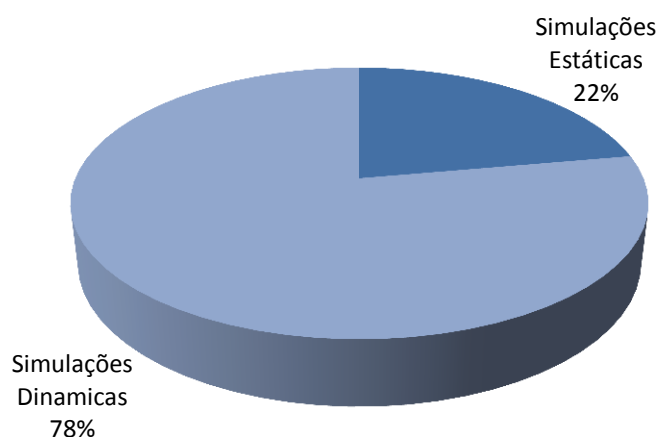


Gráfico 13 – Preferência dos inquiridos quanto ao tipo de simulações

Apresentados os vários tipos de simulações foi questionado aos inquiridos qual o tipo de simulação que acharam mais interessante. Obteve-se 78% das respostas nas Simulações Dinâmicas e 22% preferiram as simulações estáticas.

Disponibilidade em dispositivos móveis

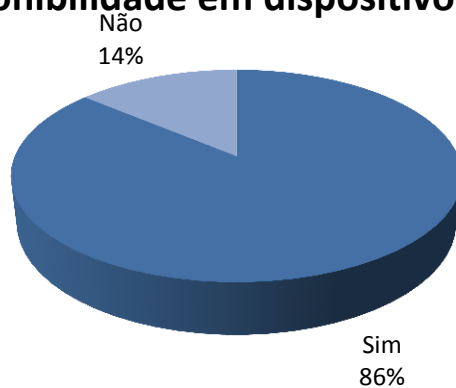


Gráfico 14 – Opinião dos inquiridos quanto à disponibilidade da ferramenta em dispositivos móveis

Para finalizar a opinião dos inquiridos quanto à análise do protótipo foi apresentada a questão se estes gostariam de ver, o protótipo, disponível em dispositivos móveis para uso fora das escolas de condução, 86% dos inquiridos responderam positivamente que gostariam de ter a ferramenta disponível em dispositivos móveis e 14% responderam negativamente.

A última secção do inquérito realizado tinha como objetivo avaliar a usabilidade do protótipo, avaliando a transição entre simulações, a facilidade de posicionar veículos e sinais de trânsito nos cenários existentes e também a alteração das propriedades de cada um dos elementos colocados nas simulações.

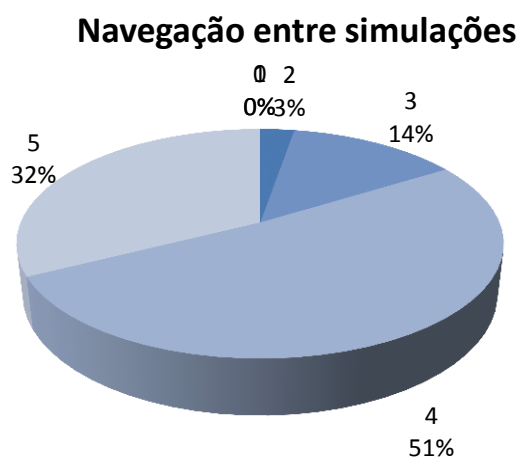


Gráfico 15 – Opinião dos inquiridos quanto à navegação entre simulações

Verifica-se que 32% são da opinião que a navegação é muito fácil; 51% responderam que a navegação é fácil, 14% responderam que não é muito fácil nem muito difícil, 3% responderam que é um pouco difícil e nenhum dos inquiridos acharam a navegação difícil ou muito difícil.

