

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO**

**CIDTRANS - Jogo 3D para educação no trânsito**

Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia de Computação, apresentado à UTFPR como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Computação.

**Pato Branco**

**2014**

## **Vanderlei Luiz Azzolini**

### **CIDTRANS - Jogo 3D para educação no trânsito**

Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia de Computação, apresentado à UTFPR como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Computação.

#### **Orientadora:**

Nome da orientadora: Dr<sup>a</sup> Gilda Aparecida de Assis

E-mail da orientadora: gilda1@gmail.com

Nome da co-orientadora: Dr<sup>a</sup> Luciene de Oliveira Marin

E-mail da co-orientadora: lucienemarin@utfpr.edu.br

Assinatura da orientadora:

**Pato Branco**

**2014**

## RESUMO

AZZOLINI, Vanderlei Luiz. CIDTRANS jogo 3D para educação no trânsito. 2013. Monografia do curso de Engenharia de Computação. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

O número de acidentes no trânsito tem crescido consideravelmente nos últimos anos. A utilização de jogos computacionais no contexto educacional possibilita ao jogador desenvolver habilidades como aprender a conviver e cooperar com as pessoas, observar regras, cumprir acordos. Esta monografia apresenta um jogo computacional tridimensional que tem como objetivo apoiar a educação de motoristas preparando-os para enfrentar situações vivenciadas no cotidiano dos centros urbanos. Este jogo tem potencial para ser utilizado como recurso de apoio em cursos de formação de condutores e de reciclagem de motoristas bem como em atividades de educação no trânsito em escolas de ensino fundamental.

**Palavras-chave:** Jogos educacionais; Testes de usabilidade;

## ABSTRACT

AZZOLINI, Vanderlei Luiz. CIDTRANS jogo 3D para educação no trânsito. 2013. Monografia do curso de Engenharia de Computação. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

The number of transit accidents has grown considerably in recent years. The use of computer games in educational contexts enables the learner to develop skills and learning to live and cooperate with others, following rules, fulfilling agreements. This monograph presents a three-dimensional computer game that aims to support the education of drivers preparing them to deal with daily situations experienced in the urban centers. This game has potential to be used as a resource to support courses in driver training and retraining of drivers as well as activities for transit education in elementary schools.

**Keywords:** Educational games; Usability tests;

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. PRINCIPAIS CAUSAS DE ACIDENTES DE TRÂNSITO NO BRASIL. ....	13
FIGURA 2. MÓDULO DO JOGADOR NO JOGO “O QUE É O QUE É?” .....	17
FIGURA 3. TELA DO JOGO SHERLOCK DENGUE V6.0.....	18
FIGURA 4. TELA DO JOGO TRANSRISCO. ....	19
FIGURA 5. (A) VISTA SUPERIOR DO EDUCATRANS. (B) VEÍCULO NO CENÁRIO DO JOGO. .....	20
FIGURA 6. PRIMITIVAS GEOMÉTRICAS DO JOGO PROPOSTO. ....	21
FIGURA 7. ESTRUTURA DE ÁRVORE PARA CRIAÇÃO DE UM OBJETO. ....	22
FIGURA 8. OPERAÇÃO DE UNIÃO, INTERCESSÃO E DIFERENÇA ENTRE OS SÓLIDOS A E B. .....	23
FIGURA 9. OBJETO DEFINIDO POR EXTRUSÃO. ....	23
FIGURA 10. ETAPAS MAIS IMPORTANTES DO PIPELINE GRÁFICO. ....	31
FIGURA 11. MODELO DE PEDESTRE PARA REALIZAÇÃO DAS ANIMAÇÕES NO BLENDER. .....	34
FIGURA 12. MODELO DE UMA CASA, OBTIDO DA BIBLIOTECA ON-LINE DO SKETCHUP. ....	35
FIGURA 13. INTERFACE DA GAME ENGINE UNITY 3D. ....	36
FIGURA 14. CLASSE CENÁRIO E SUAS COMPOSIÇÕES.....	41
FIGURA 15. CLASSE AGENTES REATIVOS E SUAS AGREGAÇÕES. ....	43
FIGURA 16. DIAGRAMA DE CLASSES COMPLETO SEM OS ATRIBUTOS E MÉTODOS. ....	45
FIGURA 17. MAPA DO CENTRO DE FRANCISCO BELTRÃO EM A E INDICAÇÃO DAS RUAS EM B.....	47
FIGURA 18. VISÃO SUPERIOR DA MODELAGEM DAS RUAS E CALÇADAS DO CENTRO DE FRANCISCO BELTRÃO NO SOFTWARE UNITY 3D. ....	47
FIGURA 19. MENU PRINCIPAL DO JOGO CIDTRANS.....	48
FIGURA 20. TELA DE INÍCIO DA CENA COM INFORMAÇÕES SOBRE O OBJETIVO DO JOGO. .....	49
FIGURA 21. TELA DE INÍCIO DA CENA DO NÍVEL 1. ....	49
FIGURA 22. TELA DE INÍCIO DA CENA DO NÍVEL 2. ....	50
FIGURA 23. TELA DE INÍCIO DA CENA DO NÍVEL 3. ....	50
FIGURA 24. POSIÇÃO INICIAL DO MOTORISTA HUMANO NO CENÁRIO. ....	51

FIGURA 25. IMAGEM COM OS MOSTRADORES DE VELOCIDADE, PONTUAÇÃO E DISTÂNCIA.....	52
FIGURA 26. IMAGEM DO MENU DE PAUSA DO JOGO. ....	52
FIGURA 27. IMAGEM DE UM JOGADOR SE APROXIMANDO DE UMA CÉLULA. ....	53
FIGURA 28. IMAGEM DA CENA COM O OBJETIVO CONCLUÍDO NO NÍVEL 1.....	54
FIGURA 29. IMAGEM DA CENA EM QUE O JOGADOR ENCONTROU A CÉLULA NÃO OBTENDO O MÍNIMO REQUERIDO DE RESPEITOS EM COMPARAÇÃO AS INFRAÇÕES COMETIDAS NO NÍVEL 1.....	54
FIGURA 30. IMAGEM DA CENA COM O OBJETIVO CONCLUÍDO NO NÍVEL 2.....	55
FIGURA 31. IMAGEM DA CENA COM O OBJETIVO CONCLUÍDO NO NÍVEL 3.....	55
FIGURA 32. IMAGEM DA CENA, ONDE A PONTUAÇÃO DO JOGADOR ATINGIU UM VALOR MENOR OU IGUAL A ZERO. ....	56
FIGURA 33. IMAGEM DA CENA EM QUE, APRESENTA OS ELEMENTOS DE TRÂNSITO RESPEITADOS E DESRESPEITADOS DURANTE O NÍVEL COM O BOTÃO DE RECOMEÇAR. ....	57
FIGURA 34. IMAGEM DA CENA EM QUE, APRESENTA OS ELEMENTOS DE TRÂNSITO RESPEITADOS E DESRESPEITADOS DURANTE O NÍVEL COM O BOTÃO AVANÇAR PARA O PRÓXIMO NÍVEL.....	57
FIGURA 35. IMAGEM DA CENA EM QUE, APRESENTA OS ELEMENTOS DE TRÂNSITO RESPEITADOS E DESRESPEITADOS DURANTE O NÍVEL COM O BOTÃO PARA REINICIAR UM NÍVEL.....	58
FIGURA 36. DIAGRAMA DA MOVIMENTAÇÃO DOS PEDESTRES NO CENÁRIO.....	61
FIGURA 37. DIAGRAMA DAS TAGS ATRIBUÍDAS A CADA MARCO.....	62
FIGURA 38. JANELA "INSPECTOR" COM OS MARCOS ADJACENTES REFERENTES A "TAG" CALÇADA 1 DE UMA INTERSEÇÃO DE UMA RUA. ....	62
FIGURA 39. DIAGRAMA DAS TAGS ATRIBUÍDAS A CADA MARCO PARA MOVIMENTAÇÃO DOS MOTORISTAS. ....	65
FIGURA 40. MENSAGEM DE RESPEITO A UMA PLACA DE RESTRIÇÃO DE VELOCIDADE. ....	67
FIGURA 41. MENSAGEM DE DESRESPEITO A UMA PLACA DE RESTRIÇÃO DE VELOCIDADE. ....	67
FIGURA 42. EXIBIÇÃO DE MÚLTIPLAS MENSAGENS AO USUÁRIO. ....	68
FIGURA 43. GRÁFICO DO PRÉ-TESTE SOBRE GRAVIDADE DE INFRAÇÕES NO TRÂNSITO.....	74

FIGURA 44. GRÁFICO DO PÓS-TESTE SOBRE GRAVIDADE DE INFRAÇÕES NO TRÂNSITO.	75
FIGURA 45. GRÁFICO DA QUESTÃO 01 DO QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DO CIDTRANS. ....	76
FIGURA 46. GRÁFICO DA QUESTÃO 02 DO QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DO JOGO. ....	76
FIGURA 47. GRÁFICO DA QUESTÃO 03 DO QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DO CIDTRANS. ....	76
FIGURA 48. GRÁFICO DA QUESTÃO 04 DO QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DO JOGO. ....	77
FIGURA 49. GRÁFICO DA QUESTÃO 05 DO QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DO CIDTRANS. ....	77
FIGURA 50. GRÁFICO DA QUESTÃO 06 DO QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DO JOGO. ....	77
FIGURA 51. GRÁFICO DA QUESTÃO 07 DO QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DO CIDTRANS. ....	78
FIGURA 52. GRÁFICO DA QUESTÃO 08 DO QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DO JOGO. ....	78
FIGURA 53. GRÁFICO DA QUESTÃO 09 DO QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DO CIDTRANS. ....	78

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Técnica de modelagem 3D utilizada nos modelos dos objetos.....	48
Tabela 2. Elementos e fatores de trânsito utilizados para o cálculo da pontuação dos motoristas.....	70
Tabela 3. Conhecimento sobre os elementos de trânsito e suas respectivas infrações .....	74



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CFC : Centro de Formação de Condutores;

CSG : *Constructive solid geometry* (geometria sólida construtiva);

DNA : Ácido desoxirribonucleico;

DPVAT : Seguro de Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Vias Terrestres;

IBGE : Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

3D : Tridimensional

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>1.1 Principal problema a ser abordado .....</b>	<b>14</b>
<b>1.2 Objetivo Geral .....</b>	<b>14</b>
<b>1.3 Objetivos Específicos.....</b>	<b>14</b>
<b>1.4 Contexto .....</b>	<b>15</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 Estado da Arte.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 Computação Gráfica.....</b>	<b>20</b>
<b>2.3 Jogos Digitais .....</b>	<b>23</b>
<b>2.4 Motor de jogo (<i>Game Engine</i>).....</b>	<b>29</b>
<b>2.4.1 <i>Engine</i> de renderização.....</b>	<b>29</b>
<b>2.4.2 <i>Engine</i> de física.....</b>	<b>31</b>
<b>2.4.3 <i>Engine</i> de som .....</b>	<b>32</b>
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>33</b>
<b>3.1 Materiais .....</b>	<b>33</b>
<b>3.1.1 Blender.....</b>	<b>33</b>
<b>3.1.2. Google SketchUp .....</b>	<b>34</b>
<b>3.1.3 Unity 3D .....</b>	<b>35</b>
<b>3.2 Métodos .....</b>	<b>38</b>
<b>4 IMPLEMENTAÇÃO DO JOGO CIDTRANS .....</b>	<b>40</b>
<b>4.1 Levantamento de Requisitos .....</b>	<b>40</b>
<b>4.2 Diagrama de Classe.....</b>	<b>40</b>
<b>4.3 Modelos 3D.....</b>	<b>45</b>
<b>4.4 Jogo CIDTRANS.....</b>	<b>46</b>
<b>4.5 Controle do Jogador Humano .....</b>	<b>58</b>
<b>4.6 Pedestres Autônomos.....</b>	<b>59</b>
<b>4.7 Motoristas Autônomos .....</b>	<b>64</b>

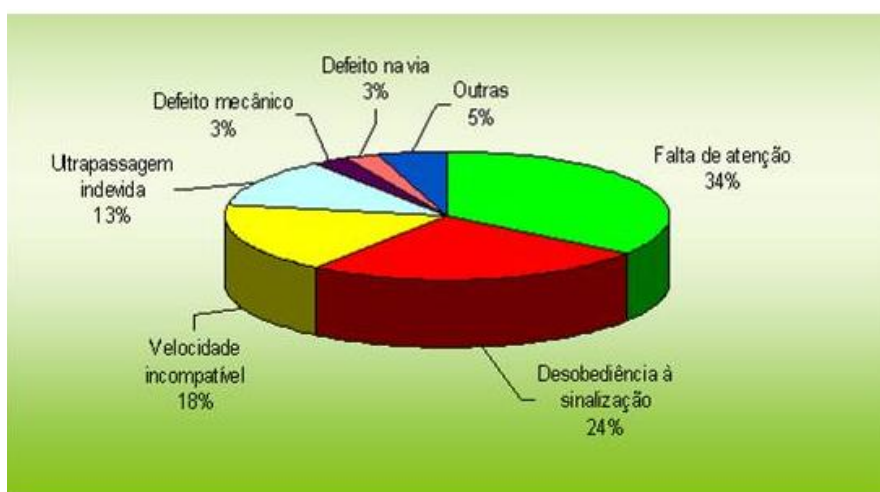
4.8 Mecanismos de Pontuação no Jogo .....	66
4.9 Análise comparativa do jogo CidTrans.....	69
<b>5 RESULTADOS DOS TESTES E DISCUSSÃO .....</b>	<b>71</b>
5.1 Testes com usuários .....	73
5.2 Discussão dos resultados.....	79
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>82</b>
<b>7 REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>86</b>
<b>ANEXO A. REQUISITOS FUNCIONAIS E NÃO FUNCIONAIS PARA O USUÁRIO. ....</b>	<b>92</b>
<b>ANEXO B. REQUISITOS FUNCIONAIS E NÃO FUNCIONAIS LEVANTADOS PARA PERSONAGENS AUTÔNOMOS.....</b>	<b>94</b>
<b>ANEXO C. DADOS DOS TESTES DO JOGO CIDTRANS.....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXO D. DADOS DOS TESTES DO JOGO CIDTRANS.....</b>	<b>96</b>
<b>ANEXO E. QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DE SATISFAÇÃO DO USUÁRIO PRÉ-JOGO. ....</b>	<b>97</b>
<b>ANEXO F. QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DE SATISFAÇÃO DO USUÁRIO PÓS-JOGO. ....</b>	<b>99</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), os acidentes de trânsito no Brasil representaram a terceira maior causa de morte no ano de 2010, totalizando mais de 40.610 vítimas, sendo uma média de 112 mortes por dia. Outro fato decorrente dos acidentes no trânsito são os casos de vítimas que ficaram inválidas que, de acordo com dados do Seguro de Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Vias Terrestres (DPVAT), tiveram um aumento de 500% no ano de 2010 representando um total de 151.558 vítimas em comparação a 2005 onde foram registradas 31.121 vítimas (IBGE, 2012) (RODRIGUES, 2012).

Segundo dados da Polícia Rodoviária Federal, os acidentes no trânsito brasileiro em 2010 tiveram em 90% dos casos como principal motivo a falha humana, tendo como fatores de imprudência o excesso de velocidade, distância pequena entre veículos, não obediência à sinalização, ultrapassagens mal realizadas, falta de capacitação dos motoristas, entre outras, como apresentado na Figura 1. De acordo com Dirceu Rodrigues Alves Júnior, diretor da Associação Brasileira de Medicina do Tráfego (Abramet), a preparação dos motoristas não é boa o suficiente (RODRIGUES, 2012). Jogos computacionais poderiam ser utilizados para melhorar a capacitação dos motoristas. Esses jogos poderiam abordar possíveis adversidades que ocorrem no trânsito e assim servir de auxílio na aprendizagem em diversos cenários, como Centros de Formação de Condutores (CFCs), escolas e cursos de Reciclagem (RODRIGUES, 2012).

De acordo com o DENATRAN em 2011, do total de vítimas fatais, 8.269 tinham idade entre 18 e 29 anos, e eram na sua maioria condutores de veículos. O crescimento nesta categoria vem se acentuando, uma vez que em 2003 foram 6.159 vítimas na faixa etária dos 18 aos 29 anos de idade, também em sua maioria condutores. Dos acidentes ocorridos no país em 2010, cerca de 44% dos condutores envolvidos em acidentes com vítimas tinham menos de 29 anos. Em 2011 esse percentual subiu para 46%, sendo que 3,4% tinham menos de 18 anos. (JUNCAL, 2012).



**Figura 1. Principais causas de acidentes de trânsito no Brasil.**

Fonte: IBGE (2012).

Os jogos computacionais educacionais podem ser ferramentas auxiliadoras no ensino, proporcionando diversão e motivação e, ao mesmo tempo, facilitando o aprendizado e aumentando a capacidade de retenção do que foi ensinado, exercitando as funções mentais e intelectuais do jogador, e exigindo tanto o reconhecimento e entendimento de regras, quanto a identificação correta de contextos (TAROUCO et al., 2004).

Em grande parte dos jogos computacionais educacionais, os jovens têm um esforço intelectual para analisar e aprender as regras e estratégias envolvidas no jogo. Portanto, essas ferramentas auxiliam na mediação de experiências e na aprendizagem dos alunos. Eles parecem carregar um grande potencial para o engajamento cognitivo e aprendizagem de conteúdos específicos. No contexto do trânsito, o aluno desenvolve a capacidade de prever situações adversas de perigo, reagindo de forma antecipada e consciente (BATTAIOLA, 2002).

A educação no trânsito visa orientar a população, instruindo-a sobre os riscos do trânsito, as conseqüências de imprudências e desrespeito às leis de trânsito vigentes e, principalmente, informar quais são as atitudes corretas frente aos diversos elementos de trânsito como: placas de sinalização e advertência, semáforos, pedestres e outros motoristas que trafegam na mesma via (BATTAIOLA, 2002).

Neste contexto, desenvolveu-se um jogo computacional tridimensional para apoiar a educação de motoristas e pedestres sobre possíveis adversidades encontradas no trânsito, preparando-os para enfrentar estas situações na realidade.

O jogo CidTrans é baseado em ruas de um centro urbano. O usuário do jogo inicia em um ponto pré-estabelecido do cenário e seu objetivo em cada nível é encontrar os objetos (células de carga) e retornar a posição inicial com o maior número de recompensas, adquiridas em função do atendimento ao disposto nas leis de trânsito. Para isso são apresentados desafios durante o percurso, tais como, pedestres atravessando a rua na faixa de segurança ou fora da faixa, semáforos, motoristas atravessando a preferência nas vias.

### **1.1 Principal problema a ser abordado**

O principal problema a ser abordado no jogo CidTrans é a educação e a conscientização das pessoas, principalmente motoristas, sobre as leis de trânsito e as possíveis adversidades que podem ocorrer em vias públicas. Considera-se que a educação é um meio eficaz na preparação de um indivíduo aos eventos da vida real, conscientizando-o da necessidade de evitar ações que podem levar a danos, tanto a ele quanto aos demais cidadãos.

### **1.2 Objetivo Geral**

Desenvolver um jogo computacional tridimensional para educação no trânsito, direcionado a candidatos a condutores de veículos automotores.

### **1.3 Objetivos Específicos**

- Estabelecer requisitos funcionais e técnicos para o sistema, a partir da pesquisa bibliográfica e consulta a especialistas.
- Analisar e implementar o funcionamento e a interação do jogo.
- Modelar o cenário tridimensionais do jogo.
- Modelar e implementar os motoristas e pedestres no cenário.
- Testar e avaliar o jogo com um grupo de potenciais usuários.
- Implementar uma ferramenta computacional que vise conscientizar para educação no trânsito.

#### **1.4 Contexto**

O projeto tem como público-alvo condutores e candidatos a condutores de veículos automotores e poderá ser utilizado como recurso de apoio em cursos de formação de condutores e de reciclagem de motoristas. Este jogo, até o momento, não conta com recursos externos e também não foi feita nenhuma articulação/contato com empresas que atuam na área de educação no trânsito.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são descritos os assuntos para realização do trabalho em questão, como as técnicas de computação gráfica utilizadas para criação dos objetos no jogo, jogos digitais e a técnica de agentes reativos utilizada para o controle dos motoristas e pedestres autônomos. Também são apresentados trabalhos correlatos, para posterior análise com o jogo CidTrans.

### 2.1 Estado da Arte

Os jogos computacionais educacionais têm sido aplicados nas mais diversas áreas do conhecimento. Nesta seção são apresentados alguns trabalhos sobre jogos utilizados no processo ensino-aprendizagem de temas transversais de ensino.

Os temas transversais, segundo o Ministério da Educação (MEC), “são temas que estão voltados para a compreensão e para a construção da realidade social e dos direitos e responsabilidades relacionados com a vida pessoal e coletiva”. Eles devem ser abordados dentro das disciplinas já existentes no currículo da escola ou fora do ambiente escolar. Foram propostos sete temas transversais de ensino: ética, saúde, meio-ambiente, orientação sexual, pluralidade cultural, trabalho, consumo e educação no trânsito (SEF/MEC, 1998). Atualmente, os temas transversais como a educação para o trânsito também tem sido abordados nas escolas e fora dela.

Em Ferreira (2007) é apresentado um jogo de adivinhação, que tem como objetivo utilizar fatos de senso comum na contextualização de ações de aprendizagem baseadas em jogos educacionais, apoiando o professor no ensino de conceitos relacionados aos temas transversais. Por senso comum entende-se um conjunto de fatos conhecidos pela maioria das pessoas. O protótipo do jogo foi dividido em dois módulos, sendo eles o módulo do jogador e o editor do jogo.

No módulo do jogador, o jogador deve descobrir palavra secreta, considerando algumas dicas de senso comum apresentadas. Além disso, cada tópico de um tema transversal possui um grupo de cartas com diferentes palavras secretas e dicas associadas a elas. Essas cartas são definidas pelo professor no módulo editor do jogo com o auxílio da base de conhecimento de senso comum. A Figura 2 mostra a tela inicial do módulo jogador.





**Figura 2. Módulo do jogador no jogo “O que é o que é?”.**

Fonte: Ferreira (2007).

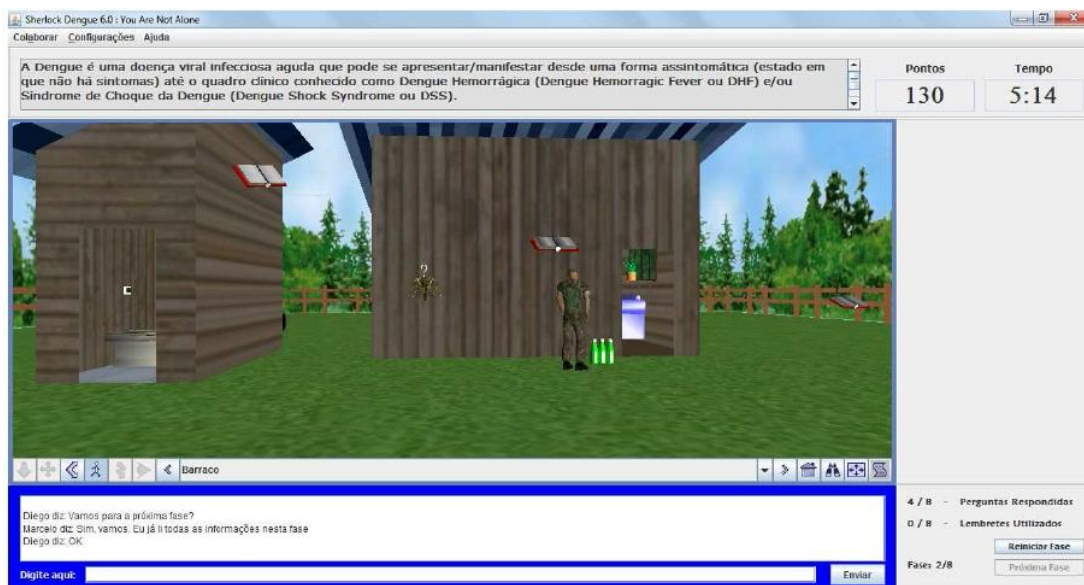
O módulo editor é utilizado pelo professor para a configuração do jogo, de acordo com seus objetivos pedagógicos, isto é, a definição do tema principal do jogo bem como os tópicos que serão abordados dentro do tema escolhido e que irão compor as faces do dado e as cartas, as quais armazenam uma palavra secreta e suas dicas.

Foi realizada uma avaliação de usabilidade com 10 potenciais usuários do jogo “O que é o que é?”. Nessa avaliação foram feitos questionamentos sobre se o jogo possibilita reforço, proporciona motivação no processo de aprendizagem e exercita a memória dos jogadores. Também foram levantados os problemas identificados na interface do jogo para adequação em versões futuras do jogo.

Os temas transversais abordados em Buchinger et al. (2012) foram a área social e saúde pública. No artigo é descrito o desenvolvimento de uma nova versão do jogo tridimensional sobre a dengue para, de forma interativa, promover a conscientização sobre esse problema. A versão anterior do jogo está disponível para um jogador, já a nova versão é colaborativa, e permite no máximo dois jogadores.

