



Estudo naturalístico de segurança viária:

a influência do carpooling no comportamento do condutor

Jorge Tiago Bastos | Universidade Federal do Paraná
José Aurélio Ramalho | Observatório Nacional de Segurança Viária

Jan 2019

Estudo naturalístico de segurança viária: a influência do carpooling no comportamento do condutor

Relatório
Final

COORDENAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
Setor de Tecnologia | Departamento de Transportes
Programa de Pós-graduação em Planejamento Urbano
Prof. Dr. Jorge Tiago Bastos

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA
José Aurélio Ramalho

Equipe:

Universidade Federal do Paraná

Prof. Dr. Jorge Tiago Bastos (Coordenador)

Profª. Drª. Márcia A. P. Bernardinis
Eng. Pedro Augusto B. dos Santos
Jackson R. Borguezani, Maria Clara Suginoshita,
Gabriela V. R. Ribeiro, Gabriel A. M. Andrade,
Amanda Torres e Sayuri M. Ribeiro.

Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Fernando dos Santos Osório
Prof. Dr. Antonio Clóvis Pinto Ferraz

Faculdade de Tecnologia de Jaú

Profª. Drª. Magaly Natalia Pazzian V. Romão

Observatório Nacional de Segurança Viária

José Aurélio Ramalho (Diretor-presidente)
Fabiana Amado (Coordenadora de projetos)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Profª. Drª. Tatiana Maria Cecy Gadda
Eng. Eduardo Amancio

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias (Portugal)

Profª. Drª. Anabela Simões

Queensland University of Technology (Austrália)

Dr. Oscar Oviedo Trespalacios
Dr. Mark King



Estudo naturalístico de segurança viária: a influência do carpooling no comportamento do condutor

Relatório Final

I Dados gerais da pesquisa

HIPÓTESE	O carpooling induz o condutor a um modo mais seguro de dirigir.
OBJETIVO GERAL	Investigar a influência do carpooling no nível de segurança viária, de modo a verificar a hipótese inicial.
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicar metodologia inédita no Brasil estudos naturalísticos de segurança viária; - Identificar e monitorar fatores de risco; - Subsidiar futuramente a formulação de políticas de educação, conscientização e fiscalização de trânsito.
JUSTIFICATIVA	Escassez de pesquisas de comportamento do condutor brasileiro e necessidade de identificar ações capazes de aumentar o nível de segurança viária.

LINHA DE PESQUISA	Esta investigação faz parte do projeto de pesquisa intitulado "Estudo experimental de fatores humanos, veiculares e ambientais e seus impactos na segurança viária", financiado pelo Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) / Chamada MCTIC/CNPq Nº 28/2018 - Universal.
METODOLOGIA	<p>Monitoramento da tarefa real de condução de uma amostra de condutores (estudo naturalístico de segurança viária) e levantamento de indicadores de desempenho da segurança viária nos seguintes temas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - uso do telefone celular; - uso do cinto de segurança; - excesso do limite regulamentar de velocidade. <p>Os estudos naturalísticos de segurança viária, já consagrados na Europa, Estados Unidos e Austrália, buscam conhecer o comportamento dos condutores em seu ambiente real / natural de condução, sem induzir suas escolhas (quanto a necessidade de viagem, seu trajeto, atitudes, etc.), eliminando possíveis interferências inerentes aos métodos tradicionais de avaliação do comportamento de condutores (questionários e simuladores de direção).</p>
RESULTADOS ESPERADOS	Além da verificação da hipótese inicial, os resultados esperados da pesquisa também contemplam a avaliação de fatores de risco (uso do celular, não uso do cinto de segurança e excesso de velocidade).

II Descrição da pesquisa

A Figura 01 apresenta a linha do tempo das principais etapas desempenhadas ao longo da pesquisa, as quais serão detalhadas ao longo do presente relatório.

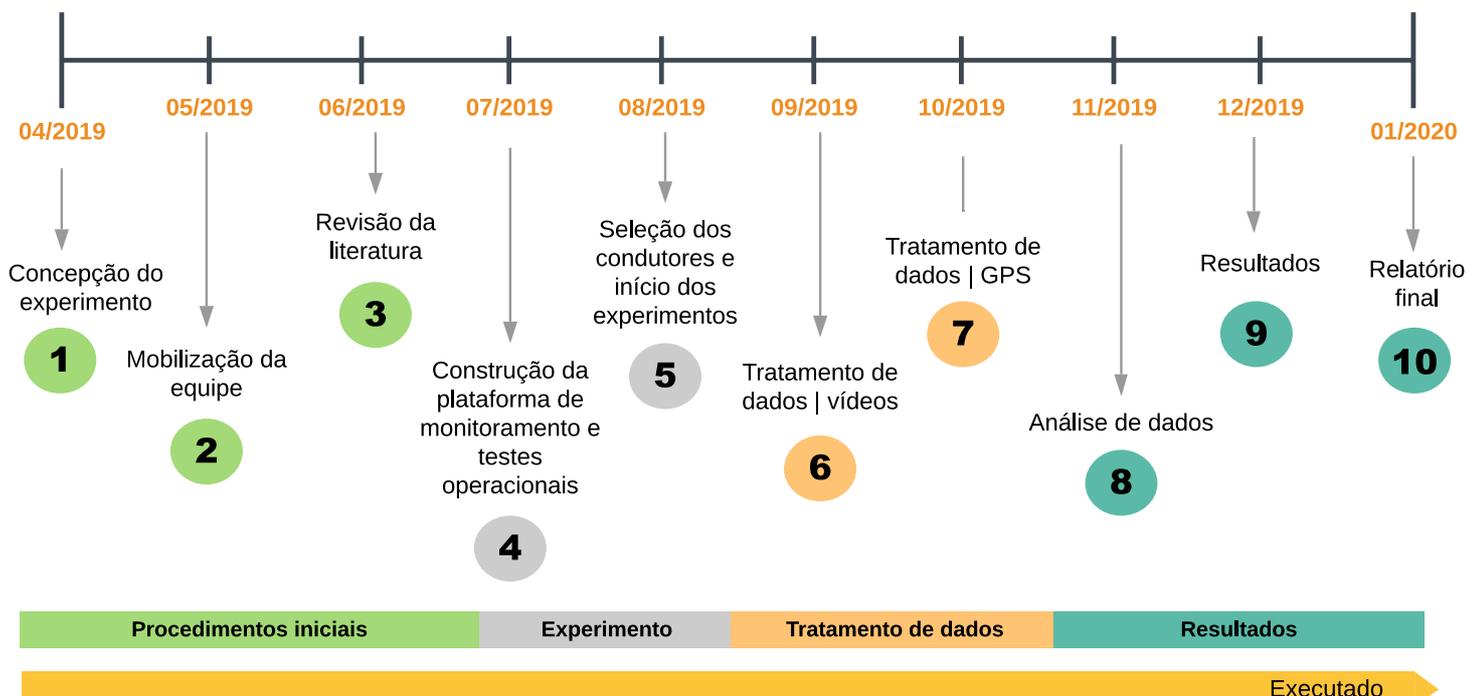


Figura 01 - Linha do tempo das etapas da pesquisa

1 Concepção do experimento

A concepção do experimento foi realizada em parceria com o Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo, localizado em São Carlos - SP, junto ao Prof. Dr. Fernando dos Santos Osório, com base no princípio de "Minimum Value Prototype", a fim de possibilitar a realização a um custo reduzido em comparação às pesquisas internacionais. O conjunto de equipamentos está apresentado na **Figura 02**.