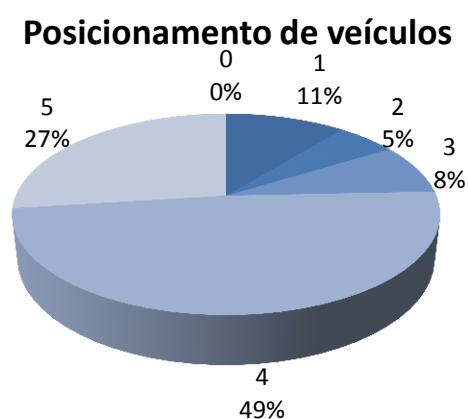


Gráfico 16 – Opinião dos inquiridos quanto ao posicionamento de veículos nas simulações

Relativamente ao posicionamento de veículos durante as simulações 27% responderam que acharam o procedimento é muito fácil, 49% são da opinião que o procedimento é fácil, 8% pensam que não é fácil nem difícil, 5% responderam que é um pouco difícil e 11%

classificaram o procedimento como sendo difícil e nenhum dos inquiridos classificou o posicionamento como sendo muito difícil.

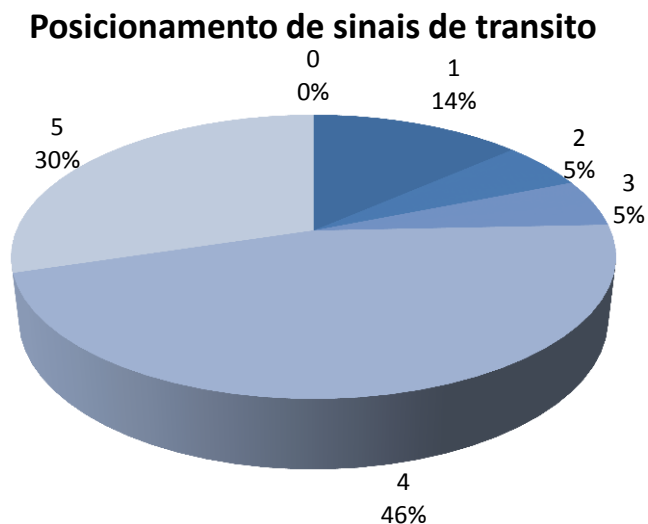


Gráfico 17 - Opinião dos inquiridos quanto ao posicionamento de sinais de trânsito nas simulações

Quanto ao posicionamento de sinais de trânsito durante as simulações; 30% responderam que acharam o procedimento é muito fácil, 46% são da opinião que o procedimento é fácil; 5% pensam que não é fácil nem difícil, 5% responderam que é um pouco difícil e 14% classificaram o procedimento como sendo difícil e nenhum dos inquiridos classificou o posicionamento como sendo muito difícil.

Alteração das propriedades dos elementos

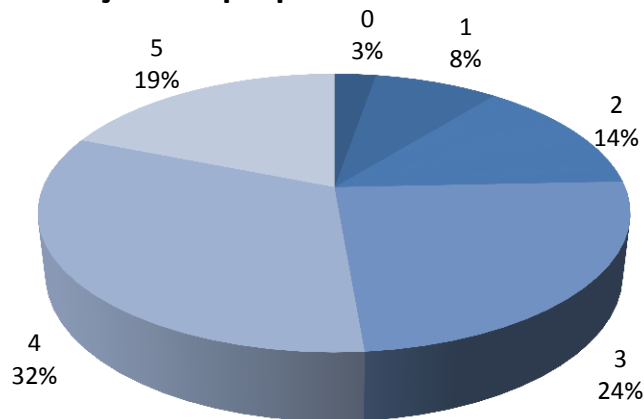


Gráfico 18 - Opinião dos inquiridos quanto à alteração das propriedades dos elementos nas simulações

Para finalizar a avaliação da usabilidade do protótipo foi questionado aos inquiridos a facilidade de alteração das propriedades dos elementos que são posicionados nas simulações, como veículos e sinais de trânsito. As respostas obtidas foram as seguintes: 32% responderam que acharam o procedimento é muito fácil, 24% são da opinião que o procedimento é fácil, 14% pensam que não é fácil nem difícil, 5% responderam que é um pouco difícil, 8% classificaram o procedimento como sendo difícil e 3% dos inquiridos classificaram o posicionamento como sendo muito difícil.

5 Conclusões e trabalho futuro

“The future starts today, not tomorrow”

Pope John Paul II

Neste capítulo efetua-se uma análise geral das conclusões retiradas do presente estudo, analisando a possível contribuição efetuada para uma melhoria do atual ensino da condução refletindo sobre um novo paradigma de ensino.