Na versão colaborativa, os dois jogadores controlam cada um seu personagem, os quais possuem as mesmas capacidades no jogo. O cenário é compartilhado e consiste em uma residência com um jardim. Nesse cenário, os jogadores tem como objetivo principal não permitir o acúmulo de água em vasos de plantas, potes, garrafas, entre outros, de forma a não possibilitar a proliferação do mosquito da dengue. Nessa versão, os jogadores interagem através de mensagens. Para a realização de certas ações os jogadores necessitam de um acordo mútuo, como

por exemplo, para reiniciar a fase atual e avançar para próxima fase. A Figura 3 mostra uma tela do jogo.



**Figura 3. Tela do jogo Sherlock Dengue v6.0.**

Fonte: Buchinger (2012).

No artigo são descritos testes com usuários comparando as duas versões do jogo, *single player e multi player*, considerando os quesitos de satisfação, motivação e colaboração. Os testes foram realizados através da aplicação de um questionário após a interação dos jogadores com o jogo. O questionário elaborado consistia de vinte e uma questões sendo divididas nas seguintes categorias: Perguntas relacionadas a conhecimentos prévios sobre os principais tópicos abordados no jogo; questões referentes à jogabilidade; questões sobre o tema transversal da dengue; perguntas sobre a colaboração; questionamentos sobre o desempenho e espaços para os usuários opinarem de forma livre. Os resultados apresentados mostraram que as melhores avaliações foram obtidas nos seguintes quesitos: Motivação em se manter no jogo, clareza e importância das informações sobre a dengue.

A área de educação no trânsito é um tema transversal que apresenta diversos desafios e pode se beneficiar dos jogos computacionais como meio de ensino e aprendizagem.

O jogo TransRisco (BALBINOT et al., 2010) tem como objetivo monitorar os comportamentos do jogador no papel de condutor durante seu percurso no jogo, simulando diversas situações específicas do trânsito. O objetivo educacional do jogo é possibilitar o conhecimento de ações de risco no trânsito a que o condutor se

encontra suscetível, suas implicações e conseqüências. O artigo retrata como exemplo a apresentação da pontuação e valores de multa associados às infrações cometidas durante o jogo.

O cenário do jogo TransRisco compreende uma área urbana de uma cidade, contendo semáforos, casas, placas de sinalização e advertência, prédios, veículos e pedestres. O objetivo do jogador é percorrer um percurso pré-estabelecido, submetendo o usuário a um total de vinte situações de risco no trânsito como, alterações no fluxo do trânsito, de pedestres, obstáculos na pista e a verificação de velocidade, por meio de controladores de velocidade. O jogador inicia com uma pontuação de vinte e um pontos e a cada infração cometida, é aplicada uma penalização conforme o grau de incidência de risco no trânsito. As infrações cometidas pelo jogador foram classificadas segundo o código de trânsito brasileiro (CTB), sendo elas Sem Pontuação, Leve, Médio, Grave ou Gravíssimo. A Figura 4 mostra uma tela do jogo TransRisco.



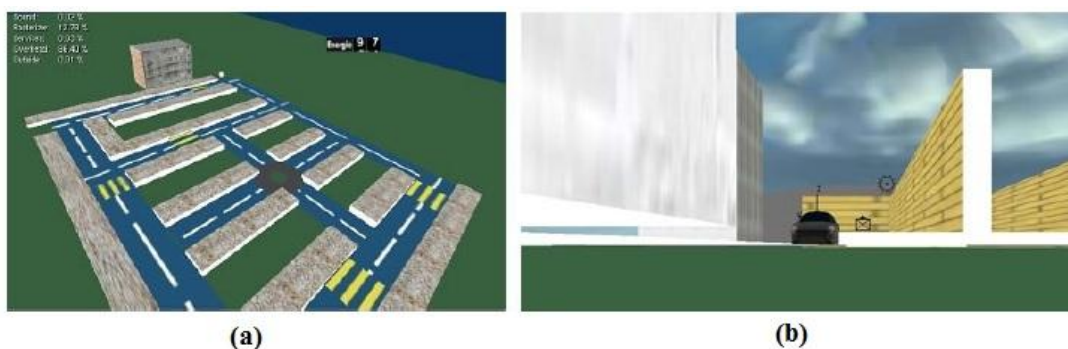
**Figura 4. Tela do jogo TransRisco.**

Fonte: Balbinot (2010).

No jogo TransRisco não são tratadas situações em que o jogador apresenta uma conduta correta em relação às leis de trânsito. Se o jogador cometer uma infração no jogo, sua pontuação é decrementada conforme o grau de risco. No final do jogo é apresentado um *feedback* para o jogador sobre seu desempenho mostrando a pontuação final e os valores de multa, caso estas fossem perpetradas realmente no trânsito, conforme o CTB. Nesse artigo não foram reportadas avaliações do jogo TransRisco.

O jogo EducaTrans (ASSIS et al., 2006) tem como principal objetivo a educação no trânsito. Busca promover a meta-cognição sem minimizar os aspectos lúdicos, de forma a não tornar o jogo somente um produto puramente didático, o que faria com que ele perdesse seu caráter prazeroso e espontâneo. O público-alvo deste jogo compreende alunos do ensino fundamental e ensino médio.

O jogador controla um modelo pedestre e tem como objetivo respeitar as leis de trânsito durante o jogo. O EducaTrans utiliza algoritmos genéticos como mecanismo de evolução dos pedestres autônomos. Nesse jogo, o aprendiz pode navegar em um ambiente que reproduz um cenário real com regras de trânsito bem definidas. A Figura 5 mostra o cenário do jogo.



**Figura 5. (a) Vista Superior do EducaTrans. (b) Veículo no cenário do jogo.**

Fonte: Assis (2006).

O jogo EducaTrans procura envolver o jogador em um ambiente imersivo, apresentando um desafio em um ambiente dinâmico. A interação ocorre em um centro urbano, contendo pedestres, veículos e ciclistas. O cenário apresenta um quarteirão com vias de trânsito (ruas, avenidas, rodovias), calçadas, faixas de pedestre, rotatória, semáforos para pedestres e veículos, placas de trânsito de indicação, de advertência e de regulamentação. A avaliação do jogo não foi reportada no artigo.

## 2.2 Computação Gráfica

A Computação Gráfica é uma área da Ciência da Computação que se dedica ao estudo e desenvolvimento de técnicas e algoritmos para a geração (síntese) de imagens através do computador. Atualmente, a computação gráfica está presente em diversas áreas do conhecimento humano, como a área de engenharia com simulação

de eventos físicos e a área da medicina com técnicas de visualização para auxiliar o diagnóstico por imagens (GOMES et al., 2008).

A animação é um recurso de computação gráfica que tem sido utilizado em diferentes domínios. Através da exibição de imagens em sequência, é possível representar o comportamento de objetos reais ou simulados. Além de desenhos animados por computador, a simulação de humanos virtuais e de comportamento de multidões são exemplos de aplicações de animação (GOMES et al., 2008). A criação e a manipulação de objetos utilizando algum *software* de computação gráfica tem proporcionado a inclusão de realismo nas cenas, através de sombras, penumbra, diferentes materiais, corpos articulados, elementos deformáveis e percepção de profundidade. Esses elementos têm sido utilizados na criação de jogos digitais, obtendo assim efeitos mais realistas e dinamismo nos jogos.

Para o jogo CidTrans foram utilizadas algumas técnicas de computação gráfica para criação dos objetos do cenário e personagens do jogo, sendo elas, Instanciamento de primitivas, Geometria sólida construtiva e Extrusão.

A técnica de instanciamento de primitivas origina novos objetos através do posicionamento e justaposição de objetos primitivos por transformações geométricas (rotação, escala, translação) e definição de outros atributos de apresentação, como cor, material e espessura da linha. Esferas, cones, cilindros e sólidos retangulares são formas comumente tidas como primitivas (FOLEY et al., 1990). A Figura 6 mostra um exemplo de objetos primitivos utilizados no jogo CidTrans, sendo o primeiro uma pirâmide, cuja geometria pode ser descrita pela sua base e altura, o segundo um cubo descrito pelo seu centro e dimensões das arestas, o terceiro um cilindro definido pelo seu raio da base e sua altura, o quarto uma esfera, representada pelo seu centro e raio e o quinto um cone, descrito pelo seu raio da base e sua altura.

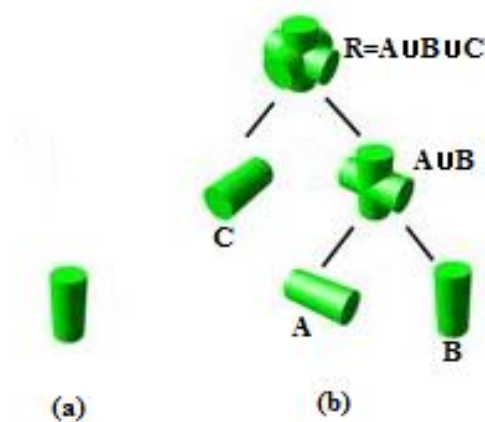


**Figura 6. Primitivas Geométricas do jogo proposto.**

Fonte: Adaptado de Autodesk (2013).

As primitivas podem sofrer diversas transformações, que são utilizadas tanto para posicioná-las no espaço quanto para modificar sua geometria. No instanciamento, são utilizadas as transformações geométricas de rotação, translação e escala. A mudança de escala permite uma alteração das dimensões da primitiva, podendo utilizar o mesmo fator de escala em todas as dimensões ou não. Já a rotação, por sua vez, consiste em girar um objeto em torno de um eixo podendo ser um dos eixos do sistema de referência (eixo x, eixo y, eixo z) ou em torno de um vetor arbitrário. Por fim, a translação consiste em alterar a posição do objeto no espaço.

A técnica de geometria sólida construtiva (CSG) é um modelo de representação concebido em função das operações booleanas de sólidos como união, interseção e diferença. Sólidos assim representados são resultantes da aplicação das operações booleanas regularizadas em sólidos elementares. A representação dos sólidos CSG se dá em função das primitivas e operações utilizadas na sua criação. Um objeto modelado por CSG é representado através de uma árvore binária, em que as primitivas sofrem transformações de instanciamento e são combinadas através de operações booleanas até que se chegue ao objeto desejado (AZEVEDO et al., 2003) (HETEM, 2006). A Figura 7 (a) apresenta uma primitiva do tipo cilindro, que foi utilizada na modelagem do objeto R. Após serem aplicadas as transformações geométricas sobre a primitiva, obteve-se as instâncias A, B e C, mostradas na Figura 3 (b). Através da união de A e B foi criado um objeto intermediário. A união desse objeto intermediário e a instância C originou o objeto R. Na árvore binária a raiz representa o resultado pretendido, ou seja, o objeto R.



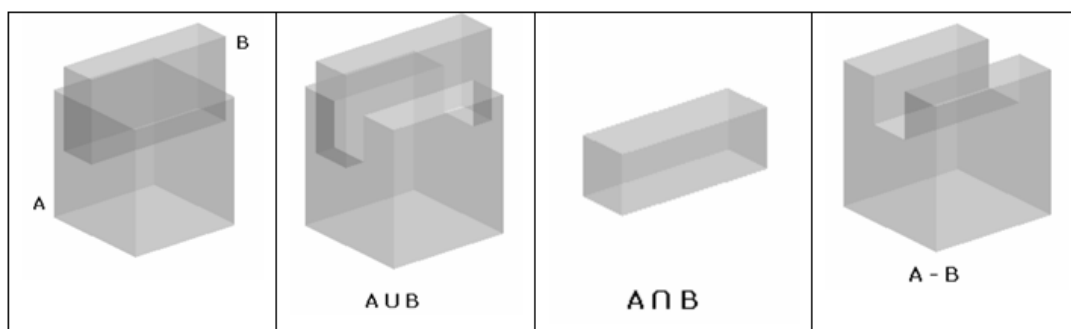
**Figura 7. Estrutura de árvore para criação de um objeto.**

Fonte: Modelado pelo autor



A idéia da CSG está baseada em dividir um objeto complexo em partes mais simples e construir o objeto desejado a partir da combinação destas partes.

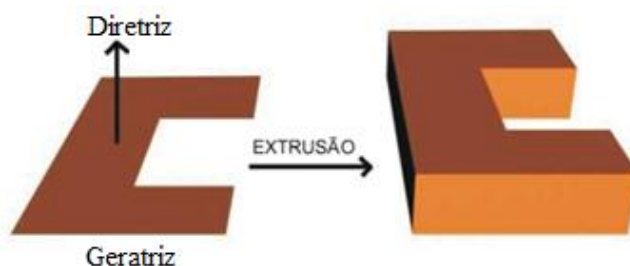
A Figura 8 ilustra as operações booleanas básicas aplicadas aos sólidos A e B (união, interseção e diferença).



**Figura 8. Operação de união, interseção e diferença entre os sólidos A e B.**

Fonte: Adaptado de Autodesk (2013).

A técnica de extrusão é representada pelo deslocamento de uma área 2D (geratriz) por uma trajetória normal ao plano desta área (diretriz), para gerar um modelo sólido, como ilustra a Figura 9. Como característica deste modelo pode-se observar que, pelo deslocamento através de uma trajetória normal ao plano da área primitiva, as faces superior e inferior do sólido gerado sempre serão paralelas e idênticas, e as faces laterais estarão dispostas perpendicularmente à base. Essa modelagem pode ser acompanhada de mudança de escala ou rotação durante a trajetória (AZEVEDO et al., 2003) (HETEM, 2006).



**Figura 9. Objeto definido por extrusão.**

Fonte: Adaptado pelo autor de Azevedo et al. (2003).

### 2.3 Jogos Digitais

A teoria de jogos estabelece que jogos podem ser definidos como sistemas matematicamente representados na forma de um conjunto de jogadores, um conjunto de estratégias, um conjunto de estados e valores de “ganho” associados a cada

jogador em cada estado (BROWN et al., 2005). Segundo Kelley et al. (1988), jogos são uma forma de recreação constituída por um conjunto de regras que especificam um objeto a ser conquistado e as formas de conquistá-lo. Já em Salen et al. (2004), a definição de jogo é um sistema em que os jogadores se envolvem em um conflito artificial definido por regras e que termina com um resultado quantificável.

Para Crawford (1982), as pessoas jogam não só pelo prazer mas existe um desejo inconsciente de aprender. A fantasia, vivenciar mundos desconhecidos e ter experiências diferentes também são motivadores para jogar. Além destes aspectos, existem outros fatores motivacionais como, o desejo pelo poder, a possibilidade de integrar-se a uma comunidade, a necessidade de tornar-se reconhecido e a oportunidade de exercitar as habilidades cognitivas. Cada usuário tem um tipo de motivação mais evidente, mas suas razões primárias para jogar são referentes à aprendizagem e a fantasia.

De acordo com Schuytema (2008), um jogo digital é uma atividade lúdica formada por ações e decisões que resultam numa condição final, a qual indica se o jogador atingiu ou não o objetivo do jogo. Tais ações e decisões são limitadas por um conjunto de regras e por um universo, que no contexto dos jogos digitais, são regidos por um programa de computador. O universo contextualiza as ações e decisões do jogador, fornecendo a ambientação adequada à narrativa do jogo, enquanto as regras definem o que pode e o que não pode ser realizado, bem como as conseqüências das ações e decisões do jogador. Além disso, as regras fornecem desafios a fim de dificultar ou impedir o jogador de alcançar os objetivos estabelecidos ou mesmo aprimorar uma habilidade do jogador.

Pode-se perceber que os jogos virtuais, mesmo sem algum conteúdo curricular associado, na sua essência, já promovem o desenvolvimento de competências e/ou habilidades como, por exemplo (KAFAI, 1995):

- Planejar uma ação com antecipação.
- Selecionar dados segundo algum critério estabelecido.
- Organizar elementos para atingir algum objetivo.
- Relacionar e interpretar dados e informações representados de diferentes formas e em diferentes linguagens.
- Tomar decisões com rapidez a partir de um conjunto limitado de dados.



- Enfrentar situações problema.
- Socializar decisões agindo de forma cooperativa com o parceiro do jogo.

Em Assis (2007) é apresentada uma distinção entre jogos digitais e não-digitais baseada na interatividade proporcionada pelo jogo. O autor descreve dois tipos de interatividade que podem existir no jogo digital: a interatividade que gera ações coerentes e previsíveis e aquela que gera surpresa. Ambos os tipos geram a não linearidade que é um conceito fundamento em jogos digitais.

Dansky (2006) considera a imersão como principal diferencial dos jogos digitais. A imersão é definida como o momento em que o jogador se sente afastado do seu mundo e inserido no mundo apresentado pelo jogo, ou seja, ele passa a se identificar com os elementos do jogo digital.

Os jogos digitais são compostos por três partes principais: trama, motor do jogo e interface gráfica (BATTAIOLA, 2002).

O enredo define do que se trata o jogo, em que cenário e momento histórico acontece a trama, regras que o jogador deve respeitar e os objetivos que ele deve se esforçar para atingir.

O motor do jogo controla a interação do usuário e sua interface. Ele obtém os eventos do usuário, processa e controla a reação do jogo em função desses eventos. A implementação do motor pode envolver conceitos de diversas áreas, tais como, computação gráfica, inteligência artificial, redes de computadores, modelagem física e sonorização.

A interface gráfica interativa apresenta o estado atual do jogo e proporciona a interação entre o jogo e o usuário. A sua implementação pode envolver aspectos artísticos, cognitivos e técnicos. As interfaces podem ser caracterizadas de acordo com três aspectos: visão do jogador, ambiente e projeção.

Quanto à visão do jogador, as interfaces gráficas podem ser classificadas como primeira pessoa ou terceira pessoa. A interface gráfica em primeira pessoa ocorre quando a visão que se tem da cena é obtida através da visão de um dos personagens do jogo e é controlada diretamente pelo jogador. Na interface gráfica em terceira pessoa a visão da cena é externa a qualquer um dos personagens existentes, ou seja, o jogador se vê na cena.

Os ambientes dos jogos podem ser classificados como: internos, externos, siderais e ambientes mistos. Os ambientes internos são fechados, constituídos de salas e suas interconexões, tais como, corredores e portas. Os ambientes abertos são criados a partir de geradores de terreno ou por um mapa de altitude. Geralmente, os ambientes externos simulam o céu através de uma caixa mapeada com texturas denominada de *SkyBox*. Os ambientes siderais simulam o espaço sideral através da exibição de estrelas, planetas, nebulosas e outros objetos.

Ambientes tridimensionais são visualizados no computador através de projeções. Em jogos, dois tipos de projeções se destacam: perspectiva e axonométrica. A projeção perspectiva é natural ao sistema ótico humano e é gerada através de raios projetores que partem de um centro de projeção localizado no finito, sendo essencial para transmitir a noção de profundidade. A projeção axonométrica proporciona uma visão tridimensional dos objetos mas ela mantém o paralelismo entre linhas, de forma que não se tem a noção de profundidade natural ao ser humano.

Quanto à classificação dos jogos digitais, coexistem diversas classificações, cada qual com seus próprios critérios (ASSIS et al., 2006). Em geral, a classificação dos jogos digitais é realizada através do agrupamento dos tipos de jogos que apresentam ou obedecem, respectivamente, a características e critérios similares.

A classificação proposta por Rollings et al. (2004) considera as seguintes categorias de jogos:

- **Estratégia:** jogos cujo sucesso do jogador depende da sua capacidade de tomada de decisão diante dos desafios propostos. Esse tipo de jogo pode envolver raciocínio lógico, planejamento e gerenciamento de recursos.
- **Simulação:** jogos que buscam imergir o jogador no ambiente que reproduz uma situação real.
- **Aventura:** jogos que desafiam o jogador através de enigmas implícitos, combinando assim o raciocínio e capacidades psicomotoras. Essa categoria de jogo descreve uma narrativa heróica que pode envolver espaços que precisam ser explorados.

- Infantil: jogos que tem como público alvo crianças e que objetivam educar e divertir através de quebra-cabeças e histórias. Esses jogos não possuem um objetivo pré-determinado nem envolvem condições de vitória ou derrota.
- Passatempo: jogos simples que desafiam o jogador através de raciocínio lógico matemático rápido. Em sua maioria, não possuem um enredo elaborado.
- RPG: versões computadorizadas dos tradicionais jogos RPG de mesa, em que os jogadores assumem os papéis de personagens e criam narrativas colaborativamente.
- Esporte: são baseados em jogos esportivos reais, tal como futebol ou basquete.
- Educacionais: consideram os critérios didáticos e pedagógicos associados aos conceitos abordados. Essa categoria de jogos possui intenção explícita de ensinar algum conceito ou desenvolver alguma habilidade.

O jogo representa divertimento, brincadeira, passatempo, e está sujeito a regras que devem ser observadas quando se joga. Segundo Antunes (1998), o jogo pode ser interpretado como um estímulo ao crescimento, ao desenvolvimento cognitivo e aos desafios do viver, e não como uma competição entre pessoas implicando em vitória ou derrota. Neste contexto, o jogo ganha um espaço como ferramenta de aprendizagem, pois propõe estímulo ao interesse do aluno e desenvolve níveis diferentes de sua experiência pessoal e social ajudando-o a construir suas descobertas.

Os jogos educacionais necessitam atender algumas características específicas para proporcionar a aprendizagem. Por isso, os jogos educacionais devem possuir objetivos pedagógicos e sua utilização deve estar inserida em um contexto e em uma situação de ensino baseados em uma metodologia que oriente o processo, através da interação, da motivação e da descoberta, facilitando a aprendizagem de um conteúdo (PRIETO et al., 2005). Dallasta (2004) destaca que os jogos educacionais tem um papel importante como um instrumento para difusão do conhecimento, incorporando mecanismos de percepção, tarefas, estímulos visuais e auditivos à educação de um conteúdo específico.

Os jogos educacionais digitais são elaborados para divertir os alunos e aumentar a chance da aprendizagem de conceitos, conteúdos e habilidades embutidos no jogo. Um jogo educativo computadorizado pode propiciar ao aluno um ambiente de aprendizagem rico e complexo. Alguns autores denominam esses jogos de “micromundos”, porque fornecem um mundo imaginário a ser explorado, no qual os alunos podem aprender (SILVA et al., 2012).

Em alguns jogos digitais educativos o usuário está livre para aprender através de um ambiente exploratório, usando a abordagem da exploração auto-dirigida, ao invés da instrução explícita e direta. Os estudantes podem ficar mais motivados a usar a inteligência, e se esforçam para superar obstáculos, tanto cognitivos quanto emocionais (VALENTE, 1993).

As características que podem tornam os jogos educativos computadorizados motivadores são o desafio, a fantasia e a curiosidade. Os jogos podem fornecer alguns resultados educativos não previstos e que são tão importantes quanto os previamente determinados. Podem oferecer oportunidades para o aluno usar lógica, raciocínio e habilidades de organização para resolver problemas. Um jogo simples pode ensinar várias habilidades e conceitos, de maneira sofisticada (VALENTE, 1993).

Stahl(1991) e Bongioio (1998) apresentam características que devem estar presentes em um jogo educativo digital, sendo elas:

- Proporcionar instruções e objetivos claros para os participantes;
- Atrair e manter o interesse e o entusiasmo;
- Explorar efeitos auditivos e visuais para manter a curiosidade e a fantasia e facilitar o alcance do objetivo educacional proposto;
- Oferecer reforço positivo nos momentos adequados;
- Incorporar o desafio, através da utilização de diferentes níveis para solucionar um determinado problema, pontuação, velocidade de resposta, *feedback* do progresso;
- Manter os alunos informados do nível de seu desempenho durante o jogo;
- Utilizar mecanismos para corrigir possíveis erros dos alunos durante o jogo e melhorar o desempenho dos mesmos.

Cipolini (2011) afirma que o uso de jogos pode tornar a educação para o trânsito mais interessante e atrativa para os aprendizes, uma vez que muitos deles não estão familiarizados com o código de trânsito brasileiro devido a diversos fatores, como por exemplo, a linguagem utilizada no documento e o grande número de leis e penalidades associadas.

Segundo Backlund et al. (2008), os jogos digitais educacionais no trânsito parecem ter um impacto positivo sobre alguns aspectos da condução de um automóvel nas vias, como atenção do motorista, diminuição de falhas no julgamento de ações e direção defensiva. O jogo CidTrans vem auxiliar a educação desses aspectos simulando desafios encontrados no trânsito.

## **2.4 Motor de jogo (*Game Engine*)**

Dentro da área de jogos, um *engine* se encarrega da comunicação com o *hardware* gráfico. Ela controla os modelos a serem renderizados, faz o tratamento das entradas de dados do jogador, é responsável pelo processamento de baixo nível, física dos corpos como gravidade, colisões entre outras, facilitando o desenvolvimento de jogos (NOVAK, 2002).

Pode-se afirmar que uma *engine* é composta por diversos "*sub-engines*", sendo cada uma responsável por tratar um tipo de problema envolvido em jogos. Os principais componentes da *engine*, ou seja, as *sub-engines* são de renderização, de física e de som, apresentadas nos tópicos abaixo (NOVAK, 2002) (FEIJÓ et al., 2009).

A *game engine Unity 3D* foi selecionada para o desenvolvimento do jogo CidTrans apresentado nesse documento. Ela apresenta a *sub-engine* Direct3D (Windows) e OpenGL (Mac, Windows, Linux), para renderização e som. Já para a *sub-engine* de física é incorporada a PhysX da empresa Nvidia (HIRATA, 2009).