Figura 02 - Equipamentos utilizados no experimento

Nas **Figuras 03 e 04** são apresentados o teste de sincronização das imagens das câmeras com os dados coletados pelo GPS e o teste de visualização dos dados do GPS (Global Positioning System), respectivamente.



Figura 03 - Teste de coleta de sincronização de imagens e GPS



Figura 04 - Testes da coleta com GPS

A **sincronização da coleta de dados do GPS e da coleta de imagens das câmeras**, ou seja, o registro das informações na mesma referência temporal, é requisito fundamental para a pesquisa. O esquema da **Figura 05** ilustra o processo de sincronização dos dados. **Dois conjuntos de equipamentos** foram adquiridos (conforme **Figura 06**), possibilitando a realização de dois experimentos simultâneos com condutores diferentes por vez.

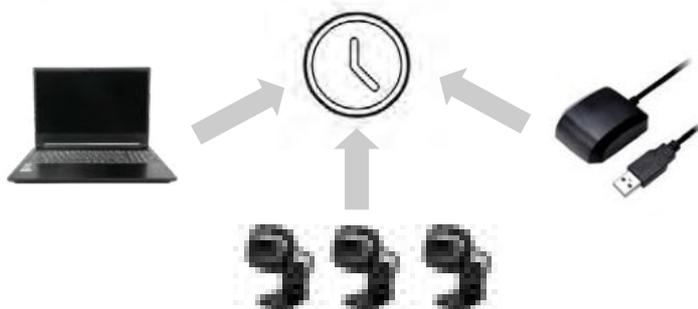


Figura 05 - Esquema de sincronização da coleta de dados



Figura 06 - Equipamentos adquiridos

2 Mobilização da equipe

Desde a concepção do projeto "Estudo experimental de fatores humanos, veiculares e ambientais e seus impactos sobre a segurança viária", elaborado em 2016, até a execução de sua primeira etapa em 2019 por meio do "Estudo naturalístico de segurança viária: a influência do carpooling no comportamento do condutor", uma série de professores contribuíram em diferentes etapas do projeto. O projeto também conta com parceiros em universidades estrangeiras (Portugal e Austrália), além da participação da equipe do Observatório Nacional de Segurança Viária - ONSV (ver **Figura 07**).



Figura 07 - Equipe de professores e profissionais envolvidos nesta fase do projeto

Além do grupo de profissionais que compõe a equipe técnica do projeto, foi também selecionado um grupo de acadêmicos de mestrado e graduação, a fim de associar conhecimentos de diferentes áreas e possibilitar a integração de acadêmicos com a pesquisa científica. O desenvolvimento da pesquisa contou com a colaboração de acadêmicos de pós-graduação e de graduação da Universidade Federal do Paraná (UFPR) e da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), conforme indicado na **Figura 08**.

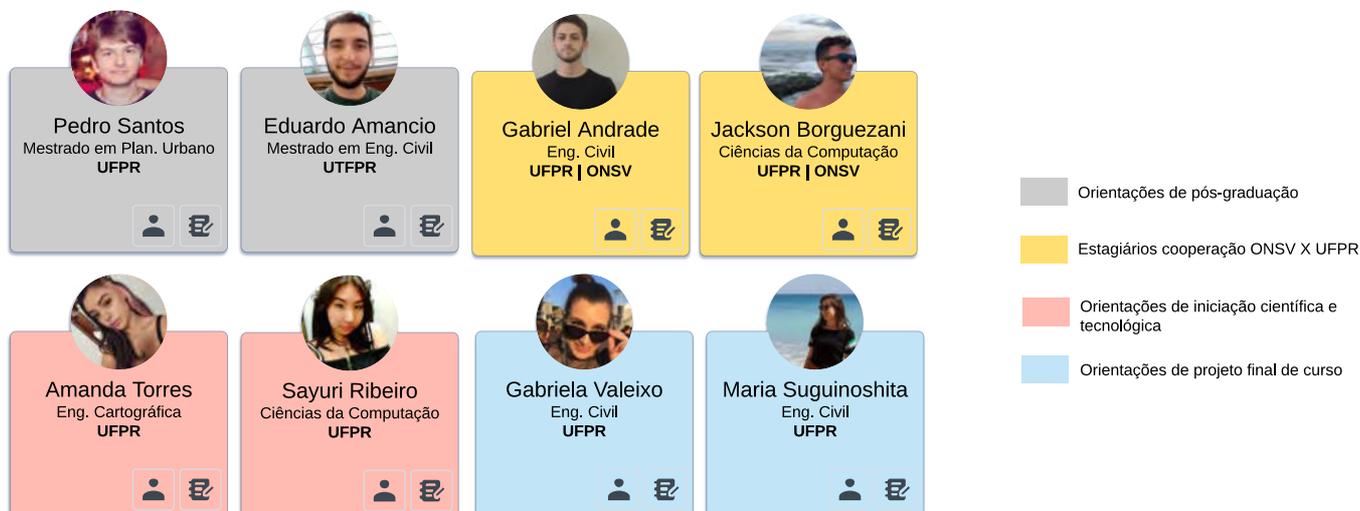


Figura 08 - Equipe de acadêmicos envolvidos nesta fase do projeto

3 Revisão da literatura

Nesta etapa foi conduzida uma revisão da literatura a fim de entender o **estado-da-arte dos estudos naturalísticos** no mundo. Foram pesquisados **artigos científicos** publicados em periódicos consagrados na área de segurança viária e **relatórios de projetos** similares em países que já desenvolveram estudos naturalísticos. Alguns exemplos de artigos científicos consultados estão disponíveis na **Figura 09**.

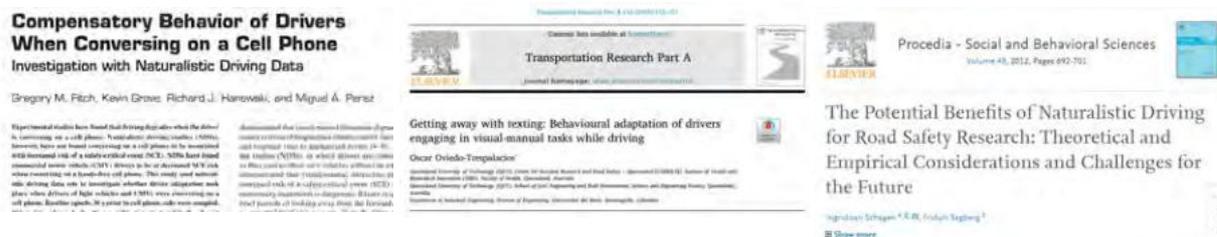


Figura 09 - Exemplos de literatura especializada

A realização de um estudo naturalístico de segurança viária no Brasil é uma **iniciativa inédita**. Esse tipo de estudo já foi realizado nos países indicados no mapa da **Figura 10**, sendo eles: **Estados Unidos, China, Austrália, Alemanha, França, Reino Unido, Holanda, Espanha, Polônia e Áustria**.



