AVALIAÇÃO DOS SIMULADORES DE DIREÇÃO VEICULAR

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

OBSERVATÓRIO
NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

Novembro
2013

Realização:

OBSERVATÓRIO
NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

Apoio:

COMISSÃO DE VIAÇÃO
E TRANSPORTES

OBSERVATÓRIO
NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA – SETEMBRO, 2014.

Para o conteúdo desta obra, é permitida a sua redistribuição com as seguintes ressalvas: Mencionar a autoria do OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA, mas sem poder modificar, ou compartilhar parte da obra modificada de nenhuma forma, nem utilizá-la para fins comerciais.

Este trabalho está licenciado sob uma Licença Creative Commons Atribuição-SemDerivações-SemDerivados 3.0 Brasil. Para ver uma cópia desta licença, visite:

http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/br/legalcode

O OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA é uma Organização da Sociedade Civil de Interesse Público sem fins lucrativos, reconhecida como OSCIP pelo Ministério da Justiça e tem como visão de *"ser o agente catalizador da sociedade brasileira na gestão da segurança viária e veicular"*, para cumprir sua missão de *"por meio de estudos e pesquisas, dados e informação, educação e advocacy, atuar para promover os subsídios técnicos necessários para o desenvolvimento seguro do trânsito em prol do cidadão"*.

www.onsv.org.br

Esta pesquisa faz parte do eixo de **Estudos & Pesquisas** da entidade, e tem como objetivo contribuir para a melhoria do processo de formação de condutores no Brasil.

Equipe Técnica

Coordenação

José Aurélio Ramalho – Diretor Presidente

Maximiliano Hahn Dalla Porta – Diretor de Projetos Estratégicos

Conteúdo Técnico

Paulo Guimarães – Segurança Viária

Ronaldo Fernandes – Segurança Veicular

Revisão

Daniela Gurgel – Educação de Trânsito

Ilustração e Diagramação

Natalia Gradim – Marketing

Colaboração

Roberta Mantovani – Pedagogia do Trânsito

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

SUMÁRIO

I. TRÂNSITO NO MUNDO 8

II. TRÂNSITO NO BRASIL 9

III. AVALIAÇÃO DOS SIMULADORES DE DIREÇÃO VEICULAR 13

1. O Simulador de Direção Veicular – SDV 13

2. O papel do OBSERVATÓRIO 18

3. Metodologia 20

a) Requisitos avaliados 20

b) Procedimentos operacionais 26

4. Pesquisa de percepção rápida (primeiras impressões) 27

5. Estrutura/cabine 29

a) Cabine 30

b) Banco 33

c) Cinto de segurança 35

d) Painel de Instrumentos 35

e) Retrovisores 39

6. Comandos 40

a) Volante 41

b) Câmbio 43

c) Pedais 45

7. Sistema de imagem 47

8. Síntese gráfica 48

a) Imagens 3D 49

b) Harmonia e coerência dos objetos móveis e estáticos 49

c) Variação de ambiente 51

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

d) Retrovisores virtuais 52
e) Head-tracking 52
f) Replay.....53
9. Síntese de som 54
a) Qualidade do som 54
b) Efeitos sonoros 55
10. Simulação física e dinâmica veicular.....56
a) Modelagem do veículo 56
b) Tratamento de singularidades.....56
c) Ajuste de variáveis.....57
11. Geração de tráfego 58
a) Agentes autônomos 58
b) Agressividade e velocidade dos outros veículos.....60
c) Intensidade de tráfego 60
d) Eventos com pedestres e animais 61
12. Base de dados 3D.....62
a) Terrenos.....63
b) Rede viária.....63
c) Objetos de composição do cenário 63
d) Sinalização horizontal, vertical e dispositivos auxiliares.....63
e) Sinalização semafórica 66
f) Traçado com cones 66
g) Traçado com curvas verticais 67
h) Cenário urbano.....69
i) Rodovias e estradas.....69
13. Percepções dos usuários voluntários 70

a) Pesquisa de percepção rápida 70

b) Pesquisa de percepção (utilização de 30 minutos) 71

c) Pesquisa virtual 73

d) Verificação do fenômeno "simulator sickness" (mal-estar ao utilizar o simulador) 74

IV. Conclusões 77

1. Fidelidade da simulação 78

2. Transferência de Conhecimento 80

3. Cultura de Segurança Viária 82

V. Recomendações OBSERVATÓRIO 83

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

I. TRÂNSITO NO MUNDO

Determinado pela ONU (Organização das Nações Unidas) e OMS (Organização Mundial da Saúde) o Plano Global para a Década de Ação pela Segurança no Trânsito 2011-2020, tem o objetivo de direcionar e apoiar o desenvolvimento de planos nacionais e locais, com ações baseadas em cinco pilares.

Como país signatário o Brasil desenvolveu seu Plano Nacional de Redução de Acidentes e Segurança Viária para a Década 2011-2020 com medidas que contribuem para a redução dos acidentes de trânsito no país.

O papel do OBSERVATÓRIO é, através de seus eixos de atuação (Estudos e Pesquisas, Dados e Informação, Educação e Advocacy), criar ações que sustentem os pilares da ONU e OMS além de estar alinhado com o Plano Nacional.

Trata-se portanto, de um conjunto articulado de medidas intersetoriais, visando à redução de acidentes, mortes e sequelas no trânsito.

Fiscalização

Implementar os instrumentos jurídicos definidos pela ONU. Incentivar as parcerias multisetoriais para desenvolvimento de estratégias nacionais, planos e metas apoiadas pela coleta de dados, além de monitorar sua implementação e eficácia.

Segurança Veicular

Incentivar a implantação universal de veículos melhores e de tecnologias de segurança passiva e ativa, por meio da adoção de padrões globais. Fomentar a implantação de um centro de homologação e realização de testes veiculares no Brasil.

Infraestrutura

Aumentar a segurança e a qualidade das obras inerentes à proteção de redes rodoviárias, para o benefício de todos os cidadãos, especialmente os mais vulneráveis (pedestres, ciclistas e motociclistas).

Educação

Desenvolver programas abrangentes para melhorar o comportamento dos usuários. Fiscalização contínua e ampliação de leis e normas, combinadas com a sensibilização do público por meio de programas.

Saúde

Aumentar a capacidade de resposta a emergências pós-acidente e melhorar a capacidade dos sistemas de saúde e outros relacionados, para fornecer tratamento apropriado e condições adequadas para a reabilitação das vítimas de acidentes.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

II. TRÂNSITO NO BRASIL

Ao longo dos primeiros quatro anos da Década de Ação pela Segurança no Trânsito 2011-2020 alguns países conseguiram reduzir, o número de mortos, mas a estatística se mantem alta com aproximadamente 1,24 milhão de pessoas mortas no trânsito em todo o mundo e outras 20-50 milhões são feridas, de acordo com o Relatório Global de Segurança Viária, emitido pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e Organização das Nações Unidas (ONU) em 2013.

Nos países em desenvolvimento estão as maiores taxas de mortalidade no trânsito, devido ao crescimento acelerado são forçados ampliar a capacidade de sua rede viária, muitas vezes tomando medidas contrárias a segurança dos usuários mais vulneráveis, como pedestres e ciclistas. Menos de 35% destes países possuem policiamento e fiscalização suficientes, que ajudam a diminuir essas estatísticas.

O impacto deste cenário vai além dos números. São muitos os gastos públicos com resgates, hospitais e policiamento. Gastos de infraestrutura com conserto de postes, sinalização e construções viárias danificadas em acidentes. Gastos sociais com congestionamentos e atrasos/ausências no trabalho. Sem contar o impacto emocional que não se pode calcular, principalmente em casos de incapacidade física e reabilitação de indivíduos produtivos, que muitas vezes são a única fonte de renda da família.

No Brasil, de acordo com a Seguradora Líder DPVAT em 2013 foi registrado uma queda de 10% no número de indenizações pagas por morte no trânsito no Brasil em relação a 2012. Este resultado deveria ser comemorado, mas como o trânsito deve ser analisado de uma forma global, o OBSERVATÓRIO chama atenção para o aumento de 26% no número de indenizações pagas por invalidez permanente. Nem todos os acidentes de trânsito geram uma indenização, muitos envolvidos não requerem o benefício, isso mostra que os números são ainda mais alarmantes.

INDENIZAÇÕES PAGAS

Natureza da Indenização	Jan a Dez 2012	%	Jan a Dez 2013	%	Jan a Dez 2013 x Jan a Dez 2012
Morte	60.752	12%	54.767	9%	-10%
Invalidez Permanente	352.495	69%	444.206	70%	26%
Despesas Médias (DAMS)	94.668	19%	134.872	21%	42%
TOTAL	507.915	100%	633.845	100%	25%

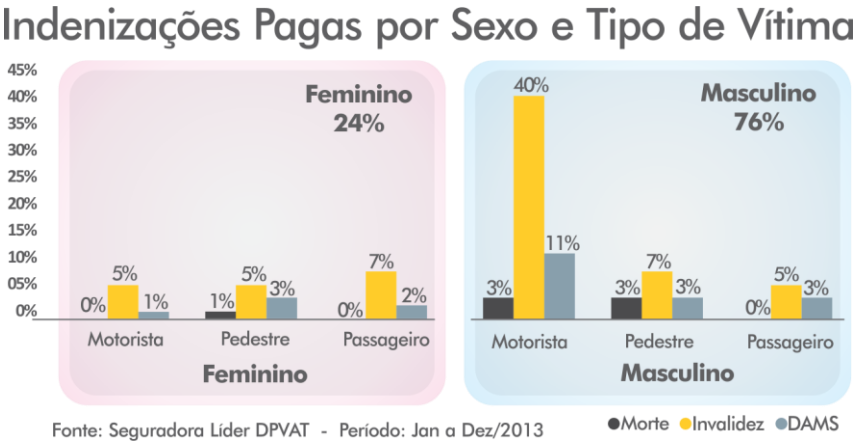
Fonte: Seguradora Líder DPVAT

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

REGIÃO	UF	JAN A DEZ 2013	
		% REGIÃO	% BRASIL
CENTRO OESTE	GO	48,4%	4,9%
	MT	25,3%	2,5%
	MS	17,7%	1,8%
	DF	8,5%	0,8%
TOTAL CENTRO-OESTE			10,2%
NORTE	PA	43,6%	3,4%
	RO	14,4%	1,1%
	TO	13,9%	1,1%
	AM	11,7%	0,9%
	AC	8,5%	0,6%
	AP	4,2%	0,3%
	RR	3,4%	0,2%
TOTAL NORTE			7,9%
NORDESTE	BA	22,3%	6,3%
	CE	17,3%	4,9%
	PE	15,1%	4,2%
	MA	14,4%	4%
	PI	7,6%	2,2%
	PB	7,2%	2%
	SE	5,9%	1,6%
	AL	5,5%	1,5%
	RN	4,3%	1,2%
TOTAL NORDESTE			28,2%
SUL	PR	45,5%	7,5%
	RS	30,3%	5%
	SC	24,1%	4%
TOTAL SUL			16,5%
SUDESTE	SP	47,8%	17,6%
	MG	26,8%	9,9%
	RJ	19,3%	7,1%
	ES	6%	2,2%
TOTAL SUDESTE			36,9%

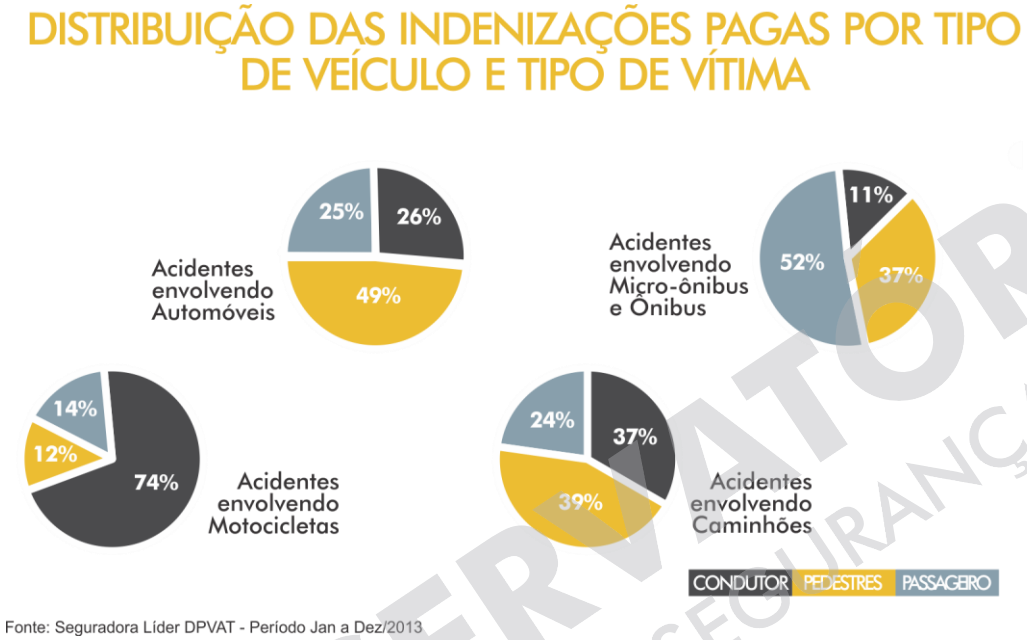
Segundo estudos do OBSERVATÓRIO, a queda no número de mortos é reflexo da redução da velocidade das vias urbanas, seja pelo aumento da frota circulante ou ação do poder público alterando o limite de velocidade máxima da via. Um acidente que antes acontecia a 80km/h, matando os ocupantes do veículo, hoje acontece a 60km/h, diminuindo a gravidade do acidente. Além disso, deve-se considerar a implementação de leis como obrigatoriedade do airbag e ABS (sistema de freios antitravamento), que em dezembro de 2013, 80% dos veículos brasileiros já estavam sendo fabricados com os dois itens de série, minimizando assim os riscos de lesões aos ocupantes em caso de ocorrências.

De janeiro a dezembro de 2013, a maioria das vítimas indenizadas pelo Seguro DPVAT foi do sexo masculino (76%), percentual idêntico ao ano anterior.



Fonte: Seguradora Líder DPVAT - Período: Jan a Dez/2013

Assim como em 2012, as principais vítimas de acidentes foram os motociclistas, representando 74% das indenizações. Nos acidentes envolvendo automóveis e caminhões, os pedestres são os mais atingidos, representando respectivamente 49% e 39%. Em transportes coletivos, as principais vítimas são os passageiros 52%.



Dados da Seguradora Líder DPVAT revelam que, anualmente, cerca de 60% dos mortos e sequelados no trânsito estão na faixa etária mais produtiva, ou seja, de 18 a 44 anos. Estes dados retratam a realidade onde, em um futuro próximo, haverá escassez de mão de obra jovem, além dos reflexos sociais e econômicos para o país. Sem contar, o custo emocional das famílias que é imensurável.

Os riscos de acidentes de trânsito estão atribuídos a três fatores:

Fator veículo: Nessa área o Brasil vem desenvolvendo e implementando os maiores avanços por meio de diversas leis sobre segurança veicular. Itens que antes eram opcionais passam a ser obrigatórios em todos os veículos produzidos no país, como o airbag e ABS. Outros projetos de lei que se encontram em trâmite buscam melhorar ainda mais a segurança dos ocupantes, como crash test de alta velocidade e ISOFIX estando em sinergia com a ações propostas pela ONU de produção de veículos mais seguros.

Um ponto que ajudou o bom desempenho deste fator é a avanço tecnológico dos automóveis e a concorrência natural entre os fabricantes de

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

veículos buscando melhores produtos com consequente ampliação e melhora do negócio.

Fator Via: Este fator sofre muito com os baixos investimentos por parte do governo em sua esfera de responsabilidades seja ela municipal, estadual ou federal. Vias em más condições influenciam a dirigibilidade e muitos condutores não sabem como dirigir nestas situações, aumentando o risco de acidentes com vítimas fatais e feridos. Em 2013, os governos reiniciaram as concessões de rodovias, dando uma expectativa positiva para alcançarmos vias mais seguras. Isto decorre pela participação da iniciativa privada com regras de investimentos definidos em contratos e fiscalizados pelas agências reguladoras.

Fator Humano: Este fator é responsável por 90% dos acidentes de trânsito, sendo a imprudência, a negligência, a imperícia e a inexperiência do condutor as principais causas. Para termos condutores mais responsáveis e comprometidos com a segurança, como é preconizado pela ONU, há a necessidade de atuarmos especificamente na formação do condutor. Todavia para avançar neste fator, o ator principal é o Governo, aprimorando e modificando o modelo de formação do motorista e motociclista no país. Ao contrário do que ocorre nos fatores veículo e via, não há estímulo ao negócio de responsabilidade da iniciativa privada, sendo a única motivação o estabelecimento de políticas públicas.