É analisada também a complexidade evidenciada ao longo do presente estudo e os seus efeitos no desenvolvimento do protótipo, como a imposição de limitações às funcionalidades de modo a baixar o nível de complexidade, mas verificando o aparecimento de mais problemas com essas mesmas limitações.

São retiradas as principais conclusões deste estudo fazendo uma análise dos resultados obtidos no inquérito efetuado e o interesse revelado pelas escolas de condução numa ferramenta desta natureza para utilizarem no seu ensino da condução, considerando que se alcançou os objetivos estipulados.

Finalmente são apresentadas as propostas de trabalho futuro a realizar no SIEC, referindo a intenção do autor deste estudo de passar o protótipo a produto final juntamente com parcerias com algumas escolas.

5.1 Introdução

O presente estudo tinha como principal objetivo investigar a hipótese de criação de uma ferramenta capaz de auxiliar as escolas de condução e os seus instrutores no ensino teórico do código da estrada que fosse simples, intuitiva e que permitisse acrescentar elementos a cenários e visualizar os resultados em tempo real.

Consideramos ter contribuído com o presente estudo para uma reflexão sobre um novo paradigma com potencial de ensinar procedimentos do código da estrada e por este motivo que ao contribuir para uma melhoria dos meios de ensino do código da estrada estaremos a tentar contribuir para uma melhor preparação dos alunos (candidatos a condutor) para a condução fora do ambiente de aprendizagem, contribuindo também, possivelmente, para a diminuição da sinistralidade nas estradas, sobretudo as que envolvem os condutores mais jovens.

A complexidade envolvente e evidenciada ao longo do presente estudo despoletou alguns desafios com um grau de dificuldade elevado pois, contrariamente ao que era pensado inicialmente, em cada situação de trânsito existente, sejam elas cruzamentos, entroncamentos ou rotundas o número de fatores envolventes tornam cada uma dessas situações diferente aumentando a sua complexidade conforme o número de elementos intervenientes.

Este nível de complexidade levou à imposição inicial de algumas limitações na estrutura das simulações com finalidade de diminuir o nível de complexidade. Com a definição de limitações iniciais verificou-se o aparecimento de alguns problemas que levaram a uma diminuição do realismo das simulações. Face aos problemas encontrados foi desenvolvido um novo tipo de simulações com o objetivo de eliminar estas limitações e conseqüentemente os problemas originados por elas, levando também ao aumento do realismo das simulações e aproximando-se da realidade que é a condução do dia-a-dia.

A natureza do presente estudo faz com que este esteja sujeito a constantes alterações, pois está dependente do código da estrada. Qualquer alteração efetuada a nível legal fará com que tenha que haver alterações ao SIEC de modo a que este se mantenha sempre atualizado.

5.2 Principais conclusões do presente estudo

A realização deste estudo permitiu conhecer mais detalhadamente como funciona o ensino do código da estrada, quem decide como o ensino tem que ser efetuado e como as escolas de condução trabalham para ensinar os seus alunos. Permitiu também, com a realização de um inquérito, avaliar o impacto que uma ferramenta semelhante ao SIEC pode vir a ter no ensino do código da escola.

Foram submetidas a inquérito algumas pessoas com um variado nível de idades e diferentes anos de experiência de condução. Isto permitiu avaliar o protótipo junto de inquiridos com diferentes métodos de ensino ao longo de vários anos, havendo vários níveis de preparação aquando a obtenção da carta de condução.

Das pessoas inquiridas, verificou-se que 95% acharam interessante o objetivo do SIEC e também são da opinião que esta ferramenta pode ser útil e contribuir melhoria do ensino do código da estrada, com base nas suas experiências.

Pela apresentação dos dois tipos de simulação distintas aos inquiridos e a posterior análise da preferência destes verificou-se que 78% dos inquiridos têm preferência pelas simulações dinâmicas. Devido às simulações dinâmicas terem sido desenvolvidas após uma análise das limitações e problemas encontrados nas simulações estáticas pode-se concluir que o rumo a tomar nas futuras simulações será o escolhido para as simulações dinâmicas.

A elaboração do protótipo permitiu verificar que existe espaço para melhoria do ensino do código da estrada recorrendo a novas tecnologias e a sistemas gráficos de modo a permitir, aos futuros condutores, uma visualização do que podem esperar quando concluírem o seu ensino da carta de condução.