Figura 10 - Países que já realizaram estudos naturalísticos de segurança viária

Uma das grandes **vantagens dos estudos naturalísticos** de segurança viária é a possibilidade da coleta de **indicadores de desempenho** da segurança viária baseados nas atitudes que realmente ocorrem no trânsito (e não em declarações). **Indicadores de desempenho da segurança viária são conceituados como qualquer aspecto mensurável capaz de afetar as chances de um acidente ocorrer ou a sua gravidade.**

A **Figura 11** descreve a linha do tempo a partir da etapa pré-acidente até a etapa durante acidente e apresenta exemplos de indicadores de desempenho, tais como:

- excesso de velocidade, condução após ingestão de álcool e uso do celular ao volante como indicadores na etapa pré-acidente, ou seja, que aumentam as chances de um acidente acontecer e;
- excesso de velocidade, ausência de airbag e não uso do cinto de segurança como indicadores na etapa durante o acidente, ou seja, que aumentam a gravidade do acidente caso ele ocorra.



Figura 11 - Exemplos de indicadores de desempenho da segurança viária nas etapas pré e durante o acidente

4 Construção da plataforma de monitoramento e testes operacionais

Após a aquisição dos equipamentos, foi possível a construção da plataforma de monitoramento da tarefa real de condução de acordo com as informações descritas nas Figuras 02 e 05, complementadas pela Figura 12, com a localização das câmeras posicionadas dentro do veículo.

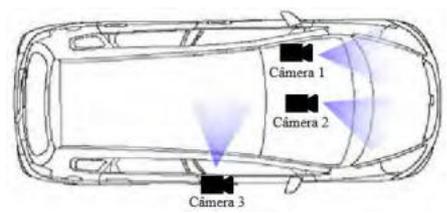


Figura 12 - Posicionamento das câmeras no veículo

Com o objetivo de simplificar o acionamento dos equipamentos no início da condução, foi desenvolvido um script de programação no sistema operacional Linux em linguagem Python, de modo que a única tarefa do condutor era pressionar o botão "Ligar" do computador antes de iniciar a condução e a tecla "q (quit)" ao finalizar a tarefa de condução. Dessa forma, as etapas de captura de imagem das câmeras, aquisição de coordenadas pelo GPS e gravação dos arquivos correspondentes é realizada automaticamente.

Foram realizados testes de coleta ao longo de um período de 10 dias com um único condutor, para a realização de possíveis ajustes na plataforma. As imagens da Figura 13 permitem observar o padrão dos vídeos gerados. A fim de manter certo nível de privacidade aos condutores, não foram realizadas gravações de áudio. Os testes foram realizados no município de Curitiba - PR (ver localização no mapa da Figura 14).



Figura 13 - Imagens capturadas pelas câmeras dentro do veículo

As imagens da Figura 15 a seguir constituem exemplos da representação dos trajetos percorridos em uma viagem.



Figura 14 - Cenário do estudo | Curitiba - PR
 População - 1,9 milhão
 Região metropolitana: 3,2 milhões



Figura 15 - Exemplos de trajetos realizados

5 Seleção dos condutores e início dos experimentos

Sendo o objetivo do estudo investigar a influência do carpooling no nível de segurança viária, há a necessidade de se avaliar comportamentos considerados de risco, de modo que **foram selecionados três tipos de comportamentos de risco - uso do celular, não uso do cinto de segurança e excesso de velocidade.**

Para o **recrutamento dos condutores**, foram divulgados **questionários on-line** (Figura 16) sobre comportamento de condução nos quais os respondentes eram indagados sobre sua disponibilidade em participar de pesquisa de comportamento. Aqueles condutores interessados foram contatados por telefone e maiores detalhes sobre a pesquisa fornecidos. Aqueles que se mantiveram interessados foram convocados para uma **sessão de Grupo Focal**.

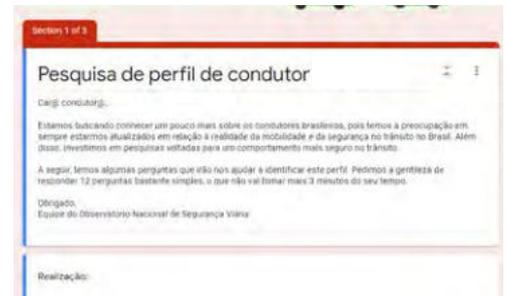


Figura 16 - Questionário on-line para identificação de potenciais condutores



Figura 17 - Processo de seleção dos condutores participantes na pesquisa

Nas sessões foram levantados diversos temas sobre comportamento no trânsito, entre eles os fatores de risco da pesquisa. Os condutores emitiam suas opiniões e atitudes no trânsito. As sessões foram conduzidas pela Prof^a. Magaly Romão, como mediadora, e pelo Prof. Jorge Tiago Bastos, como relator. As sessões foram gravadas na íntegra. Em relação à escolha dos condutores participantes, deu-se preferência àqueles que declararam os comportamentos de risco objeto do presente estudo. Os condutores selecionados assinaram um **termo de participação e uso de imagem**. Este processo está descrito na Figura 17. A Figura 18 contém imagens das sessões.



Figura 18 - Exemplos de sessões de Grupo Focal realizadas

Com o intuito de manter o condutor participante o mais próximo possível de seu ambiente habitual de condução, os equipamentos foram instalados no **veículo do próprio participante** (exemplos na Figura 19). Foram também entregues **instruções para acionamento dos equipamentos** (ver Figura 20).



Figura 19 - Exemplos de veículos dos participantes



Figura 20 - Instruções repassadas aos condutores

Dados dos experimentos



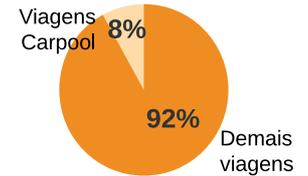
Cenário

Curitiba e Região Metropolitana



202 viagens
440 km percorridos

Distribuição das viagens Todos os condutores

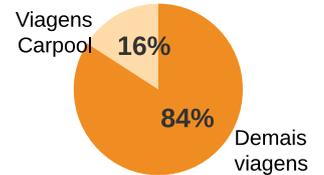


50 dias de condução



04 condutores de aplicativo de carpool
02 condutores não usuários de aplicativo de carpool