Desta forma, a expectativa que vem sendo trabalhada pelo Observatório é o novo formato para a formação do condutor de veículos no país. Entendemos que somente com a conscientização do condutor e a inserção de uma cultura de segurança viária iremos avançar em busca de condutores mais seguros.

III. AVALIAÇÃO DOS SIMULADORES DE DIREÇÃO VEICULAR

1. O Simulador de Direção Veicular – SDV

O SDV é um equipamento composto por estrutura física, hardware e software que utiliza recursos de simulação e realidade virtual para o aprimoramento do processo de treinamento e formação de condutores de veículos automotores, com foco na categoria "B"[1].

Os requisitos para o desenvolvimento dos SDV foram baseados em um estudo denominado "Estudo do Uso de simuladores e Recursos de Realidade Virtual pra Formação de Condutores em Auto Escola", elaborado pela Fundação CERTI[2], sob demanda do Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN através do convênio regulamentado pela Portaria 642/09.

O estudo realizado entre os meses de março e maio de 2014 verificou as tecnologias e equipamentos disponíveis no mercado nacional e internacional, permitindo o projeto e prototipagem de três modelos funcionais de simuladores de diferentes níveis tecnológicos, que passaram por testes práticos em CFCs da região de Florianópolis.

Levou-se em consideração a viabilidade econômica de implementação dos SDV no processo de formação e aprendizado dos condutores, bem como as adequações às particularidades da legislação brasileira, os processos envolvidos e as características de mercado.

A conclusão do estudo, em conjunto com um workshop de especialistas realizado em setembro de 2010, resultou em um caderno de requisitos que dividiu a composição dos SDV em 10 categorias. A partir do caderno de requisitos o DENATRAN, através de portarias[3], determinou o rol de requisitos mínimos necessários para a homologação dos SDV, conforme discriminado abaixo:

1. Comandos e sistemas de hardware
1.1. Estrutura/cabine
1.2. Comandos
1.3. Sistema de imagem
1.4. Sistema de áudio
1.5. Sistema computacional

[1] CTB, Art. 143, II - Categoria B - condutor de veículo motorizado, não abrangido pela categoria A, cujo peso bruto total não exceda a três mil e quinhentos quilogramas e cuja lotação não exceda a oito lugares, excluído o do motorista.
[2] Fundação Centros de Referência em Tecnologias Inovadoras – CERTI, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, http://www.certi.org.br
[3] Regulamentação principal: Portaria 808/11 do DENATRAN

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

1.6. Instalação elétrica
2. Recursos básicos de software
2.1. Síntese gráfica
2.2. Síntese de som
2.3. Simulação física e dinâmica veicular
2.4. Geração de tráfego
2.5. Tratamento de entradas e saídas
2.6. Telemetria
2.7. Base de dados 3D
2.8. Editor de cenários de simulação
2.9. Administrativo
2.10. Módulo de monitoramento
2.11. Autenticação/controle de presença

O desenvolvimento da especificação técnica e da homologação dos simuladores baseou-se no critério de atendimento ou não aos requisitos estabelecidos, não havendo detalhamento dos limites mínimos e máximos a serem atendidos.

Atualmente existem 4 simuladores homologados no Brasil, cuja homologação decorre de certificações emitidas pelos Organismos Certificadores de Produtos – OCP, devidamente acreditados pelo INMETRO e credenciados pelo DENATRAN[4].

As empresas que tiveram seus simuladores homologados são:

- PROSIMULADOR Tecnologia de Trânsito S.A. (São Paulo – SP)[5]
- REALDRIVE Simuladores Ltda. (Santa Maria – RS)[6]
- REAL Simuladores Ltda. (Pouso Alegre – MG)[7]
- INDRA Esteio Sistemas S.A. (Curitiba – PR)[8]

[4] Portaria 513/12 do DENATRAN
[5] Homologado através da Portaria 023/13 do DENATRAN
[6] Homologado através da Portaria 153/13 do DENATRAN
[7] Homologado através da Portaria 171/13 do DENATRAN
[8] Homologado através da Portaria 207/13 do DENATRAN

Foto: Simuladores de Direção Veicular homologados no Brasil e utilizados no estudo.

Foto: Simulador de Direção Veicular (REAL Simuladores).

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

Foto: Simulador de Direção Veicular (REALDRIVE Simuladores)

Foto: Simulador de Direção Veicular (PROSIMULADORES)

Foto: Simulador de Direção Veicular (IESSA). Foto obtida na através do site da empresa.

NOTA: durante o desenvolvimento deste estudo a empresa INDRA Esteio Sistemas S.A. deixou de fornecer para o mercado brasileiro, não disponibilizando o equipamento para a conclusão do trabalho. Segundo informações obtidas com o representante da empresa, a matriz (estrangeira) suspendeu suas atividades no Brasil em função da insegurança jurídica e de mercado provocadas pelas constantes alterações legislativas acerca do tema. A empresa optou por não manifestar-se formalmente sobre o assunto, não respondendo as solicitações de informação encaminhadas pelo OBSERVATÓRIO.

Nota-se que foi realizado um trabalho de concepção focado no equipamento em si, em seu hardware e software, porém não houve aprofundamento no que se refere aos requisitos pedagógicos e operacionais de aplicabilidade pelos instrutores dos CFCs[9].

A obrigatoriedade de utilização dos SDV no processo de formação de condutores estava prevista para vigorar a partir de janeiro de 2014, porém a Resolução 473/14 do CONTRAN[10] prorrogou esse prazo até 01 de julho de 2014.

[9] Centro de Formação de Condutores
[10] Conselho Nacional de Trânsito

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

2. O papel do OBSERVATÓRIO

O OBSERVATÓRIO tem como visão estratégica ser agente catalisador da sociedade brasileira na gestão de segurança viária e veicular do país. Sua missão é promover os subsídios técnicos necessários para o desenvolvimento seguro do trânsito em prol do cidadão por meio de Estudos & Pesquisas, Dados & Informação, Educação e Advocacy.

No dia 24 de setembro de 2013 foi realizada na Comissão de Viação e Transportes da Câmara dos Deputados uma Audiência Pública para debater a formação de condutores no Brasil, onde o OBSERVATÓRIO participou ativamente das discussões.

Após a audiência, foi formado um grupo de trabalho a pedido da Comissão de Viação e Transportes que se reuniu em 23 de outubro de 2013 em Brasília. Foram efetuadas proposições por diversas entidades (DENATRAN / FENEAUTO / AND / Associação dos Instrutores de CFC / entre outras), sendo o Observatório responsável por compilar as propostas sobre o processo de formação dos condutores no Brasil e apresentar um relatório que auxiliará nas decisões sobre o tema.

Durante o andamento dos trabalhos identificou-se a necessidade de aprofundamento na fase do processo de formação que utiliza como ferramenta os simuladores de direção veicular, pois o assunto estava sendo pautado pela Câmara dos Deputados de forma avulsa e polêmica por existirem divergências de entendimentos sobre a efetividade da utilização dos equipamentos no processo de formação dos condutores.

Os requisitos para o desenvolvimento dos SDV foram baseados em um estudo denominado "Estudo do Uso de simuladores e Recursos de Realidade Virtual pra Formação de Condutores em Auto Escola", elaborado pela Fundação CERTI[11], sob demanda do Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN através do convênio regulamentado pela Portaria 642/09. Tal estudo definiu os requisitos técnicos para o projeto e construção dos simuladores (HW e SW), porém não foram criados padrões e procedimentos para sua aplicação.

Defendemos que a melhora no processo de formação de condutores depende de uma estratégia de ensino bem definida que vai muito mais além do equipamento em si, e por esse motivo a avaliação realizada pelo OBSERVATÓRIO se concentrou em três eixos principais:

[11] Fundação Centros de Referência em Tecnologias Inovadoras – CERTI, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, http://www.certi.org.br

- Eixo 1: Nível de fidelidade entre o ambiente real e o simulado;
- Eixo 2: Potencialidade de transferência de conhecimento entre as etapas do aprendizado;
- Eixo 3: Potencialidade de formação da cultura de segurança viária nos futuros condutores.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

3. Metodologia

Eixo 1: Testes nos simuladores, verificando a capacidade de reprodução dos cenários e situações encontradas no ambiente real, bem como a adaptação do usuário ao simulador.

Eixo 2: Verificação dos conteúdos e exercícios existentes no simulador e sua capacidade de gerar conhecimento no usuário para melhorar o seu aprendizado.

Eixo 3: Verificação das situações e eventos gerados pelo simulador e sua contribuição para o desenvolvimento da percepção de risco do usuário diante das situações adversas encontradas no trânsito.

a) Requisitos avaliados

Os requisitos foram definidos a partir da Portaria 808/11 do DENATRAN utilizando o conceito de atendimento total, parcial ou não-atendimento com base em perguntas elaboradas para cada item verificado.

Os requisitos foram divididos em 8 grupos, compostos por 59 questões referentes a 35 itens, conforme tabela abaixo:

GRUPO	ITEM	QUESTÕES
1. Estrutura/cabine	1.1. Cabine	A cabine contribui para a sensação de estar dirigindo um veículo real?
	1.2. Banco	A regulagem de distância até os pedais é suficiente para proporcionar uma posição de condução adequada?
		O ajuste de altura do banco foi suficiente para proporcionar uma posição de condução adequada?
		O ajuste de inclinação do banco foi suficiente para proporcionar uma posição de condução adequada?
		Os bancos proporcionam de forma adequada a sensação de estar em um banco automotivo real?
	1.3. Cinto de segurança	O cinto de segurança transmite a sensação de estar conduzindo um veículo real durante a simulação?

	1.4. Instrumentos	O painel de instrumentos possui compartimento próprio, distinto da tela de visualização da pista, e dimensões compatíveis com instrumentos automotivos reais?
		Os instrumentos representam com fidelidade e com sincronismo as situações simuladas?
	1.5. Retrovisores	A posição dos retrovisores é adequada?
2. Comandos	2.1. Volante	A empunhadura do volante remete à sensação de estar segurando o volante de um veículo real?
		A sensibilidade do curso do volante é compatível com a de um volante de veículo real?
		O *force feedback* do volante corresponde às situações de pavimento e dinâmica do veículo simulado?
	2.2. Câmbio	O câmbio está localizado em local adequado permitindo a condução confortável e segura do simulador de forma equivalente a um veículo real?
		O encaixe mecânico das marchas é facilmente realizado e produz efeitos sincronizados no veículo simulado?
		A relação entre as marchas utilizadas é compatível com a resposta de comportamento do veículo simulado?
	2.3. Acelerador	O pedal está localizado de forma a reproduzir com fidelidade o pedal de um veículo real?
		A carga gradativa aplicada ao pedal gera respostas adequadas no veículo simulado?

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

	2.4. Freio	O pedal está localizado de forma a reproduzir com fidelidade o pedal de um veículo real?
		A carga gradativa aplicada ao pedal gera respostas adequadas no veículo simulado?
	2.5. Embreagem	O pedal está localizado de forma a reproduzir com fidelidade o pedal de um veículo real?
		A carga gradativa aplicada ao pedal gera respostas adequadas no veículo simulado?
3. Sistema de imagem	3.1. Ângulos de visão e distância da tela em relação ao ponto de vista do motorista	A distância e o ângulo da tela proporcionam o conforto necessário para a identificação correta das imagens?
4. Síntese gráfica	4.1. Imagens 3D	A qualidade das imagens geradas é capaz de reproduzir de forma adequada o ambiente encontrado na via pública?
	4.2. Harmonia e coerência dos objetos móveis e estáticos	Os objetos móveis apresentam dimensões compatíveis com a escala real?
		Os objetos móveis apresentam movimentação coerente com a realidade?
	4.4. Variação de ambiente	A variação de horário e posição solar acontece de forma gradativa e coerente?
		Os recursos de chuva e neblina alteram de forma coerente o ambiente simulado?
		Ocorre variação perceptível na dinâmica do veículo quando existe variação entre chuva e tempo seco?

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

	4.6. Retrovisores virtuais	As imagens geradas pelos retrovisores virtuais correspondem à realidade e possuem sincronismo com as demais imagens geradas?
		Os retrovisores são eficazes para a condução simulada?
	4.7. Head tracking	O head tracking manteve sua calibragem durante a simulação?
		A utilização do head tracking melhora a qualidade da simulação?
	4.8. Replay	Os recursos de replay são acessíveis durante o período de simulação?
		Ao final da simulação o replay permite um grau de feedback adequado para o aprendizado do usuário?
5. Síntese de som	5.1. Qualidade do som	O som é produzido em volume e frequência adequados?
		É possível identificar de forma individualizada o som ambiente e os sons produzidos pelos demais elementos que compõem a simulação?
	5.2. Efeitos sonoros	O som do motor (partida, lenta, variação com rotação) do veículo simulado é similar ao de um veículo real?
		O som do câmbio (erro de passagem de marcha) do veículo simulado é similar ao de um veículo real?
		O som do atrito entre pneu e chão (normal, frenagem, derrapagem) do veículo simulado é similar ao de um veículo real?
		Os sons dos demais veículos são similares aos de veículos reais?

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

		Os sons de ambiente (vento, chuva, ruído de fundo urbano) correspondem à realidade?
6. Simulação física e dinâmica veicular	6.1 Modelagem do veículo	A modelagem física do veículo simulado proporciona respostas dinâmicas de forma adequada à realidade?
	6.2. Tratamento de singularidades	A parada do motor devido ao mau uso dos pedais ocorre de forma coerente com a realidade?
		Os erros de câmbio/embreagem são facilmente identificados?
		Os danos por acidente possuem dimensão adequada de acordo com o grau de impacto?
	6.3. Ajuste de variáveis	A pressão dos pneus e a carga do veículo produzem variações na dinâmica da física do veículo simulado?
7. Geração de Tráfego	7.1. Agentes autônomos	Os 15 agentes autônomos interagem entre si?
	7.2. Agressividade e velocidade dos outros veículos	As variações na configuração de agressividade do motorista e na velocidade praticada causam alterações perceptíveis no comportamento dos agentes autônomos simulados?
	7.3. Intensidade de tráfego	A intensidade de tráfego gerada na simulação é suficiente para proporcionar um exercício de simulação eficiente?
	7.4. Eventos com pedestres e animais	A simulação gera situações imprevisíveis com pedestres e veículos de forma a capacitar o aluno a reagir adequadamente diante das adversidades?

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

8. Base de dados 3D	8.1. Terrenos	As variações de terreno constantes na base de mapas contemplam as situações reais?
	8.2. Rede viária	A rede viária simulada contempla as principais situações encontradas no ambiente real?
	8.3. Objetos de composição do cenário	Os objetos que compõem o cenário apresentam coerência com a realidade?
	8.4. Sinalização horizontal, vertical e dispositivos auxiliares	A sinalização atende as normas do CTB?
	8.5. Sinalização semafórica	A sinalização semafórica apresenta funcionamento cíclico coerente com semáforos reais?
	8.6. Traçado com cones	A pista de traçado com cones possibilita o treino de controle de direção de forma adequada?
	8.7. Traçado com curvas verticais	Em aclives e declives a alteração na dinâmica física do veículo simulado é perceptível?
	8.8. Cenário urbano	O cenário urbano simulado representa de forma adequada o cenário real?
	8.9. Rodovias e estradas	As rodovias simuladas apresentam condições compatíveis com a realidade?

Ao rol de requisitos descritos acima, foi estabelecida uma metodologia referencial de relevância para cada item, definindo pesos de acordo com o grau de aderências aos eixos:

- Nível de Fidelidade da Simulação (FS);
- Potencialidade de Transferência de Conhecimento (TC);
- Potencialidade de formação de Cultura de Segurança Viária (FC).

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

A partir da análise dos atendimentos aos requisitos, foi estabelecida uma pontuação ponderada para cada item de acordo com o seu grau de relevância, resultando em pontuações por blocos de requisitos e um placar geral de classificação dos simuladores.

b) Procedimentos operacionais

A realização dos testes se de através da experimentação dos recursos disponíveis nos SDV para resposta às questões formuladas no item acima, com o objetivo de identificar o grau de adequação e qualidade no atendimento aos requisitos selecionados.

As respostas demonstram o nível de atendimento do requisito percebido pelos avaliadores após a utilização contínua e repetida dos equipamentos.

A estatura média do indivíduo masculino brasileiro na faixa etária de 18 anos é de 1,72m[12], portanto essa foi a estatura média adotada para a definição dos avaliadores.