### **2.4.1 Engine de renderização**

Este componente é responsável basicamente pelo *pipeline* gráfico, que é o processo de gerar imagens bidimensionais (2D) a partir de modelos 3D. Esse processo é dividido em diversas etapas como mostra a Figura 10, sendo as mais importantes, descritas a seguir segundo Novak (2002) e Feijó (2009):

- **Transformações 3D:** Nessa etapa aplicam-se as transformações de instanciamento aos modelos 3D, sendo que a cada passo do jogo uma matriz irá acumular o resultado de todos os movimentos que o objeto sofreu ao longo de sua vida. Antes de visualizar a cena, essa matriz será aplicada a todos os vértices que compõem o objeto, posicionando-o no local correspondente naquele instante.
- **Projeção:** Os vértices que compõem o objeto são coordenadas 3D, porém a imagem do modelo deverá ser desenhada em uma superfície bidimensional (tela do computador). Nesta etapa, os vértices do modelo serão projetados sobre o plano de projeção da câmera, ou seja, a área da cena exibida ao usuário à cada instante de tempo. É comum encontrar esta etapa do *pipeline* junto com a etapa de transformações 3D, pois em última instância realizar esta projeção consiste também na aplicação de uma matriz de transformações aos vértices.
- **Culling:** Existem diversas formas de otimizar o processamento gráfico de um jogo. Uma delas consiste nos métodos de *culling* (*cull* em inglês significa "escolher", "selecionar de dentro de um grupo"). Assim, o que as técnicas de *culling* fazem é escolher polígonos adequadamente, de forma que em uma determinada situação estejam presentes apenas aqueles que realmente importam para a visualização a partir do ponto em que a câmera se encontra.
- **Clipping:** Ao projetar polígonos sobre o plano de projeção da câmera (área da cena exibida ao usuário à cada instante de tempo), alguns polígonos estarão contidos totalmente dentro da área da tela e outros estarão parcialmente dentro, ou seja, apenas uma parte do polígono estará na tela de projeção. Para estes polígonos é necessário realizar o *clipping* (recorte), que consiste em criar novas arestas e vértices recortados contra a janela de seleção.
- **Rasterização (iluminação e texturização):** a última etapa do processo de renderização consiste em preencher os polígonos adequadamente, aplicando material e textura. Para viabilizar este processo, realiza-se uma interpolação entre a cor de cada um dos vértices que compõem o polígono. Desta forma, o cálculo de iluminação é feito apenas para cada vértice visível da malha. Este processo poderia demandar bastante tempo de processamento, existem

muitos pixels numa tela. Entretanto, este processo é realizado por um *hardware* específico para esta tarefa, que é a placa gráfica, ou GPU (*Graphic Processor Unit*).

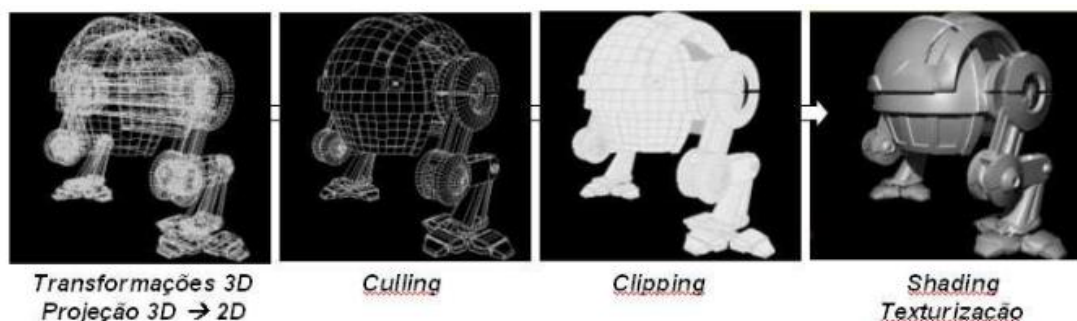


Figura 10. Etapas mais importantes do pipeline gráfico.

Fonte: LAMOTHE (2003).

A *game engine* Unity 3D adotada no jogo CidTrans contém os dois principais *engines* de renderização atualmente no mercado, sendo elas o *Direct3D* (Windows) e o *OpenGL* (Mac, Windows, Linux), as quais englobam os componentes utilizados no *pipeline* gráfico descritos anteriormente.

#### 2.4.2 Engine de física

Grande parte da interatividade de um jogo se deve ao funcionamento de algumas leis da física sobre o mundo virtual criado. Assim, ao andar sobre um labirinto e atingir uma parede o jogador não pode atravessá-la; ao dar um pulo, o jogador deve colidir com o chão e não continuar caindo; ao acelerar um carro, sua velocidade deverá crescer gradualmente e não abruptamente. Os principais cálculos de física básicos em um jogo computacional são (UNITYDOCUMENTATION, 2013) (NOVAK, 2002):

- Colisão: Objetos 3D devem colidir com outros. Esta colisão não é trivial em um mundo virtual como é para o mundo real, já que, em última instância, a detecção de colisão consiste em verificar se cada um dos polígonos de um determinado objeto possui interseção com cada um dos polígonos restantes da cena. Existem diversas formas de otimizar estes cálculos, sendo a técnica mais comum a *bounding-boxes*, que consiste em englobar cada objeto por uma caixa e calcular a colisão com a caixa e não para a malha complexa do objeto.

- Resultante de forças: Os objetos se movimentam em um mundo real devido a aplicação de diversas forças sobre o mesmo. Em um ambiente virtual será necessário

simular a aplicação de forças de diversas naturezas sobre os objetos, calculando a resultante dessas forças a cada instante para definir, a partir de uma magnitude, direção e sentido e também características do objeto, como será o seu movimento ou deformação.

No desenvolvimento do jogo foi utilizado a *engine* de física *PhysX*, que já está incorporada à *game engine* Unity 3D, sendo necessário configurar as características de cada objeto, como sua massa, para que as colisões e resultantes das forças estejam disponíveis no jogo (HIRATA, 2009).

A *engine* física *PhysX* foi originalmente desenvolvida pela empresa *Ageia* com o nome de *NovodeX SDK* em 2005 e adquirida pela empresa *nVidia* em 2008. Essa *engine* utiliza na maioria das vezes uma placa de *GPU* (*Graphics Processing Unit*) para realização dos cálculos complexos. Um exemplo de placa gráfica é a *GeForce GTX680*, a qual possui **1536** núcleos de processamento, enquanto uma *CPU* (*Central Processing Unit*, ou Unidade de Processamento Central) comercial tem atualmente cerca de **16** núcleos (PHYSX, 2013).

Hoje todas as placas gráficas da série *GeForce* possuem a incorporação dos *PPU* (*Physics Processing Units*, ou unidades de processamento de física). Além disso, a *engine PhysX* é de uso gratuito, podendo ser adquirida no endereço eletrônico <http://nvidia-physx.updatestar.com/pt>.

### **2.4.3 Engine de som**

Este componente da *engine* permitirá o controle sobre os arquivos de som da biblioteca de recursos do jogo. Além de abrir e reproduzir estes arquivos, os *engines* de som permitirão um controle de som posicional, permitindo que objetos da cena emitam sons e estes se comportem conforme o posicionamento do objeto na cena.



## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta seção descreve a metodologia e os *softwares* adotados para o desenvolvimento do jogo CidTrans.

### 3.1 Materiais

No desenvolvimento de um ambiente tridimensional com determinadas características em um jogo, é necessário um conjunto de ferramentas específicas na área de modelagem 3D (NOVAK, 2002). Atualmente, no mercado existem software de desenho 3D nas versões livres e comerciais que permitem desenvolver estruturas tridimensionais e jogos em ambiente 3D.

No jogo CidTrans foram utilizados alguns softwares de modelagem 3D, sendo eles o Blender para modelagens e animação dos personagens (condutores e pedestres), SketchUp para obtenção e criação de modelos de edificações (casas e prédios), para criação das ruas e calçadas foi utilizado o software Unity 3D, sendo ele também responsável pelo gerenciamento do jogo. O *software Visual Paradigm 8.1* foi utilizado para a modelagem UML do jogo CidTrans.

#### 3.1.1 Blender

Este software foi criado em 1988 pela empresa NeoGeo Studio e, atualmente é desenvolvido pela empresa Blender *Foundation*. Também conhecido como Blender 3D, este programa é desenvolvido em código aberto e está disponível para diversos sistemas operacionais, sendo a versão mais recente a 2.66 lançada em 2012. O Blender oferece funcionalidades de modelagem, animação, renderização, pós-produções e criações 3D (ALVES, 2011).

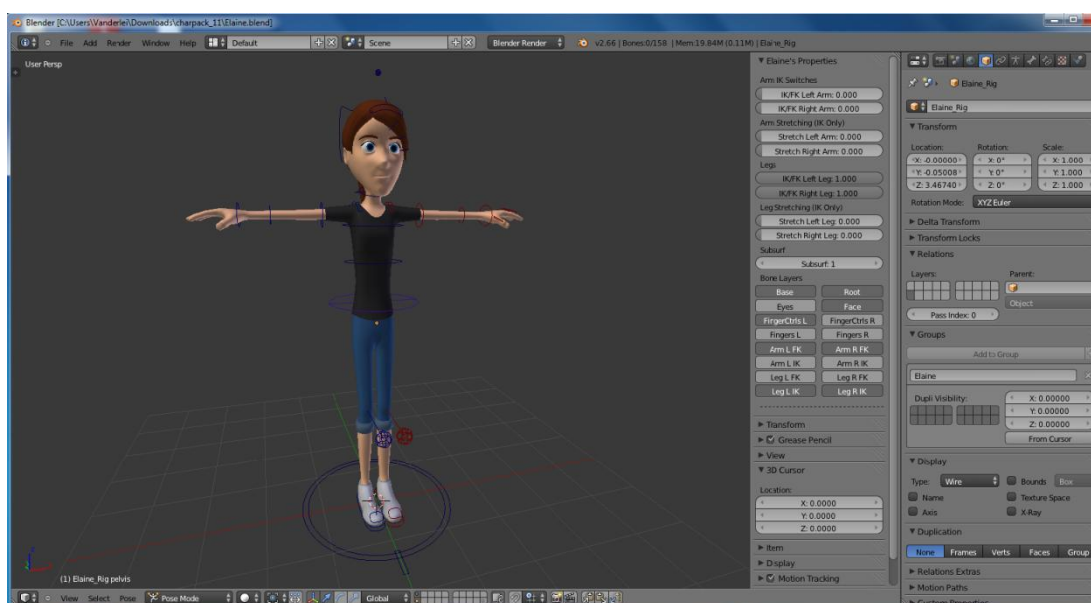
O *software* Blender é utilizado nas áreas da arquitetura, *design*, animação, sendo possível também o desenvolvimento de jogos através do seu motor de jogo. Esta ferramenta suporta importação e exportação de diferentes formatos incluindo 3DS, Cal3D, MDL, OBJ, VRML, *DirectX*, entre outros.

No jogo CidTrans foi utilizado o software Blender para criação de alguns objetos, como placas de sinalização e advertência, postes de iluminação. Além disso, ele também foi utilizado para realização das animações presentes nos personagens

humanos, como andar e respirar e nos carros como rotação das rodas ao se movimentar.

Alguns modelos que foram utilizados se encontram disponíveis na internet gratuitamente no site Blendswap (BLENSWAP, 2013), como por exemplo, uma biblioteca com diversos objetos modelados. A utilização desses modelos é livre. A Figura 11 apresenta um modelo de personagem adquirido através da biblioteca on-line do *software* Blender.

Esse software foi escolhido por disponibilizar diversos modelos prontos e gratuitos, facilidade para realizar animações e proporcionar exportação para diversos formatos.



**Figura 11. Modelo de pedestre para realização das animações no Blender.**

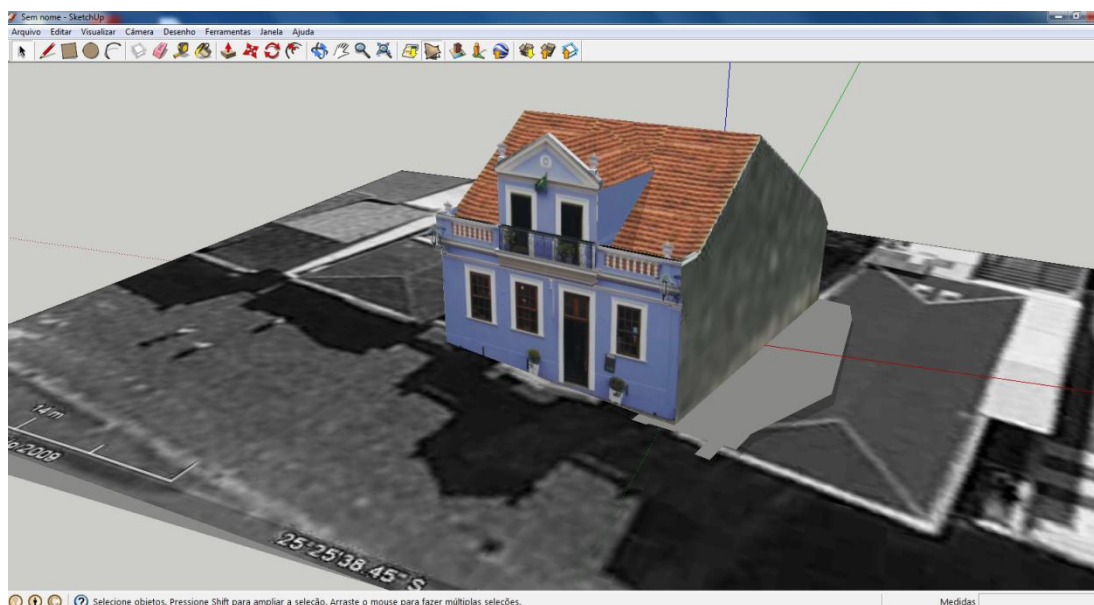
Fonte: BLENSWAP (2013).

### 3.1.2. Google SketchUp

O SketchUp foi desenvolvido pela empresa Google. O seu ambiente de trabalho possui apenas uma barra de ferramentas na qual estão disponíveis as principais funcionalidades que permitem desenvolver com facilidade qualquer projeto. O SketchUp é utilizado sobretudo para criar esboços ou modelos arquitetônicos em 3D. Além disso, possui uma biblioteca de modelos 3D, *on-line* e gratuita (*3D Warehouse*) que, importa projetos para o ambiente de trabalho do Sketchup através das ferramentas “*Get Models*” e “*ShareModels*” (CAVASSANI, 2010).

Este software encontra-se disponível em duas versões sendo elas a profissional SketchUp 8 PRO e versão gratuita Google SketchUp 8, que diferem essencialmente na exportação de modelos 3D para as extensões DWG, DXF, 3DS, OBJ, XSI ou VRML, sendo as versões lançadas em 2011.

Para o desenvolvimento do jogo CidTrans foi utilizada a ferramenta SketchUp para obtenção e criação de modelos de casas e edifícios, obtendo assim um mundo virtual mais realista, para uma melhor imersão no jogo proposto. A Figura 12 apresenta um modelo de casa obtido da biblioteca *on-line* do *software* SketchUp.



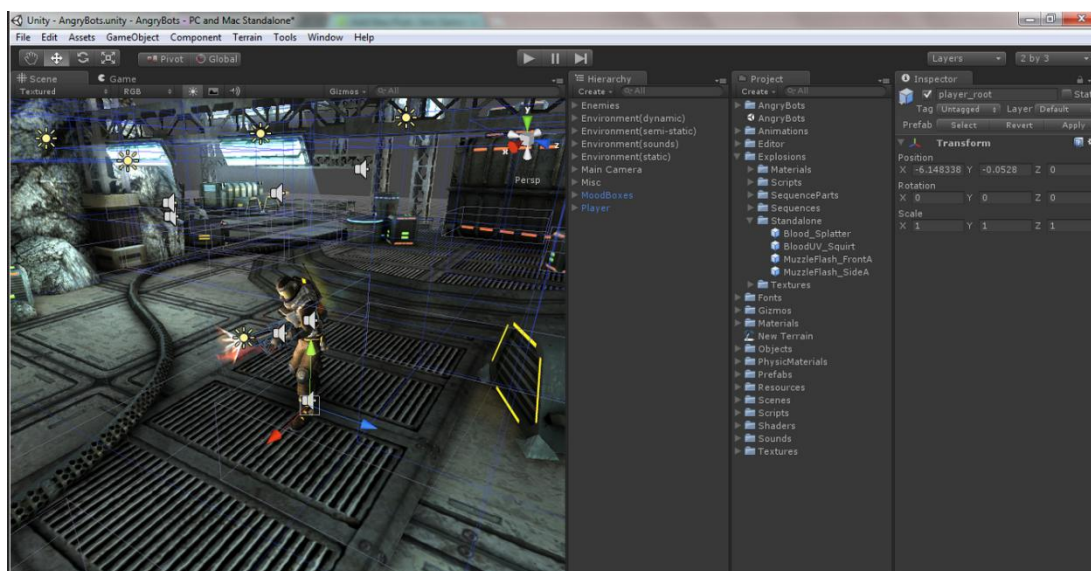
**Figura 12.** Modelo de uma casa, obtido da biblioteca *on-line* do SketchUp.

Fonte: Biblioteca interna *on-line* do SketchUp.

### 3.1.3 Unity 3D

Lançada a primeira versão em 2005 pela empresa Unity Technologies o software Unity 3D possui um conjunto de ferramentas que permitem criar, com facilidade, conteúdos interativos em três dimensões, que podem ser jogos, conteúdos educativos ou simulações em áreas de ciência (WATKINS, 2011). O Unity 3D possui duas versões principais, sendo elas versão Unity Pro e simplesmente Unity. Sendo que a primeira é a versão profissional e completa, oferecendo vários recursos adicionais. A segunda versão é destinada principalmente a estudantes que estão interessados em aprender a tecnologia. É possível desenvolver e vender jogos com a segunda versão, mas existe uma cota de lucro que o desenvolvedor poderá ter, sendo esse valor estipulado pela empresa Unity Technologies, quando essa cota é atingida o

desenvolvedor obrigatoriamente deverá adquirir a versão paga da ferramenta. As versões do programa existem para os sistemas operacionais *Windows* e *Mac* (HIRATA, 2009). A Figura 13 apresenta a interface do *software*.



**Figura 13. Interface da game engine Unity 3D.**

Fonte: UNITYDOCUMENTATION (2013).

A Unity 3D é uma ferramenta que permite a compilação de jogos e aplicativos em 2D e 3D, a *engine* oferece recursos de renderização, iluminação, terrenos, partículas, física, áudio, programação e *networking*. A renderização oferecida pela Unity 3D proporciona a possibilidade de criar jogos com gráficos com realismo, suportando vários efeitos de iluminação e texturas (WATKINS, 2011).

A ferramenta oferece vários efeitos de iluminação podendo-se destacar reflexão, luz solar, pontos isolados de iluminação, efeitos noturnos, entre outros. Cenários e terrenos podem ser facilmente criados, sendo possível a criação de montanhas, lagos, praias, ilhas e vulcões.

O Unity 3D apresenta na criação de terrenos a implantação de vegetação e sua personalização dependendo do cenário a ser desenvolvido. Também contém sistemas de partículas, que podem ser utilizados para modelar efeitos como: explosões, fumaça, cachoeira, água, fogo, laser, fogos de artifício, tempestades de areia, chuva, bolhas, neve, entre outros. Outro fator que a ferramenta incorpora é a física dos corpos. Todos os objetos podem ser fisicamente embasados. É possível configurar elementos como: peso, massa e gravidade, colisão de objetos, entre outros.

No *software* Unity 3D existem dois tipos de áudio, o normal e o modo 3D. No primeiro, a medida que o usuário se aproxima do objeto que gera o som, seu volume não é alterado. Na segunda opção, existe o efeito do som aumentando com a proximidade e diminuindo com o afastamento do objeto (WATKINS, 2011).

Outra característica do Unity 3D é a possibilidade de edição e alteração dos objetos do jogo em tempo de execução, ou seja, é possível testar o jogo e ao mesmo tempo alterar códigos de programação e editar objetos que estejam no cenário, facilitando a correção de eventuais problemas. Outro destaque é a possibilidade de importar objetos criados em software de modelagem 3D, sendo possível importar diretamente arquivos com extensão como: blend, max, 3ds, fbx e psd. Estes formatos são, em sua maioria, objetos em 3D, entretanto a extensão psd é um formato utilizado pela ferramenta de edição de imagens *Photoshop*, permitindo assim importar imagens e texturas.

A Unity 3D tem suporte a três tipos de linguagens de programação que são elas: *JavaScript*, C#, e Boo (HIRATA, 2009). No jogo CidTrans foram utilizadas as linguagens *JavaScript* e *C Sharp* (C#).

A linguagem *JavaScript* foi utilizada para implementação dos menus, movimentação dos pedestres e motoristas, controle dos objetivos e carregamento de cenas no jogo. Ela foi escolhida pela quantidade de documentação disponível e exemplos de sua utilização. Já a linguagem C# foi utilizada para o controle sobre o modelo do veículo controlado pelo usuário no jogo. Por possuir uma complexidade maior que a linguagem *JavaScript* no *software* Unity 3D (WATKINS, 2011), a linguagem C# obteve um rendimento superior no controle de todas as funções, envolvidas no controle do veículo do jogador humano.

Na *engine* de jogos Unity 3D, é possível integrar no mesmo projeto arquivos diferentes escritos nas três linguagens, por exemplo, um *script* feito em JavaScript consegue comunicar-se com outro feito em C#. Esse interfaceamento permite dividir o projeto em partes e cada uma pode feita por programadores diferentes e integradas posteriormente, proporcionando uma possibilidade de desenvolvimento em paralelo (WATKINS, 2011) (HIRATA, 2009).

O *software* Unity 3D foi utilizado como *game engine* para criação do jogo CidTrans. Através de suas ferramentas foi possível a criação do cenário, utilizando a

importação e modelagem de modelos e seus respectivos posicionamento no espaço do jogo. Também possível o controle de todos os objetos dinâmicos do jogo como os pedestres e motoristas autônomos, semáforos e placas. Além disso, com o *software* Unity 3D foi criado a interação do jogador com os objetivos e cenas.

Os fatores levados em consideração para a escolha do *software* Unity 3D para criação do jogo foram a interface intuitiva do *software*, a documentação consolidada e pela ferramenta ser um *open source*.

### 3.2 Métodos

Inicialmente, foram realizadas pesquisas em sites especializados de trânsito (DETRAN, Polícia Rodoviária Federal, entre outros) para a caracterização do problema e levantamento dos principais requisitos do sistema. Em seguida, foram selecionados livros e artigos de computação gráfica, agentes e jogos computacionais para estudo.

Esta literatura especializada auxiliou na identificação das principais técnicas de computação gráfica e agentes que foram adotadas no sistema, de forma a prover uma fundamentação teórica quanto à viabilidade técnica para o desenvolvimento do jogo para educação no trânsito CidTrans.

Paralelamente à análise da viabilidade técnica e estudo dos métodos foi feito o estudo de alternativas e a seleção da tecnologia para o desenvolvimento do sistema. Foi feito um estudo de diversos aspectos e tecnologias relacionadas a *game engines* e *software* para modelagem e animação tridimensional. Também foi feita uma análise das tecnologias de *hardware* e *software* disponíveis, priorizando nas escolhas aquelas de baixo custo que pudessem satisfazer aos requisitos levantados nas pesquisas iniciais.

Na sequência, teve início uma etapa de experimentação em que foram desenvolvidas algumas aplicações de jogos tridimensionais simples com o objetivo de proporcionar a familiarização e domínio da tecnologia.

Posteriormente, foi modelado o cenário 3D utilizando a ferramenta Unity 3D e a seleção de modelos de personagens *open source* para uso no jogo CidTrans através dos *softwares* Blender e SketchUp. Após, foi criada a interação do jogador humano

no cenário e a criação dos algoritmos para o controle do jogo. Também foram implementados os condutores e pedestres autônomos.

Após a implementação do jogo CidTrans, foram realizados testes com potenciais usuários visando a avaliação do jogo quanto a diversos aspectos, como cenário, controle do veículo, facilidade de uso e diversão. Os resultados foram sumarizados e foi realizada uma análise estatística dos dados amostrais para inferir conclusões sobre a população de usuários.

## **4 IMPLEMENTAÇÃO DO JOGO CIDTRANS**

Essa seção descreve os principais aspectos da implementação do jogo CidTrans, como suas principais características, implementação dos pedestres e motoristas autônomos, mecanismo de controle da pontuação e controle do veículo do jogador. Além disso, também são apresentados os diagramas de classes utilizados para implementação do jogo como um todo.

### **4.1 Levantamento de Requisitos**

Para o jogo CidTrans, foram levantados os requisitos funcionais e não funcionais relacionados ao jogador, aos motoristas e pedestres autônomos, sendo estes apresentados no "ANEXO A" os requisitos funcionais e não funcionais levantados para o usuário e "ANEXO B" os requisitos funcionais e não funcionais levantados para os motoristas e pedestres autônomos do jogo.

### **4.2 Diagrama de Classe**

Diagrama de classe é, de acordo com a literatura, uma representação da estrutura e relações das classes que servem de modelo para objetos (RIBU, 2001).

Nessa seção, para um melhor entendimento do diagrama de classe, este foi dividido em duas partes, sendo elas a classe cenário e suas composições (Figura 14) e a classe agentes reativos e suas heranças (Figura 15). O diagrama de classes completo é apresentado na Figura 16.