Após a apresentação do SEIC em duas escolas de condução foi possível aferir o grande interesse num trabalho desta natureza, tendo esses profissionais referido que devemos passar rapidamente de protótipo a produto final, dado a sua relevância para esta atividade.

Ao nível da solução e quanto aos objetivos do presente estudo consideram-se ter cumprido o estipulado de forma muito considerável salientando o potencial que este pode ter numa mudança de paradigma no que respeita ao ensino do código da estrada.

5.3 Trabalho futuro

O desenvolvimento do SIEC, atualmente ainda apenas como protótipo, permitiu obter a atenção e interesse de algumas escolas de condução no seu potencial como auxiliar de ensino. No futuro o autor deste estudo tem intenções de o continuar a desenvolver até se tornar um produto final.

Pretende-se fazer parcerias com algumas escolas que se demonstraram interessadas no protótipo a fim de desenvolver o SIEC juntamente com especialistas na área do ensino da condução para que este esteja o mais próximo possível da realidade.

Quando o produto estiver mais maduro pretende-se também entrar em contacto com o IMT para apresentar as potencialidades que SIEC tem e pode vir a ter como auxiliar de ensino para os instrutores e alunos do código da estrada e obter a sua certificação devida para que possa ser autorizado a ser usado durante as aulas do código da estrada.

Referências

ANIECA, s.d. *Associação Nacional Industriais de Ensino*. [Online]

Available at: <http://www.anieca.pt>

Anoreca, 2008. *Associação dos industriais do ensino de condução automóvel de Portugal*.

[Online]

Available at: <http://www.anoreca.com/>

ANSR, 2013. *Sinistralidade Rodoviária*. [Online]

Available at:

<http://www.ansr.pt/LinkClick.aspx?fileticket=wkP%2f4W3imBk%3d&tabid=424&mid=1316&language=pt-PT>

ANSR, 2014. *Campanhas de Segurança Rodoviária*. [Online]

Available at: <http://www.ansr.pt/Default.aspx?tabid=54&language=pt-PT>

Automóvel Clube de Portugal, s.d. *Automóvel Clube de Portugal*. [Online]

Available at: <http://www.acp.pt/>

Barbosa, M. S., 2007. [Online]

Available at: http://docentes.fam.ulusiada.pt/~d1207/docs/mestrado/Artigo_b.pdf

ChartsBin, s.d. [Online]

Available at: <http://chartsbin.com/view/1113>

[Acedido em Agosto 2014].

Creighton, R., 2013. *Unity 4.X Game Development by Example*. s.l.:s.n.

Diário da República, 2014. *Decreto-Lei n.º 14/2014*. [Online]

Available at: <https://dre.pt/application/dir/pdf1s/2014/03/05400/0201502030.pdf>

Eckermann, E. & Albrecht, P., 2001. *World History of the Automobile*. s.l.:Society of Automotive Engineers.

Epic Games, 2014. *Unreal Engine 4*. [Online]

Available at: <http://www.udk.com>

Epic Games, s.d. *Unreal Development Kit*. [Online]

Available at: <https://www.unrealengine.com/>

Gibson, J., 2012. *Introduction to Game Design, Prototyping, and Development: From Concept to Playable Game with Unity and C#*. s.l.:Addison-Wesley Professional.

Haven, K. F., 2006. *100 Greatest Science Inventions of All Time*. s.l.:Libraries Unlimited.

IMT, 2010. *Manual da Qualidade de Serviços*. [Online]

Available at:

http://www.imtt.pt/sites/IMTT/Portugues/EnsinoConducao/ManuaisEnsinoConducao/Documents/IMTT_Manual_Qualidade_Servicos.pdf

IMT, 2010. *Manual de Ensino da Condução*. [Online]

Available at:

http://www.imtt.pt/sites/IMTT/Portugues/EnsinoConducao/ManuaisEnsinoConducao/Documents/IMTT_Manual_Ensino_Conducao.pdf

IMT, s.d. *Ficha Técnica - Cedência de Passagem*. [Online]

Available at:

http://www.imtt.pt/sites/IMTT/Portugues/EnsinoConducao/ManuaisEnsinoConducao/Documents/Fichas/FT_CedenciadePassagem.pdf

McKnight, A. J. & Adams, B. B., 1970. [Online]