[12] Conforme relatório do IBGE - http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pof/2008_2009_encaa/tabelas_pdf/tab1_1.pdf

4. Pesquisa de percepção rápida (primeiras impressões)

Para a captação das primeiras impressões dos voluntários que utilizaram o SDV, foi aplicado um questionário rápido aos usuários que passaram por uma experiência de demonstração (padrão feira) de 5min, em ambiente de simulação livre, conforme abaixo:

PERGUNTA	SIM	NÃO
Você é habilitado?		
Sentiu algum tipo de mal-estar?		
Você acredita que o simulador é capaz de reproduzir fisicamente a sensação de estar conduzindo um veículo real?		
Você acredita que o simulador pode contribuir para a melhoria do processo de aprendizado e formação dos condutores?		
Você acredita que os simuladores devem ser obrigatórios?		

Foto: utilização do simulador em "modo-demonstração".

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

Foto: utilização do simulador em "modo-demonstração".

Foto: utilização do simulador em "modo-demonstração".

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

5. Estrutura/cabine

Parte dos efeitos gerados pelos SDV nos usuários se deve ao nível de fidelidade (FS) proporcionado pelos equipamentos em comparação ao cenário real, remetendo aos seus aspectos construtivos a maior carga de relevância.

Foram observadas diferenças significativas entre os três equipamentos analisados, evidenciando a necessidade de melhoria e padronização no processo construtivo dos SDV.

1. Estrutura /cabine	**1.1. Cabine**	A cabine contribui para a sensação de estar dirigindo um veículo real?	2	1	1
	1.2. Banco	A regulagem de distância até os pedais é suficiente para proporcionar uma posição de condução adequada?	4	4	4
		O ajuste de altura do banco foi suficiente para proporcionar uma posição de condução adequada?	2	2	2
		O ajuste de inclinação do banco foi suficiente para proporcionar uma posição de condução adequada?	2	2	0
		Os bancos proporcionam de forma adequada a sensação de estar em um banco automotivo real?	2	2	2
	1.3. Cinto de segurança	O cinto de segurança transmite a sensação de estar conduzindo um veículo real durante a simulação?	4	4	4
	1.4. Instrumentos	O painel de instrumentos possui compartimento próprio, distinto da tela de visualização da pista, e dimensões compatíveis com instrumentos automotivos reais?	2	0	1

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

		Os instrumentos representam com fidelidade e com sincronismo as situações simuladas?	4	2	4
	1.5. Retrovisores	A posição dos retrovisores é adequada?	4	2	2
	TOTAL (item 1)		**26**	**19**	**20**

a) Cabine

O SDV1 foi o que apresentou melhor desempenho neste item, sendo construído com cabine fechada e peças automotivas, o que proporcionou um maior grau de imersão aos usuários. O grau de imersão é importante para afastar a equiparação com jogos eletrônicos, o que pode gerar queda na credibilidade dos efeitos do simulador.

Foto: vista superior do SDV.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

Foto: vista superior do SDV.

Foto: vista superior do SDV.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

Foto: vista frontal do SDV.

Foto: vista frontal do SDV.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

Foto: vista frontal do SDV.

b) Banco

Com relação aos bancos, o SDV3 não possui ajuste de inclinação, prejudicando a regulagem correta da posição de condução. Uma das funções principais do SDV é introduzir os conceitos de automatismo de condução, ou seja, condicionar o futuro condutor a realizar a troca de marchas sem voltar seu olhar para o câmbio, por exemplo. Se o usuário realiza o aprendizado em posições de condução inadequadas, a transferência de conhecimento entre as fases pré-prática e prática fica prejudicado.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

Foto: detalhe do banco do SDV.

Foto: detalhe do banco do SDV.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

Foto: detalhe do banco do SDV.

c) Cinto de segurança

Os cintos de segurança dos três modelos possuem construção adequada, com material equivalente às peças automotivas reais e ajuste retrátil, assemelhando-se aos de um veículo real.

d) Painel de Instrumentos

O painel de instrumentos merece uma atenção especial, pois é nele que o usuário encontra as informações em tempo real sobre o desempenho do veículo durante a condução. O SDV1 apresentou a melhor proposta de painel, utilizando um modelo automotivo real.

O SDV3 possui um painel totalmente digital, o que prejudica o grau de imersão.

Já o SDV2, também possui painel digital, porém sua visualização é prejudicada pela sua posição em relação ao volante. Na tentativa de corrigir a falha de visualização, a empresa inseriu um painel de instrumentos reduzidos na própria tela de simulação (na altura do para-brisas), porém este recurso prejudica o desenvolvimento dos automatismos pois condiciona o usuário a buscar informações no para-brisas do veículo, prejudicando a transferência de conhecimento para a fase prática uma vez que em veículos reais essa informação só estará disponível no próprio painel de instrumentos.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

Foto: vista interna do SDV.

Foto: vista interna do SDV.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

Foto: vista interna do SDV.

Foto: detalhe do painel de instrumentos do SDV.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

Foto: detalhe do painel de instrumentos do SDV.

Foto: detalhe do painel de instrumentos do SDV.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

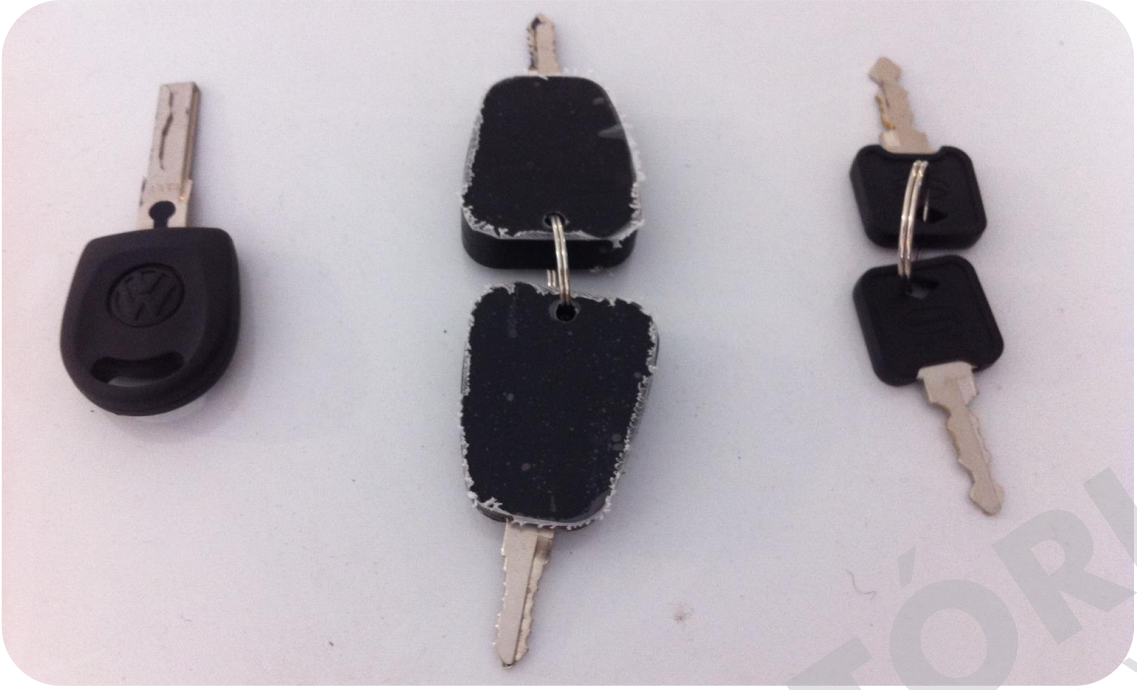


Foto: chaves de ignição utilizadas nos SDV.

e) Retrovisores

Nos retrovisores, que nos três modelos são virtuais por imposição da legislação, observou-se que encontram-se em posições adequadas, porém os SDV2 e SDV3 não permitiram o seu correto ajuste. O SDV2 não permitiu o ajuste, e o SDV3 permite o ajuste, porém os lados esquerdos e direitos não possibilitam o ajuste individualizado (ao ajustar um lado, o outro perde o alinhamento).

Foto: detalhe do retrovisor do SDV.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

6. Comandos

Os comandos dos veículos são compostos pelo conjunto volante-câmbio-pedais, e neste item a principal diferença observada entre os modelos estudados foi com relação ao câmbio.

2. Comandos	**2.1. Volante**	A empunhadura do volante remete à sensação de estar segurando o volante de um veículo real?	2	2	2
		A sensibilidade do curso do volante é compatível com a de um volante de veículo real?	2	2	2
		O *force feedback* do volante corresponde às situações de pavimento e dinâmica do veículo simulado?	1	1	1
	2.2. Câmbio	O câmbio está localizado em local adequado permitindo a condução confortável e segura do simulador de forma equivalente a um veículo real?	2	2	2
		O encaixe mecânico das marchas é facilmente realizado e produz efeitos sincronizados no veíuclo simulado?	1	2	1
		A relação entre as marchas utilizadas é compatível com a resposta de comportamento do veículo simulado?	4	4	4
	2.3. Acelerador	O pedal está localizado de forma a reproduzir com fidelidade o pedal de um veículo real?	2	2	2
		A carga gradativa aplicada ao pedal gera respostas adequadas no veículo simulado?	4	4	4
	2.4. Freio	O pedal está localizado de forma a reproduzir com fidelidade o pedal de um veículo real?	2	2	2
		A carga gradativa aplicada ao pedal gera respostas adequadas no veículo simulado?	4	4	4

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

	2.5. Embreagem	O pedal está localizado de forma a reproduzir com fidelidade o pedal de um veículo real?	2	2	2
		A carga gradativa aplicada ao pedal gera respostas adequadas no veículo simulado?	4	4	4
	TOTAL (item 2)		**30**	**31**	**30**

a) Volante

Neste item os três equipamentos apresentaram deficiência no recurso de force-feedback. Este recurso é responsável pela alteração mecânica no comportamento do volante (força lateral e trepidação) de acordo com as situações geradas pelo software de simulação. Foi observado em todos os equipamentos falhas de sincronismo e ausência de critérios para a utilização deste recurso.

Em algumas situações de pavimento acidentado, o recurso não produziu nenhum tipo de alteração física no volante, em outros momentos o volante trepidava sem motivo aparente.

Foto: detalhe do volante do SDV.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

Foto: detalhe do volante do SDV.

Foto: detalhe do volante do SDV.

b) Câmbio

Com relação ao câmbio, o SDV2 apresentou o melhor desempenho. Os encaixes ocorrem de forma perfeita e produzem efeitos sincronizados e adequados na simulação.

Os SDV1 e SDV3 apresentaram algumas dificuldades no encaixe mecânico das marchas, e em algumas situações a troca física não produziu efeitos na troca simulada.

No SDV2, ao realizar a troca de marchas sem o acionamento do pedal de embreagem, o erro era claramente identificado. Nos SDV1 e SDV3, sem o acionamento do pedal de embreagem o usuário pode ficar trocando a posição do câmbio repetidas vezes sem que isso gere efeitos na simulação (a marcha não se altera, e também não são produzidos alertas sobre o erro).

Esta falha dos simuladores SDV1 e SDV3 prejudica a transferência de conhecimento para a fase prática.

Foto: detalhe do câmbio do SDV.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

Foto: detalhe do câmbio do SDV.

Foto: detalhe do câmbio do SDV.

c) Pedais

Os pedais dos três equipamentos apresentaram características construtivas e dinâmica de utilização adequadas.

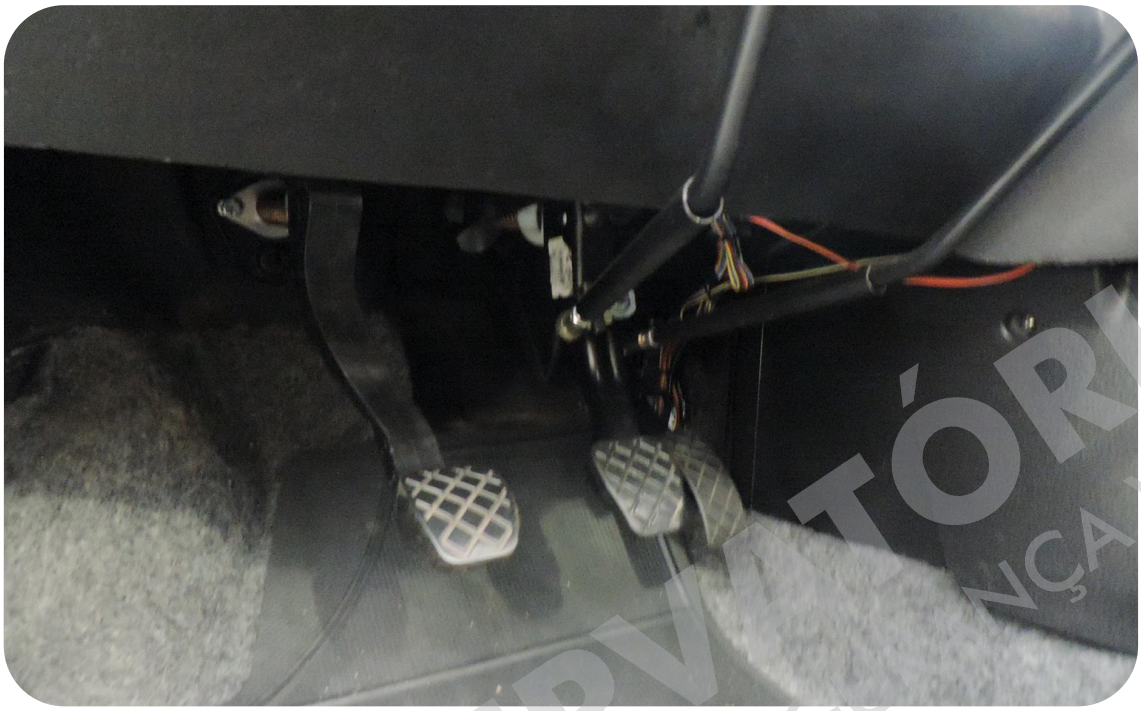


Foto: detalhe dos pedais do SDV.

Foto: detalhe dos pedais do SDV.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

Foto: detalhe dos pedais do SDV.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

7. Sistema de imagem

Neste item a principal avaliação se deu com relação ao posicionamento das três telas de simulação, sua angulação e integração entre elas.

Os três equipamentos apresentaram condições adequadas.

3. Sistema de imagem	3.1. Ângulos de visão e distância da tela em relação ao ponto de vista do motorista	A distância e o ângulo da tela proporciona o conforto necessário para a identificação correta das imagens?	2	2	2
	TOTAL (item 3)		**2**	**2**	**2**

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

8. Síntese gráfica

Neste item foram avaliados os padrões de desenvolvimento gráfico do software de simulação, sua similaridade com os cenários reais e o padrão de qualidade apresentado.

Foram observadas diferenças significativas entre os simuladores avaliados, principalmente com relação à harmonia e coerência dos objetos.

Outro ponto a ser destacado é o não cumprimento de requisitos previstos na legislação, como os recursos de replay e head-tracking.

4. Síntese gráfica	**4.1. Imagens 3D**	A qualidade das imagens geradas é capaz de reproduzir de forma adequada o ambiente encontrado na via pública?	2	2	2
	4.2. Harmonia e coerência dos objetos móveis e estáticos	Os objetos móveis apresentam dimensões compatíveis com a escala real?	2	2	2
		Os objetos móveis apresentam movimentação coerente com a realidade?	0	2	0
	4.4. Variação de ambiente	A variação de horário e posição solar acontece de forma gradativa e coerente?	4	4	4
		Os recursos de chuva e neblina alteram de forma coerente o ambiente simulado?	4	4	4
		Ocorre variação perceptível na dinâmica do veículo quando existe variação entre chuva e tempo seco?	4	0	0
	4.6. Retrovisores virtuais	As imagens geradas pelos retrovisores virtuais correspondem à realidade e possuem sincronismo com as demais imagens geradas?	2	2	2
		Os retrovisores são eficazes para a condução simulada?	0	0	0
	4.7. Head tracking	O head tracking manteve sua calibragem durante a simulação?	2	0	0

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

		A utilização do head tracking melhora a qualidade da simulação?	0	0	0
	4.8. Replay	Os recursos de replay são acessíveis durante o período de simulação?	0	0	0
		Ao final da simulação o replay permite um grau de feedback adequado para o aprendizado do usuário?	0	0	0
	TOTAL (item 4)		**20**	**16**	**14**

a) Imagens 3D

Os simuladores apresentaram qualidade gráfica 3D satisfatória, sendo que o SDV2 se destacou apresentando os melhores padrões gráficos, definição de cores e formatos e realismo visual.

b) Harmonia e coerência dos objetos móveis e estáticos

Os três simuladores apresentaram objetos com escalas e dimensões coerentes e compatíveis com a realidade, porém somente o SDV2 apresentou harmonia correta e coerência total na movimentação dos objetos.