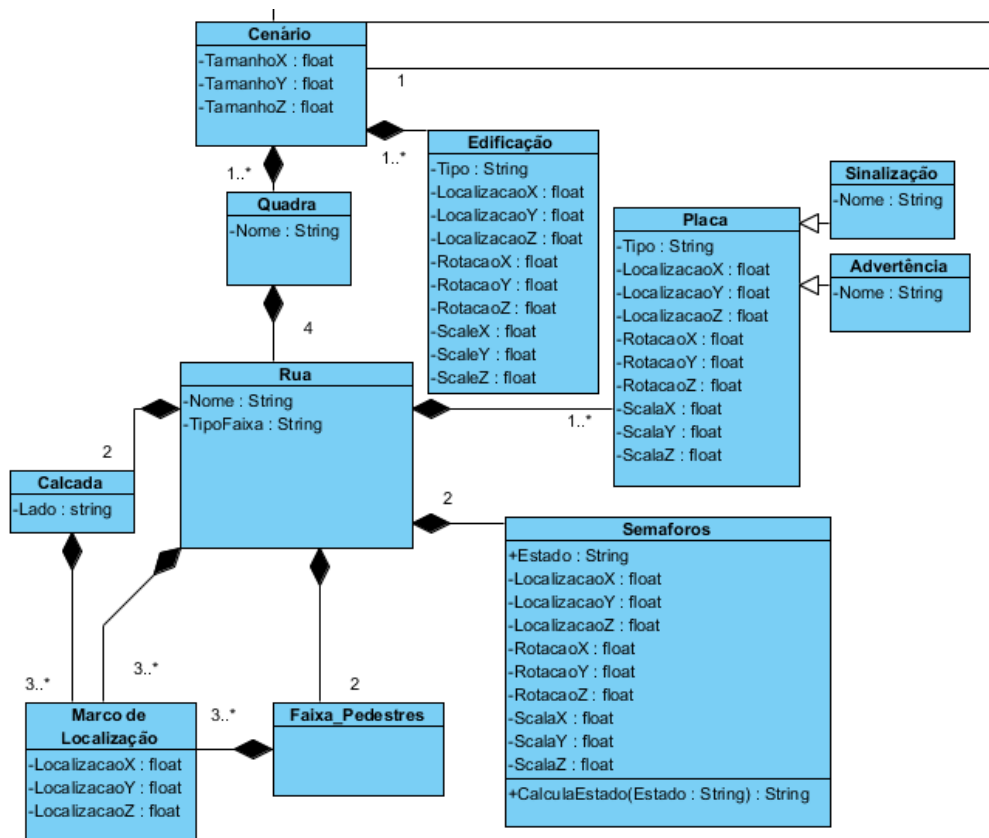


Figura 14. Classe Cenário e suas composições.

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Na Figura 14 são representadas as diversas classes que representam o cenário do jogo, incluindo atributos referentes à geometria e posição dos objetos estáticos no decorrer do jogo. Algumas classes da Figura 14 serão detalhadas a seguir.

- **Classe Placa:** esta classe representa todas as placas de trânsito contidas no cenário e também sua localização, rotação e escala. Essas placas podem ser de advertência como a placa de "pare" ou de sinalização como a placa de "curva a direita".
- **Classe Semáforo:** representa todos os semáforos presentes no jogo, contendo a localização, rotação e escala de cada um, além disso, apresenta um método para alterar seu estado entre os três possíveis estados: siga, atenção e pare.
- **Classe Marco\_de\_Localização:** essa classe representa um objeto que não aparece na execução do jogo, sendo apenas um ponto de localização para outros objetos. Esses marcos servirão para indicar a posição, a direção e a distância de uma faixa de pedestres para os agentes reativos quando se

encontram nas calçadas e para indicar a posição em relação ao cenário, no caso dos motoristas autônomos.

- **Classe Rua:** esta classe representará as ruas do cenário, contendo um atributo nome para indicar o nome da rua, um atributo "TipoFaixa" que indica se a rua é de mão única ou não. Esta classe é composta por diversos "Marco\_de\_Localização", e cada marco representa uma localização na rua como início, meio e fim da mesma. A classe rua também contém duas faixas de pedestres sendo uma no início e outra no final, e cada faixa de pedestre também é composta por "Marco\_de\_Localização", possibilitando assim que os pedestres atravessem na faixa. Além disso, a classe rua engloba duas calçadas, sendo uma do lado direito e outra do lado esquerdo, que também contém os "Marco\_de\_Localização", para os pedestres possam seguir o caminho dentro da calçada. Essa classe representa apenas as ruas dentro de cada quadra, sendo que quando uma rua se prolonga por diversas quadras, essa rua é dividida em diversas ruas que possuem a extensão da quadra à qual pertencem, e cada extensão da rua terá seu "Marco\_de\_Localização" de início, de meio e de fim.
- **Classe Cenário:** esta classe é composta por todos os objetos estáticos do cenário como quadras, que são compostas por ruas e edificações, que podem ser de diferentes tipos como prédios ou casas. Esta classe possui como atributo o tamanho do cenário nas dimensões x, y e z.

A Figura 15 representa a classe dos agente reativo e suas agregações.

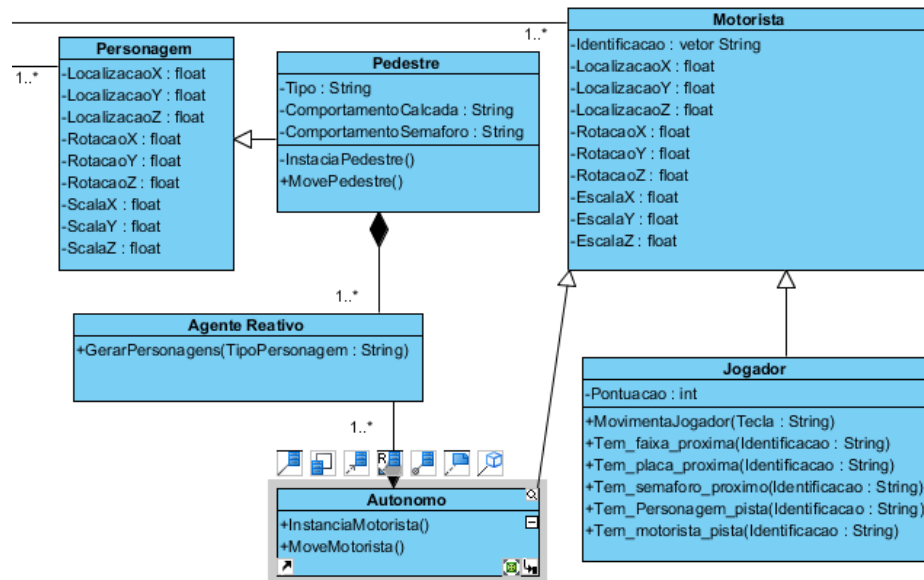


Figura 15. Classe Agentes Reativos e suas agregações.

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

As classes representadas na Figura 15 são detalhadas a seguir.

- Classe Agente Reativo Simples:** essa classe é responsável por gerar as entidades autônomas que representam papéis bem definidos no cenário, como pedestres prudentes e não prudentes e motoristas, os quais para os pedestres foram definidos com base em comportamento esperados como: Em relação aos semáforos, atravessar a faixa de pedestres apenas se ele estiver na cor vermelha ou não, e em relação ao comportamento na calçada, atravessar a rua em qualquer "Marco\_de\_Localização", ou somente no marco da faixa de pedestres. Já para os motoristas autônomos, seu deslocamento no cenário é gerado de forma randômica pela classe agente reativo simples.
- Classe Pedestres:** essa classe instancia o pedestres em um determinado local sorteado (marco), a partir de marcos previamente adicionados pelo método de "instanciaPedestre". Ela também move o pedestre durante o jogo sorteando os "Marco\_de\_Localização", para os quais o agente pode se mover a partir dos marcos adjacentes a ele, que indicam todos os caminhos possíveis levando em consideração os comportamentos gerados pelo método "MovePedestre".

- **Classe Personagem:** esta classe contém a localização, rotação e escala de cada personagem pedestre no cenário, sendo constantemente alterada, conforme os personagens se locomovem no jogo.
- **Classe Autonomo:** essa classe é responsável por instanciar cada motorista em seu determinado local sorteado (marco), a partir de marcos previamente adicionados pelo método de "instanciaMotorista". Ela também move o motorista durante o jogo sorteando os "Marco\_de\_Localização", para os quais o agente pode se mover a partir dos marcos adjacentes a ele, que indicam todos os caminhos possíveis levando em consideração os sorteios dos caminhos gerados pelo método "MoveMotorista"
- **Classe Jogador:** essa classe tem um atributo chamado "Pontuacao", que armazena a quantidade de pontos, sendo que a cada respeito ou desrespeito às leis de trânsito no jogo esse atributo é incrementado ou decrementado do bônus ou punição, respectivamente. Se esse o valor desse atributo for menor ou igual a zero o jogo é encerrado. Já o método "MovimentaJogador", é responsável pelo movimento do motorista jogador pelo cenário, tendo como parâmetro a tecla que determina a direção a ser seguida.
- **Classe Motorista:** essa classe armazena a localização, rotação e escala de todos os motoristas e é atualizada por eventos. Além disso, ela contém um atributo chamado "Identificacao", que será um vetor no qual é armazenada a identificação de cada motorista, autônomo ou humano.

A Figura 16 apresenta o diagrama de classes completo, sendo que a classe "*control*" presente no diagrama representa o *software* Unity 3D que gerencia todo o jogo. Já o classe "*interface*" é o responsável pela exibição na tela o jogo.

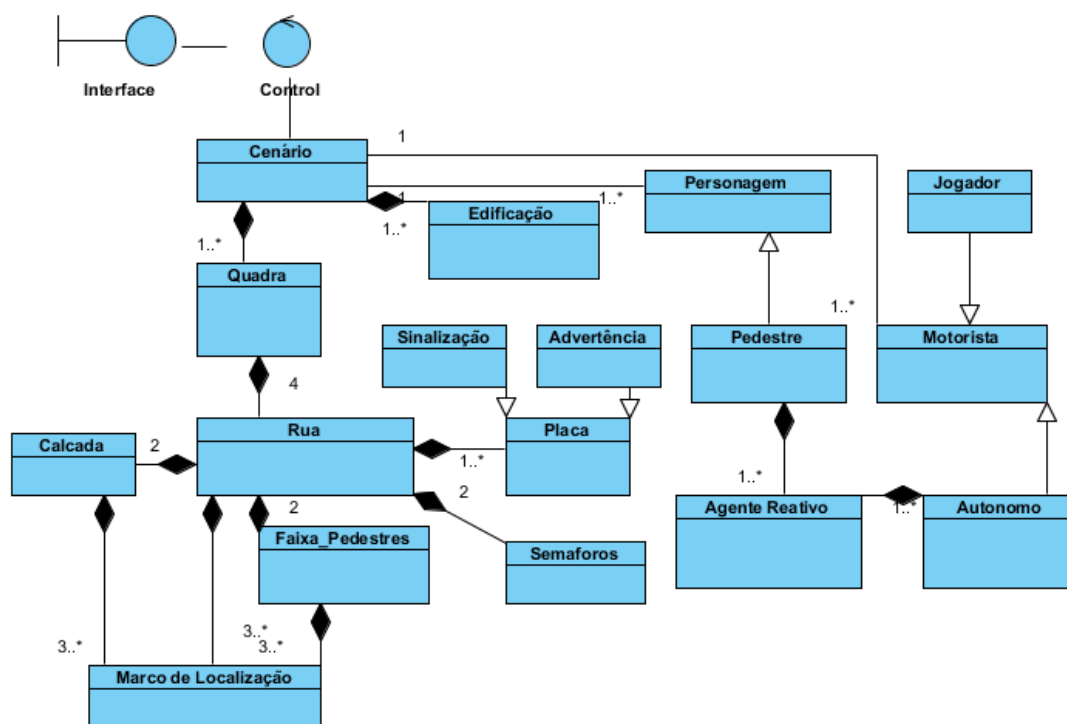


Figura 16. Diagrama de classes completo sem os atributos e métodos.

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

### 4.3 Modelos 3D

Foi modelado um subconjunto de elementos de trânsito, bem como alguns elementos estáticos do cenário como: edifícios, árvores, calçadas, etc. A Tabela 3 descreve, de forma simplificada, as técnicas utilizadas para modelar os diversos elementos do cenário.

Tabela 1. Técnica de modelagem 3D utilizada nos modelos dos objetos.

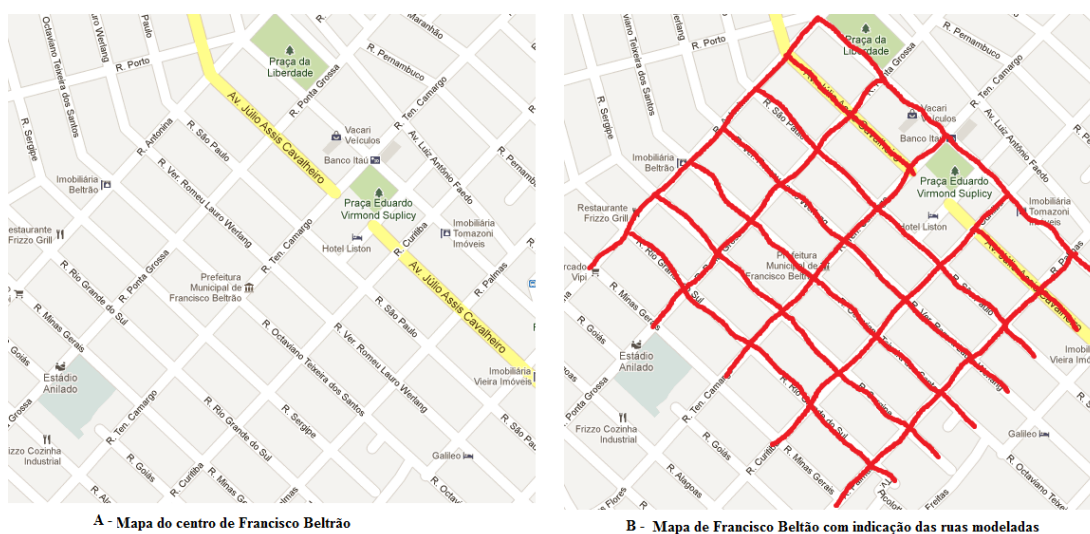
Instância	Técnica de modelagem 3D utilizada (Computação Gráfica)	Classe associada
Placa Pare; Placa Interseção; Placa entre outras.	Instanciamento de primitivas; Geometria sólida construtiva;	Placa
Casa	Extrusão.	Edificação
Rua	Instanciamento de primitivas;	Rua
Semáforo	Instanciamento de primitivas; Geometria sólida construtiva;	Semáforo
Carro (Jogador)	Instanciamento de primitivas; Geometria	Motorista

	sólida construtiva;	
Carro (Autônomos)	Instanciamento de primitivas; Geometria sólida construtiva;	Motorista
Calçadas	Instanciamento de primitivas;	Quadra
Faixa de Pedestres	Instanciamento de primitivas;	Rua
Pedestre	Instanciamento de primitivas; Geometria sólida construtiva;	Personagem
Árvores	Instanciamento de primitivas; Geometria sólida construtiva;	Cenário

#### 4.4 Jogo CIDTRANS

Na seção 2.2 da fundamentação teórica foram apresentados as principais características da interface de um jogo: visão do jogador, ambiente e projeção. Nesse sentido, a interface do jogo CidTrans se caracteriza por apresentar uma visão em terceira pessoa em um ambiente externo e utiliza a projeção perspectiva. Utilizou-se uma *SkyBox* para modelagem do céu do cenário.

Para a implementação do jogo CidTrans, inicialmente foi modelado um cenário com ruas e calçadas, sendo este baseado no centro da cidade de Francisco Beltrão como apresentado na Figura 17, em que A é o mapa do centro de Francisco Beltrão e B as ruas que foram selecionadas em vermelho. Já a Figura 18 apresenta a modelagem realizada no software Unity 3D. Essa figura apresenta as diversas vias de trânsito (ruas e avenidas) que são representadas pelas linhas escuras e as calçadas como as linhas brancas e vermelhas.



**Figura 17.** Mapa do centro de Francisco Beltrão em A e indicação das ruas em B.

Fonte: GOOGLEMAPS (2013).



**Figura 18.** Visão superior da modelagem das ruas e calçadas do centro de Francisco Beltrão no software Unity 3D.

Fonte: Modelado pelo autor.

O jogo é iniciado com a tela de menu principal apresentada na Figura 19, onde o jogador humano deve fornecer seu nome. Quando o usuário seleciona o botão "Novo Jogo", a próxima cena é carregada. Na tela da Figura 19, o jogador humano poderá sair do jogo pressionando o botão "Sair".





**Figura 19. Menu principal do jogo CidTrans.**

Fonte: Modelado pelo autor.

A Figura 20 apresenta a tela inicial da cena, informando o jogador sobre o objetivo do jogo e as condições para alcançá-lo. No jogo CidTrans foram criados três níveis para conclusão do jogo. Cada nível oferece uma dificuldade superior ao anterior.

No primeiro nível do jogo, o jogador tem como objetivo localizar uma "célula de carga" e retornar à posição inicial. Além disso, para avançar para o próximo nível, o jogador deverá obter no mínimo cinquenta por cento a mais de recompensas em relação às penalidades (desrespeitos às leis de trânsito e atitudes de imprudência). Também são instanciados no início desse nível trinta pedestres e dez motoristas autônomos em locais aleatórios do cenário. Esses pedestres e motoristas estão em contínuo movimento pelo cenário, oferecendo situações adversas ao jogador humano durante o jogo. A Figura 21 apresenta a tela de início do nível 1.

Para o segundo nível do jogo, a quantidade de "células de carga" que o jogador humano necessita localizar são duas, voltando para posição inicial após obtê-las. De forma similar ao que ocorreu na transição do primeiro para o segundo nível, o jogador têm que obter no mínimo setenta por cento a mais de recompensas em relação às infrações cometidas. Neste nível são instanciados cinquenta pedestres autônomos e quinze motoristas autônomos. A Figura 22 mostra a tela inicial do nível 2.



No terceiro nível e último do jogo, o jogador humano necessita encontrar três "células de carga" e retornar a posição inicial. Nesse nível, a porcentagem de respeito as leis de trânsito em relação as infrações cometidas é de oitenta e cinco por cento. Para esse nível foram instanciados setenta pedestres e vinte motoristas autônomos. A Figura 23 apresenta a tela inicial do nível 3.

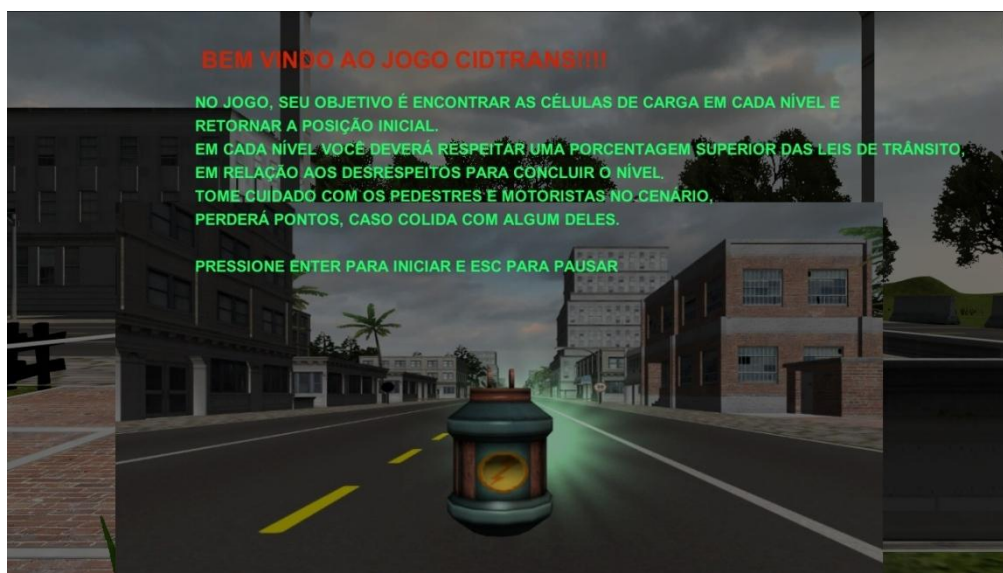


Figura 20. Tela de início da cena com informações sobre o objetivo do jogo.

Fonte: Modelado pelo autor.

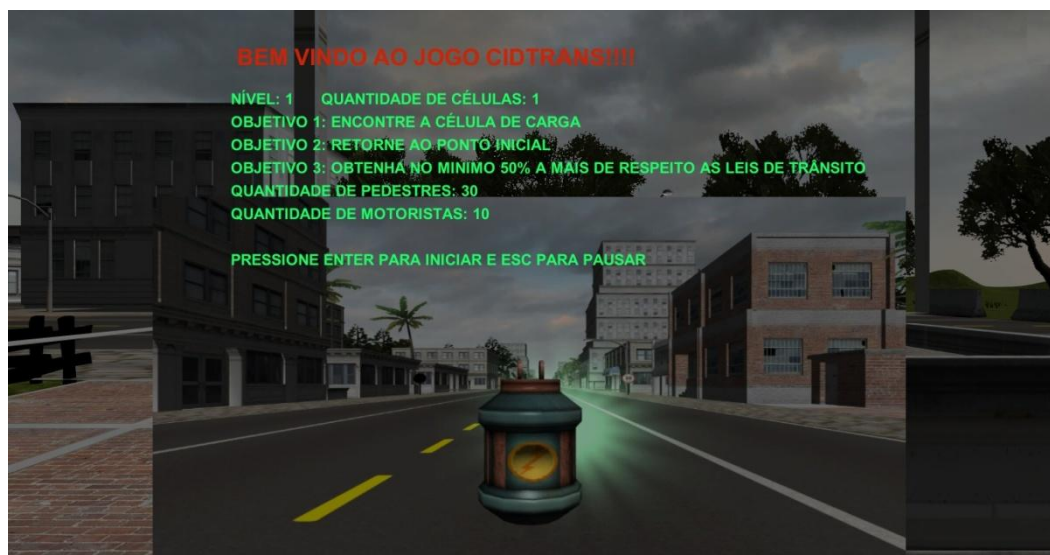
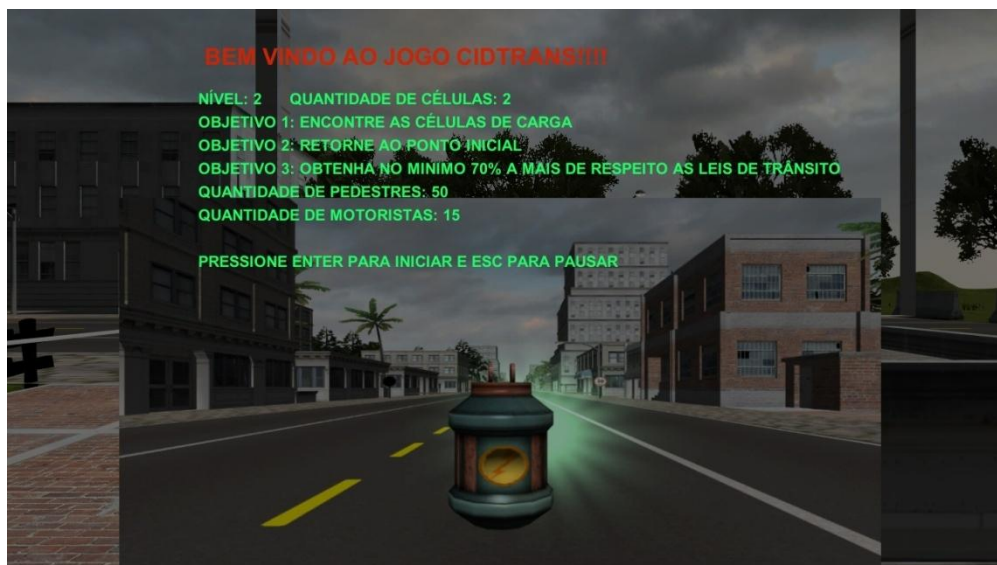


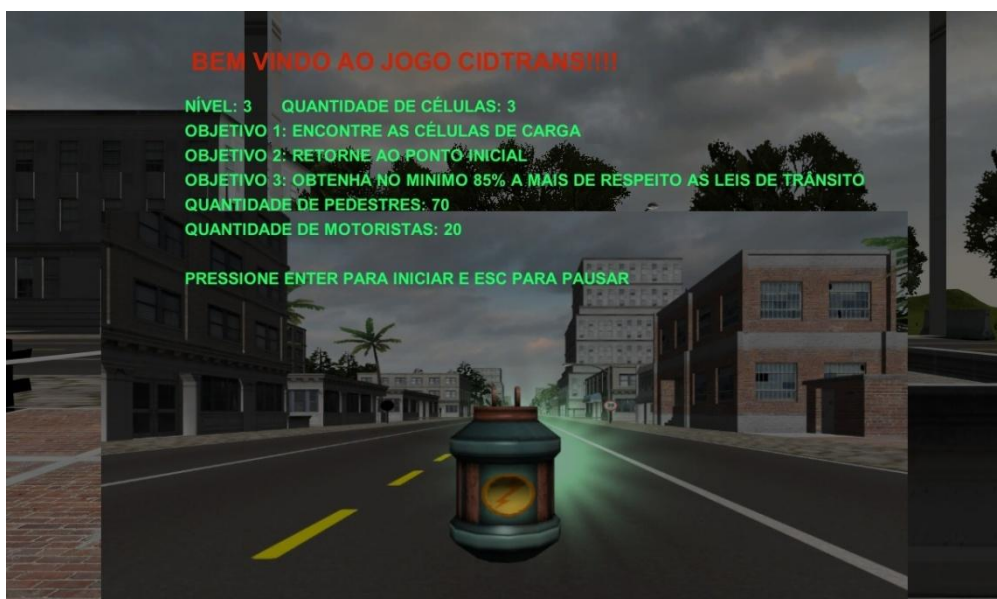
Figura 21. Tela de início da cena do nível 1.