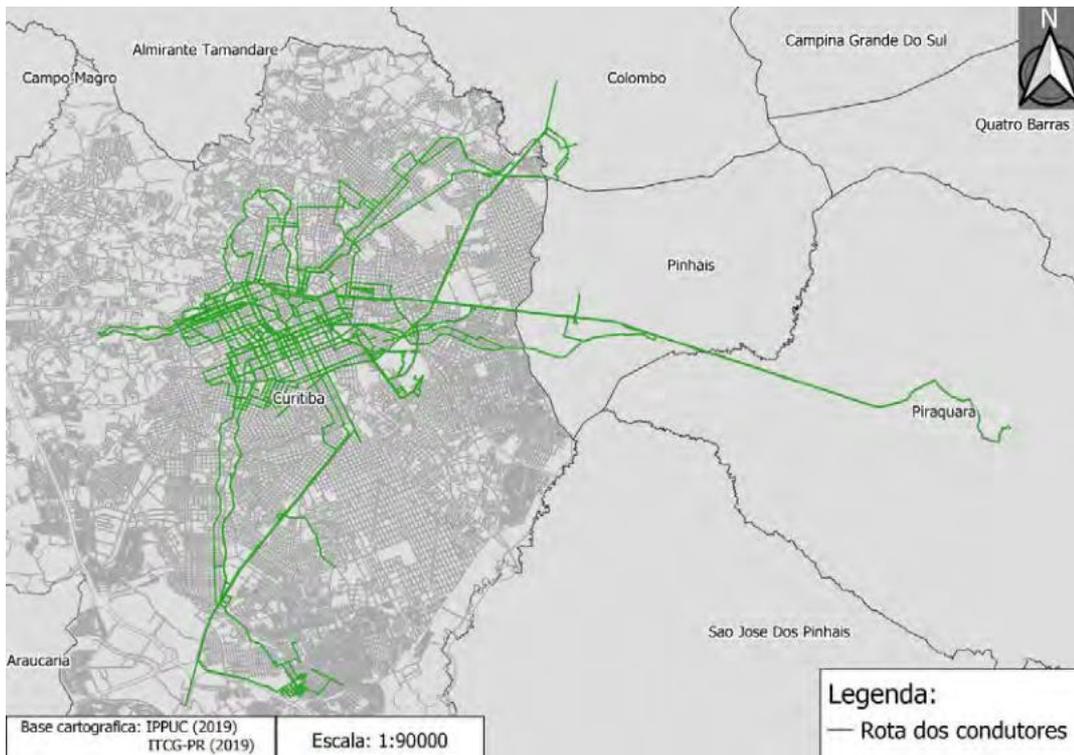
Distribuição das viagens Condutores Carpool



60 horas de condução



10 horas de condução com carpool



Comportamentos monitorados



Uso do celular



Uso do cinto de segurança



Obediência aos limites de velocidade

Figura 21: Dados gerais dos experimentos

6 Tratamento de dados | Vídeos

O monitoramento do condutor por vídeo permite identificar seu engajamento em tarefas secundárias capazes de causar distração - como o **uso do celular** - e a utilização do equipamento de proteção obrigatório - o **cinto de segurança**. Esses dois temas foram selecionados por serem aspectos **passíveis de observação** na verificação dos vídeos.

Identificados os intervalos de tempo que o condutor utiliza o celular e não utiliza o cinto de segurança, pode-se construir os indicadores de desempenho elencados na **Figura 22**:

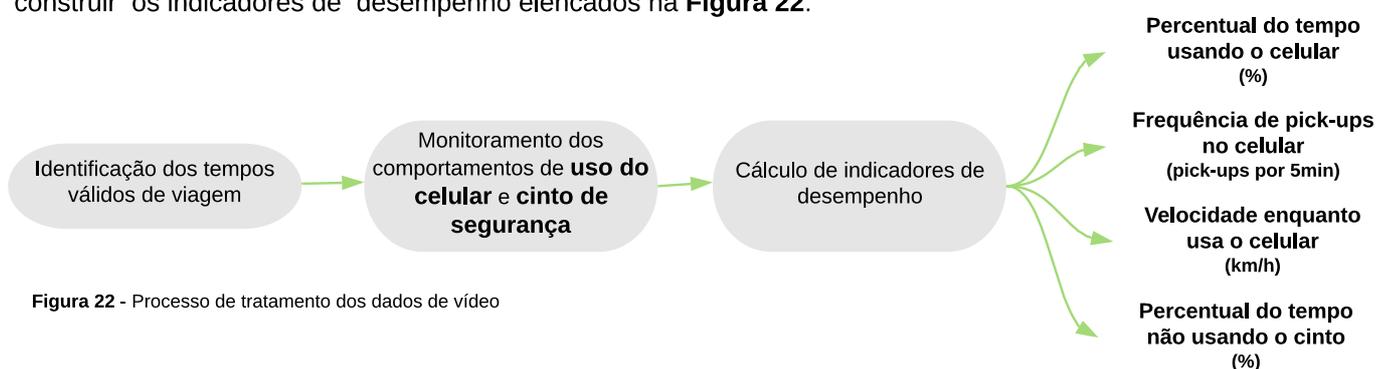


Figura 22 - Processo de tratamento dos dados de vídeo

Há a necessidade de desconsiderar aqueles momentos que os condutores não estão efetivamente conduzindo. Esse processo é descrito na **Figura 23**, em que o tempo não válido de viagem é excluído de qualquer análise. Exemplos desses casos ocorrem:

- logo no início da viagem, quando o condutor aciona os equipamentos mas ainda não inicia o movimento;
- durante a viagem, quando faz alguma parada com o veículo estacionando, porém sem desligar os equipamentos;
- ao final da viagem, quando o condutor aciona o freio-de-mão e continua com o sistema de monitoramento ligado.

Na **Figura 24** observa-se a diferença entre os indicadores "frequência de pick-ups no celular" e "percentual do tempo de viagem usando o celular".

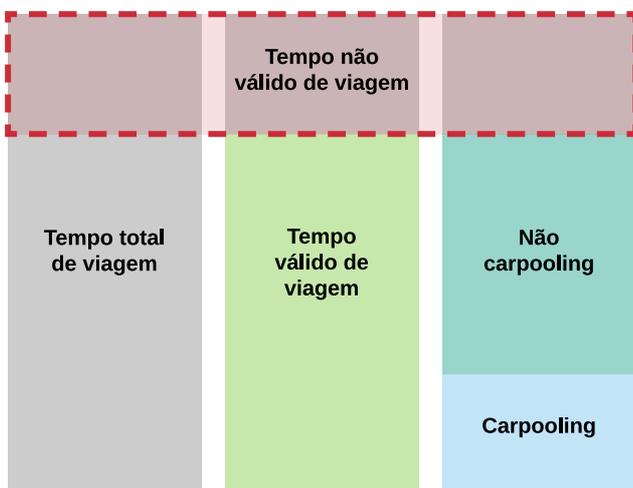


Figura 23 - Exclusão dos tempos não válidos de viagem

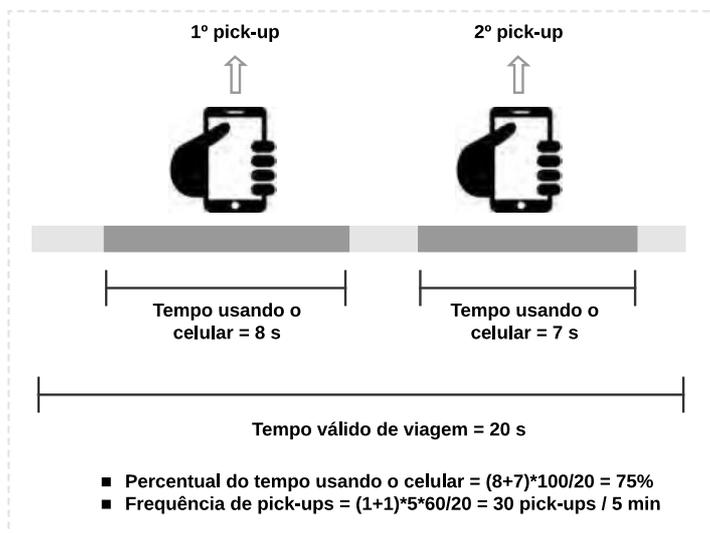


Figura 24 - Definição dos indicadores de desempenho relacionados ao uso do celular

7 Tratamento de dados | GPS

Conforme a descrição dos equipamentos utilizados no experimento (contida na **Figura 02**), o veículo participante é **equipado com um GPS**, o que permite a coleta das coordenadas (latitude e longitude) a cada **1s de intervalo**. Isso permite o monitoramento do trajeto do condutor, assim como a obtenção da **velocidade instantânea**. O esquema da **Figura 25** ilustra o processo de tratamento dos dados de GPS, a escolha da base do sistema viário, a manipulação dessas informações no software de **Sistemas de Informações Geográficas**, o mapeamento das viagens dos condutores, a identificação dos segmentos percorridos com excesso de velocidade e, finalmente, o cálculo do **indicador de desempenho** da segurança viária. Os mesmos procedimentos em relação ao tempo válido de viagem aplicados na etapa anterior foram considerados nesta etapa.



Figura 25 - Processo de tratamento dos dados de GPS

Como indicado na **Figura 25**, os dados registrados pelo GPS precisam ser convertidos do formato .nmea para o formato .csv, para que os arquivos possam ser manipulados no formato de planilha eletrônica. Em seguida, é necessário padronizar os dados coletados pelo GPS. Adicionalmente, operações de conversão de unidades também foram realizadas. Para a comparação da velocidade praticada com a velocidade regulamentar das vias do trajeto é necessário **sobrepor os trajetos** das viagens a uma base do sistema viário que contenha as informações de limite de velocidade. A **Figura 26** contém um exemplo dos trajetos de um condutor na base do OpenStreetMap. Com o auxílio de um software livre de Sistemas de Informações Geográficas (**QGIS**), é possível identificar os **segmentos em que o condutor excede o limite de velocidade**.



Figura 26 - Conjunto de trajetos realizados por um condutor (exemplo)

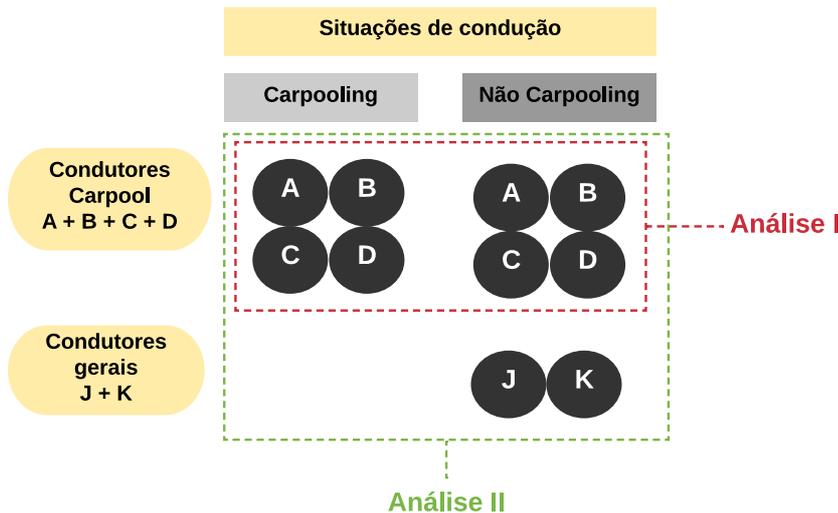
A partir da identificação dos segmentos percorridos em excesso de velocidade, procede-se para o cálculo da distância percorrida abaixo e acima do limite de velocidade. Na sequência, calcula-se o seguinte indicador de desempenho da segurança viária:

Percentual da distância percorrida acima do limite regulamentar de velocidade*

* Em relação à distância total percorrida

8 Análise de dados

Concluído o tratamento dos dados de vídeo e de GPS, foram estabelecidos dois tipos de análises comparativas. Estes procedimentos estão representados na **Figura 27**.



Tipos de análise

Análise I

Análise comparativa do comportamento dos condutores usuários de aplicativo de carpool nas situações "não carpooling" e "carpooling"

Análise II

Análise comparativa do comportamento condutores em conjunto nas situações "não carpooling" e "carpooling"

Figura 27 - Procedimentos de análise dos dados de vídeo e de GPS

A primeira análise comparativa - **Análise I** - consiste na comparação dos **condutores usuários de aplicativo de carpool** nas situações "**carpooling**" e "**não carpooling**". A segunda análise comparativa - **Análise II** - consiste na comparação das situações "**carpooling**" e "**não carpooling**" com os condutores agrupados quanto à categoria (usuários e não usuários de aplicativo de carpool), ou seja, os **condutores A, B, C e D (usuários)** são comparados em conjunto com os **condutores J e K (não usuários)**.

As análises foram realizadas considerando as diferentes situações ("carpooling" e "não carpooling") em relação aos diferentes comportamentos de risco (uso do celular, não uso do cinto e excesso de velocidade) para cada intervalo de 1s, conforme indicado no exemplo de planilha de dados da **Figura 28**, obtida de um dos condutores, em que é mostrado o trecho final da viagem 11 e o trecho inicial da viagem 12.

#	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	LONG	LAT	DAY	03:00:00	TRIP	PR	H	M	S	TIME ACU	SPD MF	SPD KMI	ACEL MS	HEADI	ALTITUDE (VALID_TIR	CPOOL	WSB	UMP_YN
7462	-49.301696	-25.429715	2019/10/31	10.33.06	11	07.33.06	0	0	1	467	0,6	0.965604	-0.13411	198.2	3082.677	yes	Not Carpooling	Wearing	Not using mobil
7463	-49.301697	-25.429718	2019/10/31	10.33.07	11	07.33.07	0	0	1	468	0,2	0.321868	-0.17882	190.7	3081.693	yes	Not Carpooling	Wearing	Not using mobil
7464	-49.301697	-25.429718	2019/10/31	10.33.08	11	07.33.08	0	0	1	469	0,3	0.482802	0.04470	0.0	3082.349	yes	Not Carpooling	Wearing	Not using mobil
7465	-49.301699	-25.429718	2019/10/31	10.33.09	11	07.33.09	0	0	1	470	0	0	-0.13411	270.0	3082.021	yes	Not Carpooling	Wearing	Not using mobil
7466	-49.3017	-25.429718	2019/10/31	10.33.10	11	07.33.10	0	0	1	471	0,1	0.160934	0.04470	222.1	3082.021	yes	Not Carpooling	Wearing	Not using mobil
7467	-49.301701	-25.429718	2019/10/31	10.33.11	11	07.33.11	0	0	1	472	0	0	-0.04470	280.5	3083.333	yes	Not Carpooling	Wearing	Not using mobil
7468	-49.301701	-25.429717	2019/10/31	10.33.12	11	07.33.12	0	0	1	473	0,3	0.482802	0.13411	0.0	3084.974	yes	Not Carpooling	Wearing	Not using mobil
7469	-49.301702	-25.429716	2019/10/31	10.33.13	11	07.33.13	0	0	1	474	0,4	0.643736	0.04470	301.6	3084.974	yes	Not Carpooling	Wearing	Not using mobil
7470	-49.301706	-25.429717	2019/10/31	10.33.14	11	07.33.14	0	0	1	475	0,3	0.482802	-0.04470	267.2	3084.646	yes	Not Carpooling	Wearing	Not using mobil
7471	-49.301707	-25.429719	2019/10/31	10.33.15	11	07.33.15	0	0	1	476	0,2	0.321868	-0.04470	205.7	3085.63	yes	Not Carpooling	Wearing	Not using mobil
7472	-49.301706	-25.429722	2019/10/31	10.33.16	11	07.33.16	0	0	1	477	0,3	0.482802	0.04470	161.6	3087.927	yes	Not Carpooling	Wearing	Not using mobil
7473	-49.301788	-25.429725	2019/10/31	15.27.16	12	12.27.16	0	0	1	1	0,1	0.160934	0	0.0	3173.228	no	Not Carpooling	Wearing	Not using mobil
7474	-49.301788	-25.429725	2019/10/31	15.27.17	12	12.27.17	0	0	1	2	0,1	0.160934	0	0.0	3173.228	no	Not Carpooling	Wearing	Not using mobil
7475	-49.301789	-25.429726	2019/10/31	15.27.18	12	12.27.18	0	0	1	3	0	0	-0.044704	243.3	3173.228	no	Not Carpooling	Wearing	Not using mobil
7476	-49.301791	-25.429727	2019/10/31	15.27.19	12	12.27.19	0	0	1	4	0,1	0.160934	0.044704	248.1	3173.228	no	Not Carpooling	Wearing	Not using mobil
7477	-49.301793	-25.429728	2019/10/31	15.27.20	12	12.27.20	0	0	1	5	0,1	0.160934	0	246.9	3173.228	no	Not Carpooling	Wearing	Not using mobil
7478	-49.301796	-25.429728	2019/10/31	15.27.21	12	12.27.21	0	0	1	6	0,1	0.160934	0	261.0	3174.213	no	Not Carpooling	Wearing	Not using mobil
7479	-49.3018	-25.429728	2019/10/31	15.27.22	12	12.27.22	0	0	1	7	0,1	0.160934	0	272.8	3177.165	no	Not Carpooling	Wearing	Not using mobil
7480	-49.301802	-25.429729	2019/10/31	15.27.23	12	12.27.23	0	0	1	8	0,1	0.160934	0	255.7	3176.509	no	Not Carpooling	Wearing	Not using mobil
7481	-49.301804	-25.429729	2019/10/31	15.27.24	12	12.27.24	0	0	1	9	0,1	0.160934	0	261.6	3176.837	no	Not Carpooling	Wearing	Not using mobil
7482	-49.301806	-25.429729	2019/10/31	15.27.25	12	12.27.25	0	0	1	10	0,1	0.160934	0	247.5	3176.837	no	Not Carpooling	Wearing	Not using mobil
7483	-49.301804	-25.429728	2019/10/31	15.27.26	12	12.27.26	0	0	1	11	0,1	0.160934	0	56.4	3173.885	no	Not Carpooling	Wearing	Not using mobil
7484	-49.301805	-25.429729	2019/10/31	15.27.27	12	12.27.27	0	0	1	12	0,1	0.160934	0	233.6	3174.213	no	Not Carpooling	Wearing	Not using mobil
7485	-49.301806	-25.429726	2019/10/31	15.27.28	12	12.27.28	0	0	1	13	0,1	0.160934	0	347.3	3172.9	no	Not Carpooling	Wearing	Not using mobil
7486	-49.301808	-25.429726	2019/10/31	15.27.29	12	12.27.29	0	0	1	14	0,1	0.160934	0	277.9	3175.853	no	Not Carpooling	Wearing	Not using mobil

Figura 28 - Planilha de dados do GPS com as informações coletadas nos vídeos associadas

9 Resultados

Os resultados da **Análise I**, ou seja, aquela que inclui a comparação considerando apenas os condutores usuários de aplicativo de carpool, são apresentados graficamente e comentados a seguir.

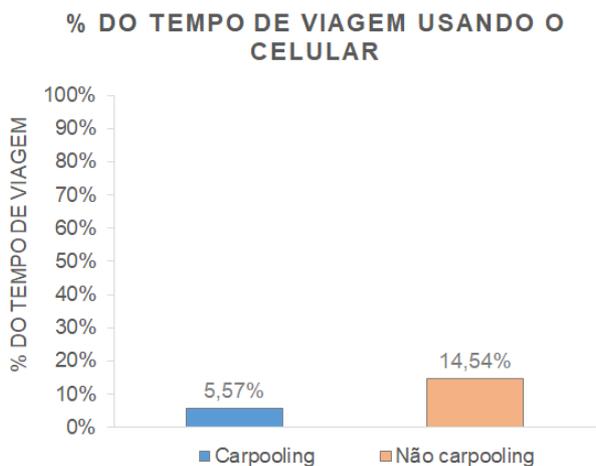


Figura 29 - Análise comparativa do percentual do tempo usando o celular

Conforme indicado na **Figura 29**, o percentual do tempo de viagem usando o celular para os condutores em situação de "carpooling" foi, em média, **5,57%**, enquanto que para os condutores "não carpooling" esse mesmo percentual foi de **14,54%**, ou seja, **161% maior**. Os resultados são **estatisticamente significativos** a um nível de confiança de **100%** (teste *Qui-quadrado*).

INTERPRETAÇÃO PRÁTICA:



O tempo médio de uso do celular foi mais que o dobro para aqueles condutores "não carpooling"

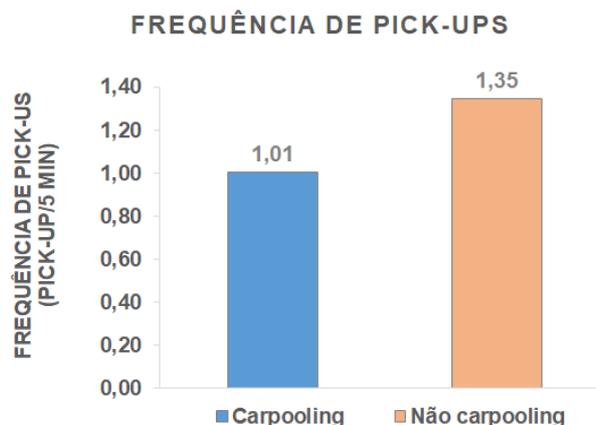


Figura 30 - Análise comparativa da frequência de pick-ups

Conforme indicado na **Figura 30**, a frequência de pick-ups no celular para os condutores em situação de "carpooling" foi, em média, **1,01** pick-up/ 5 min, enquanto que para os condutores "não carpooling" essa mesma frequência foi de **1,35** pick-up / 5 min, ou seja, **34% maior**. Os resultados são **estatisticamente significativos** a um nível de confiança de **94,0%** (teste *t de Student*).

INTERPRETAÇÃO PRÁTICA:



A frequência de pick-ups no celular é aproximadamente 35% maior para aqueles condutores "não carpooling"

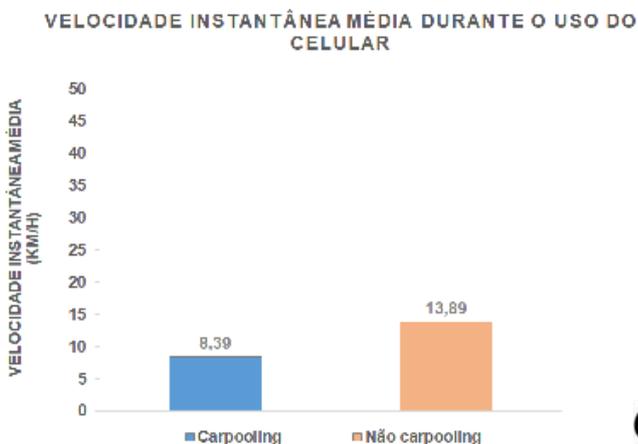


Figura 31 - Análise comparativa da velocidade instantânea média durante o uso do celular

Conforme indicado na **Figura 31**, a velocidade instantânea média durante o uso do celular para os condutores em situação de "carpooling" foi, em média, **8,39** km/h, enquanto que para os condutores "não carpooling" essa mesma velocidade **13,89** km/h, ou seja, **66% maior**. Os resultados são **estatisticamente significativos** a um nível de confiança de **99,9%** (teste *t de Student*).

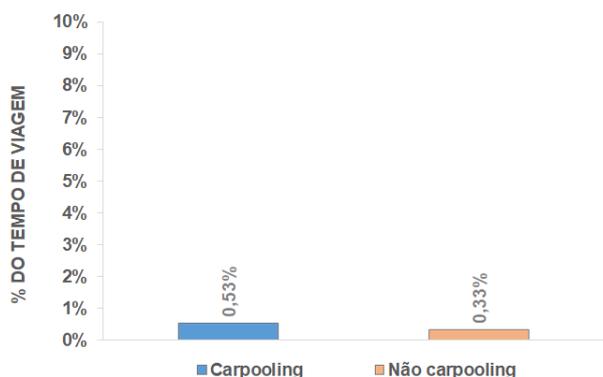
INTERPRETAÇÃO PRÁTICA:



A velocidade média durante o uso do celular é aproximadamente 65% maior para aqueles condutores "não carpooling"

9 Resultados

% DO TEMPO DE VIAGEM NÃO USANDO O CINTO DE SEGURANÇA



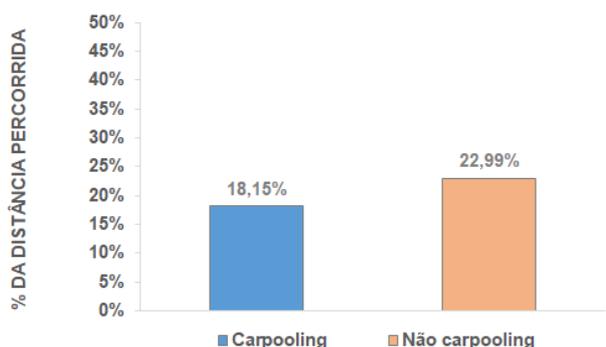
Conforme indicado na **Figura 32**, praticamente não foi verificada a incidência do comportamento de não uso do cinto em ambos os grupos.

INTERPRETAÇÃO PRÁTICA:

A incidência do comportamento de risco de não uso do cinto de segurança é insignificante para ambos os grupos.

Figura 32 - Análise comparativa do % do tempo não usando o cinto de segurança

% DA DISTÂNCIA PERCORRIDA ACIMA DO LIMITE DE VELOCIDADE REGULAMENTAR



Conforme indicado na **Figura 33**, o percentual do tempo de viagem acima do limite de velocidade para os condutores em situação de "carpooling" foi, em média, **18,15%**, enquanto que para os condutores "não carpooling" esse mesmo percentual foi de **22,99%**, ou seja, **27% maior**. Os resultados são estatisticamente significativos a um nível de confiança de **99,9%** (teste Qui-quadrado).

INTERPRETAÇÃO PRÁTICA:

A prática do excesso de velocidade é aproximadamente 25% maior para aqueles condutores "não carpooling".

Figura 33 - Análise comparativa do % da distância percorrida acima do limite de velocidade

9 Resultados

Os resultados da **Análise II**, ou seja, aquela que inclui a comparação considerando todos os condutores (usuários e não usuários de aplicativo de carpool), são apresentados graficamente e comentados a seguir.

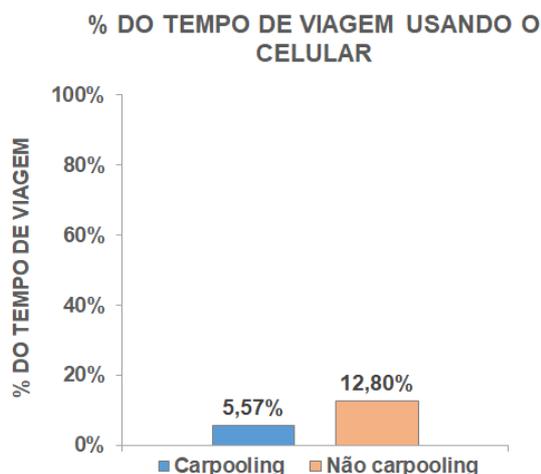


Figura 34 - Análise comparativa do percentual do tempo usando o celular

Conforme indicado na **Figura 34**, o percentual do tempo de viagem usando o celular para os condutores em situação de "carpooling" foi, em média, **5,57%**, enquanto que para os condutores "não carpooling" esse mesmo percentual foi de **12,80%**, ou seja, **130% maior**. Os resultados são **estatisticamente significativos** a um nível de confiança de **99,9%** (teste *Qui-quadrado*).

INTERPRETAÇÃO PRÁTICA:



O tempo médio de uso do celular é mais que o dobro para aqueles condutores "não carpooling"

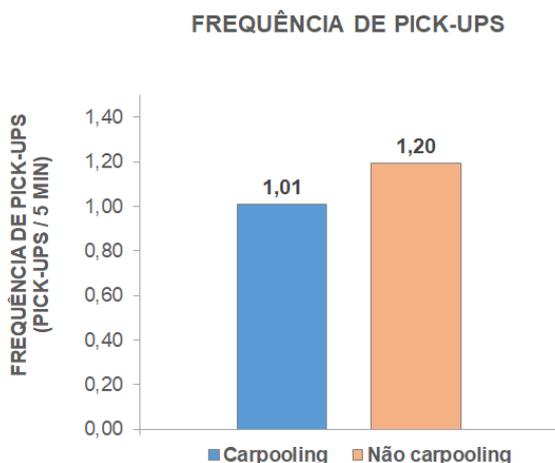


Figura 35 - Análise comparativa da frequência de pick-ups

Conforme indicado na **Figura 35**, a frequência de pick-ups no celular para os condutores em situação de "carpooling" foi, em média, **1,01** pick-up / 5 min, enquanto que para os condutores "não carpooling" essa mesma frequência foi de **1,20** pick-up / 5 min, ou seja, **19% maior**. Os resultados são **estatisticamente significativos** a um nível de confiança de **76,1%** (teste *t de Student*).

