

## **EFEITO DAS LINHAS DE CENTRO E DE BORDO DE UMA RODOVIA SOBRE A VELOCIDADE PRATICADA POR CONDUTORES EM SIMULADOR DE DIREÇÃO IMERSIVO**

**Maurício Castilhos de Oliveira**

**Christine Tessele Nodari**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Escola de Engenharia de Produção

**Mauricio Roberto Veronez**

**Fabiane Bordin**

**Luiz Gonzaga Jr.**

Universidade do Vale do Rio dos Sinos

Advanced Visualization Laboratory

### **RESUMO**

Este artigo possui como objetivo estimar o efeito que as linhas de centro e de bordo de uma rodovia provocam sobre a velocidade praticada por condutores. Para isso foi utilizado um simulador de direção imersivo, o qual tem se mostrado adequado em pesquisas em segurança viária. O experimento deste estudo envolveu 24 participantes, sendo metade de cada gênero e subdivididos igualmente em três faixas etárias. Em relação às faixas etárias, os resultados da análise estatística indicaram que pessoas jovens tendem a conduzir mais rápido sem a presença de linhas de centro e de bordo, enquanto pessoas mais velhas tendem a dirigir mais veloz quando as linhas de centro e de bordo estão presentes. Em relação ao gênero, mulheres conduziram mais rápido com a presença das linhas, enquanto homens dirigiram mais rápido sem a presença das linhas.

### **ABSTRACT**

This article aims to estimate the effect that the centerline and edge lines of a highway cause on the speed practiced by drivers. For this, an immersive driving simulator was used, which has been shown to be suitable for road safety research. The experiment of this study involved 24 participants, being half of each gender and subdivided equally into three age groups. Regarding age groups, the results of the statistical analysis indicated that young people tend to drive faster without the presence of centerline and edge lines, while older people tend to drive faster when centerline and edge lines are present. As for gender, women drove faster with the presence of the lines, while men drove faster without the presence of the lines.

### **1. INTRODUÇÃO**

O uso de simuladores de direção em pesquisas em transportes tem sido crescente devido a algumas de suas características como versatilidade no estudo e no controle de variáveis de interesse e relação custo-benefício mais desejável quando comparado a pesquisas realizadas em campo. Avanços tecnológicos estão possibilitando a criação de ambientes virtuais cada vez mais fiéis à realidade, viabilizando a reprodução do comportamento do condutor de maneira semelhante às situações reais e oferecendo diversas oportunidades de investigação sobre melhorias da segurança viária.

Esses avanços permitem que sejam estudadas situações difíceis de avaliar em campo devido a fatores relacionados à obtenção de amostra adequada e à coleta de dados em condições controladas como, por exemplo, níveis similares de luminosidade. Além disso, possibilitam o emprego de simuladores de direção imersivos com nível crescente de realismo, os quais simulam um ambiente a partir da utilização de óculos de realidade virtual, proporcionando aos condutores uma sensação de estar presente no ambiente simulado. Dentre suas vantagens, também se destacam menor custo de implantação, possibilidade de testar diferentes condições viárias sem colocar o condutor em risco, possibilidade de repetir os experimentos realizados e controle sobre o ambiente simulado por parte dos pesquisadores. Por outro lado, também existem limitações relatadas na literatura como o *simulator sickness*, que é o mal-estar provocado nos usuários expostos ao ambiente imersivo.

Neste artigo é apresentado um estudo realizado em ambiente virtual imersivo, no qual foi avaliado o perfil de velocidade de condutores em cenários rodoviários com e sem linha central e de bordo. Atualmente, é natural que rodovias possuam linhas central e de bordo, dado que normas de sinalização rodoviária preveem seu uso. Essas linhas disciplinam o uso da via e servem como referência para o condutor de maneira a tornar a condução mais segura. Todavia, a presença dessas linhas, principalmente a de bordo externo, pode alterar o comportamento dos condutores e, conforme van Driel *et al.* (2004), provocar variações nas velocidades praticadas. Velocidades heterogêneas em uma rodovia, por sua vez, podem afetar diretamente a segurança viária (Islam *et al.*, 2013).

Este artigo possui como objetivo estimar o efeito que as linhas de centro e de bordo de uma rodovia provocam sobre a velocidade praticada por condutores. Este artigo está organizado em cinco seções incluindo esta. Na seção 2, encontra-se o referencial teórico sobre o tema estudado. A seção 3 apresenta o método, onde se encontra a descrição do equipamento, do cenário e das ferramentas utilizadas para análise dos dados. Na seção 4, localiza-se a discussão acerca dos resultados obtidos. Por fim, a seção 5 possui as considerações finais do estudo realizado.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção se destina a relatar o embasamento teórico a respeito do tema deste artigo e está dividida em duas subseções. A primeira aborda a utilização de simuladores de direção em estudos em transportes, e a segunda trata da função da sinalização horizontal e seu impacto na velocidade praticada em ambiente rodoviário.

### 2.1. Simuladores de direção em transportes

Simuladores de direção têm sido utilizados em diversos tipos de estudos como em análise de comportamento de condutores (Zoller *et al.*, 2017), de treinamento de condutores (Wu *et al.*, 2018), de interação com veículos autônomos (Al-Shihabi e Mourant, 2003), de percepção de sinalização (Larocca *et al.*, 2018), de projeto geométrico (Bella, 2015), de uso de álcool na condução (Vollrath e Fischer, 2017).

O uso de simuladores pode ser uma alternativa adequada em relação às pesquisas em campo, uma vez que essas são onerosas e possuem empecilhos na coleta de dados. Também são interativos, permitindo que se façam modificações nas configurações do veículo ou do cenário com o objetivo de registrar os efeitos causados no comportamento do condutor em relação à sua velocidade, trajetória e frenagem (Bella, 2008; Bella, 2014). Sua principal vantagem em pesquisas em transportes é a possibilidade de estudar, em ambiente seguro, diversos fatores viários e ambientais que impactam no comportamento do condutor, sendo que a tecnologia associada a eles oferece a possibilidade de rápida troca da condição simulada (Blana, 1996). Além disso, é possível aumentar o poder estatístico do estudo por ser viável a utilização de uma amostra grande de condutores, o planejamento de cenários com diferenças mais salientes e o controle de fatores não relacionados ao estudo, mas que influenciam no comportamento do condutor (Reinhard *et al.*, 2018).