Fonte: Imagem do jogo modelado pelo autor.



**Figura 22. Tela de início da cena do nível 2.**

Fonte: Imagem do jogo modelado pelo autor.



**Figura 23. Tela de início da cena do nível 3.**

Fonte: Imagem do jogo modelado pelo autor.

A posição inicial do jogador humano foi pré-estabelecida no cenário como mostra a Figura 24.



**Figura 24. Posição inicial do motorista humano no cenário.**

Fonte: Imagem do jogo modelado pelo autor.

Após o usuário pressionar a tecla "Enter", o jogo exibirá os mostradores para indicação de velocidade, pontuação e distância do destino (Figura 25). A distância do destino é calculada realizando a subtração da posição da "célula" mais próxima do jogador com a posição atual do jogador no cenário, ambos os valores em magnitude. Caso o jogador se encontre no nível dois ou três, a "célula" de carga mais próxima é utilizada para a realização do cálculo da distância do destino. Quando o jogador encontrar essa "célula de carga", o jogo automaticamente calcula o próximo destino, sendo outra "célula" ou o ponto inicial dependendo do estado atual do nível.





**Figura 25. Imagem com os mostradores de velocidade, pontuação e distância.**

Fonte: Imagem do jogo modelado pelo autor.

O usuário (motorista) interage com o sistema para mover o seu personagem no cenário utilizando o teclado. Setas de direção permitem avançar, recuar, virar à direita e à esquerda. Ainda o usuário poderá pausar o jogo a qualquer momento pressionando a tecla "Escape" no teclado, permitindo assim que ele possa recomeçar ou sair do jogo como mostra a Figura 26.



**Figura 26. Imagem do menu de pausa do jogo.**

Fonte: Imagem do jogo modelado pelo autor.

Quando a distância entre o personagem controlado pelo jogador e uma "célula de carga" for menor que dez metros nos eixos x e z, dependendo o estado do nível atual, em que o jogador se encontra, ele deverá retornar a posição inicial ou encontrar outras "células de carga". Quando o jogador obter todas as "células de carga" do nível e retornar à posição inicial, uma nova cena é carregada. A Figura 27 apresenta o jogador se aproximando de uma célula.



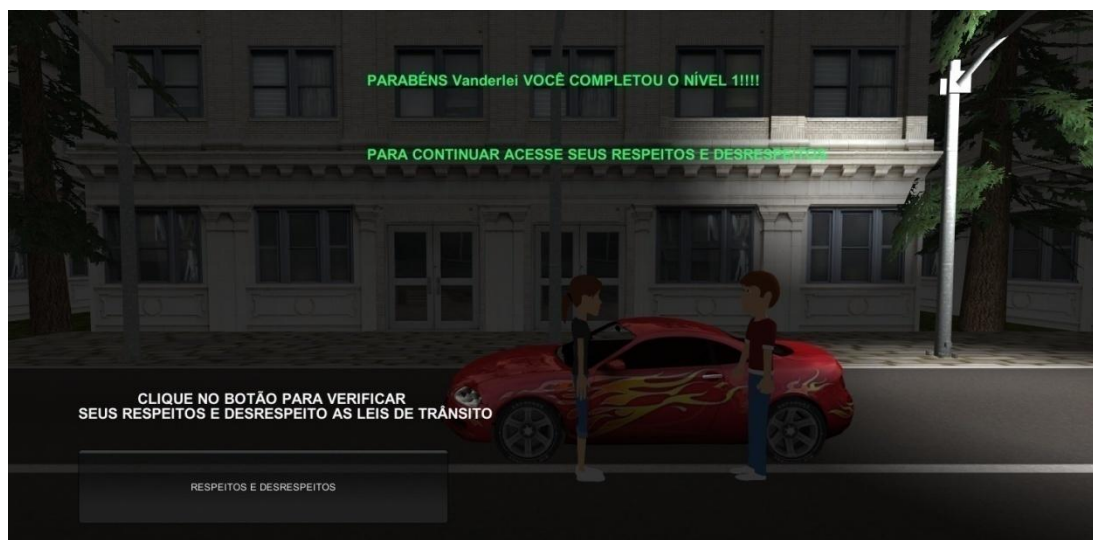
**Figura 27. Imagem de um jogador se aproximando de uma célula.**

Fonte: Imagem do jogo modelado pelo autor.

A nova cena carregada levará em conta o parâmetro quantidade de elementos respeitados e desrespeitados no nível. Caso o jogador tenha respeitado 50% a mais de elementos de trânsito em comparação a infrações no nível 1, a cena da Figura 28 é carregada informando que o jogador completou o objetivo do nível 1 com êxito. Caso o jogador atinja o objetivo de encontrar a "célula de carga" e retornar a posição inicial, mas não obtenha um número mínimo de 50% de respeitos às leis de trânsito em comparações a infrações cometidas no nível 1, a cena de êxito será exibida, porém mensagens diferentes do caso anterior são informadas ao jogador como apresenta a Figura 29.

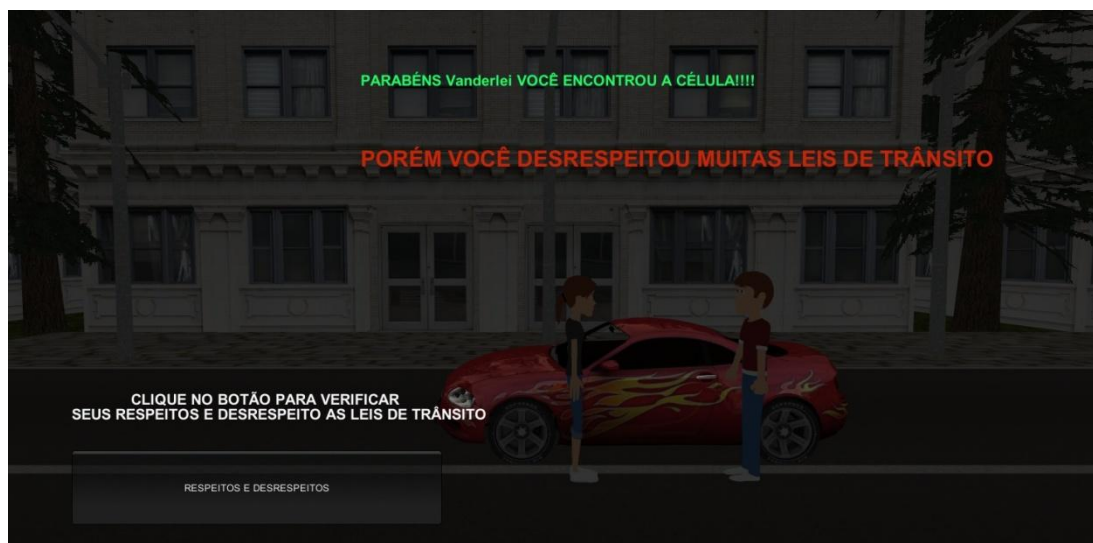
A diferença entre as cenas das Figuras 28 e 29, além das mensagens apresentadas, destaca-se a iluminação do poste mais a esquerda da Figura 28, sendo que a cada nível concluído, outro poste é aceso, informando com um estímulo visual

o nível em que o jogador finalizou no momento. Também as mensagens mostradas ao jogador são informadas com cores diferentes em cada caso.



**Figura 28. Imagem da cena com o objetivo concluído no nível 1.**

Fonte: Imagem do jogo modelado pelo autor.



**Figura 29. Imagem da cena em que o jogador encontrou a célula não obtendo o mínimo requerido de respeitos em comparação as infrações cometidas no nível 1.**

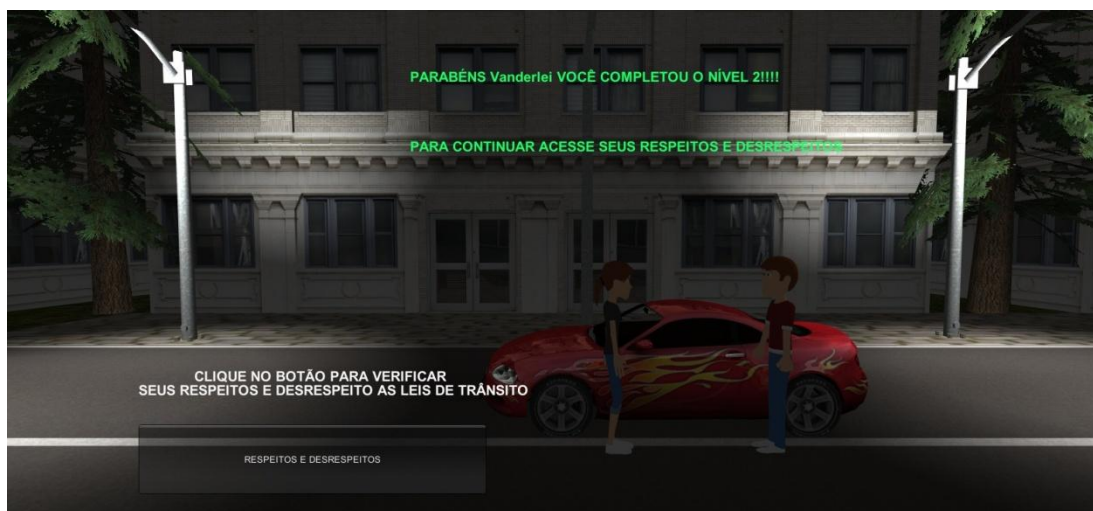
Fonte: Imagem do jogo modelado pelo autor.

A Figura 30 mostra a cena em que o jogador concluiu com êxito os objetivos do nível 2 e a Figura 31 os do nível 3. Caso o jogador, conclua o nível três e último do jogo a cena final apresenta um sistema de partículas, diferenciando a cena dos outros níveis.

Se o jogador encontrar as "células de carga" e retornar a posição inicial, mas não obtendo o mínimo requerido de respeitos em comparação as infrações nos níveis



dois e três, ele pode reiniciar o nível. Já por outro lado, se sua pontuação atingir um valor menor ou igual a zero o jogo é finalizado, retornando para o primeiro nível.



**Figura 30. Imagem da cena com o objetivo concluído no nível 2.**

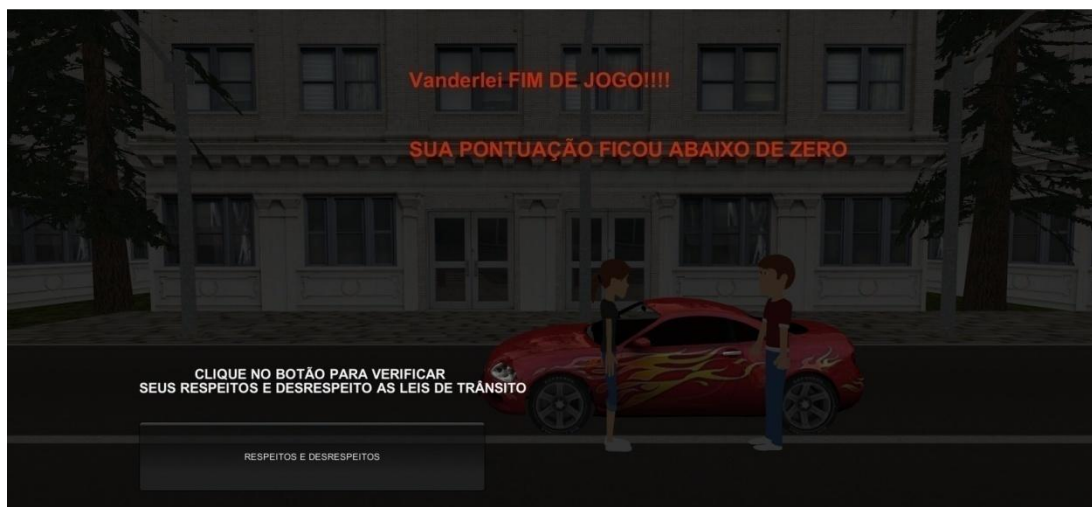
Fonte: Imagem do jogo modelado pelo autor.



**Figura 31. Imagem da cena com o objetivo concluído no nível 3.**

Fonte: Imagem do jogo modelado pelo autor.

No caso da pontuação do jogador durante o jogo se tornar menor ou igual a zero, a cena da Figura 32 é exibida.

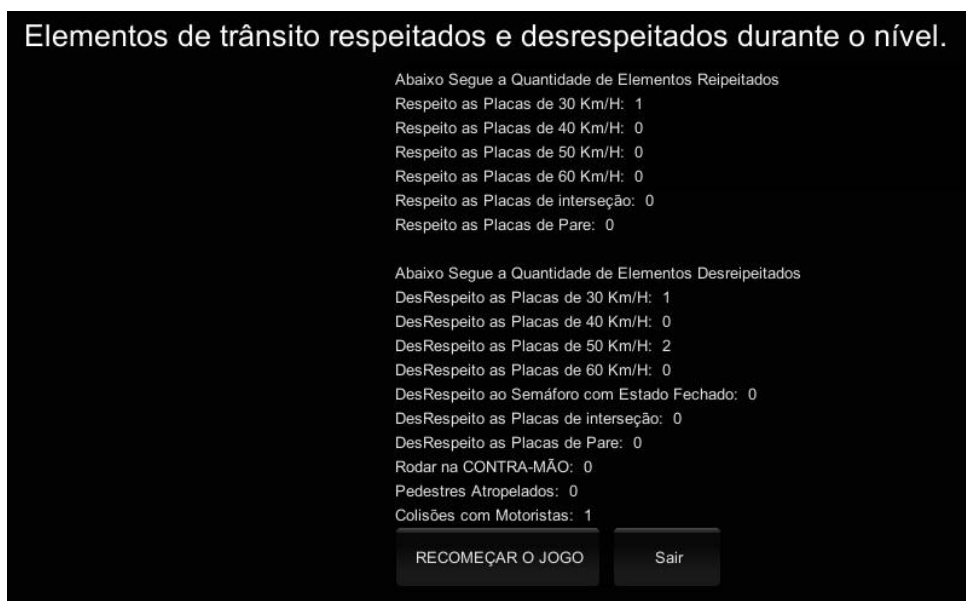


**Figura 32. Imagem da cena, onde a pontuação do jogador atingiu um valor menor ou igual a zero.**

Fonte: Imagem do jogo modelado pelo autor.

Quando o usuário pressionar o "Respeitos e Desrespeitos" uma nova cena será exibida, apresentando todos os elementos respeitados e desrespeitados durante o nível jogado pelo jogador. Ainda nessa cena, caso o jogador tenha completado com êxito o nível, ele poderá seguir para o próximo como apresenta a Figura 34. No caso de não obtendo o mínimo requerido de respeitos em comparação as infrações no nível o jogador poderá reiniciar o nível como mostra a Figura 35 ou ainda recomeçar um novo jogo caso sua pontuação atinja um valor inferior ou igual a zero, como indicado na Figura 33. Além disso, em todos os casos o jogador poderá sair do jogo pressionando o botão "Sair".





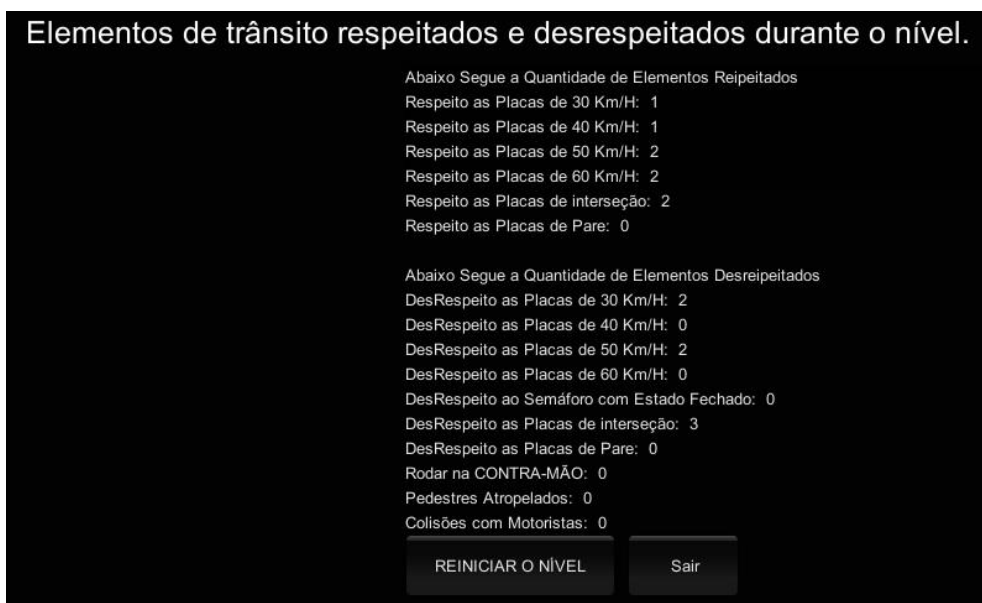
**Figura 33. Imagem da cena em que, apresenta os elementos de trânsito respeitados e desrespeitados durante o nível com o botão de recommear.**

Fonte: Imagem do jogo modelado pelo autor.



**Figura 34. Imagem da cena em que, apresenta os elementos de trânsito respeitados e desrespeitados durante o nível com o botão avançar para o próximo nível.**

Fonte: Imagem do jogo modelado pelo autor.



**Figura 35. Imagem da cena em que, apresenta os elementos de trânsito respeitados e desrespeitados durante o nível com o botão para reiniciar um nível.**

Fonte: Imagem do jogo modelado pelo autor.

Após a conclusão da etapa de implementação foram realizadas a compilação e criação do executável do jogo CidTrans utilizando o *software* Unity 3D.

#### 4.5 Controle do Jogador Humano

O veículo controlado pelo jogador humano foi obtido da biblioteca interna do Unity 3D. Esse modelo já apresenta diferenciais importantes para jogabilidade no jogo, como controle de direção (acelerar, desacelerar, virar à direita ou esquerda), controle da suspensão e rotação das rodas, controle de som e da câmera. A seguir são apresentadas as principais funções do modelo.

- *GetInput()*: Essa função foi utilizada para ler dados do usuário e posteriormente executar ações no modelo, como acelerar ou desacelerar.
- *UpdateDrag()*: Essa função calcula a resistência do ar, tendo como parâmetro a velocidade do veículo.
- *UpdateFriction()*: Essa função calcula o atrito gerado por cada roda. Esse valor é utilizado para calcular a velocidade em cada instante de tempo do modelo durante sua movimentação pelo cenário.
- *CalculateEnginePower()*: Calcula a potência que será aplicada ao modelo em cada instante de tempo. Para esse cálculo são utilizadas todas as forças aplicadas ao modelo.

- *RotateAround()*: Calcula a rotação do veículo e da câmera, quando o usuário rotacionar virando o modelo para direita ou esquerda.
- *SetupCenterOfMass()*: Calcula o centro de massa do veículo.
- *SetupWheelColliders()*: Calcula a interação de cada roda do veículo em relação ao terreno. Esses valores são utilizados para o cálculo da força de atrito.
- *SetupGears()*: Configura o sistema de marchas, atribuindo uma velocidade máxima a cada uma delas. Ainda calcula a força necessária para acelerar até cada uma delas, baseando-se na força de aceleração, de atrito e da resistência do ar.

#### 4.6 Pedestres Autônomos

No jogo CidTrans foi utilizada a abordagem de entidade de *software* autônoma reativa simples para implementação dos pedestres e motoristas autônomos. Essa abordagem foi adotada pela necessidade do mapeamento de situação previsíveis no trânsito como pedestres atravessando fora da faixa e na faixa de segurança, motoristas avançando preferenciais em ruas e semáforos com o estado fechado. Essas situações previsíveis proporcionam desafios para o jogador humano, de forma a contribuir para sua aprendizagem no trânsito.

Outro fator determinante na escolha dessa abordagem para implementação dos pedestres e motoristas autônomos foi a necessidade de que eles surgissem no cenário de forma aleatória a cada novo início de jogo ou nível, gerando assim a incerteza durante o jogo e estimulando a atenção do jogador.

Em uma arquitetura reativa simples, a entidade de *software* autônoma toma decisões sobre que ação executar através de algum procedimento pré-compilado ou embutido em algum circuito em tempo real, em função da ocorrência de um ou mais eventos no ambiente (RUSSEL, 1995) (BUCKLAND, 2002).

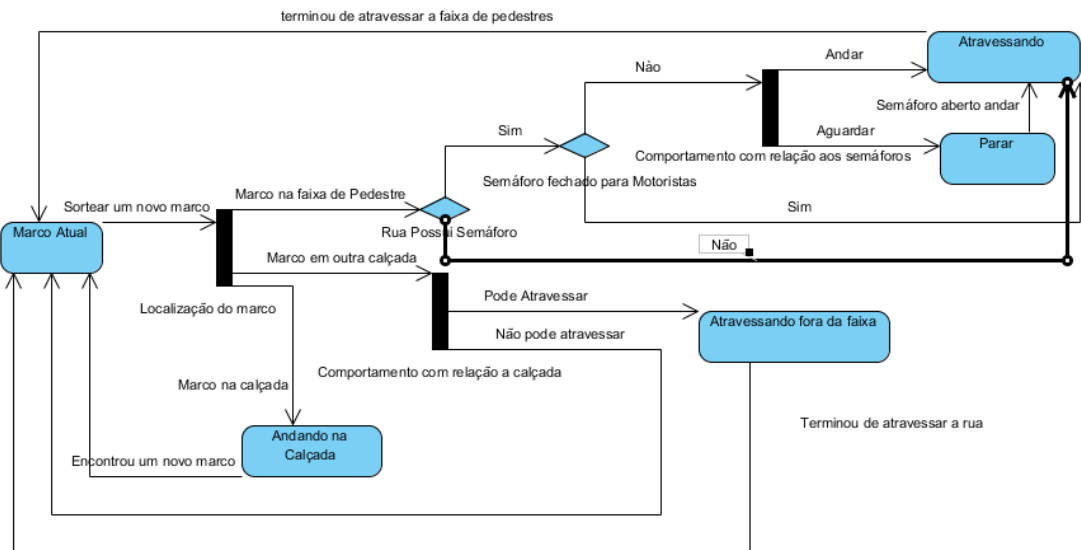
Os agentes reativos simples podem ser definidos como um conjunto de comportamentos ou condições que são previamente mapeados e que levam à execução de uma ação. Cada estado durante a execução do agente leva a uma ação programada previamente, o que estabelece uma regra. Isso ocorre até que haja uma condição de parada (BARRETO, 1999). Nos pedestres autônomos a regra de deslocamento foi definida em linhas gerais como: "Se" estiver no marco A "Mover para X", "Senão" "Mover para Y".

Os pedestres presentes no cenário foram implementados como entidade de *software* autônoma reativa simples, uma vez que executam ações relacionadas a diferentes padrões de comportamento humano (prudência, falta de atenção) como no CidTrans por exemplo, um pedestre atravessar fora da faixa ou na faixa de segurança e atravessar com o estado do semáforo aberto para motoristas.

Os personagens pedestres surgem em posições aleatórias no início de cada nível, para introduzir o fator incerteza no jogo. Essas posições são representadas no jogo através de objetos chamados de "marcos de localização", os quais são invisíveis na execução do jogo, mas armazenam sua posição em relação aos eixos x, y e z no cenário, sendo utilizados para identificar o início, o meio e o fim das ruas, calçadas ou faixas de pedestres. Estes objetos estão inter-relacionados, armazenando a referência dos seus marcos adjacentes.

A cada nível são criados um número pré-estabelecido de pedestres no cenário. No primeiro nível são instanciados trinta pedestres, no segundo cinquenta e no terceiro setenta. O aumento da quantidade de pedestres autônomos em cada nível, visa obter uma atenção superior do jogador, proporcionando mais desafios durante os níveis e no jogo.

A Figura 36 representa um diagrama da locomoção dos pedestres no cenário. Inicialmente é sorteado um novo "marco de localização" a partir dos marcos adjacentes ao atual. Caso o marco sorteado seja uma faixa de pedestres e a rua possua um semáforo, o agente irá agir de acordo com o seu comportamento em relação ao semáforo, isto é, se o semáforo estiver aberto para motoristas e o comportamento for "prudente" o agente irá aguardar até o semáforo fechar para atravessar a faixa de pedestres. Caso contrário, ele atravessará a faixa independente do estado do semáforo. Nas ruas que não possuem semáforos os pedestres irão apenas atravessar na faixa de pedestres.



**Figura 36. Diagrama da movimentação dos pedestres no cenário.**

Fonte: Modelado pelo autor.

Caso o marco sorteado seja referente a calçada do outro lado da rua, o agente irá avaliar seu comportamento em relação a atravessar fora da faixa de pedestres. Se o comportamento indicar que ele poderá atravessar fora da faixa, o agente atravessará a rua, caso contrário será sorteado outro marco.

Caso o marco sorteado esteja na própria calçada o agente irá se locomover até o marco. Após o agente encontrar o próximo marco este se tornará o marco atual, repetindo o processo de sorteio em todos os casos.

Na ferramenta Unity 3D a implementação dos pedestres autônomos foi dividido em duas etapas, onde na primeira é descrito o processo de instanciamento dos pedestres no cenário e na segunda sua movimentação.