No caso do SDV1, a falha mais grave identificada foram veículos que literalmente caem do céu. Este fator foi considerado grave pois afasta o ambiente simulado do ambiente real, gerando a sensação no usuário de estar utilizando um jogo eletrônico e não uma ferramenta de aprendizagem.

Foto: falha de simulação – veículos "caindo do céu".

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

Foto: falha de simulação – "veículos empilhados".

No SDV3, a falha mais grave foi verificada na condução do veículo simulado, que em determinados momentos foi deslocado para um patamar superior ao da superfície (o veículo literalmente voa como uma aeronave), falha também observada no SDV1. Além dessa falha, na rodovia algumas motocicletas entram em manobra de looping horizontal ou ficam agrupadas em uma longa fila, e os demais veículos aparecem e desaparecem ao longo do percurso.

Foto: falha de simulação – "veículo voando" (visão interna do veículo simulado).

Foto: falha de simulação – "veículo voando" (visão interna do veículo simulado).

Foto: falha de simulação – "veículo voando" (visão externa do veículo simulado).

c) Variação de ambiente

Nos três equipamentos as variações de horário e posição solar se mostraram coerentes e satisfatórias, bem como as alterações visuais do ambiente simulado sob chuva e neblina.

Com relação à influência da variação do ambiente na dinâmica do veículo simulado, apenas o SDV1 apresentou alterações perceptíveis, diminuindo a aderência dos pneus com o pavimento em situações de pinta molhada. Esse recurso é importante pois desperta no usuário a consciência de que as variações climáticas necessitam de adequação no modo de dirigir, potencializando a transferência de conhecimento entre as etapas de aprendizagem.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

d) Retrovisores virtuais

Nos três modelos avaliados a geração de imagens nos retrovisores se mostrou satisfatória e coerente com os ângulos de visão, porém em nenhum dos equipamentos foi possível realizar manobras em marcha a ré de forma segura.

A falta do campo de visão traseiro, remetendo todo o recurso visual para as imagens geradas pelos retrovisores, restringe a realização de manobras em marcha a ré, impossibilitando a execução correta dos exercícios de baliza.

e) Head-tracking

O head-tracking é um recurso composto por sensores que tem a finalidade de capturar os movimentos de cabeça do usuário e retransmiti-los para o software de simulação, alterando a visualização das imagens. Com esse recurso é possível simular o direcionamento da visão para as janelas do veículo, aumentando lateralmente o campo de visão e permitindo a realização de manobras com mais segurança.

Os SDV2 e SDV3 não apresentaram o recurso de head-tracking previsto na regulamentação do Departamento Nacional de Trânsito. Como alternativa, o SDV2 apresentou um recurso denominado "movimento de cabeça", que consiste em um botão inserido no lado esquerdo do painel de instrumentos e que direciona a imagem simulada para a direita ou esquerda, conforme acionamento.

O recurso de head-tracking apresentado pelo SDV1 consiste em dois sensores, um colocado à frente do simulador (voltado para o usuário) e outro (sem fio) colocado na cabeça do usuário com o auxílio de um boné. Os sensores se comunicam através de um aplicativo instalado no hardware do simulador, e pode ser ativado ou desativado através de um comando no teclado.

Foto: detalhe do sensor de head-tracking.

A utilização do recurso não se mostrou eficiente, pois a constante variação gerada nas imagens gera confusão durante a condução do veículo simulado. Outro fator que merece destaque é que essa variação de imagens aumentou a sensação de mal estar nos usuários, produzindo efeitos de mal estar até nos usuários que não tiveram desconforto na utilização inicial sem o head-tracking.

f) Replay

Nenhum dos equipamentos apresentou o recurso de replay previsto na legislação, o que foi considerado uma falha grave.

O recurso de replay é essencial para que o instrutor possa dar um feedback adequado para o aluno, de forma a revisar e corrigir eventuais falhas durante o processo de aprendizagem.

Sem o recurso do replay o processo de aprendizagem fica incompleto, pois o usuário do simulador não tem a oportunidade de rever suas falhas e fazer as reflexões necessárias para a melhoria de seu desempenho.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

9. Síntese de som

Neste item foram avaliados os padrões de qualidade do sistema sonoro do simulador, que é composto por cinco auto-falantes e um subwofer, com o objetivo de criar o efeito surround.

As principais características avaliadas referem-se à fidelidade da simulação proporcionada pelo sistema de som, de acordo com a qualidade e realismo apresentados.

5. Síntese de som	**5.1. Qualidade do som**	O som é produzido em volume e frequência adequados?	2	2	2
		É possível identificar de forma individualizada o som ambiente e os sons produzidos pelos demais elementos que compõem a simulação?	1	2	1
	5.2. Efeitos sonoros	O som do motor (partida, lenta, variação com rotação) do veículo simulado é similar ao de um veículo real?	4	4	4
		O som do câmbio (erro de passagem de marcha) do veículo simulado é similar ao de um veículo real?	2	2	0
		O som do atrito entre pneu e chão (normal, frenagem, derrapagem) do veículo simulado é similar ao de um veículo real?	8	8	8
		Os sons dos demais veículos são similares aos de veículos reais?	2	2	0
		Os sons de ambiente (vento, chuva, ruído de fundo urbano) correspondem à realidade?	2	2	2
	TOTAL (item 5)		**21**	**22**	**17**

a) Qualidade do som

A qualidade do som apresentada pelos três equipamentos foi satisfatória em termos de volume e frequência, porém na individualização dos efeitos sonoros o SDV2 apresentou melhor desempenho. Nos equipamentos SDV1 e SDV3, ao transitar com o veículo simulado próximo aos demais veículos

não é possível diferenciar se o som produzido pelos motores é do veículo simulado ou dos demais veículos.

A identificação correta do som emitido pelo motor do veículo simulado é importante para que o usuário desenvolva a percepção da relação entre a velocidade do veículo e a marcha utilizada.

b) Efeitos sonoros

Nos três equipamentos a produção dos efeitos sonoros relacionados ao motor do veículo simulado são adequados, assim como o som ambiente e do atrito entre os pneus e o solo.

Os sons gerados pelos erros de passagem de marcha possuem relevância para o processo de aprendizagem, pois colaboram para que o usuário desenvolva o sincronismo correto entre os pedais de aceleração e embreagem e o manuseio da alavanca de câmbio. Neste item os três simuladores não demonstraram desempenho satisfatório, sendo que o SDV3 apresentou desempenho reprovável. Não foi identificado no SDV3 o som de erro na passagem de marcha, nos SDV1 e SDV2 o som foi identificado, porém é quase imperceptível e não destaca o erro.

No equipamento SDV3 não foi possível identificar adequadamente o som produzido pelos demais veículos.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

10. Simulação física e dinâmica veicular

O principal foco na avaliação deste item foi verificar se o veículo simulado possui comportamento físico equivalente ao de um veículo real nas ações de ação e desaceleração, coerência entre a marcha utilizada e a situação de velocidade e aclive experimentada, e o tratamento das singularidades.

6. Simulação física e dinâmica veicular	**6.1 Modelagem do veículo**	A modelagem física do veículo simulado proporciona respostas dinâmicas de forma adequada à realidade?	8	8	8
	6.2. Tratamento de singularidades	A parada do motor devido ao mau uso dos pedais ocorre de forma coerente com a realidade?	2	4	0
		Os erros de câmbio/embreagem são facilmente identificados?	0	2	0
		Os danos por acidente possuem dimensão adequada de acordo com o grau de impacto?	0	0	0
	6.3. Ajuste de variáveis	A pressão dos pneus e a carga do veículo produzem variações na dinâmica da física do veículo simulado?	0	0	0
	TOTAL (item 6)		**10**	**14**	**8**

a) Modelagem do veículo

Quanto à modelagem do veículo, os três equipamentos apresentaram repostas satisfatórias. Os veículos simulados reagem adequadamente aos comandos de aceleração e frenagem, força gravitacional, aderência e cinética.

b) Tratamento de singularidades

Neste item os três equipamentos não apresentaram resultados totalmente satisfatórios. Foi observada uma disparidade entre os equipamentos com relação à qualidade da simulação.

Com relação à parada do motor por utilização incorreta dos pedais, o SDV2 apresentou resultados satisfatórios mantendo o sincronismo e a coerência entre o manuseio mecânico do simulador e as respostas no software de simulação. No SDV1 foi observado que em alguns momentos o motor do veículo simulado interrompeu o funcionamento sem motivo aparente, voltando a funcionar sem a ignição do veículo. No caso do SDV3, o motor continua em funcionamento mesmo após as colisões, inclusive tracionando as rodas.

Nos SDV1 e SDV3 todos os usuários-voluntários tiveram dificuldades na troca de marchas. Quando é realizada a troca de marcha na alavanca sem a correta utilização dos pedais o veículo acusa o erro, porém não gera resposta na condução gerando inconsistência entre a alavanca e a marcha do veículo.

Nos casos de colisão do veículo simulado, nenhum dos três equipamentos apresentou uma proporção de danos adequada. O SDV2 apresenta como critério o reinicio da simulação em caso de colisão, enquanto os SDV1 e SDV3 permitem a continuidade da simulação mesmo com o veículo danificado.

c) Ajuste de variáveis

A legislação determina que deverá ser possível o ajuste de variáveis no veículo, como a pressão dos pneus e a carga transportada. Nenhum dos equipamentos apresentou modificação perceptível na dinâmica do veículo com a alteração de parâmetros como o peso ou a calibragem dos pneus, ou seja, o comportamento do veículo foi o mesmo com alta e baixa pressão nos pneus.

Este item é importante para o aprendizado pois possibilita criar no usuário a consciência de que a manutenção preventiva do veículo é um item importante para a segurança viária. Com essas variáveis produzindo os efeitos adequados, é possível exercitar no usuário tanto sua consciência com relação à importância desses itens, como também técnicas de direção defensiva no caso, por exemplo, de um estouro de pneus ou da necessidade de uma frenagem de emergência do veículo com caga (peso) máxima.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DA SEGURANÇA VIÁRIA

11. Geração de tráfego

Neste item foram avaliados os níveis de interação entre os elementos simulados, com a verificação da consistência da interatividade proporcionada pelo software de simulação e sua coerência com a realidade.

A qualidade do software de simulação é essencial para o bom desempenho nesse item, e verificou-se que um dos equipamentos apresentou um nível de fidelidade muito superior ao apresentado pelos outros dois.

7. Geração de Tráfego	**7.1. Agentes autônomos**	Os 15 agentes autônomos interagem entre si?	3	6	0
	7.2. Agressividade e velocidade dos outros veículos	As variações na configuração de agressividade do motorista e na velocidade praticada causam alterações perceptíveis no comportamento dos agentes autônomos simulados?	6	6	6
	7.3. Intensidade de tráfego	A intensidade de tráfego gerada na simulação é suficiente para proporcionar um exercício de simulação eficiente?	0	8	4
	7.4. Eventos com pedestres e animais	A simulação gera situações imprevisíveis com pedestres e veículos de forma a capacitar o aluno a reagir adequadamente diante das adversidades?	4	8	0
	TOTAL (item 7)		**13**	**28**	**10**

a) Agentes autônomos

São considerados agentes autônomos todas as pessoas, veículos e animais que possuem movimento independente.

A interação entre os agentes autônomos gerados pela simulação é fator fundamental para proporcionar um ambiente simulado coerente com a realidade. Não basta que cada agente autônomo possua sua coerência de construção e movimentação individual adequada, é necessário que esses agentes autônomos tenha uma interação e movimentação coerente com a realidade e constantes entres si.

Isso significa que as pessoas simuladas, por exemplo, devem caminhar pelas calçadas de forma natural e não como em algumas situações identificadas em que as mesmas ficavam tentando atravessar paredes como se fossem "zumbis".

Foto: falha de simulação – "repetidos grupos de pessoas tentando atravessar as paredes do imóvel".

Neste item o SDV2 apresentou os melhores resultados, onde todos os agentes autônomos presentes em uma determinada cena possuem total interação. O SDV1 apresentou algumas interações, como pedestres atravessando a rua de forma inesperada, porém as demais interações como os presentes nas situações de conflito veículo-veículo ainda demonstraram-se deficientes.

Foto: exemplo de interação – pedestre atravessando de forma inesperada.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

O SDV3 apresentou interações insatisfatórias. É perceptível a interferência dos veículos com relação ao espaço físico utilizado, ou seja, o campo de influência física ocupacional de cada veículo existe, porém não são percebidas interações entre os veículos e os pedestres ou com outros elementos dinâmicos. Isso significa que um veículo não transpõe o outro fisicamente (um não passa por dentro do outro), mas podem se chocar sem que ocorra qualquer dano.

b) Agressividade e velocidade dos outros veículos

Nos três equipamentos as alterações nas configurações de velocidade e agressividade dos agentes autônomos influenciam de forma perceptível o ambiente simulado.

Apesar de não existir um critério comum para gerar as alterações nos padrões de agressividade, e tão pouco este conceito encontra-se claro e definido, ele pode colaborar para o aprendizado pois gera maior aleatoriedade de eventos imprevisíveis, colaborando para o desenvolvimento dos reflexos necessários para uma condução veicular segura.

Este item reforça a necessidade de definição de uma metodologia de ensino padronizada par ao uso dos simuladores, pois na forma em que se apresenta o nível de agressividade dos veículos simulados não possui uma graduação equivalente entre os três simuladores analisados e o aumento e diminuição de sua intensidade é submetida à vontade do instrutor responsável, sem base em uma metodologia pedagógica.

c) Intensidade de tráfego

Assim como as características de agressividade e velocidade dos agentes autônomos, a intensidade de tráfego é importante para o desenvolvimento dos reflexos necessários para uma condução segura.

Neste item, o SDV2 apresentou a melhor solução, com a intensidade de tráfego coerentemente distribuída ao longo do cenário de simulação.

Os SDV1 e SDV3 apresentaram deficiências na distribuição da intensidade de tráfego, concentrando todos os veículos em um determinado ponto do cenário. Essa deficiência gerou situações negativas como congestionamentos concentrados em determinadas vias, ou seja, todos os veículos ficam concentrados em um ponto específico e as demais vias totalmente vazias.

Outro ponto negativo evidenciado pela concentração de fluxo em determinado ponto é o travamento (bloqueio) das vias. Em situações de parada total com fluxo concentrado, os veículos simulados ficam "engavetados" entre eles, não apresentando solução lógica para sair da

situação de congestionamento. Esta deficiência foi identificada em maior intensidade no SDV1.

d) Eventos com pedestres e animais

Para produzir efeitos de aprendizado de forma adequada nos usuários o software de simulação deve possuir recursos que proporcionem situações inesperadas durante a condução do veículo simulado, como a travessia de pedestres e animais em locais inadequados ou a abertura de porta de veículos estacionados.

O SDV2 apresentou o melhor conjunto de soluções para esse item, gerando situações de risco em perfeito sincronismo com o ponto de passagem do veículo simulado. O SDV1 apresentou situações de eventos inesperados, porém o sincronismo com o ponto de passagem do veículo simulado não se mostrou adequado. Não foram identificados tais recursos no SDV3.

Vale lembrar que, apesar do SDV2 ter apresentado o sincronismo adequado para estimular as reações de manobras evasivas nos usuários do simulador, a situação ilustrada abaixo (travessia de um rebanho de ovelhas em ambiente urbano) é totalmente inusitada e pode diminuir a credibilidade do exercício.

Foto: exemplo de interação – animais na pista.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

12. Base de dados 3D

A base de dados 3D compõe todo o cenário simulado. Além das características visuais, necessárias para a fidelidade da simulação, uma boa base é importante para proporcionar a adequada transferência de conhecimento entre as fases do aprendizado além de produzir efeitos na geração de cultura de segurança viária.

A maior deficiência nesse item foi com relação aos padrões de sinalização. Os SDV são ferramentas de aprendizado de direção veicular, portanto torna-se inadmissível que o mesmo apresente falhas de sinalização. Neste item, todos os equipamentos analisados foram reprovados.