Available at: <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED075624.pdf>

OCDE, 2006. *Young Drivers. The Road to Safety*. [Online]

Available at: <http://www.internationaltransportforum.org/Pub/pdf/06YoungDrivers.pdf>

Peräaho, M., Keskinen, E. & M., H., 2003. *Driver Competence in a Hierarchical Perspective*; [Online]

Available at: <http://www.1st-4.org/wp-content/uploads/2012/02/GDE-Matrix2.pdf>

Rodoviária, E., 2014. *Educação Rodoviária*. [Online]

Available at: <http://www.educacao-rodoviaria.pt/legislacao/codigo-da-estrada>

Snow, N., s.d. *WHY ADIS FIND 'THE MATRIX' CONFUSING (THE GDE MATRIX, THAT IS...)*.

[Online]

Available at: <https://roadio.com/magazine/2013/09/the-matrix/>

[Acedido em Junho 2014].

Thorn, A., 2014. *Pro Unity Game Development with C#*. s.l.:s.n.

Unity Technologies, s.d. *Unity - Game Engine*. [Online]

Available at: <http://www.unity3d.com>

Anexos

Anexo 1: Inquérito de avaliação de protótipo

Formação Teórica da Carta de Condução

O presente questionário pretende aferir uma tese de mestrado realizada no Instituto Superior de Engenharia do Porto com a temática Simulador de Apoio ao ensino do código da estrada

Com os melhores cumprimentos,

Mário André Alves Nogueira e António Vieira de Castro

***Obrigatório**

Idade *

- <20
- Entre 20 e 25 anos
- Entre 25 e 30 anos
- >30

Possui Carta de Condução *

- Sim
- Não

Se sim há quanto tempo?

- < 3 anos
- Entre 3 a 5 anos
- > 5

É instrutor de condução? *

- Sim
- Não

Após ter tirado a carta sentia-se preparado para a condução do dia-a-dia?

0 - Pouco Preparado 5 - Muito Preparado

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Após ter tirado a carta e se deparasse com situações desconhecidas, tinha facilidade em perceber o que tinha que fazer?

0 - Pouca facilidade 5 - Muita facilidade

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Durante a sua formação teórica achou suficiente os recursos usados para demonstração de situações de trânsito?

0 - Pouco suficiente 5 - Muito suficiente

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Acha que a sua formação teórica poderia ter sido melhorada com recurso a melhores ferramentas de aprendizagem?

- Sim
- Não

Gostava de ter tido um sistema em que o instrutor pudesse alterar cenários em tempo real?

- Sim
- Não

[Continuar »](#)

Formação Teórica da Carta de Condução

*Obrigatório

Análise Prototipo

Após ter visto o funcionamento do prototipo responda às seguintes perguntas

Achou interessante o objectivo do protótipo? *

- Sim
- Não

Teve ferramentas semelhantes durante a sua formação teórica do código da estrada? *

- Sim
- Não

Caso não tenha tido, acha que esta poderia ter sido uma ferramenta que o ajudaria a compreender melhor o funcionamento do trânsito? *

- Sim
- Não

Acha que esta ferramenta poderá ser útil na ajuda à formação teórica de futuros condutores? *

- Sim
- Não

Qual achou mais interessante? As Simulação Estáticas ou as Dinamicas? *

- Simulações Estáticas
- Simulações Dinamicas

Gostaria de ter esta ferramenta disponível em dispositivos móveis? *

- Sim
- Não

« Anterior

Continuar »

Formação Teórica da Carta de Condução

*Obrigatório

Usabilidade

Considerou fácil a navegação entre as diferentes simulações? *

0 - Muito Difícil; 5 - Muito fácil

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Como classifica o procedimento de colocar um veículo? *

0 - Muito Difícil 5 - Muito Fácil

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Como classifica o procedimento de colocar um sinal? *

0 - Muito Difícil 5 - Muito fácil

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Como classifica o procedimento de colocar um sinal? *

0 - Muito Difícil 5 - Muito fácil

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Como classifica o procedimento de alterar as propriedades de um elemento pertencente à simulação? *

0 - Muito Difícil 5 - Muito Fácil

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Que melhorias sugeria?

« Anterior

Enviar

Nunca envie palavras-passe através dos Formulários do Google.