1 - Local de Instanciamento dos pedestres no cenário: Cada pedestre é instanciado a partir de um sorteio de uma posição na calçada e uma posição no cenário. A posição no cenário é concatenada com os textos para obter o nome do objeto a ser localizado que será o "marco de localização" inicial do pedestre. Com esse nome a função "*find*" busca e retorna o objeto, carregando uma variável do tipo "*GameObject*" que contém todos os atributos e componentes desse objeto. De posse desse objeto o pedestre é instanciado na posição e rotação do objeto.

2 - Movimentação dos pedestres no cenário: Inicialmente foi atribuída uma classificação para cada "Marco de localização" conforme sua localização na rua, como mostra na Figura 37. Para adicionar uma classificação a cada marco foi

alterado o valor do atributo chamado "Tag" diretamente pela janela "inspector". Também foi criado um *script* que contém um vetor de variáveis "Transform" correspondentes aos marcos adjacentes. Esse *script* foi adicionado a cada marco de localização e posteriormente atribuído cada marco adjacente a ele pela janela "inspector" (Figura 38). Nesse *script* foram criadas três funções para o controle dos pedestres no cenário.

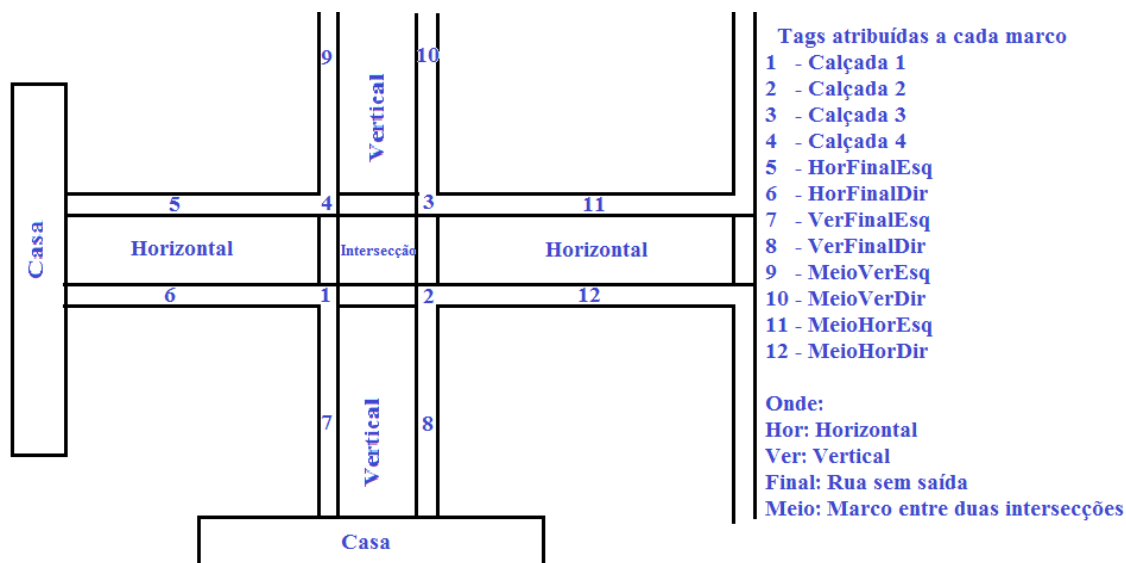


Figura 37. Diagrama das Tags atribuídas a cada marco.

Fonte: Modelado pelo autor.

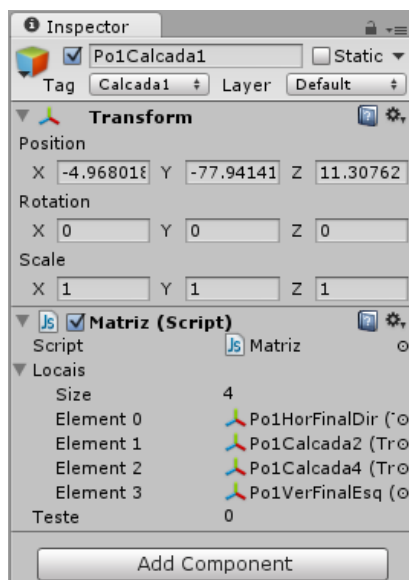


Figura 38. Janela "inspector" com os marcos adjacentes referentes a "tag" calçada 1 de uma interseção de uma rua.

Fonte: Software Unity 3D.

A primeira função é executada quando o pedestre se encontra em uma intersecção entre duas ruas, ou seja, marcos que possuem o atributo "tag" como calçada (1, 2, 3 e 4). Inicialmente a função obtém os quatro marcos adjacentes ao marco que se encontra o pedestre e seguidamente sorteia um novo marco através da função "Random.value". Essa função sorteia valores aleatórios entre 0 e 10. De acordo com o valor gerado o pedestre irá se mover para um marco diferente definido através de condições, ou seja, se o valor gerado estiver entre 0 e 3, o próximo marco para o qual o pedestre irá se mover será o marco adjacente 1, caso esteja entre 3 e 5, para o marco adjacente 2, senão se estiver entre 5 e 8, para o marco adjacente 3, senão o próximo marco para o qual o pedestre irá se locomover será o marco adjacente 4.

Após a escolha do próximo marco é necessário que o pedestre rotacione para ficar de frente para o próximo marco para na seqüência se locomover, isso é obtido através de duas funções. A primeira calcula a diferença entre a rotação do pedestre e do marco em graus para ficarem de frente um para o outro "*Quaternion.LookRotation(Distancia)*", que recebe a distância entre o pedestre e o marco como parâmetro. Já a segunda função "*transform.rotation.eulerAngles.y*" rotaciona o pedestre pelo eixo y na direção do marco a uma velocidade de rotação pré-estabelecida, quando a diferença da rotação em graus entre o pedestre e o marco for menor que 1, considera-se que o pedestre está alinhado ao próximo marco e a rotação do pedestre é interrompida.

Em seguida a função "*transform.Translate(0,0,VelocidadePedestres)*" o movimenta para frente em direção ao próximo marco com uma velocidade pré-estabelecida. Conforme a localização do marco, a distância entre o próximo marco e o pedestre é calculada em relação a x ou a z, isto é, horizontal para x e vertical para z. Quando a distância entre o pedestre e o próximo marco for maior que -0.05 e menor que 0.05, a velocidade do pedestre é zerada e é atribuído as posições em x e z do próximo marco ao pedestre. Através dessa ação corrige-se o erro de locomoção ocasionado pela diferença de um grau na rotação do pedestre. Por fim, o marco atual é atualizado para o marco que o pedestre está no momento corrente e o marco anterior é atualizado para o marco do qual o pedestre veio (origem).

Para a segunda e a terceira funções a quantidade de adjacentes dos marcos são menores sendo três e dois respectivamente. Assim a diferença entre todas as funções além da quantidade de adjacentes está no sorteio da próxima posição, onde na segunda função terão apenas três possíveis escolhas e na terceira função apenas duas possíveis escolhas.

#### 4.7 Motoristas Autônomos

Como citado anteriormente, no jogo CidTrans foi utilizada a abordagem de entidade de *software* autônoma reativa simples para implementação dos motoristas autônomos. Essa abordagem foi adotada pela necessidade do mapeamento de situação previsíveis no trânsito como motoristas avançando preferenciais em ruas e semáforos com o estado fechado. Essas situações previsíveis proporcionam desafios para o jogador humano, de forma a contribuir para sua aprendizagem no trânsito. Os motoristas autônomos surgem em posições aleatórias nas vias no início de cada nível, para introduzir o fator incerteza no jogo.

No cenário são instanciados um número pré-estabelecido de motoristas autônomos dependendo do nível em que o jogador se encontra. No primeiro nível são instanciados dez motoristas, no segundo quinze e no terceiro vinte. O aumento da quantidade de motoristas autônomos em cada nível, visa obter uma atenção superior do jogador, proporcionando mais desafios durante os níveis e no jogo.

No *software* Unity 3D a implementação dos motoristas autônomos, inicialmente foi atribuída uma classificação para cada "Marco de localização" conforme sua localização na rua, como mostra a Figura 39. Também foi criado um *script* que contém um vetor de variáveis "*Transform*" correspondentes aos marcos adjacentes. Esse *script* foi adicionado a cada marco de localização e posteriormente atribuído a cada marco adjacente a ele.

Para simplificar o controle dos motoristas no cenário foram desenvolvidas duas funções. A primeira é executada quando o motorista se encontra em uma intersecção entre três ruas, ou seja, marcos que possuem o atributo "*tag*" como Rua (2, 4, 6 e 8). Inicialmente a função obtém os cinco marcos, sendo os três primeiros adjacentes ao marco e dois auxiliares que servem de guias para virar a direita ou a esquerda no cruzamento. Após, sorteia-se um novo marco através da função "*Random.value*". De



acordo com o valor gerado, o motorista irá se mover para um marco diferente definido através de condições, ou seja, se o valor gerado estiver entre 0 e 3, o próximo marco para o qual o motorista irá se mover será o marco adjacente 1, caso esteja entre 3 e 6, para o marco adjacente 2, senão o próximo marco para o qual o pedestre irá se locomover será o marco adjacente 3. Os marcos auxiliares serão utilizados nos dois últimos casos.

Em seguida a função "*transform.Translate(0,0,VelocidadeMotorista)*" o movimenta para frente em direção ao próximo marco com uma velocidade pré-estabelecida. Conforme a localização do marco, a distância entre o próximo marco e o motorista é calculada em relação a x ou a z, isto é, horizontal para x e vertical para z. Quando a distância entre o motorista e o próximo marco for maior que -0.05 e menor que 0.05, a velocidade do motorista é zerada e são atribuídas as posições em x e z do próximo marco ao motorista. Por fim, o marco atual é atualizado para o marco onde o motorista está no momento corrente e o marco anterior é atualizado para o marco do qual o motorista veio (origem).

Para a segunda função a quantidade de adjacentes é igual a um, ou seja, o motorista irá se mover até encontrar o próximo marco.

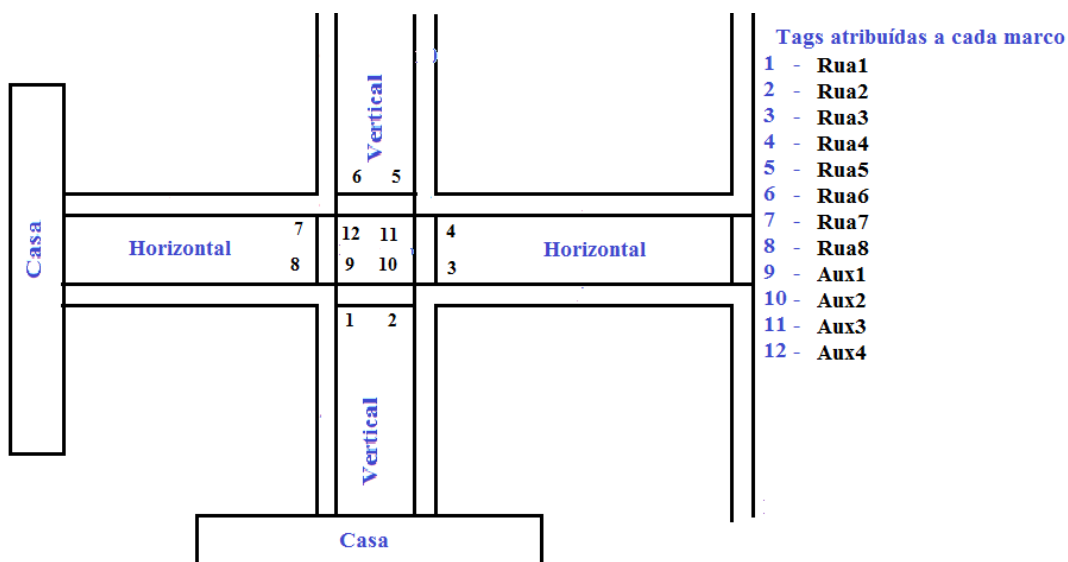


Figura 39. Diagrama das *Tags* atribuídas a cada marco para movimentação dos motoristas.

Fonte: Modelado pelo autor.

#### 4.8 Mecanismos de Pontuação no Jogo

O cálculo da pontuação para o condutor humano é realizado através dos elementos de trânsito, pedestres e motoristas autônomos. Os elementos de trânsito como semáforos, placas de sinalização e advertência continuamente comparam a posição atual do motorista com a sua posição no cenário. Caso a distância entre eles seja inferior ao limiar estabelecido inicialmente, é realizado o cálculo, sendo aplicado um decremento nos pontos do motorista, caso desrespeite o elemento de trânsito e um acréscimo caso o respeite. No caso de colisão entre o jogador humano e os pedestres ou motoristas autônomos, uma função interna a cada um deles, aplica uma penalidade ao condutor humano, decrementando dez pontos na sua pontuação.

Para cada conjunto de elementos de trânsito foi necessário ajustar os parâmetros do *script* da pontuação, visto que cada um deles possui características diferentes como distância mínima para atuação, rotação em relação ao veículo do jogador, tipo de placa e fatores (30Km/h, 40Km/h, 50Km/h, 60Km/h, interseção e contra-mão) e pontuações diferentes.

Para uma melhor distinção entre bonificações e infrações aplicadas ao jogador humano no jogo CidTrans foi aplicado cores as mensagens apresentadas ao jogador. A Figura 40 mostra uma mensagem de bonificação adquirida pelo usuário (letras em verde) e a Figura 41, apresenta uma mensagem que informando que foi autuado pelo desrespeito a um elemento de trânsito (letras em vermelho). A mensagem ficará visível por aproximadamente cinco segundos, após o *script* do elemento de trânsito calcular a pontuação. Caso uma mensagem já esteja sendo exibida, a próxima mensagem ainda será mostrada mas com um deslocamento para baixo. A Figura 42 mostra o caso de múltiplas mensagens.



**Figura 40. Mensagem de respeito a uma placa de restrição de velocidade.**

Fonte: Imagem do jogo desenvolvido pelo autor.



**Figura 41. Mensagem de desrespeito a uma placa de restrição de velocidade.**

Fonte: Imagem do jogo desenvolvido pelo autor.





Figura 42. Exibição de múltiplas mensagens ao usuário.

Fonte: Imagem do jogo desenvolvido pelo autor.

Os acréscimos na pontuação do jogador servem de estímulo para que respeite as leis de trânsito. Um subconjunto dos elementos de trânsito e seus valores de punição ou bonificação estão descritos na Tabela 2. A pontuação utilizada foi definida com base nos valores de punições vigentes na legislação de trânsito brasileira, limitado de 21 pontos.

Tabela 2. Elementos de trânsito utilizados para o cálculo da pontuação do motorista humano.

Elemento de Trânsito	Distância da Placa (metros)	Respeito	Desrespeito	Margem de Velocidade Km/h
	+5	+5	-5	0 e 20
	+2	+5	-5	0 e 10
	+30	+5	-5	0 e 32
	+30	+5	-5	0 e 42
	+30	+5	-5	0 e 52
	+30	+5	-5	0 e 62
	0	--	-7	0
CONTRA-MÃO	+30	--	-7	0

Durante o jogo, se a pontuação do jogador atingir um valor acima de 21 pontos, o jogo retorna esse valor para 21. Esse procedimento foi realizado para inibir que os jogadores respeitassem uma quantidade alta de elementos de trânsito em um dado momento do jogo e posteriormente os desrespeitassem com mais frequência.

No final de cada nível, o usuário acessa suas penalidades e recompensas, de forma a aprender com seus erros e acertos. O jogo termina quando o usuário completa o objetivo do terceiro nível ou quando a pontuação do jogador humano atinja um valor menor ou igual a zero em qualquer um dos níveis. Caso o jogador não termine o nível a tela informado suas penalidades e recompensas também será exibida.

#### **4.9 Análise comparativa do jogo CidTrans**

No estado da arte foram apresentados dois trabalhos correlatos na área de jogos para educação no trânsito, TransRisco (BALBINOT et al., 2010) e EducaTrans (ASSIS et al., 2006).

Ambos os jogos CidTrans e TransRisco possuem como cenário um centro urbano, com elementos estruturais como casas e prédios e elementos de trânsito incluindo placas de sinalização e advertência, semáforos, pedestres e motoristas. Em ambos, o jogador atua como condutor. Entretanto, no jogo TransRisco a interface gráfica é bidimensional, enquanto no jogo CidTrans a interface é tridimensional. Além disso, no jogo TransRisco são tratadas somente as infrações cometidas pelo jogador, não sendo atribuída qualquer bonificação caso o jogador respeite as leis de trânsito. Por outro lado, o jogo CidTrans são computadas penalidades para o condutor infrator e recompensas para o jogador prudente. Outra diferença entre eles é que o percurso do jogador no jogo TransRisco é pré-estabelecido enquanto no CidTrans esse percurso é arbitrário sendo definido pelo jogador em tempo de execução.

No jogo EducaTrans o jogador desempenha o papel de pedestre, enquanto no CidTrans o jogador é o condutor de um veículo. Ambos os jogos se desenrolam em um cenário urbano e têm como objetivo localizar um "tesouro" no cenário. No jogo EducaTrans existe apenas um nível. Por outro lado, o jogo CidTrans disponibiliza

três níveis diferentes de dificuldade, cuja a ascensão ocorre de forma seqüencial, ou seja, do nível 1 para nível 2 e do nível 2 para o 3.

## 5 RESULTADOS DOS TESTES E DISCUSSÃO

Cada vez mais os usuários buscam software com boa ergonomia e usabilidade. A usabilidade é sinônimo de facilidade de uso. Se o uso de um *software* é fácil, o usuário tem maior produtividade: aprende mais rápido a utilizá-lo, memoriza as operações e comete menos erros (MANDEL, 1997). A avaliação de usabilidade deve ocorrer durante todo o desenvolvimento do software, assim, quanto mais cedo o problema é descoberto e reparado, menor será o custo das alterações necessárias ao sistema, conseqüentemente, oferecendo ao usuário uma interação de qualidade.

Na norma ISO 9241-11 (1998) define-se usabilidade como “a capacidade de um produto ser usado por usuários específicos para atingir objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto específico de uso”.

Para obter software com índice satisfatório de usabilidade, torna-se imprescindível a aplicação de testes de usabilidade para garantir interfaces mais amigáveis. Segundo Nielsen (1993) e Hix (1993) o teste de usabilidade pode servir para diferentes propósitos como encontrar carências de usabilidade e fazer recomendações no sentido de eliminar os problemas e melhorar a usabilidade dos produtos, ou com a finalidade de se comparar dois ou mais produtos.

De acordo com Rubin (1994) e Nielsen (1993), testes de usabilidade são mais eficientes quando implementados como parte do processo de desenvolvimento de um produto. Eles podem envolver diferentes tipos de tarefas, medidas de desempenho e disposição de escalas, entrevistas ou inspeções.

Para qualificar um determinado produto, serviço ou processo é necessário fazer uso de práticas de pesquisa qualitativa, nas quais se pode empregar tanto entrevista, quanto questionário.

Segundo Preece (2005), as entrevistas podem ser pensadas como uma “conversação com um propósito”. Os quatro tipos principais de entrevista são as não-estruturadas, estruturadas, semi-estruturadas e entrevista em grupo.

Muitos questionários iniciam perguntando acerca de informações demográficas básicas (p. ex.: gênero, idade) e de detalhes da experiência do usuário (p. ex.: o tempo ou o número de anos de uso de computadores, nível de experiência, etc.). Esse tipo de informação é útil para se descobrir a diversidade dentro do mesmo grupo de amostragem (PREECE, 2005) (NIELSEN, 1993).

Existem alguns critérios que devem ser levados em consideração ao elaborar o questionário ( PREECE, 2005) (RUBIN, 1994). São eles:

- Elaborar perguntas claras e específicas.
- Sempre que possível, elaborar perguntas fechadas e oferecer várias possibilidades de resposta.
- Incorporar uma opção “não tenho opinião” para questões que estejam buscando opiniões.
- Elaborar criteriosamente a ordem (disposição) das perguntas. O impacto de uma pergunta pode ser influenciado pela ordem em que aparece. Perguntas gerais devem ser colocadas antes de perguntas específicas.
- Evitar perguntas múltiplas e complexas.
- Quando forem utilizadas escalas, deve-se assegurar que a variação é apropriada e que não se sobrepõe.
- Evitar jargões e avaliar a necessidade de versões diferentes do questionário para as diferentes populações.
- Fornecer instruções claras sobre como completar o questionário.
- Deve-se buscar um equilíbrio entre espaços em branco e a manutenção do questionário o mais compacto possível. Questionários longos custam mais em termos de tempo e recursos e inibem a participação.

A partir dos requisitos acima estabelecidos, foi elaborado um questionário para coleta de dados sobre a usabilidade do jogo computacional proposto (ANEXO A e B). Este questionário foi aplicado a um grupo de potenciais usuários voluntários, que estavam realizando um curso em um centro de formação de condutores para obter a primeira habilitação e outros realizando o curso para renovar sua carteira. Algumas questões foram utilizadas para caracterizar os respondentes quanto à faixa etária, experiência com jogos computacionais e conhecimentos sobre legislação de trânsito.

Outro bloco de questões foi designado para obter as características gerais do software, como interface gráfica e usabilidade. Também foram levantadas questões específicas do software, que consistem na resposta dos alunos quanto às atividades realizadas, utilizando o jogo computacional. Os dados coletados foram sumarizados e analisados para avaliar o jogo proposto quanto aos aspectos anteriormente citados.



## 5.1 Testes com usuários

Uma amostra de trinta voluntários, sendo 36,66% do gênero feminino e 63,33% do gênero masculino, com idade média de 27,27 anos, com desvio padrão de  $\pm 10,90$  anos, variando de 18 e 49 anos, participaram do estudo. No momento desse levantamento, cerca de 63,3% (vinte) dos participantes do estudo realizavam um curso no centro de formação de condutores para obter a primeira habilitação para condução de veículos automotores. Já os outros 36,6% (dez) estavam participando de um curso no centro de formação de condutores com o objetivo de renovar sua carteira de habilitação. O tempo médio de duração da interação dos participantes com o jogo foi de 10 minutos, sendo que em alguns casos os participantes jogaram mais de uma execução do jogo.

Vários questionamentos foram feitos aos participantes para caracterização da amostra. Uma das perguntas foi com relação a frequência com que o participante joga jogos digitais atualmente. As alternativas eram "Não gosto", "Raramente" e "Frequentemente". A moda das respostas sobre esta questão foi "Raramente" com doze respostas. Quanto à pergunta se já jogou algum jogo educativo, a resposta mais frequente foi "Sim" com dezessete respostas. Por outro lado, quando questionados sobre já terem jogado algum jogo para educação no trânsito, a resposta mais escolhida foi "Não" com vinte respostas.

A moda das respostas à questão "Tem conhecimento sobre as leis de trânsito?" foi "Conheço as principais leis de trânsito" com vinte e nove respostas, sendo que as alternativas eram "Conheço quase todas", "Conheço as principais", "Conheço poucas".

Os participantes responderam a um questionário sobre infrações de trânsito e suas respectivas penalidades segundo o código de trânsito brasileiro, sendo infrações possíveis (leve, média, grave, gravíssimo, perda da carteira de habilitação) antes da utilização do jogo CidTrans (Pré-teste). A Figura 43 apresenta um gráfico com os acertos e erros dos participantes referente às questões sobre a gravidade das infrações de trânsito. Nesse gráfico, o eixo horizontal indica o número de cada questão de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3. Questões sobre os elementos de trânsito e suas respectivas infrações.

Número	Questão
1	Dirigir na contra-mão em uma via de mão única.
2	Dirigir acima do limite de velocidade em uma via com sinalização.
3	Não respeitar cruzamentos com identificação de parada ou redução de velocidade.
4	Ultrapassar um cruzamento com semáforo em seu estado fechado.
5	Atropelar um pedestre mesmo esse atravessando fora da faixa de pedestre.