8. Base de dados 3D	**8.1. Terrenos**	As variações de terreno constantes na base de mapas contemplam as situações reais?	1	2	2
	8.2. Rede viária	A rede viária simulada contempla as principais situações encontradas no ambiente real?	8	8	8
	8.3. Objetos de composição do cenário	Os objetos que compõem o cenário apresentam coerência com a realidade?	2	2	2
	8.4. Sinalização horizontal, vertical e dispositivos auxiliares	A sinalização atende as normas do CTB?	0	0	0
	8.5. Sinalização semafórica	A sinalização semafórica apresenta funcionamento cíclico coerente com semáforos reais?	0	0	8
	8.6. Traçado com cones	A pista de traçado com cones possibilita o treino de controle de direção de forma adequada?	4	4	4
	8.7. Traçado com curvas verticais	Em aclives e declives a alteração na dinâmica física do veículo simulado é perceptível?	4	4	4
	8.8. Cenário urbano	O cenário urbano simulado representa de forma adequada o cenário real?	4	8	8

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

	8.9. Rodovias e estradas	As rodovias simuladas apresentam condições compatíveis com a realidade?	8	8	8
	TOTAL (item 8)		**31**	**36**	**44**

a) Terrenos

Neste quesito os equipamentos apresentaram situações semelhantes, porém o SDV1 se mostrou deficiente pois não contempla situações de aquaplanagem. Situações como essa, que fazem parte das variações de terreno, são importantes para despertar a consciência dos usuários com relação aos riscos e reações necessárias.

b) Rede viária

Os três equipamentos contemplam uma rede viária completa, com padrões de construção equivalentes aos encontrados no ambiente real.

c) Objetos de composição do cenário

Os três equipamentos apresentaram objetos de composição de cenário adequados, de forma coerente com a realidade.

d) Sinalização horizontal, vertical e dispositivos auxiliares

Neste item todos os equipamentos apresentaram falhas e foram reprovados. Para uma ferramenta que faz parte de um processo de ensino e aprendizagem de direção veicular, sinalizações inadequadas podem causar um efeito altamente negativo na transferência de conhecimento e geração de cultura de segurança viária.

Nos SDV1 e SDV2 foram encontradas placas posicionadas em desacordo com as normas de trânsito, além de sinalização deficiente/faltante.

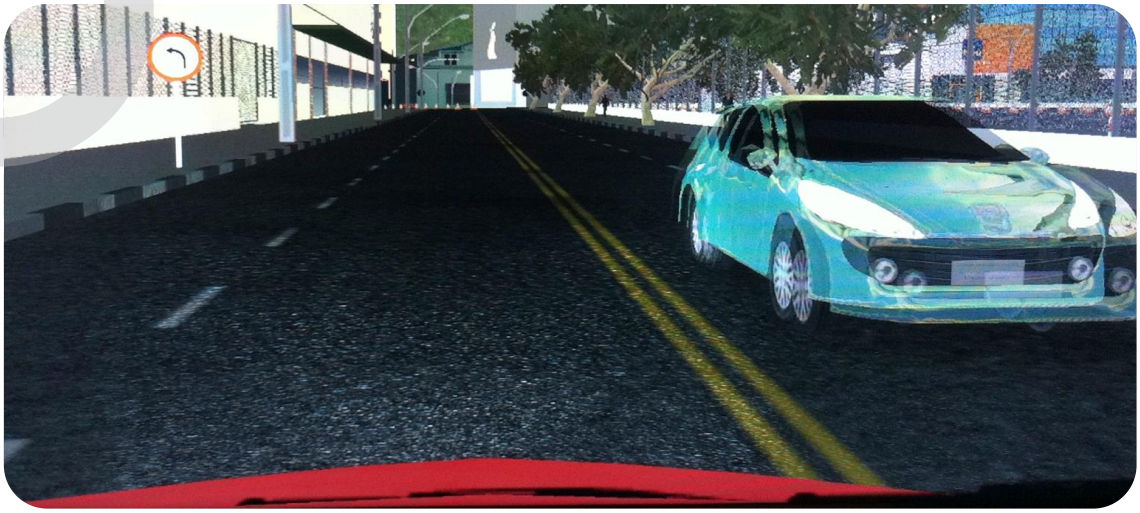


Foto: falha de sinalização – "mão inglesa" sem regulamentação.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

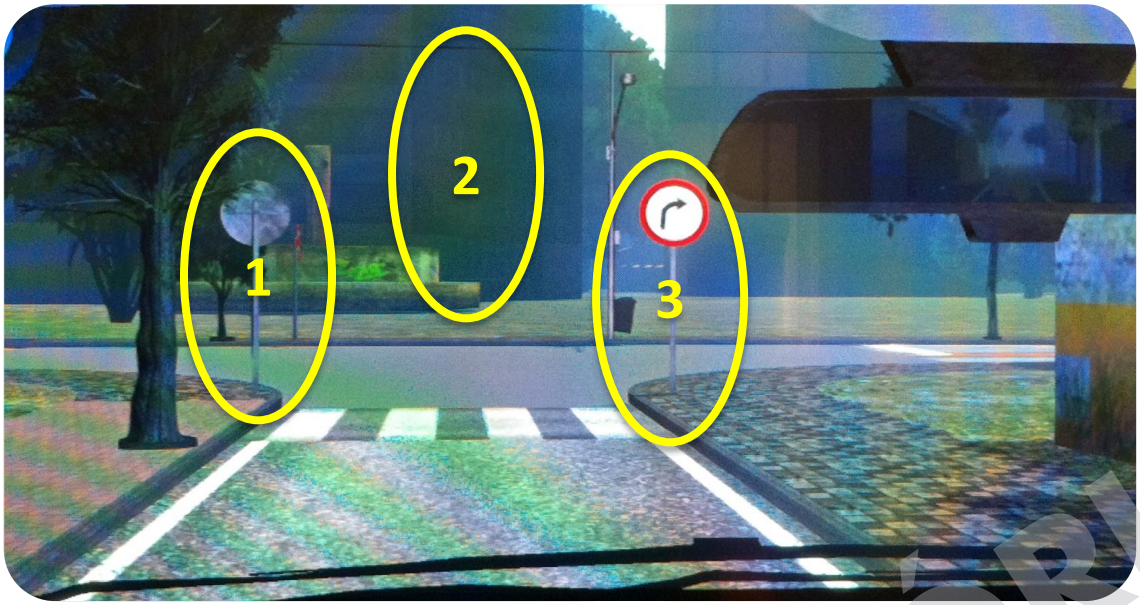


Foto: falha de sinalização – 1. Sinalização com posicionamento errado; 2. Falta de sinalização R-24a; 3. Sinalização inadequada, falta de R-1.

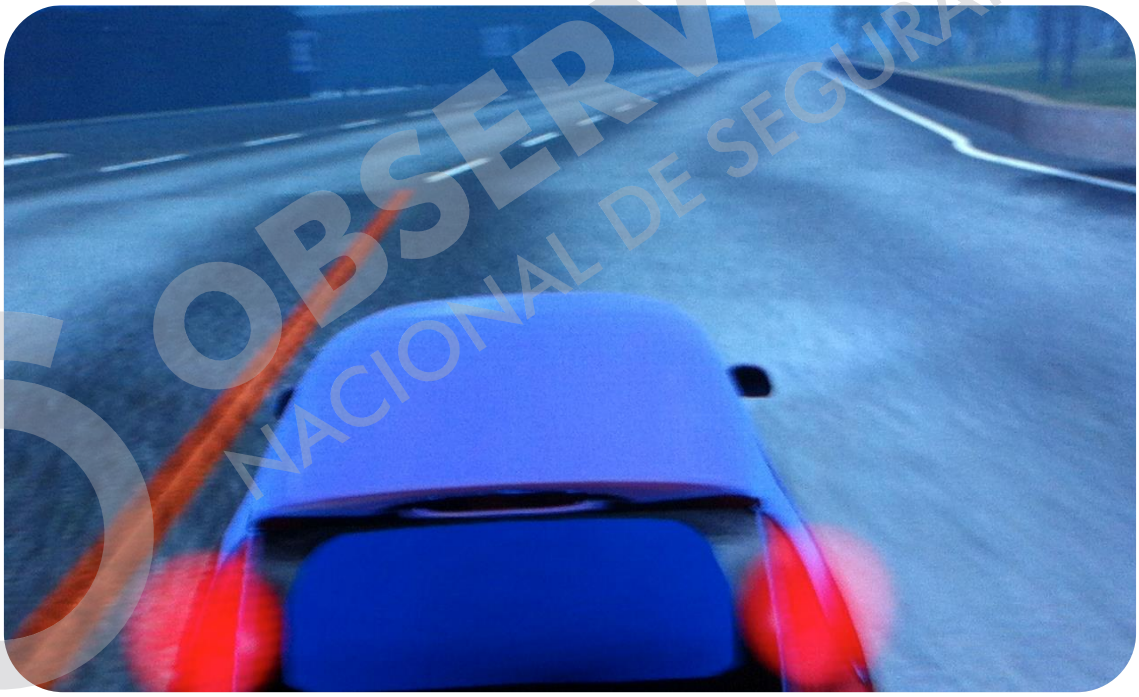


Foto: falha de sinalização – sinalização de solo irregular.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

Foto: falha de sinalização – falta de sinalização vertical na rotatória.

No SDV3, além das deficiências de sinalização, foram encontradas sinalizações que não estão previstas na legislação, o que é ilegal do ponto de vista do Código de Trânsito Brasileiro.

Foto: falha de sinalização – sinalização irregular.

Também foram encontradas situações onde a sinalização não representa a situação em que está inserida. No caso abaixo, a sinalização indica a proibição de parada e estacionamento mas apresenta veículos estacionados

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

no local. Apesar de ser uma situação possível e até certo ponto comum nas vias urbanas, não se mostra adequada para uma fase de aprendizagem.

Foto: falha de sinalização – sinalização em desacordo com a "cena" apresentada.

e) Sinalização semafórica

Com relação à sinalização semafórica, apenas o SDV3 apresentou resultados satisfatórios. Nos SDV1 e SDV2 foram identificadas situações em que o semáforo passou da luz verde direto para a luz vermelha, sem cumprir o estágio de luz amarela conforme previsto na legislação.

f) Traçado com cones

O traçado com cones é um recurso previsto para proporcionar o início do aprendizado de condução, sendo que os três equipamentos apresentaram resultados satisfatórios.

Foto: exemplo de pista de traçado com cones.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

Foto: exemplo de pista de traçado com cones.

Foto: exemplo de pista de traçado com cones.

g) Traçado com curvas verticais

A principal função deste recurso é proporcionar a vivência de aceleração e frenagem em aclives e declives de forma a conscientizar o usuário sobre o comportamento do veículo em fora de superfícies planas. Neste item os três equipamentos apresentaram resultados adequados.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

Foto: exemplo de traçado com curvas verticais.

Foto: exemplo de traçado com curvas verticais.

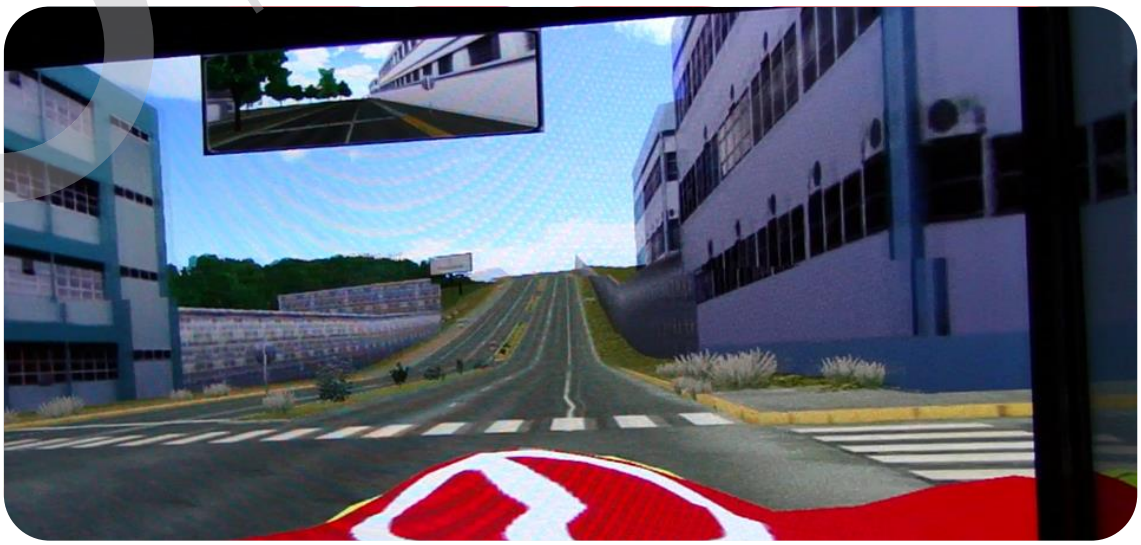


Foto: exemplo de traçado com curvas verticais.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

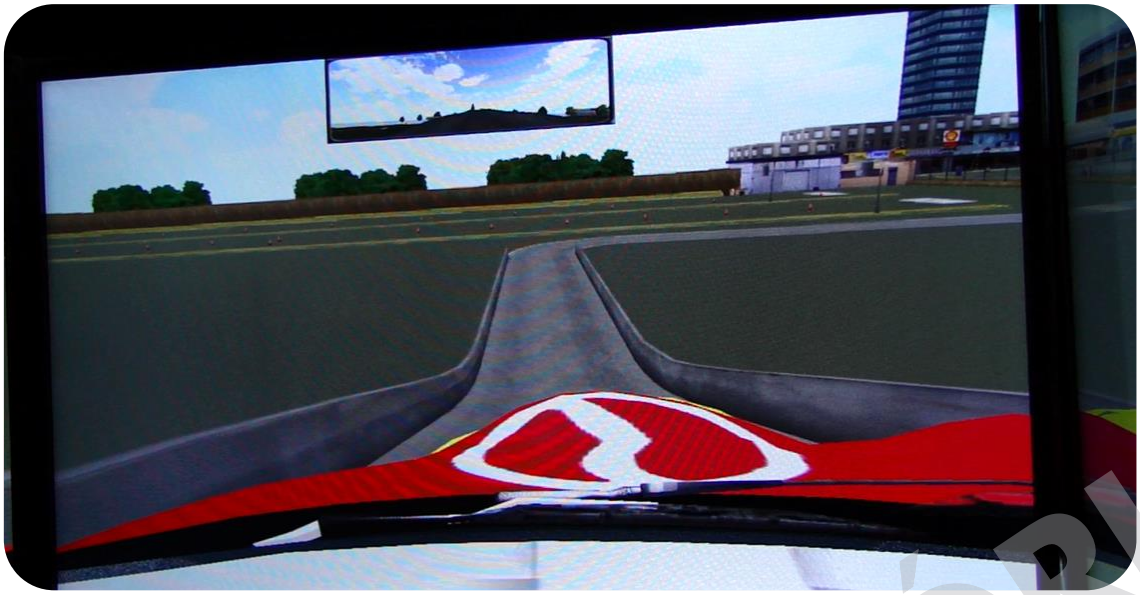


Foto: exemplo de traçado com curvas verticais.

h) Cenário urbano

A construção do cenário urbano em conjunto com a geração de tráfego e os agentes autônomos compõem o mais importante ambiente na simulação. É no ambiente urbano que os jovens condutores conduzirão seus veículos na maior parte do tempo.

Os três equipamentos apresentaram cenários coerentes com a realidade, porém o SDV1 apresentou deficiência em sua integração com os demais objetos simulados. No SDV1 é possível transitar por longos períodos em vias desertas, passando a impressão de "cidade fantasma".