Os simuladores de direção podem ser do tipo imersivo, os quais possuem algumas vantagens em relação aos de projeção em tela plana. Mourant e Schultheis (2001) citam que o condutor apenas precisa de um volante e dos pedais ao utilizar óculos de imersão, logo o espaço físico ocupado pelo equipamento é menor. Adicionalmente, o condutor possui uma visão de 360

graus e a sensação de estar presente dentro do cenário virtual, possibilitando a execução de situações realísticas.

O uso de simuladores imersivos, no entanto, possui uma limitação importante: possibilidade de provocar sintomas de mal-estar (*simulator sickness*) nos usuários. Na literatura, alguns fatores são relacionados à suscetibilidade aos sintomas como idade (Brooks *et al.*, 2010; Bélanger *et al.*, 2010), exposição a ambientes virtuais no passado (Domeyer *et al.*, 2013; Kennedy *et al.*, 2000), instabilidade postural (Smart *et al.*, 2002) e gênero (Classen *et al.*, 2011). De modo a avaliar a possível sensação de mal-estar nos condutores, Nodari *et al.* (2017) realizaram um estudo em simulador de direção imersivo e concluíram que um período de condução de aproximadamente 8 minutos provocou sintomas leves e moderados, sendo vista cansada, cabeça pesada, cansaço, vertigem e náusea os mais frequentes.

## 2.2. Sinalização horizontal, velocidade praticada e acidentes em rodovias

Algumas propriedades das rodovias como a sinalização horizontal (marcas sobre o revestimento) podem servir tanto como instrução para o condutor quanto como um guia para seu comportamento, propiciando segurança e conforto (Charlton, 2007; DNIT, 2010; Elliott *et al.*, 2003; Weller *et al.*, 2008). Essas linhas devem fornecer, constantemente, informação sobre a posição do centro e do bordo da pista e, como elas são percebidas pela visão periférica, essa informação é recebida sem que o condutor tire seus olhos da pista (Zwahlen e Schnell, 1999).

Acredita-se que a presença de linhas de centro e de bordo possui potencial para reduzir a ocorrência de acidentes em até 20% (Miller, 1992). Por outro lado, Fildes *et al.* (1987) e Willis *et al.* (1984) mostram que as linhas de bordo não têm influência na redução da velocidade praticada por condutores. Em alguns casos, constatou-se que a presença de linhas de bordo resultou em um aumento da velocidade (Ranney e Gawron, 1986).

Como altas velocidades tendem a estar associadas ao aumento tanto da severidade quanto da frequência de acidentes (Elvik, 2013; Nilsson, 2014), o papel das linhas de centro e de bordo na provisão de ambientes viários seguros torna-se suscetível a questionamentos (Hauer, 2018). Além disso, a variabilidade da velocidade pode aumentar o risco de acidentes e diminuir a eficiência da rede viária (Garber e Ehrhart, 2000; van Nes *et al.*, 2010).

Musick (1962, *apud* Hauer, 2018) e Basile (1962, *apud* Hauer, 2018) avaliaram o efeito das primeiras implantações de linhas de bordo em trechos rodoviários nos Estados Unidos em relação ao número de acidentes. Os dois estudos concluíram que o número de acidentes havia reduzido em acessos, embora o motivo não tenha ficado claro, uma vez que não há linhas de bordo nesses pontos. Os dois estudos, entretanto, também concluíram que o número de acidentes nos segmentos entre os pontos de acesso havia sido maior que o esperado se não houvesse linhas de bordo.

Outros tipos de sinalização horizontal, como as contramedidas perceptivas, têm sido usados de maneira a reduzir a velocidade dos veículos em locais de interesse (Denton, 1980; Fildes e Jarvis, 1994; Godley *et al.*, 1999). Uma dessas contramedidas, utilizada em vias rurais, é a redução progressiva do espaçamento das linhas tracejadas conforme a redução do limite de velocidade, de modo a gerar uma sensação de alta velocidade (Herrstedt, 2006).

Dessa forma, a sinalização horizontal pode ser usada para interferir na velocidade dos veículos de duas formas distintas. A primeira atraindo a atenção dos condutores e fornecendo informações sobre diferentes situações do ambiente viário, e a segunda interferindo na percepção dos condutores em relação à sua própria velocidade (Charlton *et al.*, 2018).

### 3. MÉTODO

Esta seção evidencia as diretrizes do estudo realizado. É apresentado o simulador de direção utilizado, o cenário desenvolvido para o estudo, os participantes pesquisados, os tipos de dados coletados e os procedimentos adotados.

#### 3.1. Simulador de direção

O simulador de direção usado na pesquisa foi do tipo imersivo. A imersão é factível devido à utilização de óculos de realidade virtual e fones de ouvido circo auricular, o que isola a pessoa do ambiente real. Neste simulador, o *cockpit* é montado sobre uma plataforma dinâmica capaz de reproduzir as forças atuantes no veículo (Figura 1).



**Figura 1:** Simulador de direção imersivo da empresa BS Motion usado no experimento

Para este estudo, o veículo utilizado foi configurado com câmbio automático, de forma a facilitar e uniformizar a condução entre os participantes. O equipamento possuía volante e pedais de acelerador e de freio compatíveis com os usados em veículos de passeio.

#### 3.2. Cenário do estudo

O cenário de estudo foi um trecho rodoviário virtual elaborado na plataforma Unity 3D pela equipe do VizLab/UNISINOS. O trecho é composto por um segmento com extensão aproximada de 2500 metros de pista dupla em reta destinado à adaptação do condutor ao equipamento. Na sequência do trecho ocorre a transição para o segmento experimental propriamente dito. Nele é apresentado ao condutor um cenário rodoviário de pista simples em relevo ondulado com sucessão de trechos curvos e retilíneos e com aproximadamente 3200 metros de extensão. Foram desenvolvidos dois cenários nessas condições: um com linhas de

centro e de bordo durante toda extensão e outro sem nenhuma linha durante toda extensão (Figura 2).



**Figura 2:** Ilustração dos cenários com e sem linhas de centro e de bordo

### 3.3. Participantes

A amostra deste estudo consistiu de 24 pessoas, sendo metade de cada gênero e subdividida igualmente em três faixas etárias (“menor que 30 anos”, “entre 31 e 60 anos” e “maior que 61 anos”). Cada pessoa teve que cumprir três requisitos para participar: (i) possuir Carteira Nacional de Habilitação há mais de um ano, (ii) conduzir pelo menos 3 vezes por semana e (iii) ser habituado a conduzir em trechos rodoviários.

### 3.4. Coleta de dados

Os dados coletados estão divididos em dois grupos: características do condutor (idade e gênero) e desempenho de condução (velocidade em quilômetros por hora a cada estaca de 20 metros do trecho experimental).

### 3.5. Procedimentos adotados

Inicialmente, cada participante do experimento preenchia um questionário onde informava sua idade e gênero e assinava um termo de consentimento relativo à sua participação no experimento. Em seguida, ele era conduzido até o equipamento e posicionado no simulador enquanto recebia as instruções básicas sobre seu uso. A partir desse momento, o participante iniciava a condução pelo segmento destinado à sua adaptação ao simulador sem ter sua velocidade coletada até o momento de transição para o segmento experimental. Ao ingressar no segmento experimental do cenário, o período de avaliação iniciava efetivamente e a velocidade praticada era registrada a cada 20 metros.

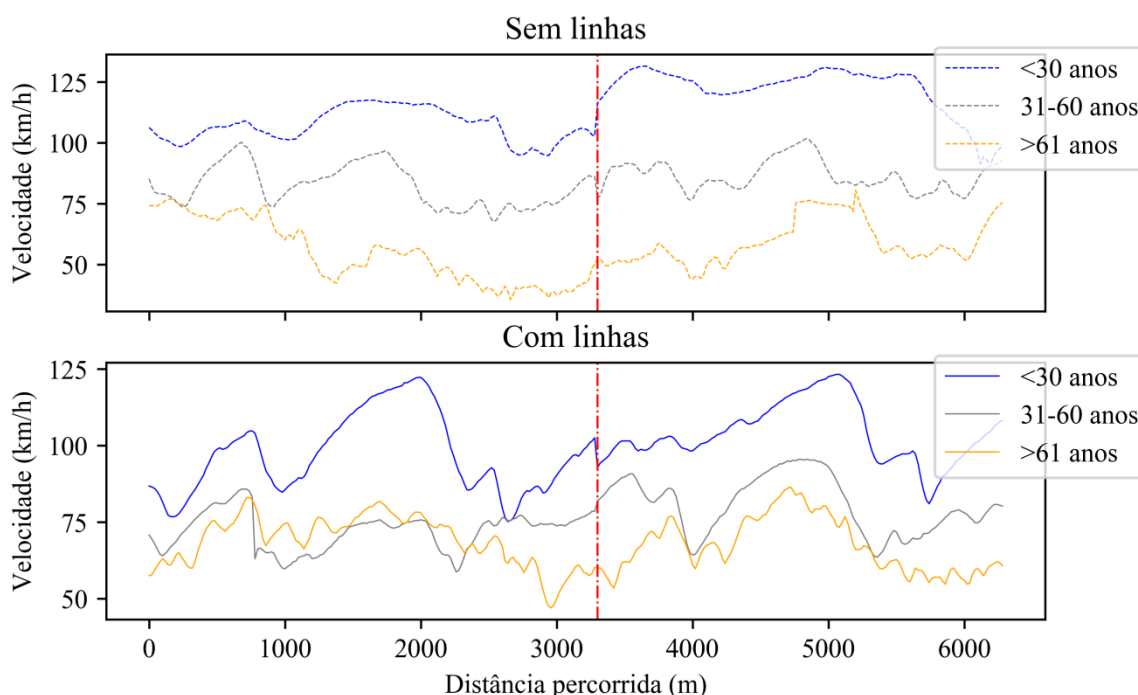
A fim de se avaliar a adaptação do comportamento frente a situações repetidas, o cenário do segmento experimental se repetia em sua totalidade após o condutor percorrer 3200 metros. O tempo total de condução estudado neste experimento variou para cada participante em função da velocidade praticada, sendo considerado o tempo necessário para cada voluntário completar duas vezes o percurso de 3200 metros do cenário experimental proposto.

## 4. RESULTADOS

A amostra pesquisada consistiu de 24 participantes voluntários, sendo a idade do participante mais jovem de 21 anos e do mais velho de 78 anos. A média e o desvio-padrão da idade foram de 47,92 anos e de 19,73 anos respectivamente. O tempo total de condução para cada participante foi de aproximadamente 6 minutos – período de exposição à ambiente imersivo associado à baixa intensidade de sintomas de mal-estar conforme Nodari *et al.* (2017).

Os dados de velocidade coletados a cada 20 metros do segmento experimental foram analisados para investigar o impacto das variáveis controladas no estudo sobre a velocidade praticada pelos condutores pesquisados. Foram realizadas as seguintes análises: (i) perfil de velocidade de cada faixa etária para os cenários com e sem linhas, (ii) perfil de velocidade ao longo de todo o trecho (avaliação da repetição do cenário experimental) e (iii) perfil de velocidade de cada gênero para os cenários com e sem linhas.

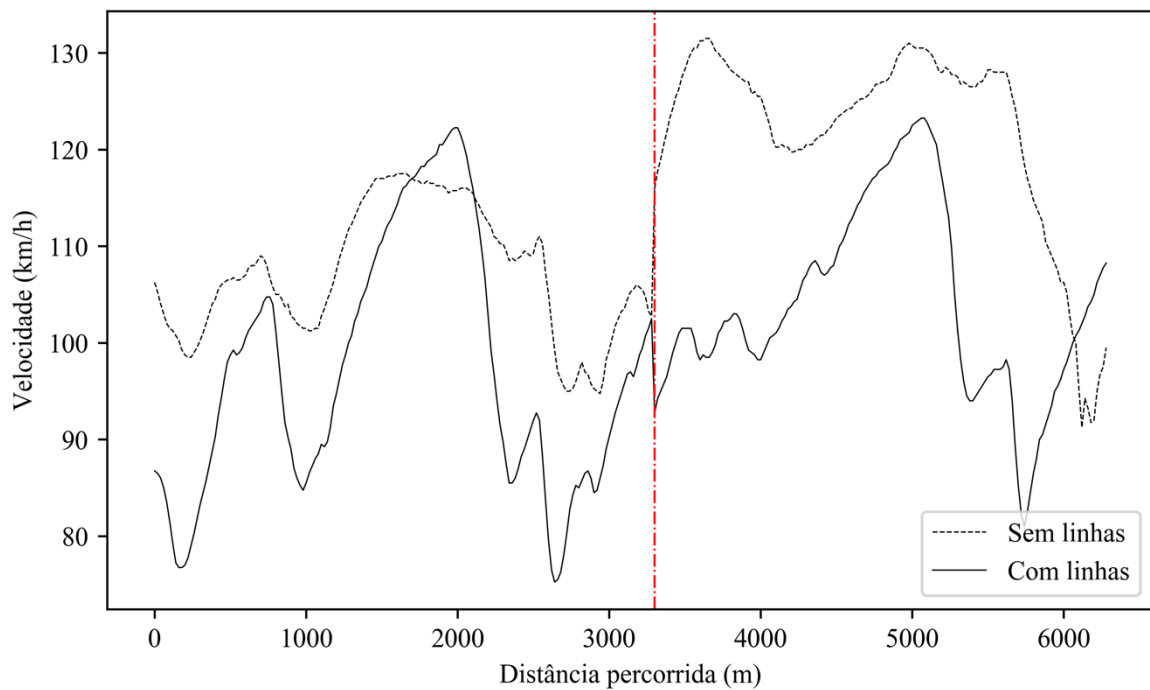
A Figura 3 ilustra o perfil de velocidade de cada faixa etária nos cenários “sem linhas de centro e de bordo” e “com linhas de centro e de bordo”. A linha vertical vermelha indica o momento no qual o cenário do segmento experimental começava a se repetir.



**Figura 3:** Perfil de velocidade de cada faixa etária nos cenários com e sem linhas

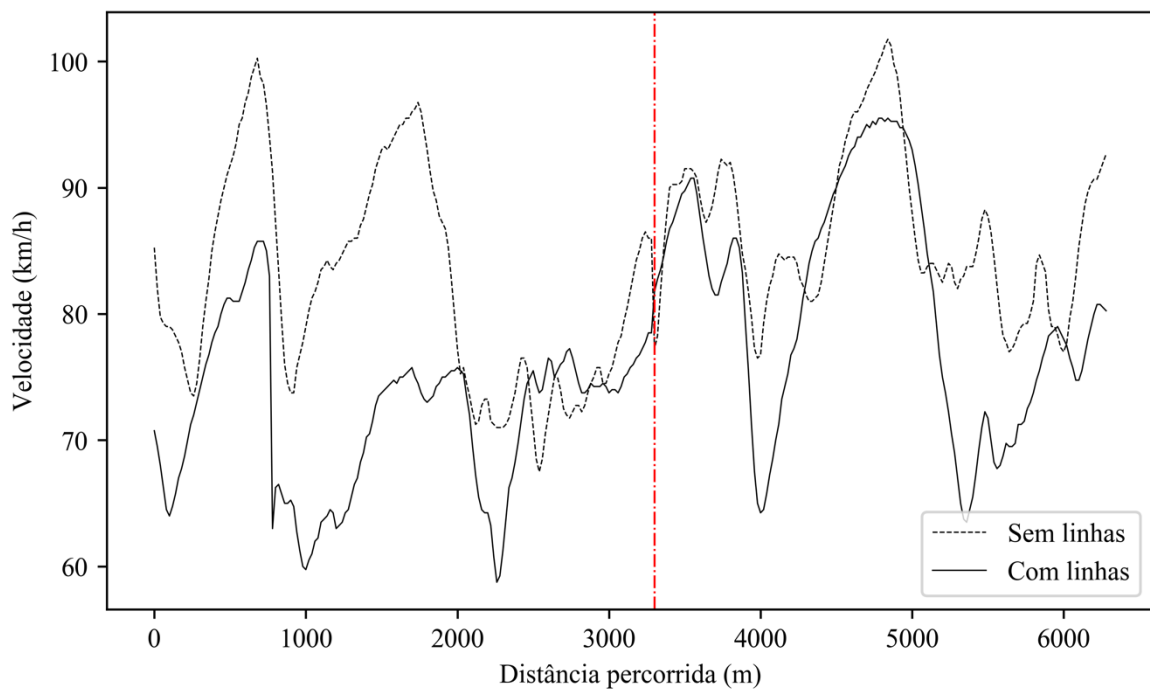
A Figura 4 apresenta o perfil de velocidade praticado pelos condutores da faixa etária “menor que 30 anos” nos cenários com e sem linhas. É possível notar que os participantes que conduziram sem a presença das linhas praticaram velocidades superiores aos que conduziram com a presença das linhas durante quase a totalidade do percurso. Adicionalmente, percebe-se que as diferenças de velocidade entre os cenários com e sem linhas de centro e de bordo são maiores na segunda metade do gráfico, trecho que corresponde à repetição do cenário experimental.

Na Figura 5, encontra-se o perfil de velocidade da faixa etária “entre 31 e 60 anos”. Neste gráfico, percebe-se um padrão semelhante ao da Figura 4 no primeiro segmento do percurso: velocidades superiores no cenário sem linhas de centro e de bordo. No segundo segmento, contudo, diferentemente do apresentado na Figura 4, as diferenças de velocidade se tornam menores quando os participantes conduziram pela segunda vez no mesmo percurso (repetição do cenário experimental).

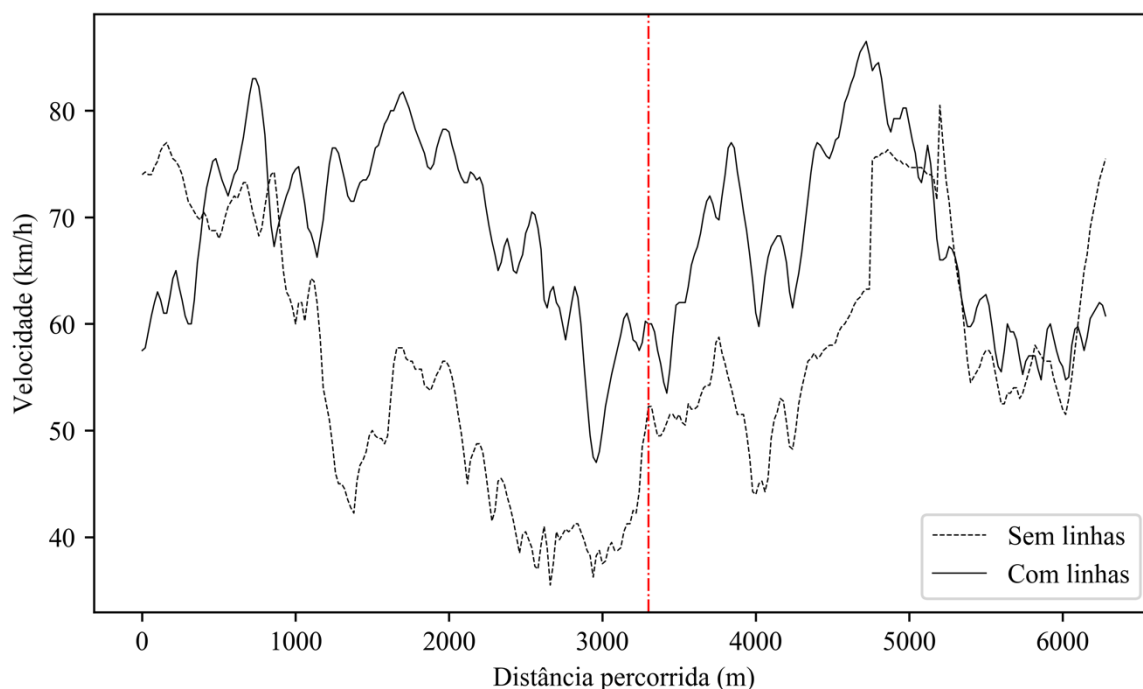


**Figura 4:** Perfil de velocidade da faixa etária “menor que 30 anos”

Na Figura 6 está apresentado o perfil de velocidade da faixa etária “maior que 61 anos”. Para esta faixa etária, os condutores praticaram velocidades maiores nos cenários com a presença das linhas de centro e de bordo durante quase a totalidade do percurso – situação diferente daquelas que ocorreram com as outras duas faixas etárias analisadas.



**Figura 5:** Perfil de velocidade da faixa etária “entre 31 e 60 anos”



**Figura 6:** Perfil de velocidade da faixa etária “maior que 61 anos”

A análise estatística dos resultados obtidos foi realizada por meio de teste-t, o qual foi aplicado tanto com duas amostras diferentes, quanto com cada amostra pareada. Na primeira aplicação, avaliou-se a significância da diferença de velocidade média entre as situações “sem linhas” e “com linhas” no primeiro segmento do percurso; na segunda aplicação, avaliou-se a significância da diferença de velocidades entre o primeiro e o segundo segmento para as situações “sem linhas” e “com linhas” individualmente.

Para todas as faixas etárias, a análise por teste-t indicou que houve diferença significativa (IC = 95%) em relação às velocidades médias entre as situações “sem linhas de centro e de bordo” e “com linhas de centro e de bordo”. O resumo da análise pode ser visualizado na Tabela 1.

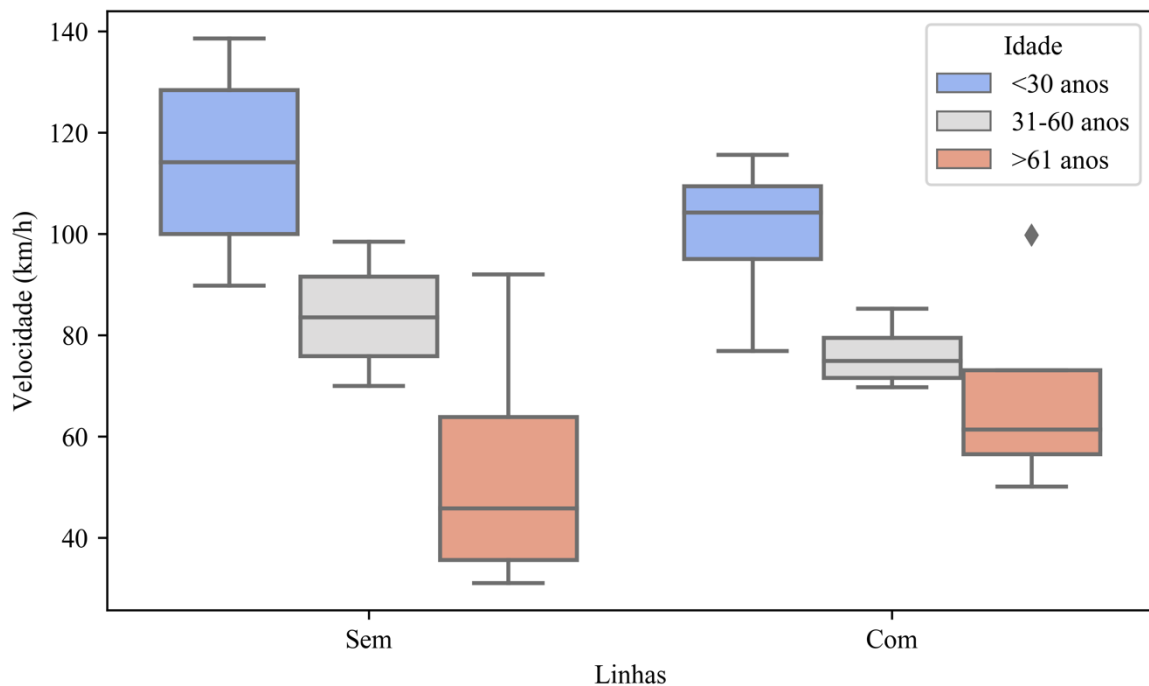
**Tabela 1:** Resumo da análise estatística para as faixas etárias sem a repetição do segmento

Faixa etária	Variável		Sem linhas (n=160)	Com linhas (n=160)	t	p-valor
menor que 30 anos	Velocidade média (km/h)	M	107,31	96,78	8,83	<0,001
		SD	6,86	13,28		
entre 31 e 60 anos	Velocidade média (km/h)	M	81,89	71,80	11,70	<0,001
		SD	8,74	6,34		
maior que 61 anos	Velocidade média (km/h)	M	55,03	69,46	-11,80	<0,001
		SD	13,03	8,05		

A avaliação das velocidades antes e depois da repetição do cenário experimental consistiu de 6 combinações (as situações com e sem linhas de centro e de bordo para cada uma das 3 faixas etárias). Em 5 delas, a velocidade média foi maior quando os participantes dirigiram na segunda seção do percurso, exceto para a faixa etária “maior que 61 anos” no cenário com a presença das linhas, na qual houve uma leve redução da velocidade média. Em todos os casos, entretanto, a hipótese nula de que as médias das velocidades eram iguais foi rejeitada.



Observa-se que pessoas jovens tendem a conduzir mais rápido quando não há linhas de centro e de bordo; tendência que, aparentemente, inverte conforme o aumento da idade. Essa situação pode ser visualizada de maneira mais elucidativa por meio do gráfico de *boxplot* apresentado na Figura 7. É possível que esse fenômeno possa ser explicado por fatores comportamentais, de modo que os jovens podem se sentir mais livres ao perceberem que possuem mais espaço quando a pista não possui linhas, resultando em um aumento da velocidade praticada.



**Figura 7:** *Boxplot* da velocidade em função das linhas e da idade

Fatores comportamentais também podem explicar a tendência ao aumento da velocidade média praticada quando os condutores dirigiram pela segunda vez no segmento experimental. O conhecimento prévio do projeto geométrico aparentou ser um fator importante na tomada de decisão sobre a velocidade considerada adequada pelo condutor.

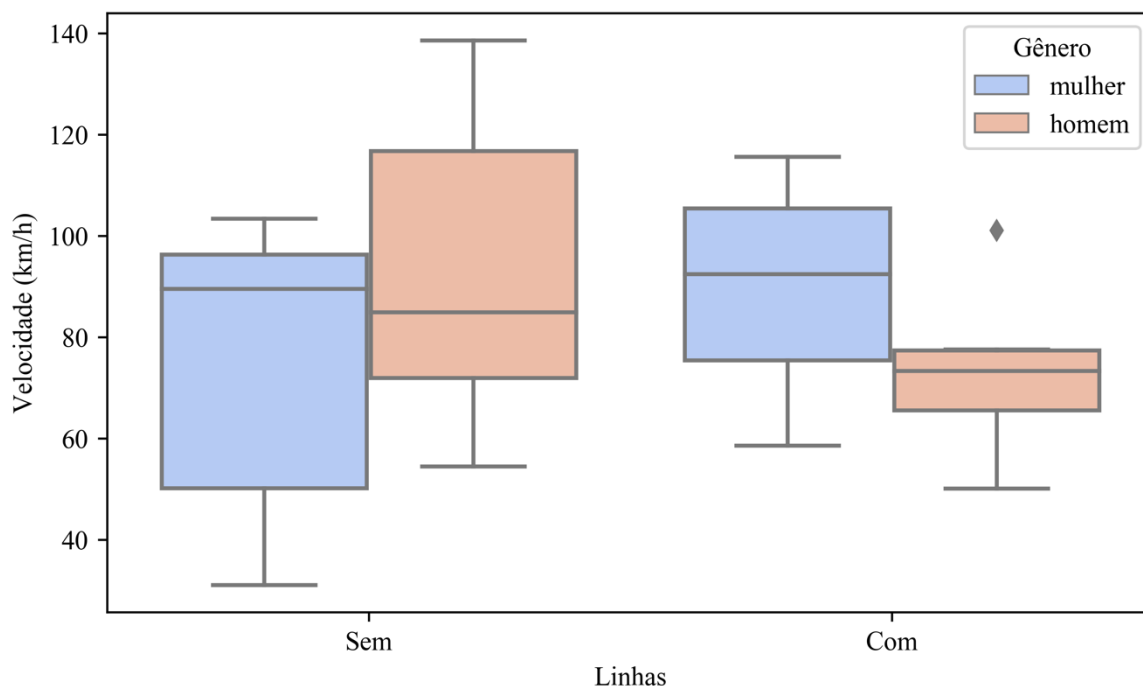
A análise estatística indicou que houve diferença significativa (IC = 95%) da velocidade média entre “sem linhas de centro e de bordo” e “com linhas de centro e de bordo” para os gêneros “mulher” e “homem”. O resumo dessa análise está evidenciado na Tabela 2.

**Tabela 2:** Resumo da análise estatística para os gêneros sem a repetição do segmento

Gênero	Variável		Sem linhas (n=160)	Com linhas (n=160)	t	p-valor
mulher	Velocidade média (km/h)	M	71,22	87,95	-23,01	<0,001
		SD	5,33	7,39		
homem	Velocidade média (km/h)	M	91,60	70,74	20,20	<0,001
		SD	10,44	7,65		

A avaliação das velocidades antes e depois da repetição do cenário experimental consistiu de 4 combinações (as situações com e sem linhas para cada um dos gêneros). Em todos os casos, a hipótese nula de que as médias das velocidades eram iguais foi rejeitada.

A Figura 8 apresenta o gráfico de *boxplot* da velocidade em função da presença das linhas de centro e de bordo e do gênero. É possível verificar que mulheres praticaram velocidades maiores no cenário com a presença das linhas do que no cenário sem as linhas. Os homens, por outro lado, dirigiram mais rápido no cenário sem a presença das linhas de centro e de bordo. Ainda nota-se que embora a velocidade média das mulheres no cenário sem linhas tenha sido menor que dos homens, a mediana foi maior. No cenário com linhas, tanto a velocidade média quanto a mediana dos homens foram menores que das mulheres.



**Figura 8:** *Boxplot* da velocidade em função das linhas e do gênero

Considerando que velocidades maiores estão associadas ao aumento tanto da severidade quanto da frequência de acidentes (Elvik, 2013; Nilsson, 2004), os resultados encontrados neste experimento sugerem que ambientes rodoviários sem linhas de centro e de bordo podem ser mais perigosos para homens de até 60 anos. Já ambientes rodoviários com linhas de centro e de bordo podem ser mais perigosos para mulheres acima de 61 anos.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve por objetivo estimar o efeito que as linhas de centro e de bordo de uma rodovia provocam sobre a velocidade praticada por condutores. Para isso foram desenvolvidas, para um simulador de direção imersivo, duas versões de um cenário rodoviário virtual: uma sem linhas de centro e de bordo e outra com as linhas. Cada versão possuía dois segmentos, sendo o primeiro de adaptação com aproximadamente 2500 metros, e o segundo o experimental com aproximadamente 3200 metros, o qual se repetia de forma a avaliar a adaptação do comportamento dos condutores.

De forma a atender ao objetivo deste artigo, uma amostra de 24 participantes, sendo metade de cada gênero e subdividida igualmente por faixa etária (“menor que 30 anos”, “entre 31 e 60 anos” e “maior que 61 anos”), foi submetida à condução nos cenários desenvolvidos. Cada participante conduziu apenas em uma das versões por um tempo aproximado de 6 minutos.

Com os dados coletados das velocidades de cada condutor no segmento experimental, foram realizadas análises estatísticas a fim de verificar se havia diferença significativa (IC = 95%) entre a condução nos cenários “sem linhas de centro e de bordo” e “com linhas de centro e de bordo” para cada grupo avaliado. Entre os resultados, destacam-se:

- Pessoas de até 30 anos conduziram 10,9% mais rápido em situações sem a presença de linhas de centro e de bordo;
- Pessoas entre 31 e 60 anos dirigiram 14,1% mais rápido em situações sem a presença de linhas de centro e de bordo;
- Pessoas com mais de 61 anos conduziram 26,2% mais rápido quando as linhas de centro e de bordo estavam presentes;
- As três faixas etárias apresentaram aumento de velocidade média no trecho repetido, exceto o grupo “maiores que 61 anos” no cenário com linhas de centro e de bordo;
- Mulheres praticaram velocidade média 23,5% superior no cenário com linhas do que no sem linhas;
- Homens praticaram velocidade média 29,5% superior no cenário sem linhas do que no com linhas;
- No cenário sem linhas, homens conduziram 28,6% mais rápido que mulheres;
- No cenário com linhas, mulheres conduziram 24,3% mais rápido que homens.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem as empresas MO3 e BS Motion e a equipe do VizLab/UNISINOS.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Shihabi, T. e R. R. Mourant (2003) Toward More Realistic Driving Behavior Models for Autonomous Vehicles in Driving Simulators. *Transportation Research Record*, v. 1843, p. 41-49.
- Bélanger, A.; S. Gagnon e S. Yamin (2010) Capturing the Serial Nature of Older Drivers' Responses Towards Challenging Events: A Simulator Study. *Accident Analysis and Prevention*, v. 42, p. 809-817.
- Bella, F. (2008) Driving Simulator for Speed Research on Two-Lane Rural Roads. *Accident Analysis and Prevention*, v. 40, p. 1078-1087.
- Bella, F. (2014) Driver Perception Hypothesis: Driving Simulator Study. *Transportation Research Part F*, v. 24, p. 183-196.
- Bella, F. (2015) Coordination of Horizontal and Sag Vertical Curves on Two-Lane Rural Roads: Driving Simulator Study. *International Association of Traffic and Safety Sciences (IATSS)*, v. 39, p. 51-57.
- Blana, E. (1996) Driving Simulator Validation Studies: A Literature Review. Working Paper 480. Institute of Transport Studies, University of Leeds, UK.
- Brooks, J. O.; R. R. Goodenough; M. C. Crisler; N. D. Klein; R. L. Alley; B. L. Koon; W. C. Logan Jr.; J. H. Ogle; R. A. Tyrrell e R. F. Wills (2010) Simulator Sickness During Driving Simulation Studies. *Accident Analysis and Prevention*, v. 42, p. 788-796.
- Charlton, S. G. (2007) Delineation Effects in Overtaking Lane Design. *Transportation Research Part F*, v. 10, p. 153-163.
- Charlton, S. G.; N. J. Starkey e N. Malhotra (2018) Using Road Markings as a Continuous Cue for Speed Choice. *Accident Analysis and Prevention*, v. 117, p. 288-297.
- Classen, S.; M. Bewernitz e O. Shechtman (2011) Driving Simulator Sickness: An Evidence-Based Review of the Literature. *American Journal of Occupational Therapy*, v. 65, p. 179-188.
- Denton, G. G. (1980) The Influence of Visual Pattern on Perceived Speed. *Perception*, v. 9, p. 393-402.
- DNIT (2010) Manual de Sinalização Rodoviária. Ministério dos Transportes, Rio de Janeiro.
- Domeyer, J. E.; N. D. Cassavaugh e R. W. Backs (2013) The Use of Adaptation to Reduce Simulator Sickness in Driving Assessment and Research. *Accident Analysis and Prevention*, v. 53, p. 127-132.
- Elliott, M. A.; V. A. McColl e J. V. Kennedy (2003) Road Design Measures to Reduce Drivers' Speed via Psychological Processes: A Literature Review. TRL Report TRL564.
- Elvik, R. (2013) A Re-Parameterisation of the Power Model of the Relationship Between the Speed of Traffic and the Number of Accidents and Accident Victims. *Accident Analysis and Prevention*, v. 50, p. 854-860.

- Fildes, B. N.; M. R. Fletcher e J. McM. Corrigan (1987) Speed Perception 1: Drivers' Judgements of Safety and Speed on Urban and Rural Straight Roads. Report CR 54. Federal Office of Road Safety. Canberra, Australia.
- Fildes B. N. e J. R. Jarvis (1994) Perceptual Countermeasures: Literature Review. Report CR4/94. Monash University Accident Research Centre. Clayton, Victoria.
- Garber, N. J. e A. A. Ehrhart (2000) Effect of Speed, Flow, and Geometric Characteristics on Crash Frequency for Two-Lane Highways. *Transportation Research Record*, v. 1717, p. 76-83.
- Godley, S.; B. Fildes; T. Triggs e L. Brown (1999) Perceptual Countermeasures: Experimental Research. Report CR 182. Monash University Accident Research Centre. Clayton, Victoria.
- Hauer, E. (2018) Road Safety Research and Practice: Problems of Coexistence. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Ezra\\_Hauer/publication/322775312\\_Road\\_safety\\_research\\_and\\_practice\\_problems\\_of\\_coexistence/links/5a6f85e1458515015e61643b/Road-safety-research-and-practice-problems-of-coexistence.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ezra_Hauer/publication/322775312_Road_safety_research_and_practice_problems_of_coexistence/links/5a6f85e1458515015e61643b/Road-safety-research-and-practice-problems-of-coexistence.pdf)>. Acesso em: 05 jul. 2018.
- Herrstedt, L. (2006) Self-Explaining and Forgiving Roads – Speed Management in Rural Areas. *Proceedings of Research into Practice*. Canberra, Australia.
- Islam, M. T.; M. Hadiuzzaman; J. Fang; T. Z. Qiu e K. El-Basyouny (2013) Assessing Mobility and Safety Impacts of a Variable Speed Limit Control Strategy. *Transportation Research Record*, v. 2364, p. 1-11.
- Kennedy, R. S.; K. M. Stanney e W. P. Dunlap (2000) Duration and Exposure to Virtual Environments: Sickness Curves During and Across Sessions. *Presence*, v. 9, p. 463-472.
- Larocca, A. P. C.; R. L. Ribeiro; A. C. Figueira; P. T. M. S. de Oliveira; L. C. Lulio e M. A. C. Rangel (2018) Analysis of Perception of Vertical Signaling of Highways by Drivers in a Simulated Driving Environment. *Transportation Research Part F*, v. 58, p. 471-487.
- Miller, T. R. (1992) Benefit-Cost Analysis of Lane Marking. *Transportation Research Record*, v. 1334, p. 38-45.
- Mourant, R. R. e M. T. Schultheis (2001) A HMD Based Virtual Reality Driving Simulator. *Proceedings of the First International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design*. Aspen, USA.
- Nilsson, G. (2004) Traffic Safety Dimensions and the Power Model to Describe the Effect of Speed on Safety. Doctoral Thesis. Department of Technology and Society, Lund Institute of Technology, Sweden.
- Nodari, C. T.; M. C. de Oliveira; M. R. Veronez; F. Bordin; L. Gonzaga Jr.; A. P. C. Larocca e C. Framarim (2017) Avaliação do Realismo e da Sensação de Mal-Estar (Simulator Sickness) no Uso de Simulador Imersivo de Direção. *Anais do XXXI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Recife, v. 1, p. 3103-3115.
- Ranney, T. A. e V. J. Gawron (1986) The Effects of Pavement Edgelines on Performance in a Driving Simulator Under Sober and Alcohol-Dosed Conditions. *Human Factors*, v. 28(5), p. 511-525.
- Reinhard, R. T.; M. Kleer e K. Dreblner (2018) The Impact of Individual Simulator Experiences on Usability and Driving Behavior in a Moving Base Driving Simulator. *Transportation Research Part F*, in press.
- Smart, L. J.; T. A. Stoffregen e B. G. Bardy (2002) Visually Induced Motion Sickness Predicted by Postural Instability. *Human Factors*, v. 44, p. 451-465.
- Van Driel, C. J. G.; R. J. Davidse e M. F. A. M. van Maarseveen (2004) The Effects of an Edgeline on Speed and Lateral Position: A Meta-Analysis. *Accident Analysis and Prevention*, v. 36, p. 671-682.
- Van Nes, N.; S. Brandenburg e D. Twisk (2010) Improving Homogeneity by Dynamic Speed Limit Systems. *Accident Analysis and Prevention*, v. 42, p. 944-952.
- Vollrath, M. e J. Fischer (2017) When Does Alcohol Hurt? A Driving Simulator Study. *Accident Analysis and Prevention*, v. 109, p. 89-98.
- Weller, G.; B. Schlag; T. Friedel e C. Rammin (2008) Behaviourally Relevant Road Categorisation: A Step Towards Self-Explaining Rural Roads. *Accident Analysis and Prevention*, v. 40, p. 1581-1588.
- Willis, P. A.; P. P. Scott e J. W. Barnes (1984) Road Edgeline and Accidents: An Experiment in South-West England. TRRL Laboratory Report 1117. Transport and Road Research Laboratory. Crowthorne, Berkshire.
- Wu, Y.; X. Zhao; J. Rong e Y. Zhang (2018) The Effectiveness of Eco-Driving Training for Male Professional and Non-Professional Drivers. *Transportation Research Part D*, v. 59, p. 121-133.
- Zoller, I.; B. Abendroth e R. Bruder (2017) Driver Behaviour Validity in Driving Simulators – Analysis of the Moment of Initiation of Braking at Urban Intersections. *Transportation Research Part F*, in press.
- Zwahlen, H. T. e T. Schnell (1999) Visibility of Road Markings as a Function of Age, Retroreflectivity Under Low-Beam and High-Beam Illumination at Night. *Transportation Research Record*, v. 1692, p. 152-163.

---

Maurício Castilhos de Oliveira (mauricio@alumni.ubc.ca)  
Christine Tessele Nodari (piti@producao.ufrgs.br)