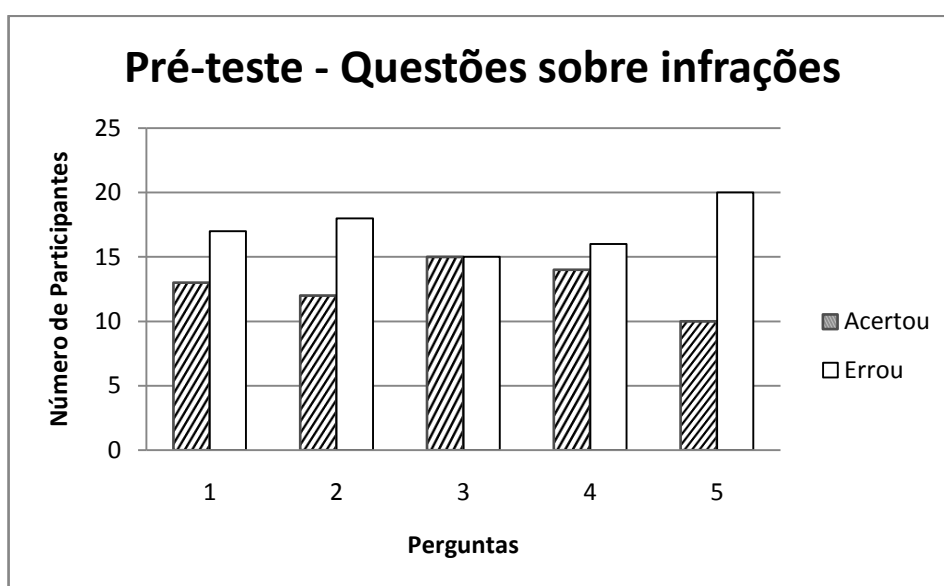
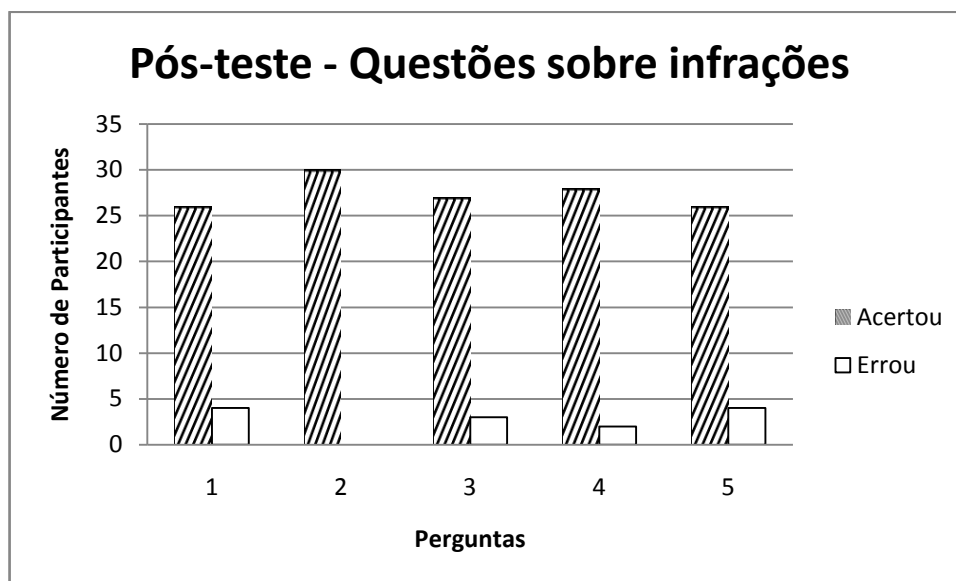


Figura 43. Gráfico do pré-teste sobre gravidade de infrações no trânsito.

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Após utilizar o jogo CidTrans, os participantes responderam novamente ao questionário sobre gravidade das infrações (Pós-teste). O gráfico 44 sumariza os acertos e erros dos participantes.



**Figura 44. Gráfico do pós-teste sobre gravidade de infrações no trânsito.**

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Após a utilização do jogo CidTrans (Pós-teste) também foi aplicado um questionário sobre a usabilidade do jogo. Esse questionário foi baseado na SUS (*System Usability Scale*), que consiste em uma escala de usabilidade de 10 itens desenvolvida em 1986 por John Brooke (BROOKE, 1996). Cada item contém uma declaração relativa ao aspecto de interesse, a qual é associada a uma escala numérica baseada na escala de Likert, que é uma escala gradual, sendo que as respostas variam segundo o grau de intensidade. Essa escala utiliza categorias ordenadas, igualmente espaçadas e com o mesmo número de categorias em todos os itens. Existem escalas de Likert variando de quatro a onze categorias (BADRI et al., 1995). Nesse estudo, adotou-se cinco categorias (1 a 5), sendo que 1 representa "Muito fácil"; 2 é "Fácil"; 3 é "Nem fácil nem difícil"; 4 é "Difícil"; e 5 é "Muito difícil".

Para avaliação do CidTrans foram selecionados nove aspectos de interesse, sendo eles: controle do veículo, percepção da característica pedagógica do jogo, ajuda do jogo no respeito às leis de trânsito, experiência no jogo, facilidade de jogar, diversão no jogo, motivação para respeitar as leis de trânsito e desafios propostos no jogo. As Figuras de 45 a 53 apresentam os gráficos dos dados coletados, correspondentes a cada um dos nove itens avaliados.

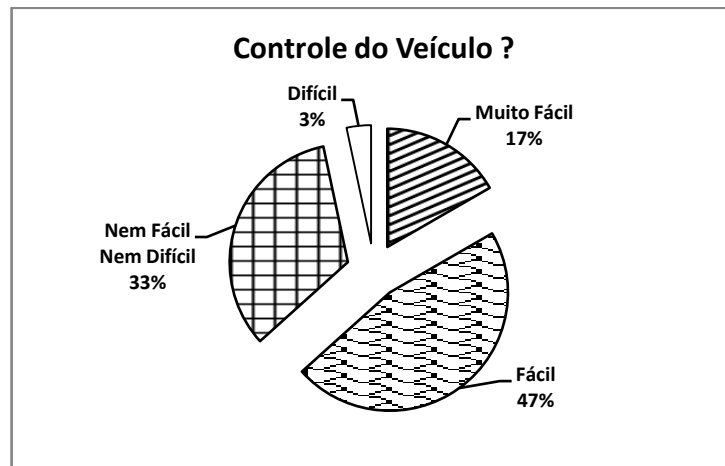


Figura 45. Gráfico da questão 01 do questionário de avaliação da usabilidade do CidTrans.

Fonte: Modelado pelo autor.

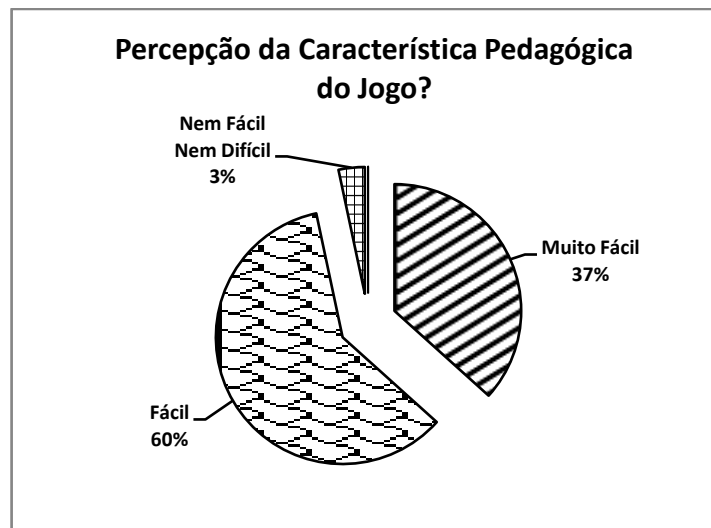


Figura 46. Gráfico da questão 02 do questionário de avaliação da usabilidade do jogo.

Fonte: Modelado pelo autor.

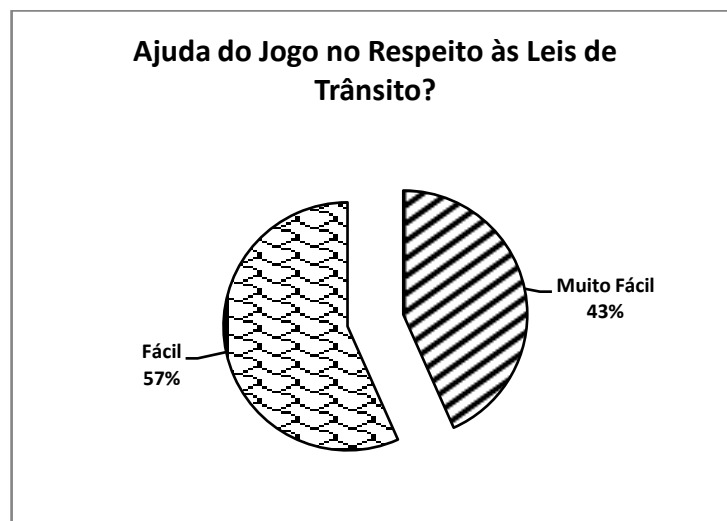


Figura 47. Gráfico da questão 03 do questionário de avaliação da usabilidade do CidTrans.

Fonte: Modelado pelo autor.

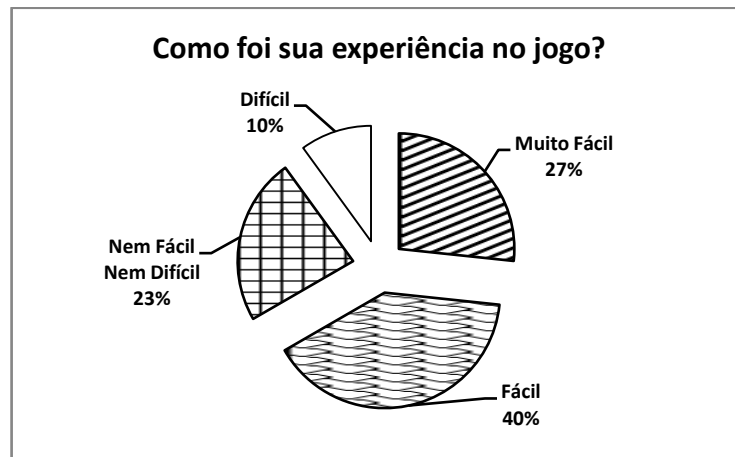


Figura 48. Gráfico da questão 04 do questionário de avaliação da usabilidade do jogo.

Fonte: Modelado pelo autor.

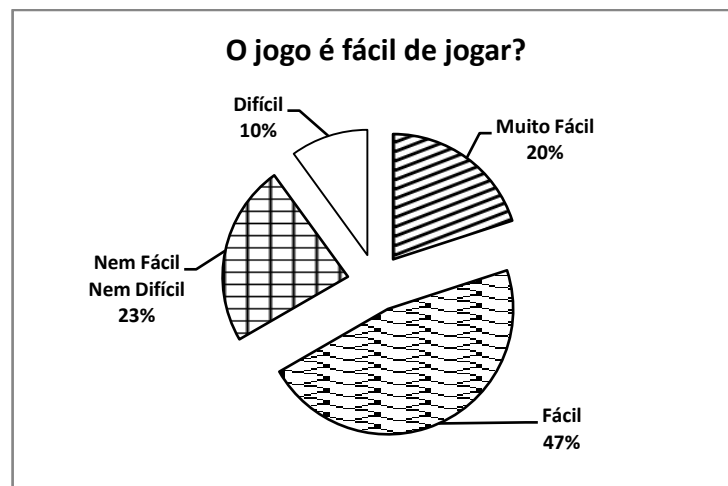


Figura 49. Gráfico da questão 05 do questionário de avaliação da usabilidade do CidTrans.

Fonte: Modelado pelo autor.

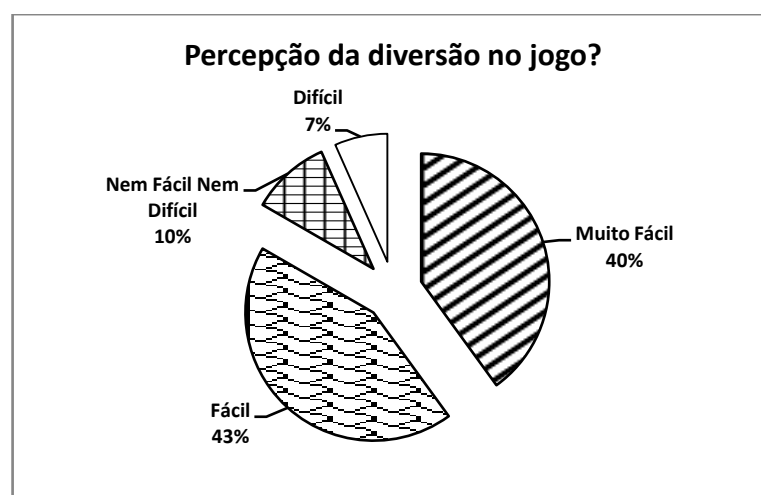


Figura 50. Gráfico da questão 06 do questionário de avaliação da usabilidade do jogo.

Fonte: Modelado pelo autor.

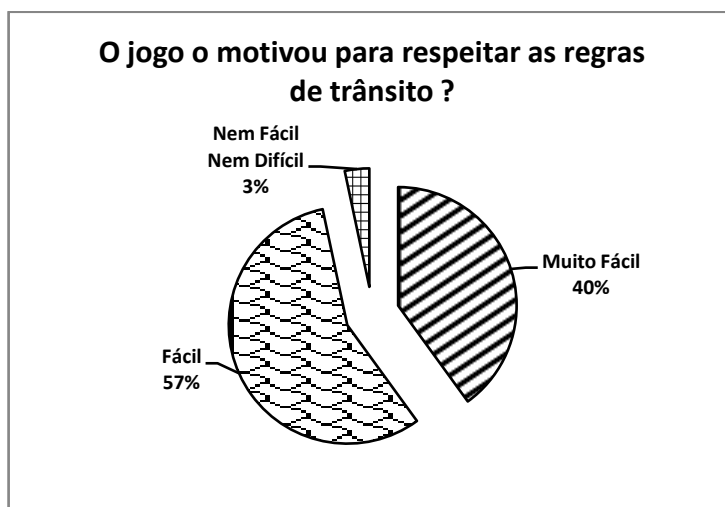


Figura 51. Gráfico da questão 07 do questionário de avaliação da usabilidade do CidTrans.

Fonte: Modelado pelo autor.

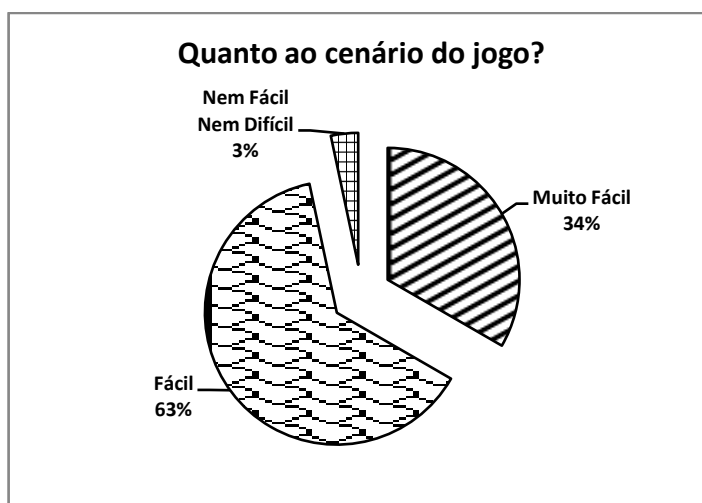


Figura 52. Gráfico da questão 08 do questionário de avaliação da usabilidade do jogo.

Fonte: Modelado pelo autor.

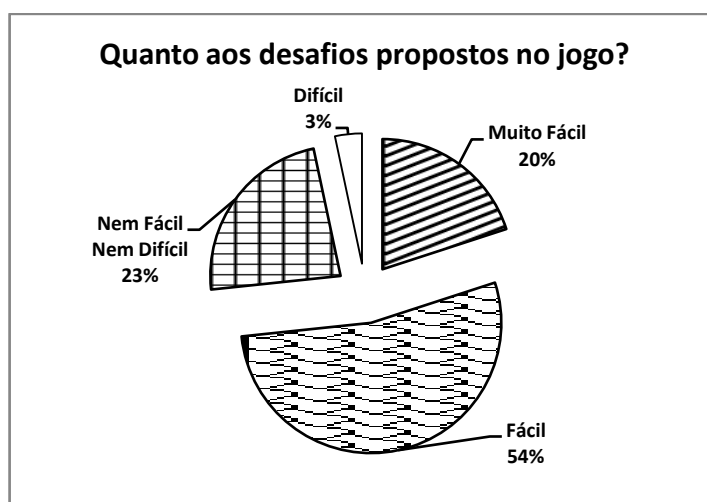


Figura 53. Gráfico da questão 09 do questionário de avaliação da usabilidade do CidTrans.

Fonte: Modelado pelo autor.

## 5.2 Discussão dos resultados

Analisando os gráficos das figuras 45 a 53, e os dados brutos coletados através dos questionários (ANEXO C e D), foram aplicados testes estatísticos para inferir sobre parâmetros de interesse da população a partir da amostra.

Nesse trabalho, foi utilizado o *software Minitab* versão 16 para realização dos testes estatísticos.

Segundo o teste de Wilcoxon, em nível de 5% de significância, existem evidências amostrais de que as respostas dos participantes à pergunta 1 - "Dirigir na contra-mão" no pré e pós teste não sendo possível mostrar que são iguais ( $p < 0,00001$ ).

Do mesmo modo, aplicando o teste de Wilcoxon com um nível de 5% de significância para a pergunta 2 - "Estar acima do limite de velocidade em uma via com sinalização" obteve-se ( $p < 0,001$ ), o que também evidencia que as respostas do pré e pós testes possuem diferenças estaticamente significativa.

Para a pergunta 3 - "Não respeitar cruzamentos com identificação de parada ou redução de velocidade" foi obtido ( $p = 0,00002$ ), que sugere com um nível de 5% de significância, que as respostas antes e após o uso do jogo CidTrans não sendo possível mostrar que são iguais.

A pergunta 4 - "Ultrapassar um cruzamento com semáforo em seu estado fechado" obteve ( $p = 0,00001$ ) no teste estatístico de Wilcoxon, com nível de 5% de significância, de forma que existem evidências amostrais que as respostas à pergunta possuem diferenças estaticamente significativa.

A pergunta 5 - "Atropelar um pedestre mesmo esse atravessando fora da faixa" foi obtido ( $p < 0,001$ ), assim existem evidências amostrais de que as respostas dos participantes as perguntas no pré e pós teste possuem diferenças estaticamente significativa com uma significância de 5%.

Também foi realizada uma análise estatística para o questionário de usabilidade. Os participantes foram agrupados em dois grupos A e B. O grupo A reúne todos que responderam que não gostam de jogar jogos digitais. O grupo B engloba os que responderam que jogam raramente ou frequentemente. Os grupos A e B foram comparados utilizando o teste estatístico não paramétrico de Mann-Whitney. Com relação ao controle do veículo, obteve-se o valor de  $p = 0,0006$ , com 5% de

significância. Isso indica que não foi possível mostrar que os dois grupos comparados são iguais. O gráfico da Figura 45 mostra que a maioria dos participantes considerou o controle do veículo "Fácil" (47%) ou "Muito Fácil" (17%). A partir dessa análise, pode-se utilizar abordagens diferentes com os dois grupos, por exemplo, utilizar um dispositivo de entrada háptico para controlar o veículo em um grupo e no outro utilizar dispositivos convencionais (mouse, teclado).

Outro agrupamento analisado foi a relação entre a idade dos participantes e a resposta à questão sobre o controle do veículo no jogo CidTrans. Os usuários foram divididos por idade em dois grupos, sendo o primeiro com idade inferior a trinta anos e o segundo com idade igual ou superior. O resultado do teste de Mann-Whitney mostrou, com 5% de significância e  $p = 0,0018$ , que as amostras possuem diferenças estaticamente significativas. Através dos dados coletados, observou-se que a resposta mais frequente quanto ao controle do veículo para o grupo com idade inferior a trinta anos foi "Fácil". Já para o grupo com idade superior a trinta anos, a mais frequente foi "Nem Fácil Nem Díficil". Uma abordagem possível para equalizar isso poderia ser o fornecimento de dicas e orientações e *feedback* adicionais para os usuários com idade superior a trinta anos.

Outra análise foi feita com os participantes separados em dois grupos. No primeiro grupo foram inseridos os participantes que já tiveram alguma experiência anterior com jogos digitais educativos. No segundo grupo, foram selecionados os que responderam não ter tido essa experiência previamente.

Aplicou-se o teste de Mann-Whitney em relação à pergunta respondida se o "Jogo é Fácil de Jogar". Obteve-se através do teste com um nível de significância de 5% um  $p = 0,0005$ . Assim, pode-se verificar que há uma diferença estatisticamente significativa entre os grupos de participantes. Ainda, através dos dados coletados sobre o jogo CidTrans, a resposta mais freqüente sobre a pergunta "O jogo é Fácil de Jogar" para o grupo de participantes que já havia jogado um jogo digital educacional foi "Fácil", enquanto o grupo de participantes que não tinha jogado jogos digitais educacionais, respondeu mais freqüentemente "Nem Fácil Nem Díficil". Assim, há evidências amostrais que sugerem que já ter jogado um jogo digital educacional antes influencia na facilidade de uso do jogo CidTrans. Assim, disponibilizar um portal de jogos mais simples (jogos 2D por exemplo) para educação no trânsito pode



ser uma alternativa para iniciar os usuários que não possuem experiência com jogos antes deles utilizarem o CidTrans, de forma a familiarizar esses motoristas com jogos educacionais digitais.

Foi realizado um segundo teste de Mann-Whitney com esses grupos. Nesse teste, comparou-se os grupos quanto à pergunta "Percepção da Característica Pedagógica do Jogo". O resultado do teste com um nível de significância de 5% foi  $p = 0,98330$ . Isso, indica que não se pode rejeitar a hipótese nula, ou seja, há evidências amostrais de que os grupos de participantes analisados não são diferentes, mas não se pode afirmar que os grupos são iguais. Ainda sobre essa pergunta, a resposta mais freqüente foi "Fácil" para ambos os grupos. Há evidências amostrais de similaridade entre os grupos com relação a percepção da característica pedagógica do jogo CidTrans.

Os participantes foram separados em dois grupos, sendo o primeiro grupo dos participantes que já possuem habilitação e o segundo grupo formado pelos participantes que ainda não possuem carteira de habilitação para dirigir. Esses grupos foram comparados quanto a dois quesitos: "Cenário do Jogo" e "Desafios Propostos no Jogo".

Para o primeiro quesito foi aplicado o teste de Mann-Whitney, com um nível de significância de 5% e obteve-se um  $p = 0,41850$ . Portanto, não foi possível rejeitar nem aceitar a hipótese nula. Assim não há evidências amostrais que os grupos comparados são diferentes. Ainda sobre essa pergunta sobre o "Cenário do Jogo", a resposta mais freqüente foi "Fácil" para ambos os grupos.

Para o critério "Desafios Propostos no Jogo" obteve-se um  $p = 0,44720$ , com o mesmo nível de significância de 5%. Isso sugere que os grupos comparados não sendo possível mostrar que são iguais. O gráfico da Figura 53 mostra que a maioria dos participantes considerou o os desafios durante o jogo "Fácil" (54%) ou "Muito Fácil" (20%).

## 6 CONCLUSÃO

As questões sobre trânsito e principalmente os elevados índices de acidentes merecem atenção e estudos científicos. Um progresso educacional significativo pode estar na apreciação das deficiências dos motoristas e no desenvolvimento de condutores mais conscientes de sua conduta e informados. Desta forma, possibilitar por meio de jogos digitais educacionais sobre o trânsito, que o motorista se confronte com seu comportamento, pode ser uma estratégia significativa. Em alguns casos, propiciar um *feed-back* ao usuário a respeito de seu desempenho pode servir para a tomada de consciência de seu comportamento ao dirigir (BACKLUND et al., 2008).

Neste trabalho foi apresentado um jogo para educação no trânsito visando o confronto do condutor com situações adversas de perigo que podem ocorrer no trânsito. No decorrer do trabalho foi realizado a descrição dos requisitos, diagramas de classe e de estados e a implementação do jogo CidTrans.

O cenário do jogo simula o centro de uma cidade no interior do Paraná, Francisco Beltrão. Nesse cenário, um jogador desempenha o papel de condutor. No jogo, o condutor humano deve coexistir com outros motoristas autônomos e pedestres autônomos. Trata-se de um jogo *single player*, no qual os desafios para o condutor incluem pedestres atravessando a rua na faixa de segurança ou não, motoristas que podem avançar na contra-mão e não respeitar a indicação de preferencial de uma via ou ainda não parar no semáforo com estado fechado, além de semáforos que mudam de estado periodicamente e placas de advertência e sinalização. Os semáforos e as placas têm como atribuição pontuar o condutor humano, quer seja com recompensas ou penalidades.

O jogo CidTrans é dividido em três níveis seqüenciais, sendo que a cada nível variam, de forma crescente, o número de pedestres e motoristas autônomos que circulam no cenário e também o número de objetos a serem localizados. Em cada nível, o jogador tem como objetivo atingir locais pré-estabelecidos no cenário com a maior pontuação possível, capturar o tesouro (célula de carga) e retornar ao ponto de partida.

Os pedestres e motoristas autônomos foram implementados utilizando agentes reativos simples e são gerados de forma aleatória no tempo e espaço no início de cada nível do jogo. Eles apresentam trajetórias baseadas no mapeamento de marcos

pré-definidos e seus adjacentes, sorteando sua próxima posição de movimentação através desses marcos.

A solução implementada para a movimentação dos personagens pedestres e motoristas autônomos no cenário utilizou "marcos de localização", que são invisíveis na execução do jogo mas têm sua localização espacial definida no cenário. Assim, cada rua, calçada e faixa de pedestre contém "marcos de localização" indicando seu início, meio e fim, possibilitando assim que, através de uma matriz de adjacência, que representa o grafo de cena, a movimentação de todos os personagens no jogo possa ser controlada.

Esse jogo é exploratório pois o jogador não possui um mapa do cenário e não tem a informação da localização do alvo, visualizando apenas a distância em tempo real do alvo à sua posição corrente. Foi inserido um marco de localização no alvo com um objeto visual (célula de carga). Dependendo do nível atual, ao se aproximar do objeto alvo, o jogador pode seguir em busca do próximo alvo ou retornar à posição inicial. Após as etapas previstas serem finalizadas, o nível atual do jogo é concluído e o jogador avança para o próximo nível.

O cálculo da pontuação para o condutor humano é realizado através dos elementos de trânsito, pedestres e motoristas autônomos. Os elementos de trânsito comparam a sua posição atual no cenário com a do jogador, caso a distância entre eles for menor que o estabelecido, o elemento de trânsito aplica uma bonificação ou infração dependendo das ações do jogador. No caso de colisão entre o jogador humano e os pedestres ou motoristas autônomos, também é aplicada uma penalidade ao condutor humano.