O tráfego por ambientes simulados e povoados de forma adequada proporciona ao usuário o desenvolvimento da visão periférica e da atenção ao ambiente, sendo necessário para o melhor aprendizado.

i) Rodovias e estradas

As rodovias e estradas constantes nos três equipamentos apresentaram condições adequadas e compatíveis com o cenário real.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

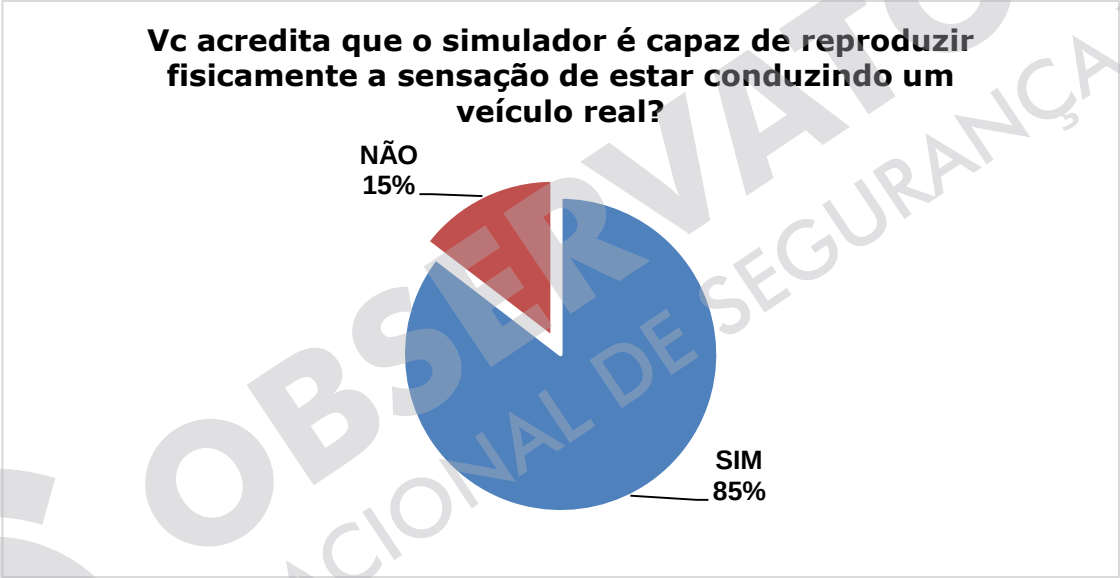
13. Percepções dos usuários voluntários

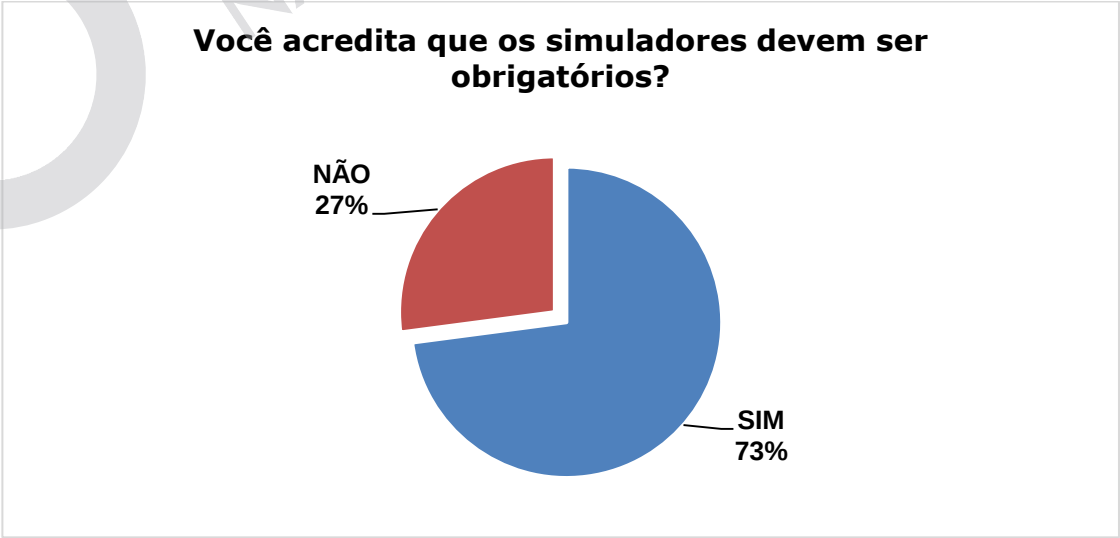
Durante o período de desenvolvimento dos testes, voluntários que nunca haviam tido contato com um simulador até então utilizaram os três modelos de simuladores [13] de forma aleatória para responder aos questionários propostos.

a) Pesquisa de percepção rápida

Uma das verificações foi feita através de uma pesquisa depois de uma rápida utilização do equipamento (primeiro contato), que consistiu em uma aula de condução livre de 05 (cinco) minutos. Essa pesquisa procurou identificar as primeiras impressões dos usuários a respeito dos equipamentos.

Os resultados foram:

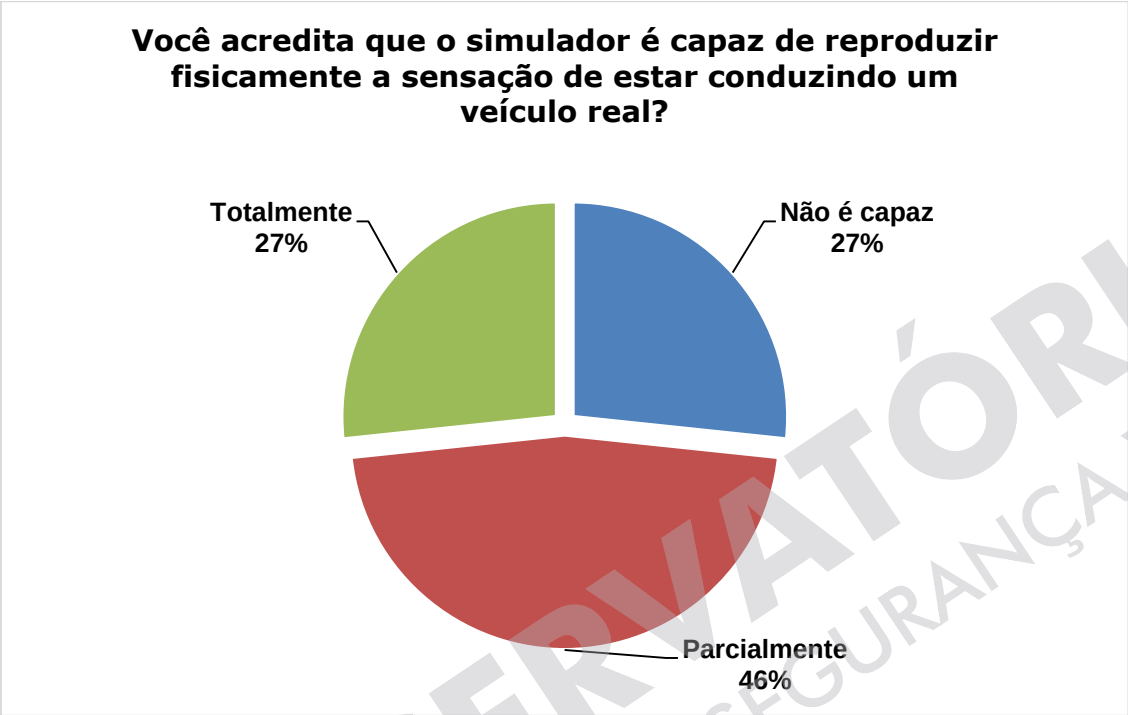


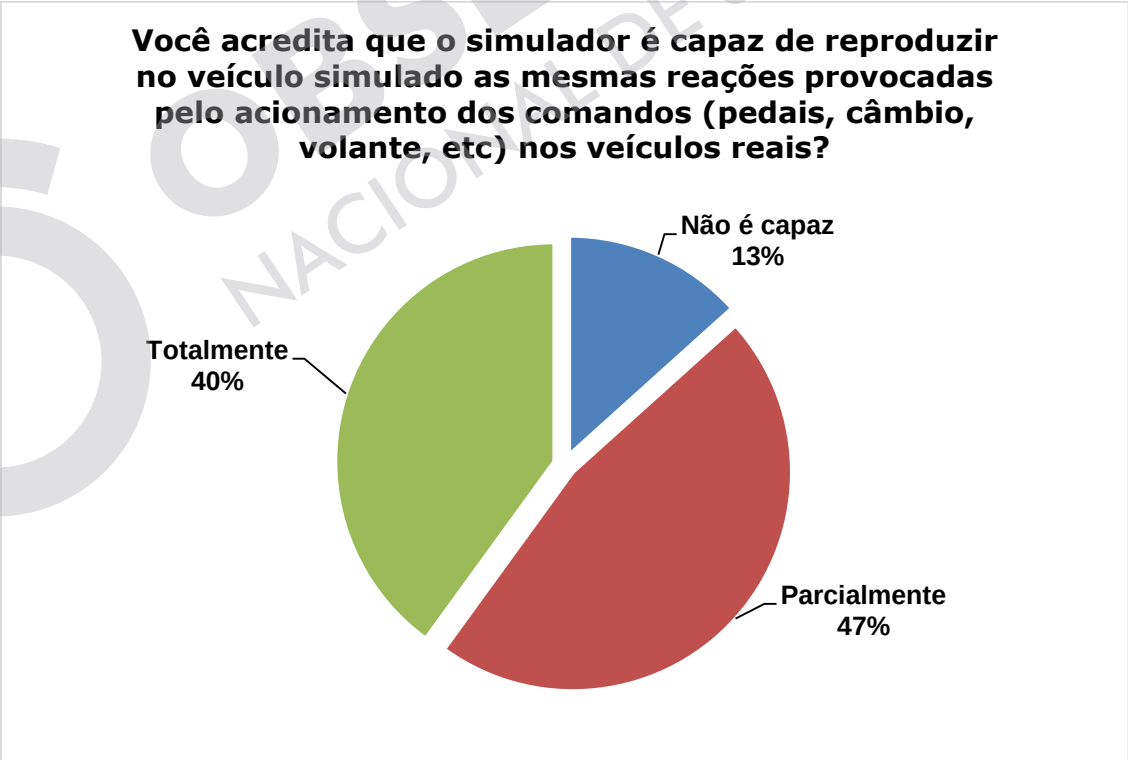


[13] A simulação foi realizada sem a utilização do recurso "head-tracking"

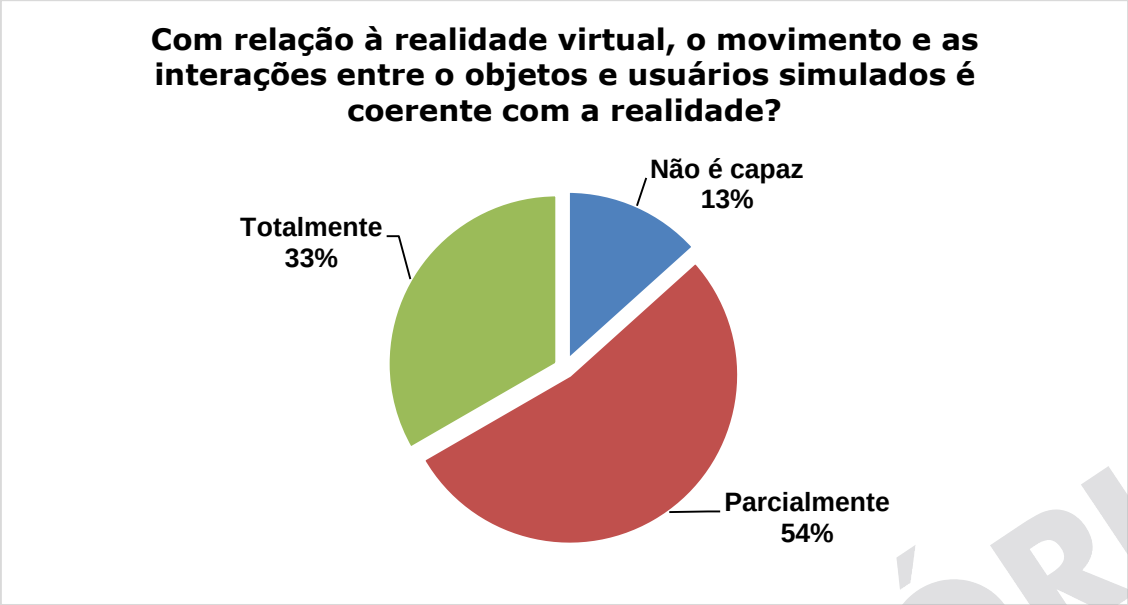
b) Pesquisa de percepção (utilização de 30 minutos)

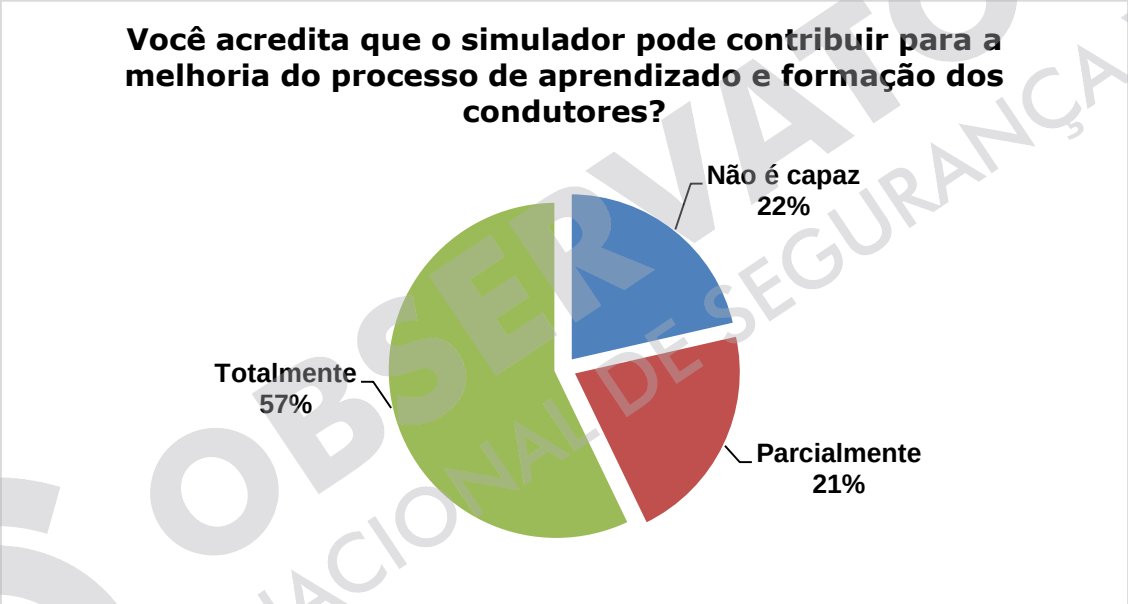
Em outra experiência os voluntários responderam aos questionários após 30 (trinta) minutos de utilização em uma aula-padrão, nos moldes das aulas ministradas nos CFCs. Os resultados são expressos abaixo:

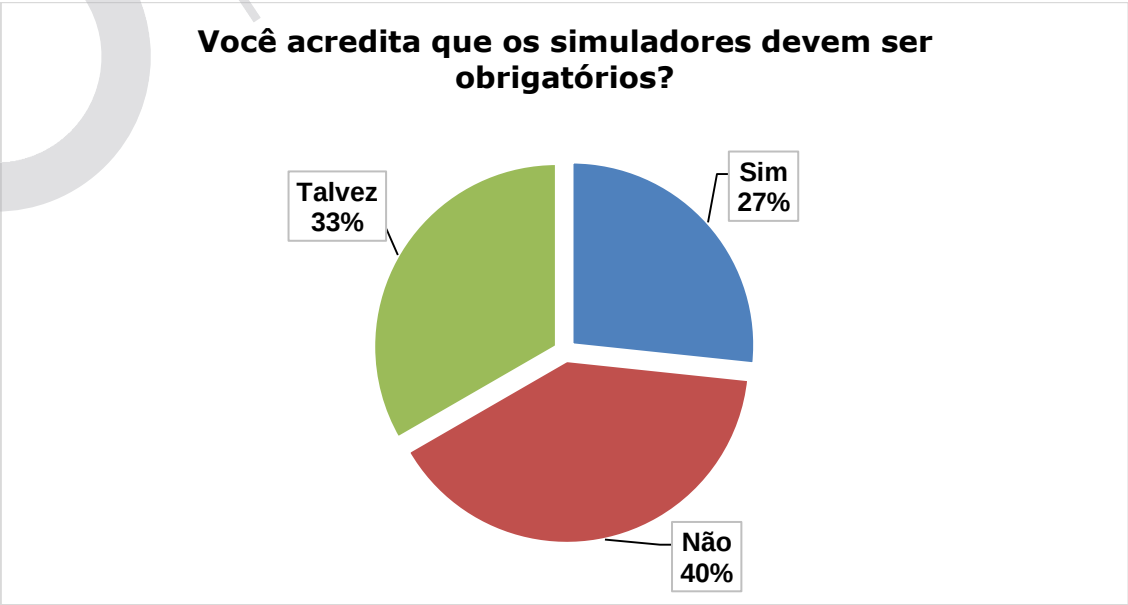




OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA







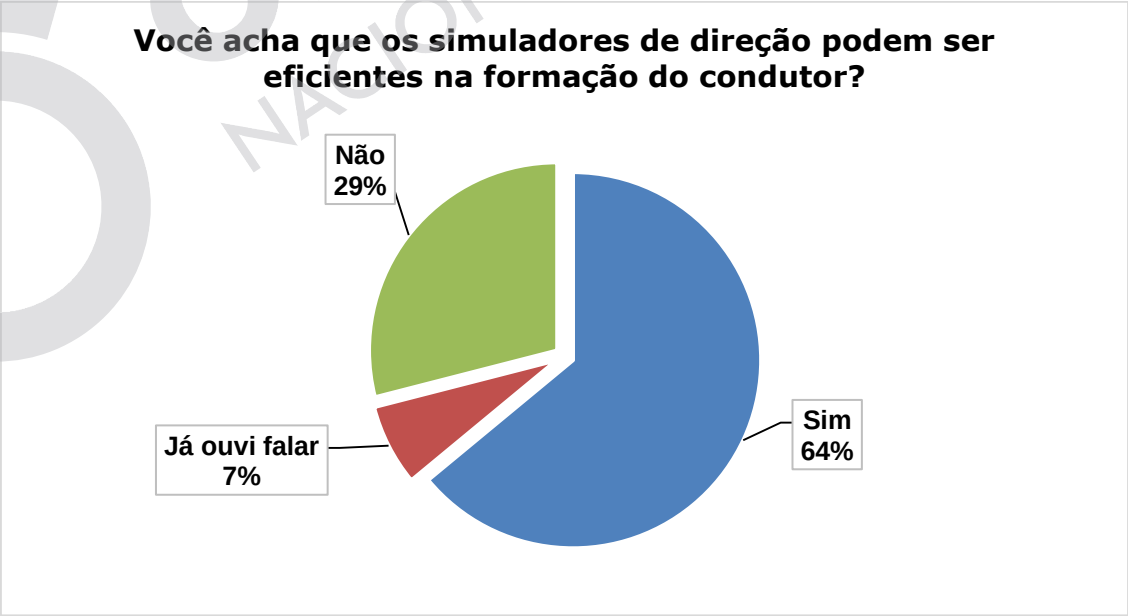
OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