INTERPRETAÇÃO PRÁTICA:



A frequência de pick-ups no celular é aproximadamente 20% maior para aqueles condutores "não carpooling"

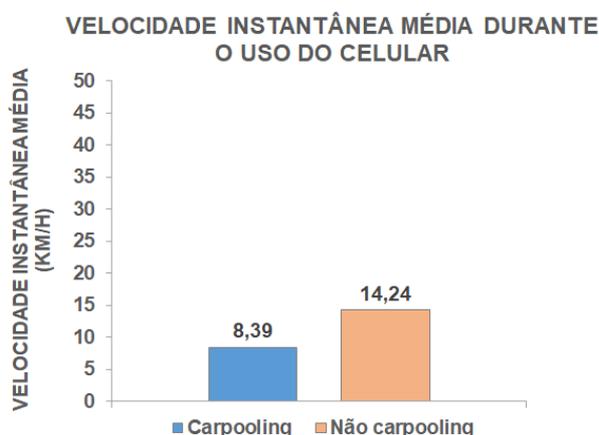


Figura 36 - Análise comparativa da velocidade instantânea média durante o uso do celular

Conforme indicado na **Figura 36**, a velocidade instantânea média durante o uso do celular para os condutores em situação de "carpooling" foi, em média, **8,39** km/h, enquanto que para os condutores "não carpooling" essa mesma velocidade **14,24** km/h, ou seja, **70% maior**. Os resultados são **estatisticamente significativos** a um nível de confiança de **99,9%** (teste *t de Student*).

INTERPRETAÇÃO PRÁTICA:



A velocidade média durante o uso do celular é 70% maior para aqueles condutores "não carpooling"

9 Resultados

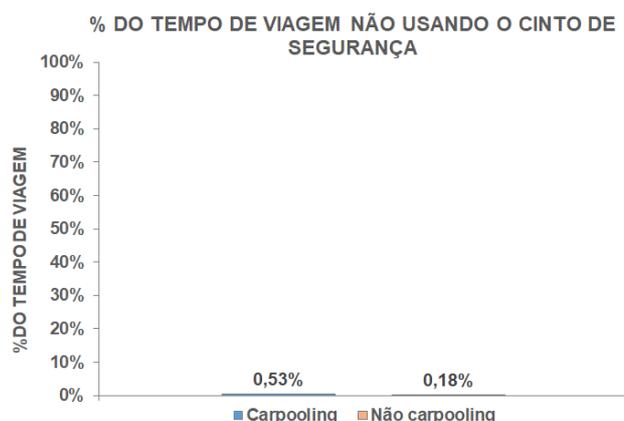


Figura 37 - Análise comparativa do % do tempo não usando o cinto de segurança

Conforme indicado na **Figura 37**, praticamente não foi verificada a incidência do comportamento de não uso do cinto em ambos os grupos.

INTERPRETAÇÃO PRÁTICA:



A incidência do comportamento de risco de não uso do cinto de segurança é insignificante para ambos os grupos.

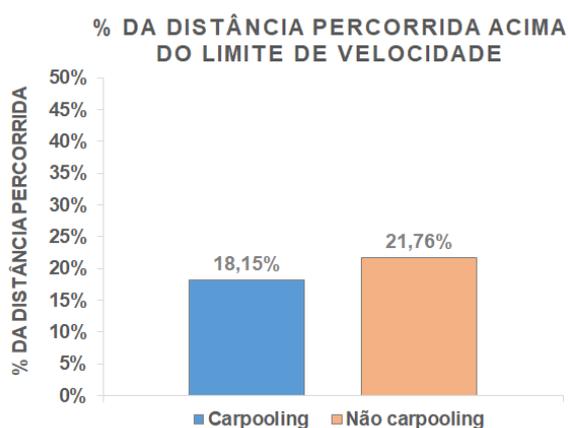


Figura 38 - Análise comparativa do % da distância percorrida acima do limite de velocidade

Conforme indicado na **Figura 38**, o percentual do tempo de viagem acima do limite de velocidade para os condutores em situação de "carpooling" foi, em média, **18,15%**, enquanto que para os condutores "não carpooling" esse mesmo percentual foi de **21,76%**, ou seja, **20% maior**. Os resultados são **estatisticamente significativos** a um nível de confiança de **99,9%** (teste *Qui-quadrado*).

INTERPRETAÇÃO PRÁTICA:



A prática do excesso de velocidade é 20% maior para aqueles condutores "não carpooling".



9 Resultados

DISCUSSÃO

Por meio do **estudo naturalístico de segurança viária** conduzido foi possível cumprir o **objetivo** de investigar a **influência do carpooling** no nível de segurança viária por meio de **cinco indicadores de desempenho**:

- Percentual do tempo usando o celular (%);
- Frequência de pick-ups no celular (pick-ups / 5 min);
- Velocidade instantânea média durante o uso do celular (km/h);
- Percentual do tempo não usando o cinto de segurança (%);
- Percentual da distância percorrida em excesso de velocidade regulamentar (%).

De acordo com a **análise comparativa** geral desses indicadores nas situações "carpooling" e "não carpooling" foi possível observar que **nas situações "não carpooling" os valores dos indicadores são mais elevados**, ou seja, manifestam um **menor nível de segurança nas situações sem carpool**, conforme:

- **Mais que o dobro** para o percentual do tempo usando o celular enquanto dirige;
- **Cerca de 25% maior** para a frequência de pick-ups no celular (pick-ups / 5 min);
- **Cerca de 70% maior** para a velocidade instantânea média durante o uso do celular (km/h);
- **Cerca de 20% maior** para o percentual da distância percorrida com excesso de velocidade (%).

Em média, as situações de "não carpooling" apresentaram indicadores **65% mais altos**, ou seja, que **manifestam um nível de segurança maior nas situações de "carpooling"**, o que confirma a hipótese inicial de que o **carpooling induz o condutor a um modo mais seguro de dirigir**.

No âmbito da **mobilidade urbana sustentável**, o incentivo ao carpooling já é uma medida considerada estratégica, pois contribui para a redução de emissões e necessidade de ocupação do espaço urbano (tanto por meio de uma menor quantidade de veículos nas vias, quanto pela menor demanda por área de estacionamento). A presente pesquisa identificou um **novo viés em relação ao carpooling - a segurança viária**. A **situação de carpooling induziu a comportamentos mais seguros, contribuindo especificamente para reduzir o uso do celular e a prática do excesso de velocidade**. Adicionalmente, a pesquisa quantificou indicadores relacionados a **fatores de risco** na amostra de condutores que apontam para as seguintes afirmações:

- Os condutores utilizaram o celular enquanto conduziam por, em média, **12% do tempo de viagem**, com uma frequência de pick-ups próxima de **1,2 pick-up / 5 min**;
- O uso do celular não se restringiu às situações de velocidade igual a zero, como parado no semáforo vermelho ou parado no congestionamento;
- O limite de velocidade regulamentar é excedido em **21% da extensão dos trajetos**;
- A taxa de utilização do cinto de segurança por parte dos condutores é de praticamente **100%**, demonstrando à obediência a essa regra de trânsito.

Finalmente, considera-se que a **replicação desta pesquisa** em uma amostra de condutores de diferentes locais do Brasil possibilita a extrapolação dos valores dos indicadores de desempenho medidos para toda a população brasileira, incluindo municípios com menor motorização e menor porte. **O cenário de Curitiba (PR) pode ser considerado como representativo para municípios de grande porte e elevada taxa de motorização (> 0,80 veículo / habitante), onde o carpooling tende a ser mais difundido.**