Foram aplicados testes de conhecimento de infrações no trânsito a um grupo de potenciais usuários que participavam de um curso no centro de formação de condutores para obter a primeira habilitação ou renovação da carteira. Esses testes foram respondidos antes do uso do jogo CidTrans e após o uso.

A análise estatística realizada, comparando as respostas antes e depois do uso do jogo, mostrou que, para todas as perguntas sobre infrações no trânsito, existem evidências amostrais de que as respostas antes e depois diferem, com 5% de significância.

Após o uso do jogo, os participantes responderam a um questionário de usabilidade do jogo, contemplando os aspectos de cenário, desafios, controle do veículo, característica pedagógica, ajuda do jogo no respeito às leis de trânsito, facilidade de uso e diversão.

A análise estatística dos testes de usabilidade indicou que há evidências amostrais de que os participantes que afirmaram não gostar de jogar e os que disseram que jogam raramente ou frequentemente, têm opiniões diferentes quanto ao controle do jogo.

O aspecto controle do veículo também foi analisado estatisticamente com relação à idade dos participantes. Eles foram agrupados em usuários com idade superior a trinta anos e os demais com idade inferior. Essa análise mostrou que há diferenças entre os dois grupos comparados.

Ao agrupar os participantes em um grupo que já jogou algum jogo eletrônico educacional e os outros em um grupo que não tem experiência anterior com essa categoria de jogo digital, verificou-se que estatisticamente há evidências de que as opiniões dos grupos divergem com relação a facilidade de jogar.

Não tem evidência estatística de que os participantes que estão fazendo curso de reciclagem e os que pretendem obter sua primeira carteira de motorista tiveram opiniões diferentes sobre o cenário. Então pode-se usar o mesmo cenário para ambos. A mesma conclusão se aplica aos desafios propostos no jogo.

Como propostas de trabalhos futuros pretende-se disponibilizar um mapa 2D para o jogador com o indicativo dos pontos de chegada e partida, de forma a orientá-lo durante o trajeto em cada nível. Nesse mapa podem ser colocados os nomes das ruas principais. Ele pode auxiliar o jogador a desenvolver habilidades importantes no trânsito, como: leitura de mapas rodoviários e se orientar no espaço (esquerda, direita, norte, sul, leste, oeste).

Outra proposta para trabalhos futuros é o desenvolvimento de agentes pedagógicos, que, durante o jogo, possam adaptar os desafios presentes no percurso do condutor humano de forma a reforçar os pontos fracos do condutor. Numa abordagem de aprendizado por reforço, esses agentes pedagógicos podem confrontar o jogador com situações similares às enfrentadas anteriormente nas quais tenha cometido alguma infração de trânsito.



## 7 REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, William Pereira. **Blender 2.63 - Modelagem e Animação**. São Paulo: Érica, 2011.

AMANDI, Ana. A. **Programação de agentes orientada a objetos**. Porto Alegre: CPGCC, 1997.

ANTUNES, Celso. **Jogos para estimulação das múltiplas inteligências**. Petrópolis: Vozes, 1998.

ASSIS, Gilda Aparecida; Ficheman, I. K.; Corrêa A. G. D.; Lobo Netto, M.; Lopes, R. D.. **EducaTrans: um jogo educativo para o aprendizado do trânsito**. In: Revista Renote - Novas Tecnologias na Educação, CINTED, vol. 4(2), UFRGS, Dezembro, 2006.

ASSIS, Jesus de Paula. **Artes do Videogame: Conceitos e Técnicas**. São Paulo: Alameda, 2007.

ATCSYSTEMS. **Visualização de Objetos 3D**. Disponível em:  
<<http://www.atcsystems.com.br/upload/nt-01/ComputacaoGrafica.htm>>. Acessado em 03 de abril de 2013.

AUTODESK. **Visão geral da criação de sólidos 3D**. Disponível em:  
<<http://exchange.autodesk.com/autocad>>. Acessado em 02 de abril de 2013.

AZEVEDO, Eduardo; CONCI, Aura. **Computação Gráfica: Teoria e Prática**. Rio de Janeiro: Campus. 2003.

BADRI, M. A.; DONALD, D.; DONNA, D.. **A study of measuring the critical factors of quality management**. In: International Journal of Quality & Reliability Management, v.12, n. 2, p. 36-53, 1995.

BACKLUND, Per; ENGSTROM, Henrik. **Games for traffic education: An experimental study of a game-based driving simulator**. In: Simulation & Gaming, Maio, 2008.

BALBINOT, Amanda B.; TIMM, Maria Isabel; ZARO, Milton Antônio. **Jogo TransRisco: Identificação do comportamento de risco em condutores**. In: Revista Renote - Novas Tecnologias na Educação, CINTED, vol. 8(3), UFRGS, Dezembro, 2010.

BARRETO, Jorge M. **Inteligência artificial no limiar do século**. Florianópolis: Artmed, 1999.

BATTAIOLA, L. et al. **Desenvolvimento de um Software Educacional com Base em Conceitos de Jogos de Computador**. In: Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE), São Leopoldo: SBC, 2002.

BROOKE, John. **SUS: A quick and dirty usability scale**. London: Taylor & Francis, 1996.

BROWN, Leyton K.; SHOGAM, Yoav. **Essentials of Game Theory**. New York: Morgan & Claypool, 2005.

BLENDSWAP. **Biblioteca de modelos desenvolvido no software Blender**. Disponível em: < <http://www.blendswap.com/blends>>. Acessado em: 22 de fevereiro de 2013.

BUCHINGER, Diego; HOUNSELL, Marcelo da Silva; DIAS, Claudinei. **Colaboratividade em um jogo eletrônico para ensino sobre dengue**. In: Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE), Rio de Janeiro, 2012.

BONGIOLO, Cyntia Elvira Franco et al. **Subindo e Escorregando: jogo para introdução do conceito de adição de números inteiros**. In: Congresso da rede latinoamericana de informática na educação, Brasília, 1998.

BUCKLAND, Mat. **AI techniques for game programming**. New Jersey: Premier Press, 2002.

CAVASSANI, Glauber. **Google Sketchup Pro 8 - Ensino Prático e Didático**. Rio de Janeiro: Erica, 2010.

CIPOLINI, Arlete. **Segurança no Ensino Médio O jogo como forma de sensibilização e reflexão**. São Paulo: Abril, 2011.

CNM. **Confederação Nacional de Municípios. Mapeamento das Mortes por acidentes de trânsito no Brasil**, 2011. Disponível em: <<http://www.cnm.org.br>>. Acessado em: 10 dez 2013.

CORREA, Marcio. A. Filho. **Arquitetura de diálogos entre agentes cognitivos distribuídos**. Rio de Janeiro: COPPE, 1994.

CRAWFORD, Chris. **The Art of Computer Game Design**. Washigton State University: Adonis, 1982.

DALLASTA, Rosana J. **A transposição didática no Software Educacional**. São Paulo: UPF, 2004.

DANSKY, Richard. **Bateman Game Writing: Narrative Skills for Videogames**. Boston, Massachusetts: Charles River Media, 2006.

FEIJÓ, Bruno, CLUA, Esteban, SILVA, Flávio S. Correa. **Introdução à Ciência da Computação Com Jogos**. São Paulo Ciência Moderna, 2009.

FERREIRA, Alexandre M.; PEREIRA, Eliane N.; ANACLETO, Junia C.; FABROZ, João Alberto; PENTEADO, Rosângela Aparecida Delloso. **Contextualização de jogos educacionais utilizando conhecimento de senso comum**. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação – SBIE, Mackenzie, 2007.

FOLEY, James D. et al.. **Computer graphics: principles and practice**. Washington: Addison-Wesley, 1990.

GOMES, Jonas; VELHO, Luiz. **Fundamentos da computação gráfica**. Rio de Janeiro: IMPA, 2008.

GOOGLEMAPS. Disponível em: < <https://maps.google.com.br>>. Acessado em 08 de abril de 2013.



HETEM, Annibal Jr.. **Fundamentos de Informática: Computação Gráfica**. Rio de Janeiro: LTC. 2006.

HIRATA, Andrei. **Desenvolvendo Games com Unity 3D: Space Invasion**. São Paulo: Globo, 2009.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Dados mortos no trânsito**, 2012. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=1043](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1043)>. Acessado em 10 dezembro de 2013.

HIX, Deborah; HARTSON, H. Rex. **Developing User Interfaces, Ensuring Usability Through Product & Process**. New York: John Wiley & Sons, 1993.

JUNCAL, Kleide Santos de Almeida. **Comportamento de Risco e Acidentes de Trânsito**. Espírito Santo: Iúna, 2012.

KAFAI, Yasmin B. **Minds in play: computer game design as a context for children's learning**. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1995.

KELLEY, David. **The Art of Reasoning**. New York: Norton, 1988.

LAMOTHE, André. **Tricks of the 3D Game Programming Gurus-Advanced 3D Graphics and Rasterization**, Pearson Education, 2003.

MANDEL, Theo. **Elements of user interface design**. New York: John Willey & Sons, 1997.

NBR ISO 9241. **ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 9241: informação e documentação: publicação periódica científica impressa: apresentação**. Rio de Janeiro, 1998.

NIELSEN, Jakob. **Usability Engineering**. New Jersey: Academic Press, 1993.

NORVIG, Peter; RUSELL, Stuart J. **Artificial Intelligence: A Modern Approach. Englewood Cliffs**. New Jersey: Prentice Hall, 2003.

- NOVAK, Jeannie. **Desenvolvimento de Games**. São Paulo: Cengage Learning, 2002.
- PRIETO, Lilian Medianeira et al. **Uso das Tecnologias Digitais em Atividades Didáticas nas Séries Iniciais**. In: Revista novas tecnologias na educação (RENOTE), Porto Alegre, 2005.
- PHYSX. **Engine de física PhysX da empresa nVidia**. Disponível em: <<https://developer.nvidia.com/physx>>. Acessado em: 01 de abril de 2013.
- PREECE, Jennifer; ROGERS, Ivone; SHARP, Helen. **Design de interação: além da interação homem-computador**. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- RIBU, K. **Estimating object oriented software projects with use cases**. Oslo: University of Oslo, 2001. 132 p. Master of Science - Thesis - Department of Informatics.
- RODRIGUES, Artur. **Trânsito mata 42,8 mil pessoas no País e índice cresce 13,9% em um ano. Estadão**. 12 de maio de 2012. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/impreso,transito-mata-428-mil-pessoas-no-pais-e-indice-cresce-139-em-um-ano-,871934,0.htm>>. Acessado em: 10 dezembro 2013.
- ROLLINGS, Andrew; MORRIS, Dave. **Game Architecture and Design**. Arizona: NewRiders, 2004.
- RUBIN, Jeffrey. **Handbook of Usability Testing: How to Plan, Design and Conduct Effective Tests**. New York: John Wiley & Sons, 1994.
- RUSSEL, Stuart. J., NORVIG, Peter. **Artificial intelligence: a modern approach**. New Jersey: Prentice-Hall, 1995.
- SALEN, Katie; ZIMMERMAN, Eric. **Rules of Play: Game Design Fundamentals**. Cambridge: MIT Press, 2004.
- SCHUYTEMA, Paul. **Design de games: uma abordagem prática**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.
- SEF/MEC. **Secretaria de Educação Fundamental**. Parâmetros curriculares nacionais: terceiro e quarto ciclos: apresentação dos temas transversais. Brasília, 1998.

SILVA, H. F. A., Santos, O. L.; Rafalski, J. P.; Cury, D., Menezes, C. S. **Click e Ação: Um Ambiente para a Construção Colaborativa de Micromundo**. In: Anais do 23º SBIE, 2012.

SHOHAM, Yoav. **Agent-oriented programming. Artificial Intelligence**. Amsterdam: Nieuw, 1993.

STAHL, Marimar M.. **Ambientes e Ensino-Aprendizagem Computadorizados: da sala de aula convencional ao mundo da fantasia**. Rio de Janeiro: COPPE-UFRJ, 1991.

TAROUCO, Liane; KONRATH, Mary Lúcia Pedroso; ROLAND, Letícia C. **Jogos educacionais e seus usos na educação**. São Paulo: Globo, 2004.

UNITYDOCUMENTATION. **Documentação sobre o software Unity 3D**. Disponível em: <<http://unity3d.com/support/documentation/Components/index.html>> Acesso em: 03 de abril de 2013.

VALENTE, José Armando. **Diferentes usos do computador na educação. Computadores e conhecimento: repensando a educação**. São Paulo: NIED, 1993.

WATKINS, Adam. **Creating Games With Unity And Maya**. Londres: Focal Press, 2011.

WOOLDRIDGE, Mayc. **Multiagent Systems - A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence**. Massachusetts: MIT Press, 1999.

### ANEXO A. Requisitos funcionais e não funcionais para o usuário.

<b>F1. Exibir placar pontuação no trânsito para jogador</b>				<b>Oculto ( )</b>	
<b>Descrição:</b> O sistema deverá oferecer ao usuário a possibilidade de acompanhar seu placar de recompensas e de punições, mostrado na tela do jogo esses dados.					
<b>Requisitos Não-Funcionais</b>					
<b>Nome</b>	<b>Restrição</b>	<b>Categoria</b>	<b>Desejável</b>	<b>Permanente</b>	
			( )	( )	
<b>F2. Permitir ao jogador trocar direção da rota</b>				<b>Oculto ( )</b>	
<b>Descrição:</b> O sistema deverá oferecer ao usuário a possibilidade de modificar sua trajetória no cenário em qualquer momento do jogo.					
<b>Requisitos Não-Funcionais</b>					
<b>Nome</b>	<b>Restrição</b>	<b>Categoria</b>	<b>Desejável</b>	<b>Permanente</b>	
			( )	( )	
<b>F3. Aumentar ou diminuir a velocidade do veículo do jogador</b>				<b>Oculto ( )</b>	
<b>Descrição:</b> O sistema deverá oferecer ao usuário a possibilidade de aumentar ou diminuir a velocidade do carro do jogador enquanto ele se desloca pelo cenário.					
<b>Requisitos Não-Funcionais</b>					
<b>Nome</b>	<b>Restrição</b>	<b>Categoria</b>	<b>Desejável</b>	<b>Permanente</b>	
			( )	( )	
<b>F4. Exibir velocidade atual do jogador</b>				<b>Oculto ( )</b>	
<b>Descrição:</b> O sistema deverá oferecer ao usuário um mostrador de velocidade, indicando assim a velocidade de locomoção pelo cenário.					
<b>Requisitos Não-Funcionais</b>					
<b>Nome</b>	<b>Restrição</b>	<b>Categoria</b>	<b>Desejável</b>	<b>Permanente</b>	
<b>NF 4.1</b>	A velocidade não poderá	Regra de			

	passar dos 150 Km/H.	Negocio	( )	(X)
<b>F5. Permitir ao jogador parar o veículo</b>				<b>Oculto ( )</b>
<b>Descrição:</b> O sistema deverá oferecer ao usuário a possibilidade de parar completamente o veículo.				
<b>Requisitos Não-Funcionais</b>				
<b>Nome</b>	<b>Restrição</b>	<b>Categoria</b>	<b>Desejável</b>	<b>Permanente</b>
			( )	( )
<b>F6. Detectar que o jogador atingiu o destino</b>				<b>Oculto ( )</b>
<b>Descrição:</b> O sistema deverá instanciar um novo objetivo até o ultimo nível e assim terminando o jogo.				
<b>Requisitos Não-Funcionais</b>				
<b>Nome</b>	<b>Restrição</b>	<b>Categoria</b>	<b>Desejável</b>	<b>Permanente</b>
			( )	(X)
<b>F7. Calcular a pontuação do jogador durante o jogo</b>				<b>Oculto ( )</b>
<b>Descrição:</b> O sistema deverá calcular a pontuação do jogador durante o jogo. Essa pontuação será calculada baseada nas recompensas recebidas como respeito a placas de sinalização e advertência, semáforos fechados, pedestres atravessando a faixa de pedestres e velocidade máxima permitida na rua e a pontuação também será baseada nas punições recebidas como passar com o semáforo fechado, placas de sinalização e advertência e velocidade máxima na rua.				
<b>Requisitos Não-Funcionais</b>				
<b>Nome</b>	<b>Restrição</b>	<b>Categoria</b>	<b>Desejável</b>	<b>Permanente</b>
<b>7.1</b>	Caso a pontuação chegue a zero o jogo deverá ser finalizado.	Regra de Negócio	( )	( X )

**ANEXO B. Requisitos funcionais e não funcionais levantados para personagens autônomos.**

<b>F8. Gerar e apresentar desafios de trânsito aleatório</b>				<b>Oculto ( )</b>
<b>Descrição:</b> O sistema deverá instanciar agentes reativos (personagens pedestres e motoristas), em lugares aleatórios no cenário , além disso, movimentá-los.				
<b>Requisitos Não-Funcionais</b>				
<b>Nome</b>	<b>Restrição</b>	<b>Categoria</b>	<b>Desejável</b>	<b>Permanente</b>
			( )	( )
<b>F9. Instanciar motoristas e pedestres conforme o estado do jogo</b>				<b>Oculto ( )</b>
<b>Descrição:</b> O sistema deverá controlar um número constante de pedestres e motoristas a cada estado (nível) do jogo.				
<b>Requisitos Não-Funcionais</b>				
<b>Nome</b>	<b>Restrição</b>	<b>Categoria</b>	<b>Desejável</b>	<b>Permanente</b>
			( )	( )

## ANEXO C. DADOS DOS TESTES DO JOGO CIDTRANS

PRÉ-JOGO				
Idade				
Gênero				
Frequência que Joga	1 - Não Gosto	2 - Raramente	3 - Frequentemente	
Já Jogou jogo educativo	1 - Sim	2 - Não		
E sobre educação no Trânsito	1 - Sim	2 - Não		
Possui Habilitação	1 - Sim	2 - Não		
Tempo que possui habilitação	1 - Menos de 1 ano	2 - Entre 1 e 5 anos	3 - Mais que 5 anos	
Foi autuado por alguma infração	1 - Sim	2 - Não		
Possui conhecimento sobre as leis	1 - Sim	2 - Não		
Conhecimento sobre as leis de trânsito	1 - Quase todas	2 - Principais	3 - Poucas	
1 - Rodar na CONTRA-MÃO	1 - Leve	2 - Média	3 - Grave	4 - Gravíssima 5 - Perda da CNH
2 - Estar acima do limite de velocidade em uma via com sinalização	1 - Leve	2 - Média	3 - Grave	4 - Gravíssima 5 - Perda da CNH
3 - Não respeitar cruzamentos com identificação de parada ou redução de velocidade	1 - Leve	2 - Média	3 - Grave	4 - Gravíssima 5 - Perda da CNH
4 - Ultrapassar um cruzamento com semáforo em seu estado fechado	1 - Leve	2 - Média	3 - Grave	4 - Gravíssima 5 - Perda da CNH
5 - Atropelar um pedestre mesmo esse atravessando fora da faixa	1 - Leve	2 - Média	3 - Grave	4 - Gravíssima 5 - Perda da CNH
PÓS-JOGO				
Controle do veículo ?	1 - Muito fácil	2 - Fácil	3 - Nem fácil nem difícil	4 - Difícil 5 - Muito difícil
Percepção da característica pedagógica do jogo ?	1 - Muito fácil	2 - Fácil	3 - Nem fácil nem difícil	4 - Difícil 5 - Muito difícil
Percepção sobre ajuda do jogo no respeito as leis de trânsito ?	1 - Muito fácil	2 - Fácil	3 - Nem fácil nem difícil	4 - Difícil 5 - Muito difícil
A sua experiência no jogo foi ?	1 - Muito fácil	2 - Fácil	3 - Nem fácil nem difícil	4 - Difícil 5 - Muito difícil
O jogo é fácil de jogar ?	1 - Muito fácil	2 - Fácil	3 - Nem fácil nem difícil	4 - Difícil 5 - Muito difícil
Percepção da diversão no jogo ?	1 - Muito fácil	2 - Fácil	3 - Nem fácil nem difícil	4 - Difícil 5 - Muito difícil
Você percebeu que o jogo melhorou a sua motivação para respeitar as regras de trânsito ?	1 - Muito fácil	2 - Fácil	3 - Nem fácil nem difícil	4 - Difícil 5 - Muito difícil
Quanto ao cenário do jogo ?	1 - Muito fácil	2 - Fácil	3 - Nem fácil nem difícil	4 - Difícil 5 - Muito difícil
Quanto aos desafios propostos no jogo ?	1 - Muito fácil	2 - Fácil	3 - Nem fácil nem difícil	4 - Difícil 5 - Muito difícil
1 - Rodar na CONTRA-MÃO	1 - Leve	2 - Média	3 - Grave	4 - Gravíssima 5 - Perda da CNH
2 - Estar acima do limite de velocidade em uma via com sinalização	1 - Leve	2 - Média	3 - Grave	4 - Gravíssima 5 - Perda da CNH
3 - Não respeitar cruzamentos com identificação de parada ou redução de velocidade	1 - Leve	2 - Média	3 - Grave	4 - Gravíssima 5 - Perda da CNH
4 - Ultrapassar um cruzamento com semáforo em seu estado fechado	1 - Leve	2 - Média	3 - Grave	4 - Gravíssima 5 - Perda da CNH
5 - Atropelar um pedestre mesmo esse atravessando fora da faixa	1 - Leve	2 - Média	3 - Grave	4 - Gravíssima 5 - Perda da CNH





## ANEXO E. Questionário de avaliação de satisfação do usuário pré-jogo.

Questionário de Avaliação da Satisfação do Usuário Perfil usuário (Pré - Jogo)	
<b>SEÇÃO 1 - DADOS DO USUÁRIO</b>	
1.Nome: _____	
2.Idade: _____	3.Sexo: <input type="radio"/> Masculino <input type="radio"/> Feminino
4.Com que freqüência joga: <input type="radio"/> Não gosto de jogos <input type="radio"/> Raramente <input type="radio"/> Freqüentemente	
5.Já jogou algum jogo educativo: <input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não	
Se Sim, qual: _____	
Marque o grau de aprendizagem gerada por ele: <input type="radio"/> Ótima <input type="radio"/> Boa <input type="radio"/> Razoável <input type="radio"/> Ruim	
6.E jogos sobre educação no Trânsito: <input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não	
Se Sim, qual: _____	
Marque o grau de aprendizagem gerada por ele: <input type="radio"/> Ótima <input type="radio"/> Boa <input type="radio"/> Razoável <input type="radio"/> Ruim	
6.Possui Habilitação para dirigir veículos automotores: <input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não	
Se Sim, qual categoria: <input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	
Quanto Tempo possui habilitação:	
<input type="radio"/> menos de 1 ano <input type="radio"/> entre 1 e 5 anos <input type="radio"/> mais que 5 anos	
7.Já foi autuado por alguma infração de trânsito: <input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não	
Se Sim, marque a quantidade de multas cometidas: <input type="radio"/> 1 a 4 <input type="radio"/> mais que 4	
Se Sim, marque a maior Gravidade da infração:	
<input type="radio"/> Leve <input type="radio"/> Média <input type="radio"/> Grave <input type="radio"/> Gravíssima	

**SEÇÃO 2 – CONHECIMENTOS SOBRE OS ELEMENTOS DE TRÂNSITO E SUAS RESPECTIVAS INFRAÇÕES**

8. Possui algum conhecimento sobre as leis de Trânsito aplicadas a motoristas:

Sim  Não

Se Sim, marque seu conhecimento sobre essas leis:

Conheço quase todas  Conheço as principais  Conheço bem poucas

9. Marque com a gravidade da infração em cada um dos casos:

a) Rodar na Contra-Mão em uma via de mão única.

Infração:  Leve  Média  Grave  Gravíssima  Perda de CNH

b) Estar acima do limite de velocidade em uma via com sinalização.

Infração:  Leve  Média  Grave  Gravíssima  Perda de CNH

c) Não respeitar cruzamentos com identificação de parada ou redução de velocidade.

Infração:  Leve  Média  Grave  Gravíssima  Perda de CNH

d) Ultrapassar um cruzamento com semáforo em seu estado fechado.

Infração:  Leve  Média  Grave  Gravíssima  Perda de CNH

e) Atropelar um pedestre mesmo esse atravessando fora da faixa.

Infração:  Leve  Média  Grave  Gravíssima  Perda de CNH

## ANEXO F. Questionário de avaliação de satisfação do usuário pós-jogo.

<b>Questionário de Avaliação da Satisfação do Usuário Usabilidade (Pós - Jogo)</b>					
Nome: _____					
+					
ASPECTO	Escala				
	1	2	3	4	5
	Muito fácil	Fácil	Nem fácil nem difícil	Difícil	Muito difícil
Controle do veículo ?					
Comentário:					
Percepção da característica pedagógica do jogo ?					
Comentário:					
Percepção sobre ajuda do Jogo no respeito às leis de trânsito ?					
Comentário:					
A sua experiência no jogo foi ?					
Comentário:					
O jogo é fácil de jogar ?					
Comentário:					
Percepção da diversão no jogo ?					
Comentário:					
Você percebeu que o jogo melhorou a sua motivação para respeitar as regras de trânsito ?					
Comentário:					
Quanto ao cenário do jogo ?					
Comentário:					
Quanto aos desafios propostos no jogo ?					
Comentário:					