As respostas à pesquisa principal estão consolidadas na tabela abaixo:

	SIM	NÃO	PARCIAL
Você acredita que o simulador é capaz de reproduzir fisicamente a sensação de estar conduzindo um veículo real?	27%	27%	46%
Você acredita que o simulador é capaz de reproduzir no veículo simulado as mesmas reações provocadas pelo acionamento dos comandos (pedais, câmbio, volante, etc) nos veículos reais?	40%	13%	47%
Com relação à realidade virtual, o movimento e as interações entre os objetos e usuários simulados são coerentes com a realidade?	33%	13%	54%
Você acredita que o simulador pode contribuir para a melhoria do processo de aprendizado e formação dos condutores?	57%	22%	21%
Você acredita que os simuladores devem ser obrigatórios?	27%	40%	33%

c) Pesquisa virtual

Além da pesquisa feita com voluntários, o OBSERVATÓRIO realizou uma pesquisa virtual através de seu site[14], obtendo o seguinte resultado:



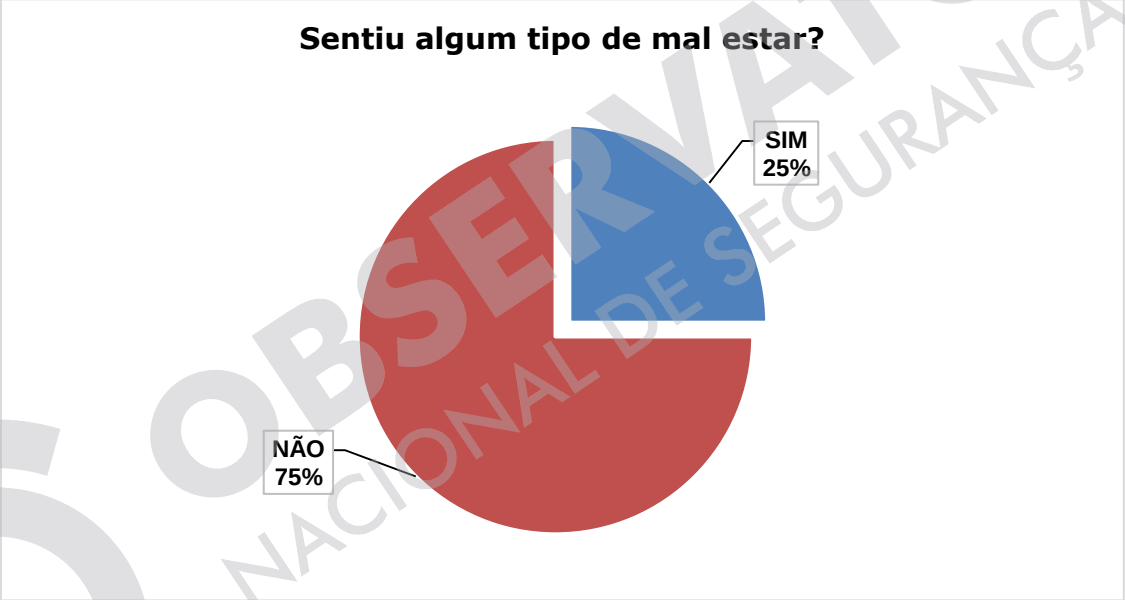
[14] http://www.onsv.org.br/ver/simuladores-de-direcao

Com base nas pesquisas de percepção é possível concluir que a sociedade, independente do fato de ter tido contato com o equipamento ou não, considera o simulador uma importante ferramenta de contribuição para a formação dos novos condutores. Porém, parte do público entrevistado entende que os simuladores não devem ser obrigatórios.

d) Verificação do fenômeno "simulator sickness" (mal-estar ao utilizar o simulador)

Durante o desenvolvimento do estudo identificamos que algumas pessoas se sentiam mal-estar ao utilizar o simulador. Esse mal-estar foi percebido em vários níveis, desde pequenos desconfortos até a impossibilidade de e concluir a aula.

Assim, elaboramos uma primeira avaliação a ser aplicada aos voluntários após uma utilização por 5 (cinco) minutos, apresentando os seguintes resultados.



Diante da constatação de que 25% dos usuários apresentaram algum tipo de desconforto na utilização rápida do simulador, partimos para uma avaliação mais elaborada.

O segundo questionário foi aplicado após 30 (trinta) minutos de utilização do simulador, seguindo os mesmos padrões das aulas ministradas nos CFCs, e teve como base para a verificação do fenômeno conhecido como *"simulator sickness"* uma adaptação do SSQ – Simulation Sickness Questionnar[15], aplicando aos usuários voluntários, conforme padrão abaixo:

[15] Versão original: Kennedy, R.S., Lane, N.E., Berbaum, K.S., & Lilienthal, M.G. (1993). Simulator Sickness Questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness. International Journal of Aviation Psychology, 3(3), 203-220.

Questionário para identificação de "Simulator Sickness" + Impressões sobre o simulador. **DATA: ___/___/_____; ___H___**
Obs: a simulação foi realizada sem o auxílio do recurso "head tracking".

Informações do voluntário:

NOME				SEXO	( )M / ( ) F
NASCIMENTO	___/___/_____	1ª. HABILITAÇÃO	___/___/_____	JÁ USOU UM SIMULADOR ANTES?	( ) Sim ( ) Não
DIRIGE?	( ) Diariamente ( ) Esporadicamente ( ) Quase nunca / Nunca	UTILIZA JOGOS ELETRÔNICOS?	( ) Diariamente ( ) Esporadicamente ( ) Quase nunca / Nunca	ESCOLARIDADE?	( ) Fundamental ( ) Médio ( ) Superior
POSSUI ALGUMA DOENÇA OU SÍNDROME QUE INTERFIRA NOS SENTIDOS (EX. LABIRINTITE)? QUAL?	( ) Sim ( ) Não				

Sintomas percebidos ao utilizar o simulador:

SINTOMA	Após 5min				Após 15min				Após 30min			
	NÃO SENTIU	LEVE	MODER.	FORTE	NÃO SENTIU	LEVE	MODER.	FORTE	NÃO SENTIU	LEVE	MODER.	FORTE
Mal-estar generalizado												
Cansaço												
Dor de cabeça												
Vista cansada												
Dificuldade de manter o foco												
Aumento de salivação												
Sudorese												
Náusea												
Dificuldade de concentração												
"Cabeça pesada"												
Visão embaçada												
Tontura												
Vertigem												
Desconforto abdominal												
Arroto												

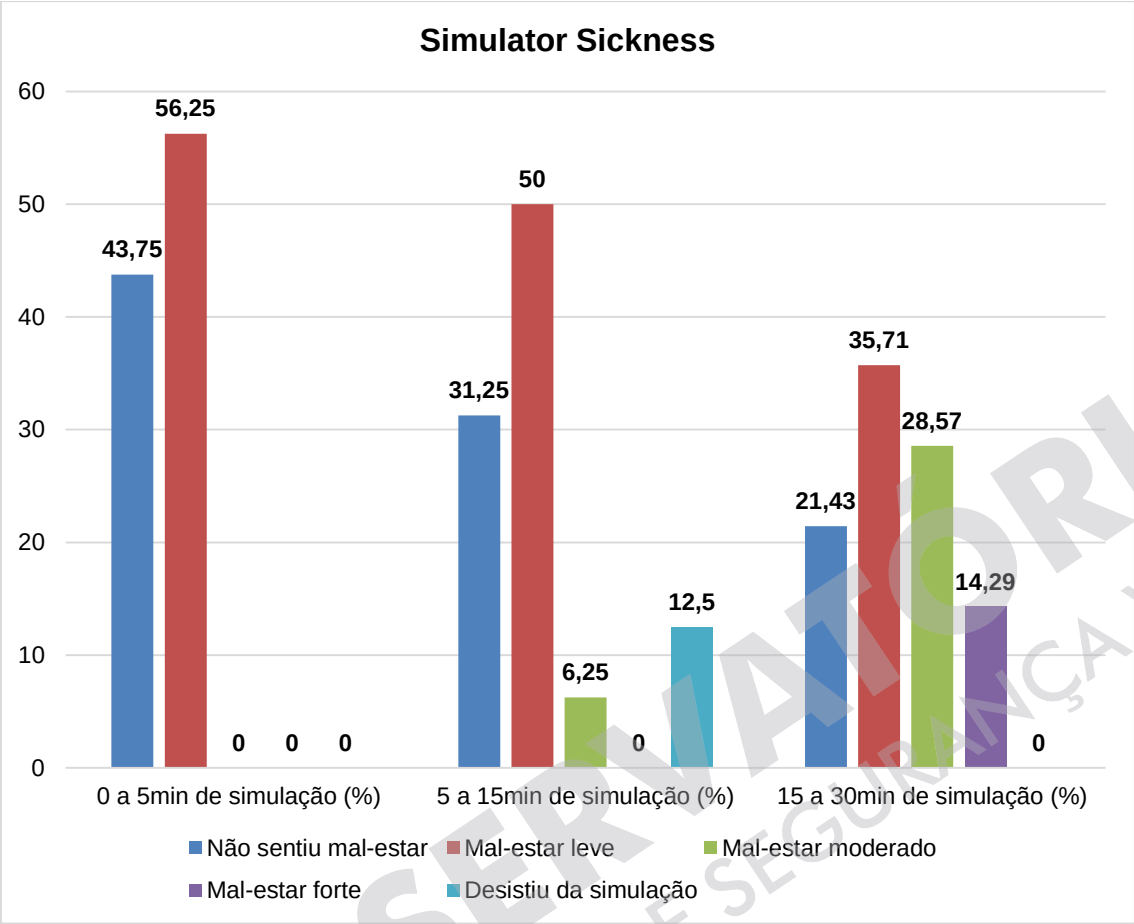
O tempo de 30min por aula, considerando 5 aulas, é:	( ) INSUFICIENTE / ( ) SUFICENTE / ( ) EXCESSIVO

Após a utilização do simulador por 30min, qual a sua opinião sobre:

	NÃO	PARCIAL	TOTAL	COMENTÁRIO
Com relação à construção do simulador, você acredita que ele é capaz de reproduzir fisicamente a sensação de estar conduzindo um veículo real?				
Com relação aos comandos e instrumentos (volante, acelerador, embreagem, freios, etc), você acredita que o simulador é capaz de reproduzir no veículo simulado as mesmas reações provocadas pelo acionamento dos comandos nos veículos reais?				
Com relação à realidade virtual, o movimento e as interações entre o objetos e usuários simulados é coerente com a realidade?				
Você acredita que o simulador pode contribuir para a melhoria do processo de aprendizado e formação dos condutores?				
Você acredita que os simuladores devem ser obrigatórios?	( ) SIM / ( ) NÃO / ( ) NÃO SEI			

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

Os resultados obtidos foram:



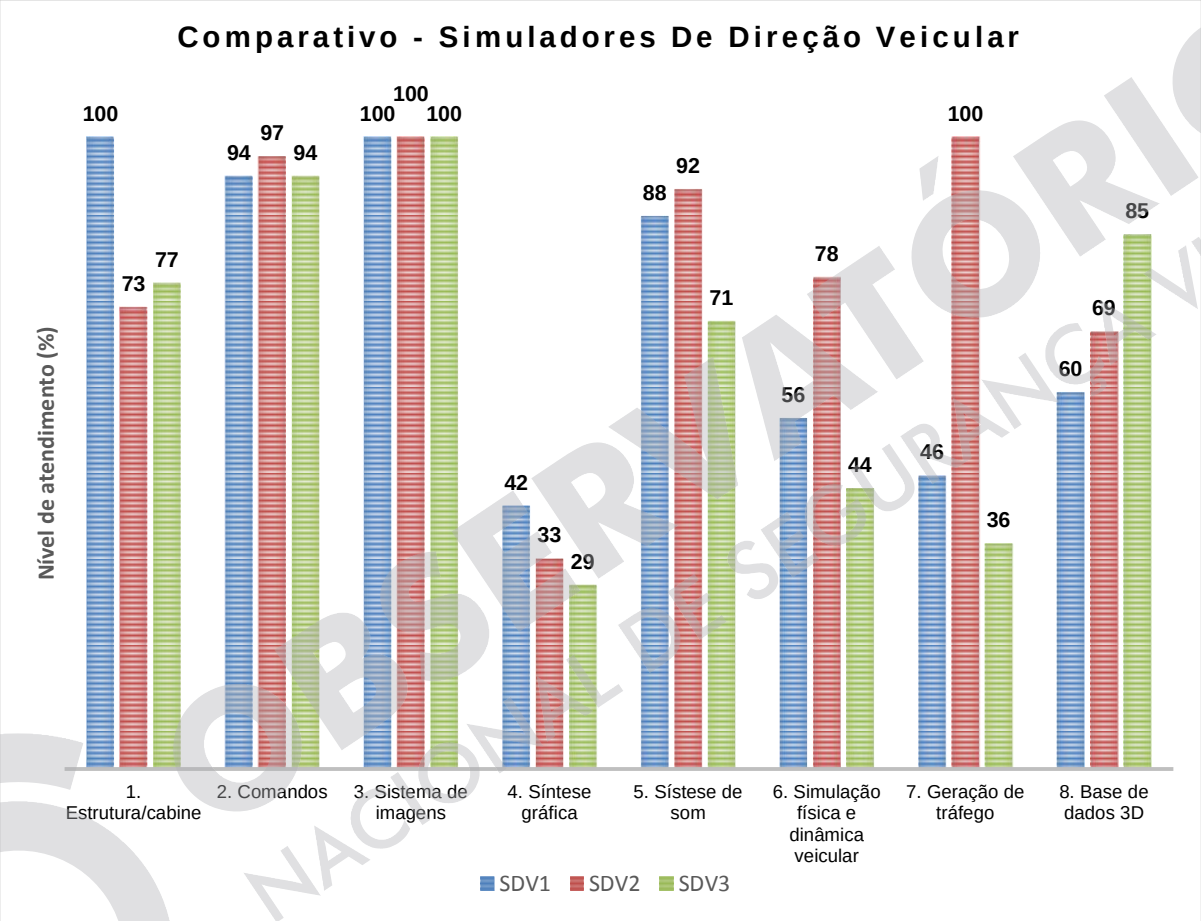
Chama a atenção nesses resultados o fato de 12,5% dos voluntários não terem conseguido completar a simulação devido ao forte mal-estar sentido, reforçando as informações constantes na literatura a respeito. Em alguns casos o mal-estar permaneceu ainda por alguns minutos após o encerramento da simulação.

Outro dado que chama a atenção e merece estudos mais aprofundados é que mais de 50% dos usuários sentiu algum tipo de desconforto mesmo nos cinco minutos iniciais da simulação, e cerca de 15% sentiu forte mal-estar na segunda parte da simulação.

IV. CONCLUSÕES

Após a análise dos equipamentos e aplicação dos critérios estabelecidos na metodologia de avaliação, foi possível classificar o nível de atendimento de cada simulador aos critérios estabelecidos.

A classificação final dos simuladores está traduzida no gráfico abaixo, onde cada grupo de dados representa o percentual de atendimento de cada equipamento para cada conjunto de itens.



De acordo os dados acima, verificamos que existem melhorias a serem efetuadas para que os equipamentos cumpram a sua função com eficiência e eficácia.

1. Fidelidade da simulação

A fidelidade da simulação é o primeiro requisito que deve ser observado no desenvolvimento dos simuladores de direção veicular.

Observou-se durante o período de estudos que o grau de imersão do usuário está diretamente ligado à fidelidade com o cenário real que a simulação proporciona. A fidelidade da simulação se relaciona tanto com o padrão construtivo do equipamento quanto à qualidade do software embarcado.

Do ponto de vista construtivo, as características físicas do simulador devem buscar representar ao máximo as características encontradas em um veículo real. Para isso, a utilização de peças automotivas na construção do equipamento, bem como a concepção de cabine fechada (teto e portas) se mostraram extremamente eficientes.

Além da utilização de peças que representem ao máximo um veículo real, o funcionamento mecânico dos instrumentos e alavancas deve possuir a dinâmica dos instrumentos reais. Ou seja, o curso e resistência dos pedais, o *force feedback* do volante, a tensão do dispositivo retrátil do cinto de segurança e outros elementos móveis que compõem o simulador devem respeitar os padrões encontrados nos veículos reais.

Em conjunto com os padrões mecânicos dos instrumentos, as reações produzidas no software em função de sua utilização devem ser equivalentes e proporcionais. Isso significa, por exemplo, que a carga de força aplicada no pedal de aceleração deve produzir uma aceleração gradativa no veículo conforme o pedal é pressionado.

Quanto aos padrões adotados para o desenvolvimento do software de simulação, é essencial que não existam situações surreais como bugs de movimentação dos objetos e agentes autônomos simulados. Além disso, o software deve possuir qualidade gráfica com diagramação de cores e renderização em três dimensões de forma a representar com a máxima fidelidade as pessoas, animais, veículos e objetos reais.

O que se busca com a melhoria do grau de fidelidade da simulação é afastar a equiparação dos simuladores aos jogos eletrônicos. Ao produzir a sensação de estar utilizando um jogo eletrônico e não um veículo simulado, o usuário reduz a absorção dos conhecimentos necessários para a condução de veículos automotores e cria uma interpretação equivocada sobre os riscos da condução.

Quando o simulador não é capaz de reproduzir fielmente as situações cotidianas reais, o usuário que nunca dirigiu, principal público alvo dos equipamentos, desenvolve o sentimento de que dirigir é algo fácil e que

atitudes inseguras fazem parte do dia-a-dia reduzindo sua percepção de risco.

Este tipo de interpretação deve ser intensamente combatido. A simulação deve, além de instruir o usuário sobre os automatismos[16] necessários para a condução dos veículos e as reações produzidas em função do acionamento de seus comandos, proporcionar o desenvolvimento da consciência de percepção de risco. Ou seja, ao utilizar o simulador o usuário deve reconhecer através da simulação as situações de risco potencial e ter consciência de suas consequências desenvolvendo o instinto de reação segura.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

[16] Considera-se automatismo de condução o procedimento que é executado pelo condutor de forma consciente porém automática, como por exemplo realizar uma troca de marchas sem desviar o olhar para os pedais e câmbios. Nos condutores em início de processo de aprendizagem nota-se que o baixo automatismo pode acarretar em situações de risco, como ter que procurar o pedal de freio em situações de emergência.

2. Transferência de Conhecimento

O simulador não substitui a condução em veículos reais. Ele deve servir como uma ferramenta de transferência de conhecimento entre a fase teórica e prática do aprendizado de condução.

Para que isso ocorra de forma adequada três itens devem ser observados:

1. Aspectos construtivos
2. Software de simulação
3. Metodologia de utilização

Quanto aos aspectos construtivos, a transferência de conhecimento se dá em conjunto com os parâmetros de fidelidade da simulação e interferem mais intensamente no desenvolvimento dos automatismos necessários para a condução de um veículo automotor. Procedimentos como o ajuste dos retrovisores, manuseio das alavancas e do volante e a pressão exercida nos pedais podem ser desenvolvidos nos simuladores antes de serem efetivamente vivenciados na prática.

Ações como verificar periodicamente os retrovisores e conferir a velocidade praticada no painel de instrumentos com o veículo em movimento são itens que podem ser desenvolvidos com a utilização dos simuladores, gerando assim um aproveitamento maior das aulas práticas à medida que permite aos usuários focar no desenvolvimento das outras noções necessárias para a condução, como a de percepção de velocidade e familiarização com o ambiente real.

Junto com os aspectos construtivos o software de simulação deve proporcionar a transferência de conhecimento entre as etapas de aprendizado gerando situações que correspondem à realidade, de forma estimular nos usuários o desenvolvimento da percepção do risco e das reações consequentes necessárias.

Como exemplo podemos citar situações de aquaplanagem simuladas pelo software. O software deve criar a exposição de risco (proporcionar o trânsito sobre lâmina d´água) e gerar as consequências de acordo com o procedimento adotado pelo usuário (manter a estabilidade do veículo ou tirar sua aderência conforme o usuário aciona os pedais). Neste exemplo o simulador servirá como o conector entre as instruções recebidas na aula teórica (diante de uma poça d´água não se deve acionar os freios bruscamente) e vivenciadas no ambiente simulado (se deparar com uma poça d´água enquanto conduz um veículo real). Isso levará ao usuário a desenvolver as habilidades necessárias quando se deparar com essa situação na condução de um veículo real.

Referente à metodologia utilizada para o desenvolvimento das aulas nos simuladores, observou-se que este é o aspecto mais relevante para que a transferência de conhecimento entre as etapas de aprendizagem aconteça efetivamente.

As premissas e diretrizes atuais para o processo de aprendizagem de direção veicular são genéricas, desconectas e sem um conteúdo único padronizado para todo território nacional. Não existe uma progressão coerente entre as etapas do aprendizado, o que contribui para os candidatos à obtenção do direito de dirigir sejam condicionados para serem aprovados nos testes e não para absorver o conhecimento necessário para a condução.

A pré-prática é uma etapa da aprendizagem, e por esse motivo deve ser monitorada por um profissional responsável, o instrutor do CFC. Na ausência de uma metodologia de ensino padronizada e treinamentos adequados para os profissionais, a transferência de conhecimentos entre as etapas de aprendizagem fica prejudicada, pois a função do instrutor é ser o facilitador desta condição. Quando o papel do instrutor não é efetivamente exercido e baseado em padrões e métodos, o processo de aprendizagem fica comprometido e o resultado será a formação de uma série de condutores com perfis aleatórios, cada qual com as convicções individuais que adquiriu durante sua formação forjadas nos mais diversos padrões de ensino estabelecidos individualmente por cada instrutor de cada CFC. Ou seja, sem uma metodologia cada instrutor ensina o que quer, da forma como quer e utilizando o simulador de acordo com suas convicções pessoais.

A falta de um perfil claro do padrão de condutor que se deseja ao final do processo de formação e consequentemente a ausência de uma metodologia coerente, são agravadas pelo fato de ser permitido o acompanhamento de três usuários simultâneos para cada instrutor. O acompanhamento de apenas um usuário já é dificultoso para o instrutor diante da ausência de metodologia, o de três usuários simultâneos se mostra inviável.

Uma solução a ser elaborada é a criação de um conteúdo virtual para ser utilizado nos simuladores. Ao invés da condução livre pelos ambientes simulados, situação que se aproxima ao padrão utilizado nas aulas práticas, o simulador utilizará padrões de aula com conteúdos pré-definidos, utilizando a plataforma conhecida como e-learning [17]. Este tipo de plataforma agrega aos equipamentos características de vanguarda através da utilização da tecnologia, o que torna a aula no simulador muito mais atrativa para seu principal público-alvo, os jovens na faixa etária entre 18 e 25 anos.

Além de atrativa aos jovens, a plataforma e-learning permite uma melhor absorção de conteúdo, mesclando vídeos educativos e animações[18] para a exposição da teoria com a experimentação gerada pelos softwares de simulação, preparando melhor o indivíduo para as situações reais.

[17] http://www.onsv.org.br/ver/atencao-pela-vida-maio-amarelo
[18] http://www.onsv.org.br/categoria/observar

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

3. Cultura de Segurança Viária

O desenvolvimento da cultura de segurança viária é um importante benefício a ser extraído dos simuladores. Aproveitar o potencial de cativação do público jovem em função de suas características de tecnologia moderna agrega valor ao equipamento e consolida sua inserção no processo de aprendizagem.

A cultura de segurança viária é desenvolvida quando o usuário passa a ter a base das suas reações diante de situações de risco na percepção do risco em si e suas consequências, e não através do condicionamento ao cumprimento das regras de trânsito para não incorrer nos desdobramentos legais. Ou seja, o simulador tem o potencial, por exemplo, de desenvolver no usuário a capacidade de reação segura instintiva diante de uma placa de "curva acentuada à direita", o que vai muito além da memorização de sua nomenclatura correta. A metodologia de ensino deve preparar o usuário para reconhecer e reagir adequadamente às situações de risco, e não ser simplesmente adestrado para evitar multas.

Nesta ótica, o software de simulação deve possuir recursos interativos que cativem a atenção do usuário e sejam capazes de exercitar a reflexão sobre os critérios de segurança viária que envolvem a condução veicular. Isso deve ser produzido com base em uma metodologia lógica que abrange todas as etapas da formação do condutor, e que na fase pré-prática deve balizar a evolução das habilidades do usuário de forma monitorada.

Assim, é reforçado o posicionamento de que o simulador deve possuir em seu software aulas com conteúdos pré-definidos, e não utilizar aulas de direção livre como nas aulas práticas em veículos reais. Os conteúdos pré-definidos com base em uma visão geral de todo o processo de ensino e aprendizagem de direção veicular devem ser elaborados com esse objetivo, o de causar o aprendizado através da experimentação e reflexão sobre os riscos e suas consequências.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA

V. RECOMENDAÇÕES OBSERVATÓRIO

O simulador de direção é uma importante ferramenta para o processo de ensino e aprendizagem de direção veicular, mas carece de melhorias tanto em seus aspectos construtivos e funcionais, quanto em sua metodologia de utilização.

Na situação atual podemos destacar os seguintes pontos fortes e fracos:

PONTOS POSITIVOS	PONTOS DE ATENÇÃO
Modernização do processo de ensino e aprendizagem de direção veicular	Falta de padrão construtivo
Possibilidade de utilização de conteúdo interativo	Falhas no software de simulação
Possibilidade de experimentação de situações de risco sem exposição real ao risco	Erros de sinalização
Possibilidade de feedback completo para o usuário durante as aulas e após a conclusão	Falta de padrão pedagógico para os instrutores na utilização dos equipamentos
Desenvolvimento dos automatismos necessários para a condução de veículos	Inserção no processo de ensino e aprendizagem sem adequação de suas premissas
Melhor acompanhamento e auditoria do processo de formação	Deficiência no feedback para o usuário
Geração de dados e informações estatísticas através da telemetria	Efeito simulator sickness (mal-estar)

Quanto à metodologia de utilização dos simuladores no processo de ensino e aprendizagem de direção veicular, a mesma é tratada no estudo denominado "Formação de Condutores 2015" desenvolvido em paralelo a este estudo e que resultará em um novo conjunto de diretrizes e bases para a formação dos condutores, onde o simulador será inserido dentro de um processo contínuo, progressivo e coerente de aprendizagem.

Quanto aos aspetos construtivos e funcionais do simulador, o OBSERVATÓRIO recomenda que tenham, no mínimo, as seguintes características:

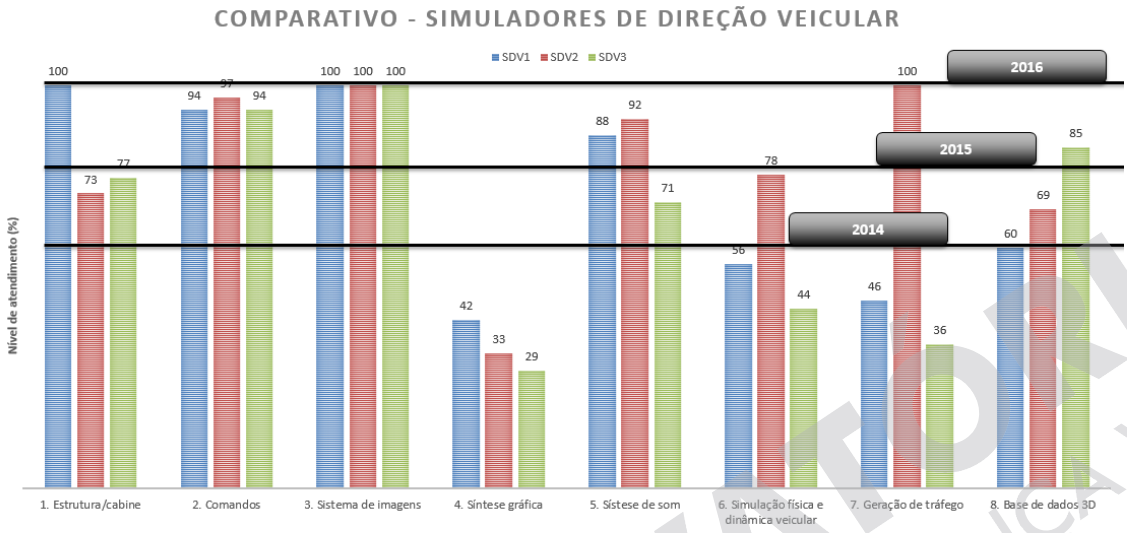
- Utilizar componentes e peças que produzam o maior grau de imersão possível para o usuário, com construção com cabine fechada e painel de instrumentos físico;

- Permitir o manuseio e o acionamento dos pedais e instrumentos com o mesmo tipo de movimentação e carga aplicada que nos veículos reais;
- Não apresentar informações auxiliares, comandos e instrumentos na tela de simulação durante a condução;
- Não apresentar situações surreais na simulação;
- Produzir efeitos na dinâmica do veículo simulado de acordo com as variações climáticas e de condição de pista;
- Proporcionar um ambiente simulado que corresponda fielmente ao ambiente real, principalmente nas interações entre os objetos e personagens utilizados;
- Possuir um recurso de head-tracking que permita o aumento do campo de visão sem causar desconforto ao usuário;
- Possuir solução alternativa para a utilização de usuários com sintomas de "simulator sickness";
- Não produzir situações que gerem possíveis traumas ao usuário, interrompendo a simulação em caso de acidentes;
- Permitir o replay instantâneo para feedback do usuário;
- Emitir relatório de falhas e erros de condução com o detalhamento necessário para o aprendizado;
- Permitir a identificação no mapa dos locais onde aconteceram as falhas e erros em conjunto com o relatório final de cada aula e o replay das situações que geraram ocorrências;
- Possuir conteúdo interativo que contemple (i) explicação pré-aula, (ii) demonstração de "risco x reações" durante o desenvolvimento da aula, e (iii) explicação pós-aula para fixação do conteúdo ministrado;
- Possibilitar a experimentação de situações de risco e as variações de consequências de acordo com as reações do usuário;
- Possuir uma metodologia de ensino unificada, com conteúdo progressivo e caráter restritivo;
- Apresentar critérios claros e bem definidos para o registro de infrações e falhas de condução;
- Representar adequadamente a simulação da dinâmica da física do veículo, respondendo de forma sincronizada e proporcional aos acionamentos manuais;
- Não possuir, em nenhuma hipótese, falhas de sinalização;
- Possuir síntese de som que permita a produção de efeito surround pleno e individualização dos efeitos sonoros;
- Constar uma recomendação do fabricante informando que o melhor desempenho do simulador será obtido com o monitoramento de um instrutor por equipamento, apesar da legislação permitir um instrutor para cada grupo de três simuladores.

Com intuito de definirmos um nível mínimo de atendimento aos requisitos definidos pelo DENATRAN através da Portaria 808/11, nossa proposta é que sejam definidas metas de atendimento conforme abaixo:

- 60% em todos os requisitos até o final de 2014
- 80% em todos os requisitos até o final de 2015
- 100% em todos os requisitos até o final de 2016

O gráfico abaixo demonstra as metas mínimas a serem atingidas:



O desenvolvimento das melhorias de hardware e software propostas por este estudo deve seguir os três eixos referenciais estabelecidos de forma a adequar o equipamento e seu conteúdo às necessidades do processo de ensino e aprendizagem de condução veicular.

Seguindo as recomendações acima, os simuladores de direção veicular poderão desempenhar um importante papel na melhoria do processo de formação de condutores no Brasil, sendo que sua utilização é apoiada pelo OBSERVATÓRIO.

Nota final: após a apresentação do relatório aos fabricantes de simuladores que participaram do estudo, todas encaminharam ofícios ao OBSERVATÓRIO se comprometendo a realizar as melhorias apontadas neste documento.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA