

JULIO DE CARVALHO PONCE

**Estimativa de condutores de veículos automotores sob efeito de
álcool na cidade de São Paulo e comportamento frente à
fiscalização por etilômetros**

SÃO PAULO

2020

JULIO DE CARVALHO PONCE

**Estimativa de condutores de veículos automotores sob efeito
de álcool na cidade de São Paulo e comportamento frente à
fiscalização por etilômetros**

Tese apresentada à Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo para obtenção do título de
Doutor em Ciências

Programa de Saúde Coletiva

Orientador: Prof. Dr. Heráclito Barbosa de Carvalho

Co-orientador: Dr. Gabriel Andreuccetti.

(versão corrigida, Resolução CoPGr 6018/11, de 1 de novembro de 2011. A
versão original está disponível na Biblioteca da FMUSP)

SÃO PAULO

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da

Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Ponce, Julio de Carvalho
Estimativa de condutores de veículos automotores sob
efeito de álcool na cidade de São Paulo e comportamento
frente à fiscalização por etilômetros
/ Julio de Carvalho Ponce. -- São Paulo, 2020.
Tese(doutorado)--Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo.
Programa de Saúde Coletiva.
Orientador: Heraclito Barbosa de Carvalho.
Coorientador: Gabriel Andreuccetti.

Descritores: 1.Etanol 2.Acidentes de trânsito
3.Política pública

USP/FM/DBD-186/20

Responsável: Erinalva da Conceição Batista, CRB-8 6755

AGRADECIMENTOS

Primeiramente aos meus orientadores, Prof. Dr. Heráclito Barbosa de Carvalho, que me acolheu nessa nova empreitada, estimulando novos caminhos para a pesquisa, sempre com valiosas e objetivas sugestões; ao Dr. Gabriel Andreuccetti, de colega de mestrado uma década atrás a co-orientador nessa continuação dos levantamentos daquela época, pelos ensinamentos de como navegar essa etapa da pós-graduação; ao Dr. Hallvard Gjerde, que me deu valiosas dicas (em português, inglês e norueguês) sobre ciência e sobre a vida; e ao Dr. Stig-Tore Bogstrand, com sua gentileza e generosidade em sempre acalmar minhas dúvidas.

À Profa. Dra. Vilma Leyton, que foi crucial não só para minha escolha de carreira, como na continuidade dos meus trabalhos acadêmicos; por ser sempre uma figura de estímulo e de parceria.

À minha irmã, Marcela, pelo apoio, parceria e co-autoria: que mais bate-papos antes do jantar de natal gerem publicações internacionais.

À minha mãe (in memoriam) que me ensinou que o tesouro mais valioso é o conhecimento.

Aos colegas e coletores do Departamento de Medicina Legal, Ética Médica e Medicina Social e do Trabalho da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo: Daniele, Juliana (ambas), Ana Flávia, Mariana (ambas), Henrique, Helena, Malu, Lígia; pela dedicação e empenho em tornar esse projeto possível.

Til Kristian: takk for at du er min. Skal vi ta neste skritt sammen?

Til mine venner på Oslo Universitetssykehus: Benedicte, Armika, Thomas, Håvard, Eline, Marianne, Vigdis, Ragnhild, Galina, Synne, Ruchi, Mette, Elisabeth, Elisabeth, Hilde, Åse Marit, Anja. Takk for `tid for kaffe` og lønningspils

Til mine venner fra Slottskollektivet: Terje, Mie, Jesús og Signe-Hilde. Takk for alt (og for gravøl).

To my dear Musik Bingo friends: Andy, Lily, Silje, Amalie, Cristina, Adrian, Richard. Thanks for keeping me sane (or joining in the insanity) while away from home.

“Flourishing vine, whose kindling clusters glow
Beneath the autumnal sun, none taste of thee;
For thou dost shroud a ruin, and below
The rotting bones of dead antiquity.”

(Percy Bisshe Shelley, 1792 – 1822)

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	1
1. INTRODUÇÃO	2
1.1 <i>Consumo de álcool</i>	2
1.2 <i>Acidentes de trânsito</i>	3
1.3 <i>Legislação de trânsito</i>	5
1.4 <i>Fiscalização de direção sob efeito de álcool</i>	8
1.5 <i>Estimativas de percentual de condutores sob efeito de álcool</i>	10
1.6 <i>Justificativa para o presente estudo</i>	13
2. OBJETIVO	16
2.1. <i>Objetivo geral</i>	16
2.2. <i>Objetivos específicos</i>	16
3. INCLUSÃO DOS ARTIGOS	17
4. MÉTODOS	23
4.1. <i>Objetivo A – Avaliar criticamente a Lei Seca</i>	23
4.2. <i>Objetivo B – acompanhar os índices de direção sob efeito de álcool</i>	23
4.3. <i>Objetivo C – comparar dados de mortes no trânsito por motoristas sob efeito de álcool no Brasil e na Noruega</i>	26
5. RESULTADOS	27
5.1. <i>Objetivo A – Avaliar criticamente a Lei Seca</i>	27
5.2. <i>Objetivo B – acompanhar os índices de direção sob efeito de álcool</i>	27
5.3. <i>Objetivo C – comparar dados de mortes no trânsito por motoristas sob efeito de álcool no Brasil e na Noruega</i>	30
6. ANÁLISE CRÍTICA DOS ARTIGOS	31
6.1. <i>Artigo A - Loaded dice: a game theory analysis of drunk driving laws in Brazil.</i> ..	31
6.2. <i>Artigo B - A five-year evaluation of driver behavior in breathalyzer checkpoints in Sao Paulo</i>	33
6.3. <i>Artigo C - Comparison of traffic data and blood alcohol concentration among fatally injured drivers in Norway and Sao Paulo, Brazil, 2005–2015.</i>	35
6.4. <i>Análise crítica conjunta dos artigos</i>	37
7. CONCLUSÃO	40
BIBLIOGRAFIA	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados de etilômetros de 2015 a 2019 para a capital de São Paulo considerando os níveis de positivo baixo (concentração entre o limite de detecção e 0,3 miligramas de álcool por litro de ar alveolar expirado) e alto (concentração acima de 0,3 miligramas de álcool por litro de ar alveolar expirado).....**p. 10**

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Veículos fiscalizados, autuações e número de veículos fiscalizados necessários para se obter uma autuação no Estado de São Paulo entre 2013 e 2017.....**p.09**
- Figura 2** –Abordagem do condutor e possíveis condutas (em verde, resultado final em que não há punição ao motorista; em amarelo, resultado final em que há multa; em vermelho resultado final em que há possibilidade de prisão)**p.25**
- Figura 3** – Resultados do etilômetro de triagem na cidade de São Paulo nas nove rodadas (2015-2019).....**p.29**
- Figura 4** – Resultados do etilômetro confirmatório (recusas, resultados abaixo do limite de detecção (LOD), positivos baixos, positivos altos e porcentagem de recusas dentre aqueles selecionados para o etilômetro confirmatório) na cidade de São Paulo.....**p.29**

LISTA DE ABREVIATURAS

BIGRS – Bloomberg Initiative Global for Road Safety

CTB – Código de Trânsito Brasileiro

DETRAN – Departamento Estadual de Trânsito

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

OMS – Organização Mundial da Saúde

PIB – Produto Interno Bruto

SUS – Sistema Único de Saúde

RESUMO

Ponce JC. *Estimativa de condutores de veículos automotores sob efeito de álcool na cidade de São Paulo e comportamento frente à fiscalização por etilômetros*. [tese] São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, 2020.

Introdução: Acidentes de trânsito são responsáveis por mais de 30 mil mortes por ano no Brasil. A fiscalização adequada, usando dos preceitos da teoria de dissuasão – celeridade, rigidez e certeza da punição – é fortemente associada à redução de acidentes de trânsito relacionados ao álcool, bem como números de vítimas fatais. A legislação brasileira, em sua forma atual, permite ao motorista a recusa à submissão ao teste de etilômetro, com punições iguais ao nível da menor punição para direção sob efeito de álcool (resultado positivo porém abaixo de 0,6 g/L de sangue). **Objetivos:** a) análise crítica da Lei Seca; b) avaliar o comportamento de motoristas na cidade de São Paulo frente à fiscalização de etilômetros entre os anos de 2015 e 2019; c) comparar mortes sob efeito de álcool no Brasil e Noruega em um período de dez anos. **Método:** a) aplicação de teoria de jogos e árvore de decisão; b) coleta de dados observacionais através de formulários padronizados em fiscalizações de etilômetro da Operação Direção Segura entre 2015 e 2019; c) comparação de bases de dados oficiais sobre mortes no trânsito em São Paulo e na Noruega. **Resultados:** A atual legislação está em desequilíbrio econômico, e o infrator que recusa o etilômetro tem menor impacto financeiro. Durante os cinco anos, 13.625 motoristas foram incluídos no estudo. A proporção de positivos confirmados foi de 1,6% [IC95% 1.3%-1.9%], com 8,8% [IC95% 8,3% - 9,3%] recusando o etilômetro. Os níveis de supostos positivos (a somatória de positivos confirmados e suspeitos) permaneceram entre 9,5% e 12,2% até o segundo semestre de 2017, quando caíram para 5,6%, subindo novamente para o último período (segundo semestre de 2019). A prevalência de motoristas mortos sob efeito de álcool em São Paulo caiu, mas permaneceu superior à da Noruega para todo o período. **Conclusões:** O comportamento dos motoristas variou ao longo dos cinco anos de estudo, com os resultados equivalentes ao acima de 0,6 gramas de álcool por litro de sangue (i.e. com concentração passível de prisão) caindo a zero. Ao final do estudo, nove em cada dez motoristas, dentre aqueles com suspeita de consumo de etanol, recusaram o etilômetro confirmatório, apesar do aumento de fiscalização em números absolutos. Isso parece apontar para uma mudança de eficácia da lei ao fim do período de estudo.

Descritores: Etanol; Acidentes de trânsito; Política pública.

ABSTRACT

Ponce JC. *Estimate of drivers under the influence of alcohol in the city of São Paulo and behaviour regarding breathalyzers.*[thesis] São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, 2020.

Introduction: Traffic crashes are responsible for over 30 thousand deaths yearly in Brazil. Adequate enforcement of laws, using the doctrine of deterrence theory – speed, severity and certainty of penalties – is strongly associated with alcohol-related traffic crashes reduction, as well as the number of fatal victims. Brazilian legislation, in its current version, allows the driver to refuse submitting to a breathalyzer test, with similar punishment as the lower levels of driving under the influence of alcohol. **Objectives:** a) to perform a critical analysis of the Breathalyzer laws in Brazil; b) To evaluate drivers' behavior in the city of Sao Paulo when faced with breathalyzer checkpoints between 2015 and 2019; c) to compare deaths under the influence of alcohol in Sao Paulo and Norway. **Method:** a) application of game theory and decision tree analysis; b)observational data collection through standard forms in breathalyzer checkpoints of the Safe Driving Operation between 2015 and 2019; c) comparison of official databases on traffic deaths in Sao Paulo and Norway. **Results:** The current legislation is out of economic balance, because the driver who refuses can get a lower financial penalty. Along the five years, 13.625 drivers were included in the study. The proportion of confirmed positives was 1.6% [CI 95% 1.3%-1.9%] with 8.8% [CI95% 8.3%-9.3%] refusing the breathalyzer. Levels of possible positives (the sum of confirmed positives and suspected positives) remained between 9.5% and 12.2% until the second semester of 2017, when the proportion fell to 5.6% before rising again for the last collection period (second semester of 2019). The prevalence of drivers killed under the influence of alcohol fell in São Paulo, but remained higher than for Norway, throughout the entire period. **Conclusions:** Drivers' behavior fluctuated in the five years of the present study, with the number of high positives (i.e. with a high enough concentration for possible prison time) falling to zero. At the end of the study period, nine out of ten drivers, among those suspected of driving under the influence of alcohol, refused the confirmatory breathalyzer, although there was an increase in enforcement in absolute number. This might point to a change in the effectiveness of the law at the end of the period.

Descriptors: ethanol, traffic accidents, public policy

APRESENTAÇÃO

Quando da finalização da versão final desse texto, o mundo atravessa uma de suas maiores crises sanitárias da história após as grandes guerras mundiais. Na data da revisão desse texto (8 de agosto de 2020) já somamos mais de 100.000 mortes por infecções de SARS-CoV-2, segundo as estatísticas oficiais do Ministério da Saúde, ao longo de pouco menos de 5 meses.

Nesse momento de incerteza, é crucial nos apoiarmos na ciência e nas políticas públicas baseadas em evidências. Os dados aqui contidos podem auxiliar nesse objetivo.

Passado esse momento idiossincrático, permaneceremos com os desafios de reduzir as mortes por causas externas. Sob essa ótica, a presente tese conta com um breve apanhado introdutório sobre álcool, legislação de trânsito, acidentes de trânsito, fiscalização e levantamentos anteriores.

Foi selecionado o modelo de compilado de artigos, em um total de três: o primeiro com uma análise crítica utilizando teoria de jogos e avaliação econômica para estabelecer o equilíbrio das atuais leis relativas à aplicação de etilômetros em motoristas; o segundo com a comparação de dados de mortes por acidentes de trânsito relacionados ao álcool em São Paulo e na Noruega no período entre 2005 e 2015; e o terceiro com a análise de cinco anos de dados de aplicação de etilômetros na cidade de São Paulo. Os artigos são discutidos de forma crítica, em separado e, posteriormente, em um apanhado conjunto.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Consumo de álcool

O álcool etílico é a droga psicoativa mais comumente consumida no mundo, obtido pelos processos de fermentação de açúcares presentes em frutas e grãos, como produto do metabolismo de leveduras. A maior parte das leveduras utilizadas para produção de bebidas alcoólicas faz parte do gênero *Saccharomyces*, do latim para “fungo do açúcar” (Anthony, 2009; McGee, 2004).

Estima-se que, mundialmente, existam 2.3 bilhões de consumidores de álcool (43% da população) acima de 15 anos de idade. Dos demais 3.1 bilhões de pessoas nessa faixa etária, 2.4 bilhões (ou 44.5% da população mundial) nunca consumiram álcool. As porcentagens de atuais consumidores são maiores do que a média mundial na região da Europa (59.9%) , Américas (54.1%) e Pacífico Oeste (53.8%) (WHO, 2018).

Para o Brasil, a porcentagem de abstêmios nos 12 meses anteriores ao levantamento era de 59,7% para a população acima de 15 anos, com proporções maiores para mulheres (72.7%) do que para homens (46.0%), em 2018 (WHO, 2018). Esses valores são maiores do que os apontados para 2014, com 42.3% de abstêmios em geral, 53.2% para mulheres e 30.7% para homens (WHO, 2014).

O levantamento nacional mais recente acerca do consumo de álcool pela população brasileira de 12 a 65 anos indica que em 2015, 66,4% dos integrantes dessa faixa etária haviam consumido álcool alguma vez na vida, 43,1% haviam feito consumo nos últimos 12 meses, 30,1% no mês anterior e 16, 5% em padrão de consumo excessivo (*binge drinking*) (Bastos et. al, 2017). A diferença na metodologia de coleta e

análise não permite uma comparação direta, mas os levantamentos anteriores, de 2006 e 2012 apontam 52% e 50% de bebedores nos 12 meses anteriores (Laranjeira, 2014). Guardadas as diferenças metodológicas, parece haver uma tendência de queda no número de consumidores atuais de bebidas alcoólicas.

1.2 Acidentes de trânsito

Os acidentes de trânsito são responsáveis pela morte de 1,2 milhão de pessoas anualmente, e são de especial impacto para os países de média e baixa renda (dentre os quais o Brasil), com perdas que podem chegar a 5% do PIB (Produto Interno Bruto). Mesmo se considerados todos os países, as perdas econômicas são estimadas em 3% do PIB mundial, algo em torno de 3,81 trilhões de dólares (CIA World Factbook, 2015). Além disso, 50 milhões de ferimentos não letais são registrados a cada ano. Mundialmente, esses acidentes são a principal causa de morte de jovens dos 15 aos 29 anos, e são a nona causa de morte se consideradas todas as faixas etárias (OMS, 2016).

No Brasil, os acidentes de trânsito atualmente são responsáveis por mais de 30 mil mortes ao ano. Apesar de este número parecer estar em declínio (atingindo 38.265 em 2016, 36.430 em 2017 e 33.625 em 2018, último ano com dados disponíveis), o Brasil ainda é destaque negativo se considerarmos a taxa de mortes por 100 mil habitantes (23,4 pela estimativa da OMS; 18,5 pelos dados de mortes do DATASUS e estimativa de população do IBGE). Deve-se, ainda, ressaltar que os valores apontados no DATASUS são, na avaliação da OMS, não plenamente confiáveis, devendo haver ajuste sobre esse número da estimativa de casos não relatados, ou casos em que tenha havido morte do indivíduo em decorrência do acidente, em até 30 dias depois do evento,

mas que não tenham sido consideradas nas estatísticas oficiais. Em contraste com o que ocorre nos Estados Unidos e países pertencentes à União Europeia, o Brasil apresentou aumento na taxa de acidentes por 100 mil habitantes no final da década passada (Leyton e Ponce, 2016).

Mesmo em vista da possível retração no número absoluto de vítimas fatais no trânsito, o número de internações no SUS (Sistema Único de Saúde) por acidentes de trânsito tem aumentado desde 2008, atingindo 210.473 internados em 2017 (DATASUS, 2018). Isso pode, possivelmente, se dever a uma redução da gravidade dos acidentes. No entanto, é importante considerar o impacto econômico dessas internações, não apenas no sistema público de saúde como também na queda de produtividade, e sequelas resultantes do acidente. Nessa vertente, o IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada), avaliando vítimas em rodovias federais, estimou os custos totais em 12,3 bilhões de reais aos cofres públicos. Importante destacar, no entanto, que, por se tratar de estudos em um tipo específico de via, foram incluídos cerca de um quarto das vítimas fatais, sendo o valor total de custo certamente maior do que o apontado no estudo (IPEA, 2015).

É importante ressaltar que, em sua imensa maioria, os acidentes de trânsito são preveníveis e evitáveis. Iniciativas como melhor engenharia de planejamento de estradas, redução de velocidades máximas, leis rígidas e bem fiscalizadas para coibir comportamentos de risco no trânsito e desenvolvimento de carros com melhores condições gerais de segurança são comprovadamente eficazes na redução de mortes e ferimentos na condução de veículos (OMS, 2016).

Entendendo que há a necessidade, para o desenvolvimento sustentável dos países, de redução dessas mortes preveníveis, a Organização das Nações Unidas

aprovou em uma resolução de sua Assembléia Geral em 2010, a Década de Ação pela Segurança no Trânsito 2011-2020 (“Decade of Action for Road Safety 2011-2020”). O programa teve início em 11 de maio de 2011, com o objetivo expresso de evitar 5 milhões de mortes e prevenir 50 milhões de feridos graves, ou ainda, reduzir em 50% as taxas de mortalidade por 100 mil habitantes nos países participantes (WHO, 2011; WHO, 2015).

Dentre as causas principais de acidentes de trânsito podemos ressaltar fatores humanos, mecânicos e de infra-estrutura. Dentre os fatores humanos, destacam-se a formação do condutor, a atenção, a imprudência e o uso de substâncias psicoativas; dentre os fatores mecânicos, destacam-se o estado de conservação do veículo e as evoluções de engenharia da carroceria; dentre os fatores de infra-estrutura destacam-se a velocidade máxima permitida na via, o desenho da via e condições gerais do asfalto (Ma et al, 2019).

1.3 Legislação de trânsito

Em setembro de 1997 foi promulgado o primeiro Código de Trânsito Brasileiro (CTB), um compêndio legislativo criado para agrupar as obrigações dos motoristas e definir as infrações e crimes do condutor. Dentre os artigos introduzidos estava aquele que versava sobre condução sob efeito de álcool, determinando punições para condutores que conduzissem veículos com alcoolemia (concentração sanguínea de etanol) igual ou superior a 0,6 g/L (gramas de etanol por litro de sangue) (República Federativa do Brasil, 1997).

Em 2008, tendo a taxa de mortalidade por acidentes de trânsito estagnado em volta de 20 mortes por 100 mil habitantes (Bachieri & Barros, 2011), foi promulgada a Lei 11.705, em 19 de junho de 2008, estabelecendo dois níveis de punição para o condutor sob efeito de álcool. Aquele que apresentasse alcoolemia positiva, porém inferior a 0,6 g/L, considerada uma infração gravíssima, receberia como punição uma multa (multiplicada por um fator de cinco), sete pontos na carteira e suspensão da mesma por 12 meses; o condutor que apresentasse alcoolemia igual ou superior a 0,6 g/L sofreria, além das punições do nível inferior, detenção de seis meses a três anos e cancelamento da carteira (Republica Federativa do Brasil, 2008).

Essa lei foi revista e atualizada em 2012 através da Lei 12.760, para contemplar uma multa multiplicada por um fator de 10, com multa em dobro em caso de reincidência dentro de doze meses (República Federativa do Brasil, 2012). Em 2014, o CTB foi novamente atualizado pela Lei 12.971, com o intuito de incluir o exame toxicológico para identificar substâncias diversas do etanol nos condutores (República Federativa do Brasil, 2014). Em mais uma atualização em 2016, através da Lei 13.281, foram incluídos no CTB diversos artigos, dentre os quais o artigo 165-A, prevendo a possibilidade de recusa de se submeter ao etilômetro, porém com as mesmas punições da infração, ou seja, multa gravíssima multiplicada por 10, sete pontos na carteira e suspensão da carteira por 12 meses (República Federativa do Brasil, 2016). Tal previsão já existia antes no parágrafo 3º do artigo 277, que foi devidamente atualizado após a introdução do artigo 165-A.

Importante ressaltar que a letra atual da lei permite a identificação do condutor embriagado, nos termos do artigo 306 por três maneiras: alcoolemia direta no sangue; alcoolemia indireta pela mensuração da concentração de etanol no ar alveolar; sinais

característicos que indiquem alteração da capacidade psicomotora. A avaliação da embriaguez pela mensuração direta da concentração de etanol no sangue do condutor (alcoolemia), realizada costumeiramente pela coleta de sangue por punção venosa em postos médico-legais ou postos de saúde, deve ser sempre acompanhada por policiais para a garantia da cadeia de custódia. A forma usual de mensuração se faz pela cromatografia gasosa, com separação pelo método de *headspace*. Tal método se baseia no baixo ponto de ebulição do etanol. Uma alíquota do sangue, juntamente com um padrão interno (de baixo ponto de ebulição também), é aquecida a cerca de 70° C, e uma amostra do gás sobre a amostra (contendo o etanol e o padrão interno) é analisado pelo cromatógrafo.

A avaliação da alcoolemia pela mensuração da concentração de etanol no ar alveolar expirado deve seguir o procedimento adequado. A coleta do ar deve ser feita por expiração continuada, em volume suficiente para que a concentração de álcool do ar alveolar, ou seja, aquele no interior dos pulmões e que represente correlação com a concentração sanguínea, seja mensurada (Jones, 1990). Há quatro tipos principais de medidores de álcool em ar alveolar expirado: Modelos com semicondutores (*breathalyzers*); Modelos com células de combustível (*alcosensors*); Modelos com espectroscopia infravermelho (*intoxilyzers*) e modelos de cromatografia a gás (*intoximeters*).

O primeiro modelo se baseia na redução de dicromato de potássio na presença de álcoois, sendo inespecífico para etanol; o segundo modelo se baseia na capacidade do etanol de ser oxidado a ácido acético e conduzir corrente entre dois eletrodos de platina. Os medidores de espectroscopia por infravermelho se baseiam na absorção de comprimentos de onda específicos para o etanol, já considerados mais confirmatórios. A

medição baseado em cromatografia gasosa tem como pressuposto a interação diferencial do etanol com o gás carreador e com a coluna de separação, podendo ser sua identidade atrelada ao tempo de retenção no aparelho (Win, 2006).

Outra forma de fiscalização possível do uso de etanol é através de sinais característicos de alteração da capacidade psicomotora. Tais sinais (fala incoerente, andar cambaleante, olhos desfocados, e odor de álcool) são 8 vezes mais comuns em pessoas com alcoolemia acima de 0,05 miligramas de álcool por litro de ar alveolar expirado (o equivalente à infração de trânsito), e 30 vezes mais prevalente em indivíduos com níveis acima de 0,34 miligramas de álcool por litro de ar alveolar expirado (o equivalente ao crime de trânsito) (Erbella et al, 2020).

A mesma lei que trouxe a atualização do artigo 165-A trouxe novos valores para as multas. Infrações de natureza gravíssima passaram a ser punidas com multa de valor de R\$ 293,47. Considerado o valor multiplicativo por 10, a multa para a infração de dirigir embriagado com concentração abaixo de 0,6 g/L ou de recusar a se submeter ao etilômetro está em R\$ 2934,70 (valores de julho de 2018). Como será explicitado em outra seção deste estudo, o equilíbrio econômico aponta como vantajoso se recusar a soprar o etilômetro, no caso de indivíduo embriagado.

1.4 Fiscalização de direção sob efeito de álcool

Regionalmente, com o intuito de “redução de acidentes de trânsito com vítimas, em especial aqueles provocados por condutores que dirigem sob a influência de álcool ou de qualquer outra substância psicoativa que determine dependência”, o governador do Estado de São Paulo promulgou o decreto estadual 58.881 em 8 de fevereiro de 2013

instituindo o programa “Direção Segura”, integrando as Polícias Militar, Civil, Técnico-Científica e o Departamento Estadual de Trânsito (DETRAN) (Estado de São Paulo, 2013). No âmbito deste programa, houve um sensível aumento no número de veículos fiscalizados (12746 em 2013 para 78009 em 2017) e no número absoluto de autuações por embriaguez ao volante (1226 em 2013 para 5179 em 2017). O número de operações também teve crescimento expressivo, de 67 em 2013 para 280 em 2017, com redução da porcentagem de autuados (9,6% ou 1 autuado a cada 10,3 fiscalizações em 2013 para 6,6% ou 1 autuado a cada 15 fiscalizações) (Figura 1) (Portal do Governo, 2018).

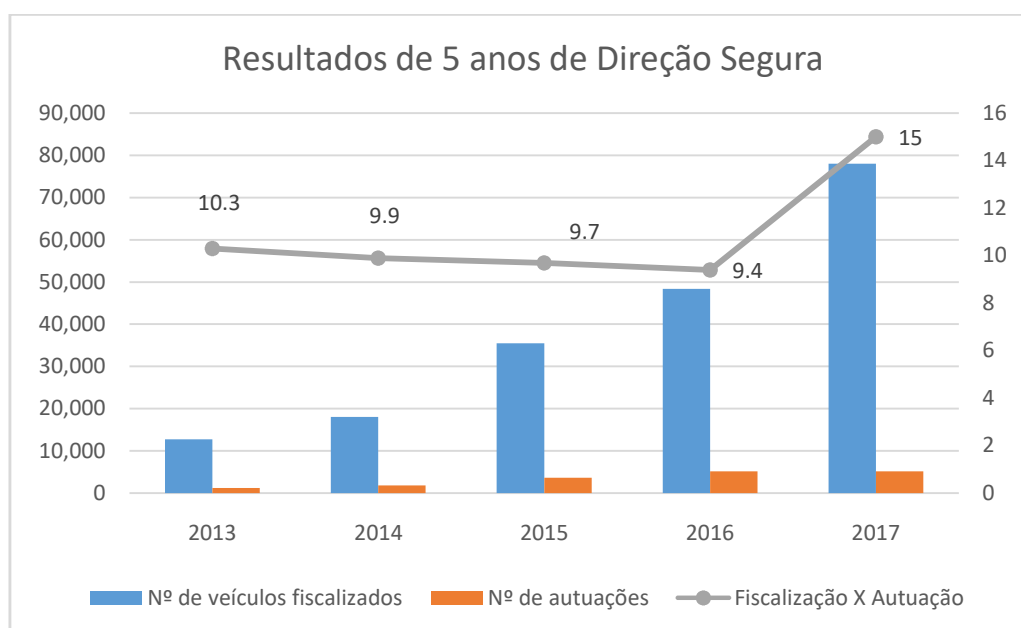


Figura 1 – Veículos fiscalizados, autuações e número necessário de veículos fiscalizados para se obter uma autuação no Estado de São Paulo entre 2013 e 2017 (fonte: Portal do Governo)

Através da solicitação de dados pela Lei de Acesso à Informação ao Governo do Estado de São Paulo, foram obtidos dados relativos à aplicação de etilômetros confirmatórios. Houve um aumento considerável no número de testes de etilômetro entre 2015 e 2019, de 37.937 no segundo semestre do ano inicial, para 202.979 ao final

do período, um aumento de 435%. Para o início do período foram necessárias 9,5 fiscalizações para cada confirmação de positivo, com 14 vezes mais positivos altos (enquadrados no artigo 306) do que positivos baixos (enquadrados no artigo 165). No último período registrado, foram necessárias 140,9 fiscalizações para cada positivo, com 5 vezes mais positivos altos do que baixos (Tabela 1).

Em relação ao total de fiscalizações, a porcentagem de recusas permaneceu, no período, dentro da faixa de 6,69% e 9,88%. Contudo, a porcentagem relativa de positivos potenciais (a somatória de positivos confirmados e recusas) variou de 19,41% para 8,27% (Tabela 2).

Tabela 1 – Dados de etilômetros de 2015 a 2019 para a capital de São Paulo, considerando os níveis de positivo baixo (concentração entre o limite de detecção e 0,3 miligramas de álcool por litro de ar alveolar expirado) e alto (concentração acima de 0,3 miligramas de álcool por litro de ar alveolar expirado) (fonte: Polícia Militar do Estado de São Paulo)

	2o sem 2015	1o sem 2016	2o sem 2016	1o sem 2017	2o sem 2017	1o sem 2018	2o sem 2018	1o sem 2019	2o sem 2019	Total
Testes	37,937	78,538	83,453	89,130	106,722	108,545	109,509	189,777	202,979	1,006,590
Positivo Baixo	0.67%	0.22%	0.14%	0.36%	0.28%	0.22%	0.19%	0.14%	0.12%	0.21%
Positivo Alto	9.86%	3.82%	2.62%	2.68%	1.75%	1.59%	1.14%	0.71%	0.59%	1.86%
Recusas	8.88%	8.94%	6.69%	9.88%	8.83%	8.34%	8.04%	6.87%	7.56%	7.99%
Positivos*	10.53%	4.05%	2.75%	3.04%	2.04%	1.81%	1.33%	0.84%	0.71%	2.07%
Positivos potenciais**	19.41%	12.99%	9.45%	12.93%	10.87%	10.15%	9.37%	7.71%	8.27%	10.06%

*Positivo = todos os casos com resultados positivos para álcool em qualquer concentração acima do limite de detecção

**positivos potenciais = positivos confirmados + recusas

1.5 Estimativas de percentual de condutores sob efeito de álcool

Estimativas de acidentes de trânsito com participação do consumo de bebidas alcoólicas colocam este comportamento como um dos responsáveis por altas taxas de letalidade. Estudo realizado com resultados de exames toxicológicos realizados pelo

Núcleo de Toxicologia Forense do Instituto Médico Legal nas vítimas fatais de acidentes de trânsito em São Paulo em 2005 apontou que 55,8% dos motoristas apresentou alcoolemia positiva (Ponce, 2011). Outro estudo, realizado no Espírito Santo, apontou 44,8% de positividade para álcool e outras drogas em vítimas fatais em acidentes de trânsito em 2011-2012, com 36,1% de positividade para etanol (Pelicaio, 2016). Em um estudo realizado em salas de emergência em Porto Alegre, observou-se que vítimas de lesões traumáticas no trânsito apresentaram 7,8% de positividade para motoristas e 9,2% para pedestres. Estar voltando de uma festa ou bar foi indicado como fator de risco para sofrer ou causar um acidente de trânsito sob efeito de álcool (DeBoni, 2011).

Estudos sobre mortes em acidentes de trânsito no Brasil indicam que de 32 a 56% dos motoristas que sofrem ferimentos fatais estavam sob efeito de alguma concentração de álcool no momento do acidente (Modelli, 2008; Stampe, 2010; Ponce, 2011). A maior parte destes estudos é realizada com dados de instituições oficiais de investigação sobre os acidentes, em especial os Institutos Médico-Legais. Há outra abordagem de interesse, quando se quer estimar o número de pessoas sob efeito de álcool, que envolve a coleta de informações e resultados toxicológicos, em conjunto ou não com as forças policiais. Estimativas brasileiras, em estudo realizados nas vinte e sete capitais, indicam que 4,2% dos motoristas que trafegam em zonas urbanas, entre meia noite e meio dia das sextas e sábados, estão sob efeito de alguma concentração de álcool (Pechansky, 2012).

Um estudo de 2014, combinando relatos e testes de etilômetro em Curitiba indicaram que enquanto 8,3% dos motoristas assumiram estar dirigindo após consumir bebidas alcoólicas, somente 2,7% puderam ser confirmados no etilômetro, devido a uma

alta porcentagem de recusas (54%) (Aguilera, 2014). Resultados similares foram observados em duas outras capitais (Palmas e Teresina), com taxas de recusa de 37,3% e 40,2% , respectivamente (Sousa, 2013).

O comportamento de beber e dirigir, mesmo após o endurecimento das leis, parece continuar, apesar de uma considerável parcela da população entender ser necessário punir a infração. Em estudo com amostra representativa da população brasileira, pesquisadores indicaram que 34,7% dos respondentes praticam a direção após consumir bebidas alcoólicas (42,5% para homens, 9,2% para mulheres), ainda que 73,5% apoie punições aos infratores (Pechansky, 2009). Tal comportamento parece, em uma primeira avaliação, ter tido redução após a introdução da lei seca de 2008, com 27% dos motoristas com resultados superiores a 0,2 g/l em 2007, e 11% de positivos em 2009. No entanto, houve aumento sensível de recusas, de 6,0% para 8,2%, possivelmente indicando que apesar da lei ter efeito de redução de motorista sob efeito de álcool, há um efeito residual de recusa, entre indivíduos potencialmente positivos para álcool (Campos, 2013).

Na cidade e no estado de São Paulo, foi notada uma sensível redução de mortes no trânsito, e de feridos, na comparação entre os períodos de antes e depois da lei de 2008 (Andreuccetti, 2011). Importante ressaltar que tal resultado positivo deve ser avaliado com parcimônia: estudo em hospitais universitários que realizam correção cirúrgica de traumatismo craniofacial, apesar de apontar uma redução de 22,4% no número absoluto de procedimentos nos três anos após a lei (em comparação com os três anos anteriores), apontou um aumento da porcentagem de indivíduos alcoolizados nesse universo, de 15,4% para 18,9% (Martins et al, 2013).

Resultado similar havia sido observado quando da introdução no novo Código de Trânsito Brasileiro (CTB) em 1997, quando o número de acidentes reduziu em 21,3% e o número de mortes no local do acidente (indicativos da gravidade dos mesmos) em 24,7%, com redução ainda em atendimentos em pronto-socorros, de 33,2% (Figueiredo et al, 2001). Estudo com motociclistas também indicou redução de acidentes e de evidências de consumo de álcool no período pré e pós introdução do CTB (Liberattiet. al., 2001).

A Iniciativa Bloomberg para Segurança Viária Global (do inglês *Bloomberg Initiative for Global Road Safety –BIGRS*) iniciou-se em 2015, com o objetivo de analisar o custo de ferimentos fatais e não fatais associados a acidente de trânsito. Foram selecionadas dez cidades em nove países (Accra em Gana; Addis Ababa na Etiópia; Bandung na Indonésia; Bangkok na Tailândia; Bogotá na Colômbia; Fortaleza no Brasil; Ho Chi Minh no Vietnã; Mumbai na Índia; São Paulo no Brasil; e Shanghai na China), focados em países de renda média e baixa nos quais estão concentradas as mortes por acidentes.

1.6 *Justificativa para o presente estudo*

As estimativas de condução veicular sob efeito de álcool costumeiramente se baseiam em auto-relato (Pechansky, 2009; Pechansky, 2012), em estudos realizados em departamentos de pronto-socorro e emergência (Figueiredo et al, 2001; Liberatti et al, 2011; DeBoni et al, 2011; Korcha et al, 2013; Martins et al, 2013), avaliação de dados policiais ou coletas de motoristas selecionados aleatoriamente para aplicação de etilômetros (Andreuccetti et al, 2011; Campos et al, 2013), com dados de vítimas fatais

em ocorrências de trânsito (Ponce et al, 2011), ou com abordagens mistas (Tanara et al, 2013). Há diferenças nas interpretações dos resultados, que podem sofrer de viés de auto-relato, com o indivíduo querer parecer mais aderente às normas sociais, ainda que o questionário seja anônimo (Rosenman et al 2014); por viés de seleção das ocorrências, ou seja, avaliação apenas daquelas com ferimentos graves o bastante para requererem atendimento, mas não graves o bastante para causar óbitos; ou por dados incompletos em registros policiais.

Para avaliações com uso de etilômetros, há a possibilidade de evitar fiscalização e punição através de aplicativos de controle de trânsito (Graaf, 2018). No entanto, há ao mesmo tempo uma tendência de uso de aplicativos de compartilhamento de corridas, que podem resultar em queda na direção sob efeito de álcool. Kirk e Brazil não encontraram diminuição, nos cinco anos posteriores à introdução de dois aplicativos de compartilhamento de corridas (Uber & Lyft), no número de mortes em acidentes de trânsito (Brazil, Kirk, 2016). No entanto, em estudo posterior focado apenas no estado da Califórnia, Greenwood e Watal indicaram efeito de redução de 3,6 a 5,6% em mortes relacionadas ao álcool no trânsito por trimestre, indicando uma possível mudança de comportamento (que possivelmente se reflete em menores taxas de direção sob efeito de álcool). (Greenwood, Watal, 2007). Por conta da instalação do serviço em junho de 2014 em São Paulo, com a chegada do Uber, ser anterior a 2015, o presente trabalho não avalia essas diferenças especificamente.

É importante estabelecer também as evoluções de comportamento do motorista em relação à lei vigente, em especial face à consolidação da recusa em submissão ao teste de etilômetro, já prevista em versões anteriores do Código de Trânsito Brasileiro. Com a promulgação da lei 13.281 em 2016, a recusa recebeu artigo próprio (165-A),

com punição igual ao de dirigir com concentração abaixo de 0,6 gramas de álcool por litro de sangue.

Outros países, com histórico de combate às mortes no trânsito, podem servir de modelo dos passos a serem tomados para reduzir o número de vítimas no Brasil. Dessa forma, optou-se pela comparação dos dados de mortes no trânsito relacionadas a álcool entre São Paulo e a Noruega, o primeiro país a estabelecer um nível máximo permitido para a condução em 1936, e que foi capaz de reduzir sua taxa de mortos por acidentes de trânsito de 14,5 nos anos 70 para 2 em 2017 (Ponce et al, 2019).

Dessa forma, é importante avaliar a interação do motorista com a legislação vigente no âmbito da fiscalização por meio de etilômetros, para estimar a porcentagem de motoristas que dirigem em desacordo com a lei, e aqueles que se recusam à essa fiscalização de seus níveis de etanol.

2. OBJETIVO

2.1. *Objetivo geral*

Analisar o atual conjunto de leis referentes à direção sob efeito de álcool no Brasil, bem como interpretar possíveis pontos fracos da legislação e de que forma tais pontos podem influenciar o comportamento do motorista ao longo do tempo.

2.2. *Objetivos específicos*

- a) avaliar criticamente a Lei Seca, do ponto de vista de equilíbrio econômico;
- b) acompanhar os índices de direção sob efeito de álcool ao longo de 5 anos (2015-2019);
- c) comparar os dados de mortes no trânsito sob efeito de álcool no Brasil e na Noruega, dentro de um período de 10 anos (2005 e 2015).

3. INCLUSÃO DOS ARTIGOS

Artigos científicos componentes à tese:

Para fins de manter a padronização estabelecida para a tese, estes serão apresentados na ordem dos objetivos, não de publicação.

A. Referência: Ponce JC ,Kawauti MCP , Andreuccetti G , Carvalho HB. 2018. Loaded dice: a game theory analysis of drunk driving laws in Brazil. *Traffic Inj Prev.*19:794–8

Revista: *Traffic Injury Prevention* (fator de Impacto: 1.413) 2018, Volume 19, Issue 8 , 794-798.

DOI: 10.1080/15389588.2018.1512748(Anexo A – manuscrito como aceito, com autorização do editor da revista)

Título: *Loaded dice: a game theory analysis of drunk driving laws in Brazil.*

Autores: **Julio de Carvalho Ponce;** Marcela de Carvalho Ponce Kawauti, Gabriel Andreuccetti, Heráclito Barbosa de Carvalho.

Resumo:

Objective: The aim of the study was to evaluate whether the current legislation would encourage drunk drivers to refrain from taking the breathalyzer and thus avoid jail time.

Method: Brazilian traffic laws currently have three possible punishments for drivers suspected of driving under the influence: a fine and suspension of license for 12 months if the breathalyzer result is under 0.3 mg/L (by law; a result up to 0.33 mg/l would receive the same punishment due to a later regulatory document), but positive; the same punishment for refusals; and up to three years of jail time and cancellation of the license

if over 0.3 mg/L. Analysis was done using decision tree analysis, as well as game theory to evaluate the rational choice for drunk drivers according to possible financial loss. Results: The authors have found that the rational choice, for a drunk driver, is not taking the breathalyzer test, to avoid the heavier penalties. This, in turn, contributes to the inefficacy of the law. Conclusion: The authors have also calculated that the fine for refusing should be around 2.5 times higher so that the economic equilibrium would shift towards encouraging the driver to take the test. This should also be accompanied by other nudges to promote safe behavior in driving.

B. Em submissão (Anexo B – manuscrito em sua versão atual)

A five-year evaluation of driver behavior in breathalyzer checkpoints in Sao Paulo

Autores: Julio de Carvalho Ponce, Gabriel Andreuccetti, Vilma Leyton, Heráclito Barbosa Carvalho, Daniele Mayumi Sinagawa, Henrique Silva Bombana, Andres Ignacio Vecino-Ortiz, Abdulgafoor M Bachani

Resumo:

Objective: Road traffic crashes are responsible for over 30,000 deaths in Brazil every year. One of the main strategies to reduce road injuries is to increase enforcement, especially regarding driving under the influence of alcohol. For that specific intervention, the use of breathalyzers and checkpoint is closely associated with reduction in crashes and fatalities. The aim of the present study was to evaluate driver behavior in breathalyzer checkpoint over a 5-year period in the city of Sao Paulo. Methods: Observational data collection in Military Police checkpoints from 2015 to 2019 in the city of Sao Paulo. Results: Overall, 13,625 drivers were stopped. The overall percentage of confirmed positives was 1.6% [IC95% 1.3%-1.9%], with 8.8% [IC95% 8.3%-9.3%] refusing the breathalyzer. Levels of suspected positives (confirmed positives plus refusals) ranged from 9.5% to 12.2%, until the 5th round (second semester of 2017), when suspected positives dropped reaching as low as 5.6%, before increasing again for the last round (second semester of 2019). Conclusions: Driver behavior changed over the five-year period, with high positives dropping to zero, and refusals for the confirmatory breathalyzer increasing. Nearly nine in ten suspected drivers refused the confirmatory breathalyzer in the last measurement. Breathalyzer enforcement also increased during the study period. This seems to point to a decreased chance of higher penalties, and thus, effectiveness of the breathalyzer laws in São Paulo.

There was also a decrease in drunk drivers and potential positives, indicating a possible reduction in drunk driving behavior.

C. Referência: Ponce JC, Andreuccetti G, Gonçalves REM, Gjerde H, Bogstrand ST, Valen A, Leyton V, Carvalho HB. 2020. Comparison of traffic data and blood alcohol concentration among fatally injured drivers in Norway and Sao Paulo, Brazil, 2005–2015. *TrafficInjPrev*, 20:7, 673-678

Revista: *Traffic Injury Prevention* (fator de Impacto: 1.413) **2019**, Volume 20, Issue 7, 673-678.

DOI: 10.1080/15389588.2019.1648797 (Anexo C – manuscrito como aceito, com autorização do editor da revista)

Título: *Comparison of traffic data and blood alcohol concentration among fatally injured drivers in Norway and Sao Paulo, Brazil, 2005–2015.*

Autores: **Julio de Carvalho Ponce;** Gabriel Andreuccetti, Raphael Eduardo Marques Gonçalves, HallvardGjerde, Stig-Tore Bogstrand, Anja Valen, Vilma Leyton, Heráclito Barbosa de Carvalho.

Resumo:

Objective: Road traffic crashes (RTCs) are responsible for a large number of deaths worldwide, but low- and middle-income countries frequently present higher rates of deaths; for example, Norway, a high-income country, has a rate of 2.0 drivers killed per 100,000 inhabitants, whereas Brazil, a middle-income country, has a rate of 18.4. A significant fraction of RTCs are related to use of psychoactive substances, especially alcohol, due to its availability, legality, and relatively low price. The aim of the present study was to evaluate differences in alcohol-related fatal RTCs in Sao Paulo, the largest city in Brazil, and Norway during an 11-year period (2005–2015). Methods: The authors compared databases of drivers killed in RTCs in Sao Paulo and in Norway, a country

renowned for its success in reducing traffic fatalities and keeping them at a low level. Results: In total, 772 victims from Norway (11 years, 2005 to 2015) and 584 victims from Sao Paulo (2 years, 2005 and 2015) were analyzed. Sao Paulo presented higher proportions of motorcycle drivers, men involved in RTCs, and blood alcohol concentration (BAC)-positive cases. The mean BAC for alcohol-positive cases was similar in both sites. For both regions, the percentage of alcohol-positive cases decreased during the study period (from 45.6% to 35.3% in Sao Paulo and from 24.4% to 15.8% in Norway) but remained higher for Sao Paulo. Conclusions: The study shows a different profile of RTC victims and higher alcohol consumption among drivers in Sao Paulo. The differences between the sites can possibly be attributed to public policies regarding traffic safety and alcohol control, which could be further improved by following the Norwegian model in Sao Paulo.

4. MÉTODOS

Para todas as etapas, conforme descrito em objetivos, os métodos estão expostos de forma detalhada em seus respectivos anexos. No entanto, para fins de clareza, um breve resumo de cada uma das abordagens será feito a seguir.

4.1. Objetivo A – Avaliar criticamente a Lei Seca

Para o objetivo a – avaliar criticamente a Lei Seca, foi utilizada a Teoria de Jogos (especificamente de jogos seqüenciais) para avaliar as etapas de interação do agente público com o motorista. Utilizando uma árvore de decisão, a estratégia dominante (ou seja, aquela com maior *payoff*) foi analisada. Para estabelecer uma forma numérica de comparação de risco econômico, foram utilizados os dados mais recentes, à época, de média anual de renda, e uma base de dados da Polícia Rodoviária Federal (DPRF, 2017) para estimativa de prevalências.

4.2. Objetivo B – acompanhar os índices de direção sob efeito de álcool

Para o objetivo b – acompanhar os índices de direção sob efeito de álcool - as coletas de dados foram realizadas dentro do projeto *Bloomberg's Initiative for Global Road Safety* (BIGRS). Todas as coletas foram realizadas na presença de equipes da Polícia Militar, sob autorização das autoridades competentes e não houve contato direto dos coletores com os indivíduos avaliados.

A escolha dos locais de coleta seguiu o protocolo recomendado pelos coordenadores do projeto BIGRS. Os critérios de inclusão dos pontos possíveis de coleta são: locais com áreas laterais seguras, bem iluminadas e disponíveis para que os

pesquisadores pudessem permanecer durante os levantamentos; vias que correspondessem aos condutores da cidade pesquisada (São Paulo), e com baixos níveis de trânsito de turistas e moradores de cidades próximas; no caso de coletas noturnas, consultas com as entidades de segurança pública, para assegurar que os pontos de coleta pudessem ser montados com segurança nesses períodos; locais com longa distância de pontos e intersecções que pudessem permitir desvios ou fugas de motoristas, antes de chegarem ao ponto de coleta.

Os observadores acompanharam *blitzes* da Operação Direção Segura (em suas modalidades Integrada, com a presença de funcionário do Detran e das Polícias Civil e Científica, apenas para o primeiro round-baselinee não-Integrada, somente com a presença da Polícia Militar). Antes do início da parada de veículos e coleta de dados são levantadas as características da via (sentido único ou duplo; sentido de parada dos veículos; localização geográfica e tipo de pavimentação) e do fluxo de veículos, através de contagem simples de veículos por quinze minutos (permitindo assim a estimativa de veículos por hora). São então levantados dados dos veículos parados para a fiscalização do etilômetro :

Variáveis independentes: tipo de veículo, número de ocupantes, sexo do condutor, idade aparente do condutor;

Variáveis dependentes: aceitação do etilômetro de triagem; resultado do etilômetro de triagem; aceitação do etilômetro confirmatório; resultado do etilômetro confirmatório.

Os locais de coleta foram estabelecidos pela Polícia Militar do Estado de São Paulo, que também conduziu todas as mensurações nos motoristas. De forma geral, as coletas duraram de quatro horas a seis horas e trinta minutos, das 21:30 às 04:00, em dias de semana e de fim de semana. A todos os motoristas foi oferecido o teste do

etilômetro passivo, ou seja, sem uso de bocal e que apenas detecta a presença de etanol, emitindo resultado positivo ou negativo. É também chamado etilômetro de triagem.

Aos que se recusaram ao etilômetro passivo, os que tiveram resultado positivo ou apresentavam sinais de embriaguez foi oferecido o etilômetro confirmatório, quantitativo, com uso de bocal descartável.

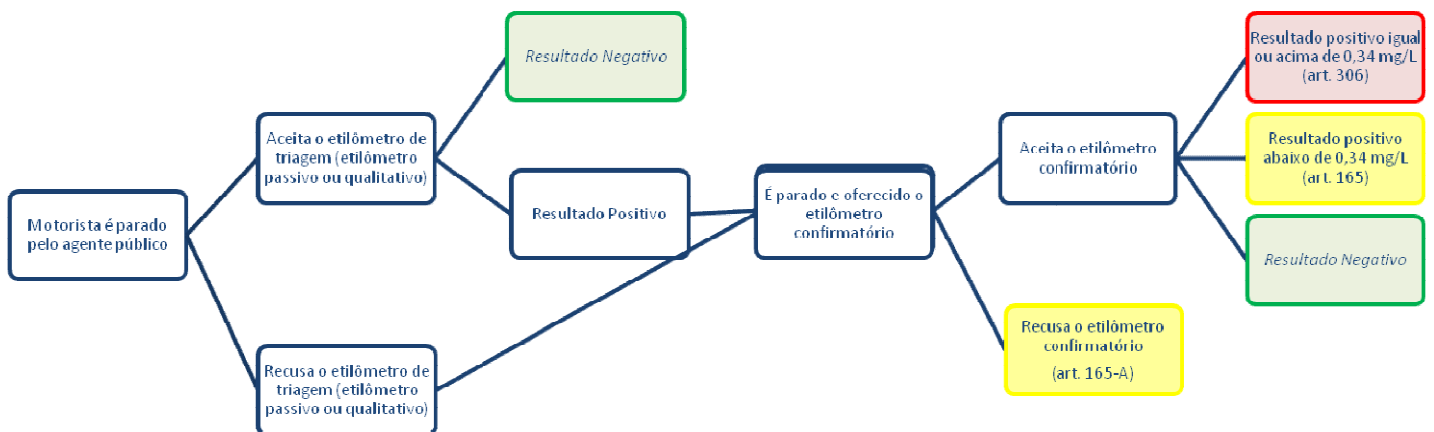


Figura 2 – Abordagem do condutor e possíveis condutas (em verde, resultado final em que não há punição ao motorista; em amarelo, resultado final em que há multa; em vermelho resultado final em que há possibilidade de prisão)

As coletas se repetiram em dois períodos do ano (primeiro e segundo semestre), durante dois meses em cada ano, entre o segundo semestre de 2015 e o segundo semestre de 2019.

Resultados positivos no etilômetro confirmatório (quantitativo) acima de 0,05 miligramas de álcool por litro de ar alveolar expirado foram considerados positivos, sendo este, portanto, o Limite de Detecção (LOD). Resultados entre este valor e 0,33 miligramas de álcool por litro de ar alveolar expirado foram considerados positivos baixos. Valores iguais ou acima de 0,34 miligramas de álcool por litro de ar alveolar expirado foram classificados como positivos altos.

As diferenças estatísticas foram avaliadas mediante uso do teste de qui-quadrado e ANOVA para as variáveis categóricas.

4.3. Objetivo C – comparar dados de mortes no trânsito por motoristas sob efeito de álcool no Brasil e na Noruega

Para o objetivo c - comparar dados de mortes no trânsito por motoristas sob efeito de álcool no Brasil e na Noruega, foram usadas duas bases de dados independentes. Para os dados de São Paulo foi usada uma base de dados compilada pelos autores através da leitura direta de laudos necroscópicos para os anos de 2005 e 2015, de vítimas fatais de acidentes de trânsito registrados na capital. Para os dados da Noruega, foi usada uma base de dados anonimizada do Departamento de Ciências Forenses do Hospital da Universidade de Oslo, no período entre 2005 e 2015. O artigo apresentado como Anexo C explicita melhor as justificativas para a utilização desses períodos.

5. RESULTADOS

Os resultados podem ser encontrados em maiores detalhes nos respectivos artigos, mas apresentamos aqui um breve apanhado dos achados mais importantes.

5.1. Objetivo A – Avaliar criticamente a Lei Seca

Para o objetivo a, observou-se um desequilíbrio econômico do atual conjunto de legislações de trânsito, com um custo 2,4 vezes maior para o indivíduo que, ao beber e dirigir, aceita o teste do etilômetro do que para aquele que não o aceita.

5.2. Objetivo B – acompanhar os índices de direção sob efeito de álcool

Para o objetivo b foram avaliadas nove rodadas de coletas, realizadas de agosto de 2015 até setembro de 2019. Cada conjunto de coletas foi denominada como um *round*. No total, foram acompanhadas 224 operações, de acordo com os endereços selecionados pela Polícia Militar, em suas operações Direção Segura, e fiscalizados 13624 motoristas. Foram denominados rounds cada conjunto de coletas em um semestre, feitas em um mês, em dias alternados. O primeiro round, com 1057 motoristas fiscalizados contou com o acompanhamento de 12 Operações Direção Segura, dentre as quais algumas da Operação Direção Segura Integrada, que conta com a presença da equipe da Polícia Civil e da Polícia Técnico-Científica para facilitar o processamento da ocorrência após a autuação original. Tais operações integradas aconteciam somente de fim de semana e próximo a datas comemorativas, por determinação do Governo Estadual. As coletas do primeiro round se deram entre 25 de julho de 2015 até 13 de setembro de 2015, em sua grande maioria à noite. Pela necessidade de ter uma

padronização das operações, bem como de avaliar os motoristas abordados em dias da semana, optou-se por acompanhar somente as Operações Direção Segura realizadas pela Polícia Militar, a partir do segundo round (primeiro semestre de 2016).

O segundo round avaliou 31 localidades em 12 datas diferentes, de 5 de março de 2016 até 3 de abril de 2016; o terceiro round 32 localidades em 10 dias diferentes, de 02 de agosto de 2016 a 28 de agosto do mesmo ano; o quarto round avaliou 24 localidades em 10 dias diferentes, de 6 de março de 2017 a primeiro de abril do mesmo ano; o quinto round foi realizado em 22 localidades, ao longo de dez dias, entre 2 de setembro de 2017 e 24 de setembro de 2017.

Para o sexto round, no primeiro semestre de 2018, foram avaliadas 20 localidades ao longo de dez dias, entre 3 e 27 de março. Para o segundo semestre de 2018, no sétimo round, foram 11 localidades ao longo de 10 dias, entre 17 de julho e 4 de agosto. Para o penúltimo round, foram 16 endereços, em 9 dias, entre 29 de janeiro e 18 de fevereiro de 2019. Para o último, entre 10 de setembro e 2 de outubro de 2019, foram analisadas 19 localidades.

O primeiro round também foi utilizado como piloto para testar o questionário e adaptá-los para as rodadas seguintes. Não foram coletadas informações de recusas no etilômetro de triagem na primeira rodada, porém esta informação foi incluída nos questionários subsequentes.

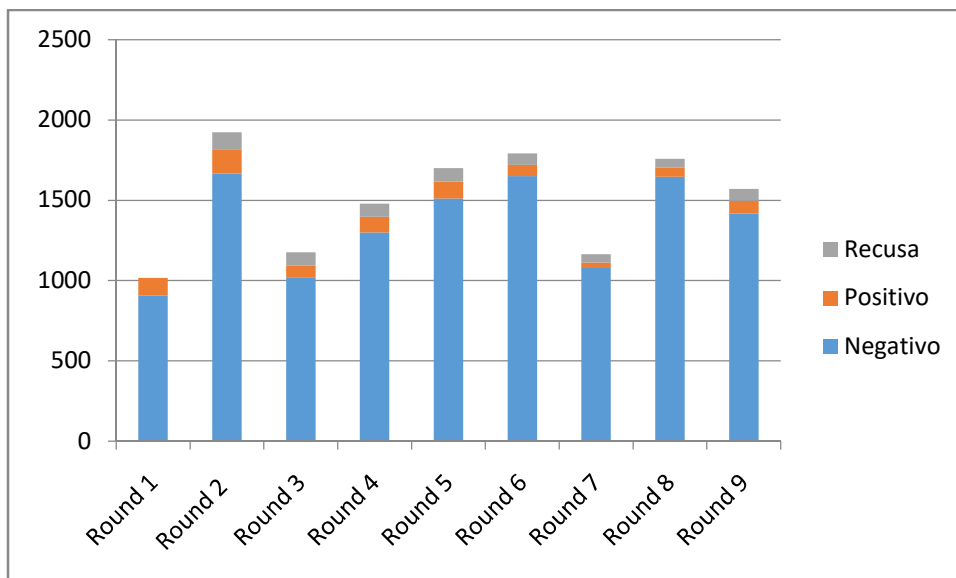


Figura 2 – Resultados do etilômetro de triagem na cidade de São Paulo nas nove rodadas (2015-2019) (*para o primeiro round, recusas e positivos foram agrupadas como positivos)

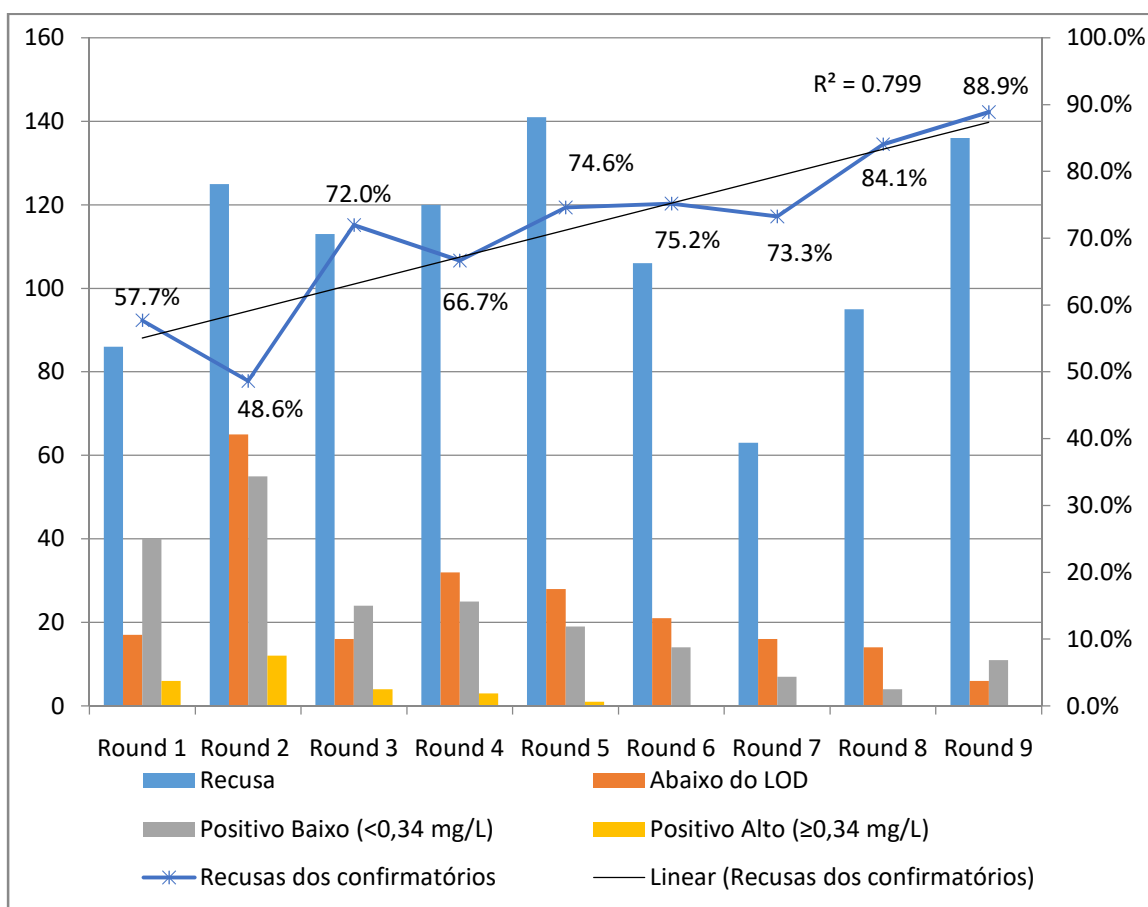


Figura 4 – Resultados do etilômetro confirmatório (recusas, resultados abaixo do limite de detecção (LOD), positivos baixos, positivos altos e porcentagem de recusas dentre aqueles selecionados para o etilômetro confirmatório) na cidade de São Paulo

Devido à dinâmica de abordagem das blitzes, é importante, além de analisar os valores de recusa, negativos e positivos nas duas etapas (etilômetro de triagem e etilômetro confirmatório), avaliar as recusas relativas àqueles que são parados pelo resultado no etilômetro de triagem (Figura 3). Dentre os motoristas suspeitos de consumo de álcool (seja por resultado positivo no etilômetro de triagem, seja por recusa, seja por apresentar sinais característicos de embriaguez), no primeiro round a taxa de recusa foi de 57,7%, valor que chegou a 88,9% na última etapa de coleta de dados. Tal resultado indica que apenas 1 em cada dez motoristas suspeitos de direção sob efeito de álcool aceita o exame quantitativo do etilômetro.

5.3. Objetivo C – comparar dados de mortes no trânsito por motoristas sob efeito de álcool no Brasil e na Noruega

Houve redução da prevalência de positivos entre motoristas vítimas fatais de acidentes com carros (55,8% em 2005, 42,1% em 2015) ($p < 0.05$) e com motocicletas (39,8% no primeiro período, 33,5% no segundo) ($p < 0.05$) e na somatória geral (45,6% em 2005, 35,3% dez anos depois) ($p < 0.05$). Para a Noruega, não foi observada diminuição na prevalência de positivos entre motoristas de carros (26,1% de 2005-2009; 18,3% de 2010 - 2015) ($p = 0,940$), mas sim para motociclistas (18,9% para 5,3%) ($p < 0,01$).

6. ANÁLISE CRÍTICA DOS ARTIGOS

O conjunto de dados aqui apresentado aponta dificuldades na implementação das políticas públicas de trânsito, em especial aquelas relacionadas à direção sob efeito de álcool. Inobstante, no período de dez anos observados para o trabalho Ponce et al, 2019 houve redução sensível no número de mortes relacionadas ao álcool entre motoristas. Contudo, o aumento da porcentagem de recusas entre condutores suspeitos de estarem sob efeito de álcool parece apontar uma adaptação da população fiscalizada aos mecanismos de fiscalização.

6.1. Artigo A - Loaded dice: a game theory analysis of drunk driving laws in Brazil.

O trabalho Ponce et al, 2018 apontou o desequilíbrio econômico do Código de Trânsito Brasileiro e suas atualizações até janeiro de 2018. Trata-se do primeiro artigo original oriundo dessa tese, com o intuito de avaliar, de forma crítica, o equilíbrio econômico do arcabouço legislativo de trânsito, no contexto de beber e dirigir. Para tal, foram empregadas técnicas de análise de teoria de jogos e economia comportamental. Não foram consideradas, para fins da análise, possibilidades subjetivas de determinação de condução sob efeito de álcool, tampouco eventuais resultados jurídicos, favoráveis ou desfavoráveis ao motorista infrator. A análise concentrou-se, portanto, no texto da lei, e pressupôs uma aplicação objetiva e homogênea da mesma.

Em um contexto de economia comportamental, para que se possa estimular um comportamento positivo do agente, podem-se aplicar *nudges*, como incentivos a um comportamento mais socialmente desejável (Habyarimana, Jack, 2011). Para a análise das políticas de trânsito, costuma-se aplicar as *deterrencetheories* (teorias de dissuasão), com suas duas classes principais: dissuasão geral, ou seja, políticas públicas para desencorajar comportamentos indesejáveis; e dissuasão específica, que são as punições para os indivíduos infratores (Tavares et al, 2008; Ferris et al., 2013). Para o sucesso de políticas públicas, à luz da dissuasão geral, três fatores devem ser observados: a certeza da punição, a rigidez da punição e a celeridade da punição (Daveyand Freeman 2011; Freeman et al. 2015).

O artigo 165-A, incluído pela Lei Federal 13.281 de 2016, estabelece em artigo independente a figura da recusa da submissão à fiscalização pelo etilômetro, antes prevista no parágrafo 3º do artigo 277. A punição, tanto antes quanto depois da lei de 2016, é a mesma que a condução sob efeito de concentração de etanol abaixo do limite para o crime de trânsito (artigo 306): 0,6 gramas de álcool por litro de sangue ou 0,3 miligramas de álcool por litro de ar alveolar expirado.

Dessa forma, o condutor pode optar por recusar-se à submissão ao etilômetro e, ainda que passível de punição caso sejam observados sinais claros de embriaguez ou a execução de um exame clínico-pericial, receber uma punição menor do que aquela a qual estaria automaticamente submetido com resultado de alcoolemia superior aos valores estabelecidos para o crime de trânsito. A avaliação do equilíbrio econômico da lei, realizada pelo autor no artigo Ponce et al, 2018, objetivou estabelecer, em um caso hipotético de direção sob efeito de álcool, em que o condutor não sabe ao certo qual sua concentração de álcool no sangue, se submeter-se ao etilômetro ou recusá-lo seria mais

vantajoso, do ponto de vista financeiro. Considerando as leis atuais, há um custo 2,4 vezes maior, na média, em aceitar o etilômetro do que em recusá-lo, de forma que a rigidez e certeza das punições acabam diminuídas, resultando em menor garantia do sucesso da política de dissuasão.

Pode-se postular, a partir desse resultado, uma maior probabilidade de o condutor optar pela recusa, no caso de infração dolosa, ou seja, aquela cometida com conhecimento e intenção de resultado. Para evitar punições potencialmente mais danosas (sejam financeiras, morais, ou aquelas atribuídas ao estigma de prisão e conduta infratora), o indivíduo pode optar pela punição menor, isto é, recusar-se à aplicação do etilômetro e sujeitar-se à multa. Isso tem impacto direto em dois elementos da teoria de dissuasão: rigidez da punição (tendo em vista o menor impacto econômico somado para a recusa) e certeza da punição (ao dar ao infrator a possibilidade de optar pela punição que lhe caberia ao dirigir sob efeito de concentrações superiores a seis decigramas de álcool por litro de sangue – a saber, tempo de prisão, cancelamento da carteira e multa-trocada nessa circunstância pela multa referente à recusa).

6.2. Artigo B - A five-year evaluation of driver behavior in breathalyzer checkpoints in Sao Paulo

O comportamento de evitar punições parece refletido nos resultados da aplicação dos etilômetros ao longo dos cinco anos do estudo atual. Apesar de uma redução de casos suspeitos de direção sob efeito de álcool, pela avaliação do etilômetro de triagem) de 14,1% no segundo semestre de 2015 para 7,4% no segundo semestre de 2019 ($p < 0.01$), a participação das recusas dentro desse percentual aumentou de 4 em cada 10

(para o primeiro semestre em 2016; a discriminação não foi feita no primeiro round) para 6 em cada 10 no último round ($p < 0.01$). A diferença para o etilômetro confirmatório foi ainda mais acentuada: dos motoristas selecionados para aplicação do etilômetro confirmatório, após resultado positivo ou recusa no de triagem, 42.2% aceitaram a aplicação ao final de 2015; contra apenas 11,1% no último período mensurado ($p < 0.01$). Outra variação de interesse é que o número de positivos acima dos 0,34 mg/L estabelecidos pela lei após aplicação da correção de mensuração do CONTRAN, atingiu seu pico na segunda mensuração (0,6% do total de motoristas abordados; 4,6% dos motoristas selecionados para o etilômetro confirmatório), passou a cair e atingiu zero nos quatro últimos rounds.

Isso parece indicar três possíveis hipóteses: que indivíduos com consumo maior de etanol, que os enquadraria no crime de trânsito, ajustaram sua conduta, deixando de conduzir veículos; que aplicativos de informação de trânsito e fiscalização policial possam ter dado ferramentas para evitar a fiscalização, por rotas alternativas, ou saídas posteriores ao originalmente programado, por exemplo (ainda que, no nosso levantamento, tenhamos verificado cuidado na escolha de locais de coleta justamente para evitar esse tipo de escape); ou ainda que os motoristas com maior chance de resultado positivo acima do limite para o crime passaram a se recusar. A diminuição da proporção de condutores selecionados para o etilômetro confirmatório parece apontar um efeito misto das três possibilidades, em especial se verificamos que apesar dessa redução, a porcentagem destes que recusaram a aplicação do etilômetro aumentou (apontando para uma comprovação, ao menos em parte, da última hipótese).

Apesar de os dados aqui apresentados não permitirem uma conclusão definitiva, o aumento da utilização de aplicativos de compartilhamento de caronas (Uber, 99 Táxi,

Lyft), em operação no Brasil desde 2014, mas regulamentados pela Lei 13.640/2018, trouxe não apenas competitividade com aplicativos de Táxis regulamentares, mas também novos usuários que não usavam esses aplicativos (Resende e Lima, 2018). Apesar de um estudo em um centro de traumas ter apontado uma queda no número de pacientes feridos em acidentes associados ao consumo de álcool (Friedman et al, 2020), outros não observaram essa associação (Hildsen, Lund, Leeper, 2020). Um estudo no Brasil, avaliando o número de acidentes (mas sem especificar se tratavam-se daqueles relacionados aos álcool ou não) não encontrou redução no número absoluto de acidentes. No entanto, houve redução significativa de acidentes aos sábados e domingos, em especial à noite, podendo ser parte da redução atribuída à migração de potenciais condutores sob efeito de álcool (Pinto, 2018). Esses períodos foram detectados pelo autor como os de maior participação do etanol em acidentes fatais (Ponce et al, 2011).

6.3. Artigo C - Comparison of traffic data and blood alcohol concentration among fatally injured drivers in Norway and Sao Paulo, Brazil, 2005–2015.

O trabalho Ponce et al, 2019 demonstrou as diferenças ao longo de 10 anos na aplicação das leis de trânsito no Brasil (utilizando a cidade de São Paulo como referência) e a Noruega. Aquele país foi escolhido por conta de seu histórico de enfrentamento do beber e dirigir, tendo sido o primeiro país a estabelecer um limite máximo permitido para beber e dirigir, de 0,5 gramas de álcool por litro de sangue em 1936 (Andenaes, 1988), e por manter consistentes níveis baixos de mortes no trânsito. Guardadas as devidas diferenças sócio-econômico-demográficas, a Noruega atingiu em 2017 a taxa de 2 mortes por 100 mil habitantes, ao passo que, no mesmo período, o

Brasil chegou a 18,4, com a taxa de 6,8 para São Paulo inferior ao observado no restante do país.

O estudo foi realizado durante o período em sanduíche no Departamento de Ciências Forenses do Oslo Universitetsykehus (Hospital da Universidade de Oslo), com bolsa PDSE da CAPES, número 8881.187661/2018-01, sob supervisão e orientação do Dr. Hallvard Gjerde. Foram utilizados dados de 2005 (que já haviam sido objeto de dissertação de mestrado deste autor) e 2015 para São Paulo e de 2005 até 2015 para a Noruega, a fim de aumentar o poder estatístico, dadas as diferenças de prevalência observadas.

Os dados apontaram uma redução da prevalência de positivos entre motoristas vítimas fatais de acidentes com carros (55,8% em 2005, 42,1% em 2015) ($p < 0.05$) e com motocicletas (39,8% no primeiro período, 33,5% no segundo) ($p < 0.05$) e na somatória geral (45,6% em 2005, 35,3% dez anos depois) ($p < 0.05$). Para a Noruega, não houve redução na prevalência de positivos entre motoristas de carros (26,1% de 2005-2009; 18,3% de 2010 – 2015) ($p = 0,940$), mas sim para motociclistas (18,9% para 5,3%) ($p < 0,01$).

Essa diferença pode ser atribuída a uma série de fatores. O nível de fiscalização de leis, pelo número de testes de etilômetro, é 8,7 vezes maior na Noruega (1.189 testes por 100 mil habitantes) do que em São Paulo (137 testes por 100 mil habitantes). Há ainda diferenças de composição social e étnica, o que pode explicar as diferenças de impacto de políticas públicas em diferentes estratos (Nazif-Muñoz et al, 2019). Países escandinavos, como a Noruega, tem costumeiramente maior participação e engajamento social no desenvolvimento de leis (Vrangbæk, 2018) o que pode explicar maior adesão às mesmas. A Noruega também possui um mercado regulado e altamente taxado de

bebidas com teor alcoólico acima de 4,5%. O Brasil, por outro lado, tem um mercado pouco regulado, e um número elevado de postos de vendas de bebidas alcoólicas (Laranjeira, 2007; Solheim, 2014).

Dessa forma, há indicação de que as políticas atuais de enfrentamento ao beber e dirigir, em especial o advento da Lei Seca em 2008, já abordado em Andreuccetti et al, 2011, foram importantes para a redução da acidentalidade relacionada ao consumo de álcool.

6.4. Análise crítica conjunta dos artigos

Para os aplicativos de verificação de situação de trânsito e presença de fiscalização policial, houve um aumento de 50% na base de usuários entre 2016 e 2019, atingindo 4,5 milhões nesse último ano (Exame, 2016; Faustino, 2019). Em avaliação durante as fiscalizações do último round, foram feitas 70 verificações da presença de aviso no aplicativo Waze (indicados pela marcação de policial nas cercanias do local da fiscalização). Em 58 ocasiões foram observadas as marcações. Foram feitas mais de uma verificação, ao início e durante a fiscalização. Em todos os 19 locais observados, em pelo menos um dos períodos havia indicação do Waze sobre a operação.

Apesar dos obstáculos aqui apresentados, a queda no número de condutores mortos em acidentes de trânsito sob efeito de álcool entre 2005 e 2015 pode ser em parte atribuída ao maior uso de etilômetros, bem como possíveis melhorias em segurança de rodovias e conscientização sobre os riscos da direção sob efeito de álcool (Ponce et al, 2019). O aumento no número de fiscalizações de etilômetros entre 2015 e

2019, apresentado no capítulo de resultados e no trabalho final (em submissão) também podem ter impacto sobre as taxas de acidentes sob efeito de álcool, diretamente ligadas à certeza de punição almejada pelas teorias de dissuasão.

Os resultados apresentados aqui, no conjunto dos dados analisados, permitem inferir que, apesar de no âmbito global o Brasil ainda apresentar resultados acima do ideal para mortes no trânsito relacionadas ao álcool e de taxas de embriaguez ao volante possivelmente auxiliadas por uma lei com a possibilidade de recusa, a cidade de São Paulo apresentou resultados inferiores aos observados de forma nacional e mundial na prevalência de motoristas infratores (Sousa, 2013; Bhalla, 2013; Li, 2017, Banerjee, 2019).

Ainda assim, as limitações impostas pela atual legislação, com a possibilidade de recusa, e desequilíbrio econômico tendendo para a recusa, podem condenar o país a manter taxas mais altas de acidentalidade, tendo em vista a punição comparativamente leve no caso da recusa. Aumentos de punições, em especial quanto à rigidez, tem resultado de redução de acidentes e ferimentos (Tavares et al, 2008; Andreuccetti et al, 2011). Para acidentes relacionados ao consumo de álcool, há uma série de intervenções possíveis, incluindo treinamento para aqueles que servem álcool, regulamentos de quando, como e onde as bebidas alcoólicas podem ser vendidas, além das regulamentações específicas para os motoristas (Toomey & Wagenaar, 1999; Voas et al, 2000). A diminuição de limites máximos permitidos para direção sob efeito de álcool também auxilia na redução do número e gravidade de acidentes de trânsito (Tippetts et al, 2005; Fell et al, 2006; Andreuccetti et al, 2011).

Com o corpo de dados coletados e analisados no decorrer dessa tese, pudemos estabelecer que a lei brasileira carece de dispositivos que garantam uma punição maior

(financeira ou não) ao motorista infrator que se recusa a passar pelo teste do etilômetro; que a recusa, em sendo economicamente mais vantajosa, tem sido cada vez mais selecionada como conduta em fiscalizações na cidade, apesar de uma queda no número de positivos; e que, ao longo de dez anos e, como demonstrado em outros trabalhos, por conta da Lei Seca, a prevalência de vítimas fatais sob efeito de álcool em acidentes de trânsito reduziu no Brasil sem, no entanto, atingir níveis desejáveis como os da Noruega.

Esses achados permitem vislumbrar que estamos, a passos curtos, no caminho certo. O aumento de fiscalização por etilômetros está associado a esses resultados e parece, por plausibilidade, ser a explicação para a diminuição da direção sob efeito de álcool (suspeita ou confirmada), associado a um aumento de opções de mobilidade na cidade (ciclovias, aplicativos de compartilhamento de corridas, etc). Essas vertentes, ainda que não objeto direto do presente estudo, merecem atenção e investigação por serem uma força de reconfiguração do espaço urbano.

O aumento de fiscalizações por etilômetro impactam diretamente na certeza de punição, ainda que a lei permita optar por uma punição menor ao oferecer a recusa como possibilidade. Tal esforço deve ser acompanhado de uma discussão objetiva sobre o impacto da lei e a importância de dispositivos de desestímulo à recusa, ou, ainda melhor, de estímulo ao cumprimento da lei. Ainda que se possa argumentar que, à luz do Pacto de San Jose de Costa Rica, o indivíduo não pode ser obrigado a dar prova contra si mesmo, o direito a dirigir pode ser lido como um privilégio (cuja opção em não exercer não restringe nenhum direito básico), e, portanto, poderia seguir regras distintas. Ao se solicitar a Carteira Nacional de Habilitação, por exemplo, o condutor poderia se comprometer a fornecer amostras de sangue ou ar alveolar expirado, ou ser

considerado culpado em caso de recusa. Outra possibilidade é de reajustar as punições (cuidando-se para que não haja apenas aumento da multa, sob risco de que ela seja vista como um “imposto” sobre dirigir embriagado, que protegeria desproporcionalmente infratores de renda mais alta) para diminuir o desequilíbrio econômico apontado da legislação atual.

Inobstante, os resultados aqui apontam que a direção de aumentar a fiscalização por etilômetros e estabelecer novas leis pode ter como resultado a desejada redução de direção sob efeito de álcool.

7. CONCLUSÃO

No escopo geral do presente estudo, foi possível avaliar que há um desequilíbrio econômico quando a legislação sobre o beber e dirigir é aplicada aos motoristas fiscalizados através do etilômetro, com menor impacto econômico para aqueles que optam pela recusa. Essa possibilidade de evitar maiores punições, prevista pela legislação vigente, pode ter impactos importantes.

Houve aumento no número de recusas do etilômetro confirmatório ao longo dos anos pesquisados, chegando a 9 a cada 10 suspeitos de conduzir sob efeito de álcool, apesar de ter havido uma redução na proporção de condutores suspeitos. O número de condutores comprovadamente conduzindo sob efeito de concentrações de álcool que

configurariam o crime de trânsito chegou a zero para os quatro últimos rounds do levantamento principal.

Os dados parecem apontar para uma maior conscientização sobre a lei e os comportamentos admitidos para o motorista, ao mesmo tempo em que há uma redução dos casos potencialmente positivos (a somatória de confirmados positivos e recusas). Isso se traduz em um número possivelmente menor de condutores embriagados trafegando pela cidade de São Paulo.

A redução na prevalência de motoristas embriagados indica a diminuição de um dos fatores de risco de grande associação com acidentalidade e fatalidade. Essa tendência parece encontrar apoio na redução da porcentagem de motoristas vítimas fatais de acidentes de trânsito com alcoolemia positiva entre 2005 e 2015 (55,8% em 2005, 42,1% em 2015) na cidade de São Paulo.

Nesse mesmo período, houve aumento da fiscalização por meio de etilômetros, o que pode ter resultado em maior conscientização sobre a lei e suas limitações. A intensidade de fiscalização também está associada à redução de acidentes e mortes no trânsito.

BIBLIOGRAFIA

Aguilera SLV, Sripad P, Lunnen JC, Moyses ST, Chandran A, Moysés SJ. Alcohol Consumption Among Drivers in Curitiba, Brazil. *Traffic Injury Prevention* 2015. 16(3).

Andenaes J. The Scandinavian experience. In: Laurence MD, Snortum JR, Zimring FE, editors. *Social control of the drinking driver*. Chicago (IL): The University of Chicago Press. 1988.

Andreuccetti G, Carvalho HB, Cherpitel, C J, Ye Y , Ponce JC, Kahn T, Leyton V. Reducing the legal blood alcohol concentration limit for driving in developing countries: a time for change? Results and implications derived from a time-series analysis (2001–10) conducted in Brazil. *Addiction*, 2011, 106: 2124-2131.

Andreuccetti G, Leyton V, Carvalho HB, et al. Drink driving and speeding in Sao Paulo, Brazil: empirical cross-sectional study (2015–2018) *BMJ Open* 2019.

Anthony JC. Consumo nocivo de álcool: dados epidemiológicos mundiais. In: Andrade AG, Anthony JC, Silveira CM, Ed. *Álcool e suas conseqüências: uma abordagem multiconceitual*, Barueri – SP, Minha Editora, 2009.

Banerjee A, Duflo E, Keniston D, Singh N. The Efficient Deployment of Police Resources: Theory and New Evidence from a Randomized Drunk Driving Crackdown in India. NBER Working Paper 26224. Issued in September 2019.

Bastos FIPM, Vasconcellos MTL, De Boni RB, Reis NB, Coutinho CFS. III Levantamento Nacional Sobre o Uso de Drogas Pela População Brasileira.

ICICT/FIOCRUZ, 2017. Bhalla K , Li Q , Duan L , et al . The prevalence of speeding and drunk driving in two cities in China: a mid project evaluation of ongoing road safety interventions. *Injury* 2013;44(Suppl 4):S49–56

Brazil N, Kirk DS. Uber and Metropolitan Traffic Fatalities in the United States. *American Journal of Epidemiology* 2016. 184 (3), p.192-8.

Campos VR, Silva RS, Duailibi S, Santos JF, Laranjeira R, Pinsky I. The effect of the new traffic law on drinking and driving in São Paulo, Brazil, *Accident Analysis & Prevention* 2013. 50. p. 622-627,

Davey JD, Freeman JE. Improving road safety through deterrence based initiatives a review of research. *Sultan Qaboos Univ Med J.* 2011;11:312–321.

De Boni R, Bozzetti MC, Hilgert J, Sousa T, Von Diemen L, Benzano D, Menegon G, Holmer B, Duarte Pdo C, Pechansky F. Factors associated with alcohol and drug use among traffic crash victims in southern Brazil. *Accid Anal Prev.* 2011 Jul;43(4):1408-13.

Erbella RA, Sanchez ZM, Wagner GA. Signs of altered psychomotor capacity and use of alcohol and other drugs among nightclub patrons who drive in the city of São Paulo, Brazil. *TrafficInjuryPrevention* 2020; 21(5): 330-4.

Exame. Waze chega a 3 milhões de usuários em São Paulo. Artigo online, publicado em 15/09/2016. Disponível em: <https://exame.com/tecnologia/waze-chega-a-3-milhoes-deusuarios-em-sao-paulo/>

Faustino R. Waze no Brasil e no mundo: como o app cresce se relacionando com pessoas, empresas e governos. Revista online Negócios, publicado em 15/04/2019.

Disponível em: <https://epocanegocios.globo.com/Tecnologia/noticia/2019/04/waze-no44brasil-e-no-mundo-como-o-app-cresce-se-relacionando-com-pessoas-empresas-egovernos.html>

Fell JC, Voas RB. The effectiveness of reducing illegal blood alcohol concentration (BAC) limits for driving: evidence for lowering the limit to .05 BAC. *J Safety Res.* 2006;37(3):233-43

Ferris J, Mazerolle L, King M, Bates L, Bennett S, Devaney M. Random breath testing in Queensland and Western Australia: examination of how the random breath testing rate influences alcohol related traffic crash rates. *Accid Anal Prev.* 2013;60:181–188.

Freeman J, Armstrong K, Truelove V, Szogi E. Left on the side of the road? A review of deterrence-based theoretical developments in road safety. Paper presented at: Australasian Road Safety Conference 2015; October 14–16 2015; Queensland, Australia

Friedman J, Hendrix V, Fustok JBS, Reza T, Madda P, Smith A, Mayer S, Duchesne J, Greiffenstein P, Schroll R. Correlation of Ride Sharing Service Availability and Decreased Alcohol-Related Motor Vehicle Collision Incidence and Fatality. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 2020.

Graaf, S vd. In *Waze we trust: algorithmic governance of the public sphere. Media and communication*, 6. 2018.

Greenwood BN, Wattal S. Show me the way to go home: An empirical investigation of ride-sharing and alcohol related motor vehicle fatalities. *MIS Quarterly: Management Information Systems.* 2017. 41(1), p.163-187.

Habyarimana J, Jack W. Heckle and chide: results of a randomized road safety intervention in Kenya. *J Public Econ*. 2011;95: 1438–1446.

Hundsen R, Lund M, Leeper R. Ride-sharing and alcohol-related motor vehicle trauma in Southwestern Ontario. *Critical Care & Emergency Medicine* (pre-print), 2020.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). ESTIMATIVAS DA POPULAÇÃO RESIDENTE NO BRASIL E UNIDADES DA FEDERAÇÃO COM DATA DE REFERÊNCIA EM 1º DE JULHO DE 2016. ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2016/estimativa_dou_2016_20160913.pdf

Jones AW. Physiological Aspects of Breath-Alcohol Measurement. *Alcohol, Drug sand Driving* 6 (2). 1990.

Laranjeira R (Supervisão) [et al.]. II Levantamento Nacional de Álcool e Drogas (LENAD) – 2012. São Paulo: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Políticas Públicas de Álcool e Outras Drogas (INPAD), UNIFESP. 2014

Laranjeira R. Brazil's market is unregulated. *BMJ* 2007. 335(7623):735.

Leyton V, Ponce JC. Análise de substâncias psicoativas em condutores veiculares . Em: Moreau, RLM (org.) *Toxicologia Analítica*. 2ª ed. Rio de Janeiro : Guanabara Koogan. 2016.

Liberatti CL, Andrade SM, Soares DA. The new Brazilian traffic code and some characteristics of victims in southern Brazil. *Injury Prevention* 2001, 7, 190-193.

Li Q , He H , Duan L , et al . Prevalence of drink driving and speeding in China: a time series analysis from two cities. *Public Health* 2017;144S:S15–S22

Ma J, Ding Y, Cheng JCP, Tan Y, Gan VJL, Zhang J. Analyzing the Leading Causes of Traffic Fatalities Using XGBoost and Grid-Based Analysis: A City Management Perspective, in *IEEE Access* 2019, vol. 7, pp. 148059-148072

Martins RHC et al . Reducing accidents related to excessive alcohol intake? A retrospective study of polytraumatized patients undergoing surgery at a Brazilian University Hospital. *Rev. Col. Bras. Cir.* 2013, Rio de Janeiro , v. 40, n. 6, p. 438-442.

McGee H. *On Food and Cooking: The Science and Lore of the Kitchen*, completely Revised and Updated. New York, NY, Scribner, 2004.

Miller TR, Levy DT , Swedler DI. Lives saved by laws and regulations that resulted from the Bloomberg road safety program. *Accid Anal Prev* 2018;113:131–6

Modelli MES, Pratesi R, Tauil PL. Alcoolemia em vítimas fatais de acidentes de trânsito no Distrito Federal, Brasil. *Rev Saúde Pública* 2008;42:350-2.

Nazif-Muñoz JI, Nandi A, Ruiz-Casares M. 2019. Protecting only white children: the impact of child restraint legislation in Brazil. *J Public Health (Oxf)*. 41(2):287–295.

Pechansky F, De Boni R, Diemen LV, Bumaguin D, Pinsky I, Zaleski M, Caetano R, Laranjeira R. Highly reported prevalence of drinking and driving in Brazil: data from the first representative household study. *Revista Brasileira de Psiquiatria* 2009, 31(2), 125-130.

Pechansky F, Duarte PCAV, De Boni R, Leukefeld CG, von Diemen L, Bumaguin DB, Kreische F, Hilgert JB, Bozzetti MC, Fuchs DFP. Predictors of positive Blood Alcohol Concentration (BAC) in a sample of Brazilian drivers. *Rev Bras Psiquiatr.* 2012; 34: 277-285.

Pelição FS, Peres MD, Pissinate JF, de Paula DML, Faria MGC, Nakamura-Palacios EM, de Martinis BS. Predominance of alcohol and illicit drugs among traffic accidents fatalities in an urban area of Brazil, *Traffic Injury Prevention* 2016, 17:7, 663-667

Pinto LVS. Last calls: the effect on car sharing apps on traffic accidents. Dissertação apresentada à Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas como requisito para obtenção do título de Mestre em Economia de Empresas. 2018.

Poli de Figueiredo LF, Rasslan S, Bruscahin V, Cruz R, Rocha e Silva M. Increases in fines and driver licence withdrawal have effectively reduced immediate deaths from trauma on Brazilian roads: first-year report on the new traffic code. *Injury.* 2001 Mar;32(2):91-4.

Ponce JC; Munoz DR; Andreuccetti G; de Carvalho DG; Leyton V. Alcohol-related traffic accidents with fatal outcomes in the city of Sao Paulo. *Accid Anal Prev* 2011;43(3):782-7.

Portal do Governo do Estado de São Paulo. “Em dez anos, fiscalização da Lei Seca aumenta 512%” . Acessado em: 17 de julho de 2018. Disponível em : <http://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/em-dez-anos-fiscalizacao-da-lei-secaaumenta-512/>

Prefeitura da Cidade de São Paulo. DECRETO Nº 56.981, DE 10 DE MAIO DE 2016. Dispõe sobre o uso intensivo do viário urbano municipal para exploração de atividade econômica privada de transporte individual remunerado de passageiros de utilidade pública, o serviço de carona solidária e o compartilhamento de veículos sem condutor.

Resende GM, Lima RCA. Competitions Effects of the Sharing Economy in Brazil: Has Uber's entry affected the cab-hailing app market from 2014 to 2016? Working Paper 001/2018. CADE – Administrative Council for Economic Defense – Ministry of Justice. Acessado em 19 de julho de 2020. Disponível em: http://en.cade.gov.br/topics/about-us/dee/working-paper-uber_01-2018.pdf

Rosenman R, Tennekoon V, Hill LG. Measuring bias in self-reported data. *Int J Behav Healthc Res* 2011. 2 (4): 320-332.

Solheim MB. 2014. Theory and evidence on alcohol regulations in Norway [Master dissertation of Philosophy in Economics]. Oslo (Norway): University of Oslo.

Sousa T, Lunnen JC, Gonçalves V, Schmitz A, Pasa G, Bastos T, Sripad P, Chandran A, Pechansky F. Challenges associated with drunk driving measurement: combining police and self-reported data to estimate an accurate prevalence in Brazil. *Injury*. 2013 Dec;44 Suppl 4:S11-6.

Stampe MZ, Silva HH, Schroeter D, De Boni R, Pechansky F, Camargo J, Santos S. Traffic accidents with fatal victims autopsied at the Porto Alegre Medical Examiner's Office. In: Pechansky F, Duarte PCAV, De Boni, R (Eds.). *Alcohol and Other Drugs Use in Brazilian Traffic and Other Studies*; Porto Alegre: National Secretariat for Drugs Policies; 2010, p. 78-83

Tavares A, Mendes SM, Costa CS. The impact of deterrence policies on reckless driving: the case of Portugal. *Eur J Crim Pol Res*. 2008; 14:417–429

Tippetts AS, Voas RB, Fell JC, Nichols JL. A meta-analysis of .08 BAC laws in 19 jurisdictions in the United States. *Accid Anal Prev*. 2005 Jan;37(1):149-61

Voas RB, Tippetts AS, Fell J. The relationship of alcohol safety laws to drinking drivers in fatal crashes. *Accid Anal Prev*. 2000 Jul;32(4):483-92

Vrangbæk K. The regulation of health care in Scandinavia: professionals, the public interest and trust. In: Chamberlain JM, Dent M, Saks M, editors. *Professional health regulation in the public interest: International perspectives*. Bristol (UK): Policy Press. 2018. p. 61–76.

Wagner GA, Sanchez ZM. Patterns of drinking and driving offenses among nightclub patrons in Brazil. *International Journal of Drug Policy* 2017.43: 96-103.

Win DT. Breath Alcohol Testers – Prevents Road Accidents. *AU Journal of Technology* 10 (2) : 75-80

World Health Organization (WHO). Launch of the Decade of Action for Road Safety 2011-2020. http://www.who.int/roadsafety/decade_of_action/launch/decade_launch/en/

World Health Organization. *Global Status Report on Alcohol and Health*. Geneva, Switzerland. 2014.

World Health Organization. *Global Status Report on Alcohol and Health*. Geneva, Switzerland. 2018.

Anexo A – Manuscrito final aceito do paper publicado na Traffic Injury Prevention

Ponce JC, Kawauti MCP, Andreuccetti G, Carvalho HB. 2018. Loaded dice: a game theory analysis of drunk driving laws in Brazil. *Traffic Inj Prev.* 19(8):794–798.doi: 10.1080/15389588.2018.1512748

Abstract

Objective: The aim of the study was to evaluate whether the current legislation would encourage drunk drivers to refrain from taking the breathalyzer and thus avoid jail time.

Method: Brazilian traffic laws currently have three possible punishments for drivers suspected of driving under the influence: a fine and suspension of license for 12 months if the breathalyzer result is under 0.3 mg/L (by law; a result up to 0.33 mg/l would receive the same punishment due to a later regulatory document), but positive; the same punishment for refusals; and up to three years of jail time and cancellation of the license if over 0.3 mg/L. Analysis was done using decision tree analysis, as well as game theory

to evaluate the rational choice for drunk drivers according to possible financial loss. Results: The authors have found that the rational choice, for a drunk driver, is not taking the breathalyzer test, to avoid the heavier penalties. This, in turn, contributes to the inefficacy of the law. Conclusion: The authors have also calculated that the fine for refusing should be around 2.5 times higher so that the economic equilibrium would shift towards encouraging the driver to take the test. This should also be accompanied by other nudges to promote safe behavior in driving.

Keywords: drunk driving; deterrence; alcohol; traffic; game theory;

Introduction

Every year, around 1.25 million people die in traffic accidents, with considerably higher rates in low and middle-income countries. Although these countries account for half of the world's motorized vehicle fleet, the number of deaths in traffic crashes there represent 90% of the world's total. Worldwide, those fatalities are the most prevalent cause of death for the population aged 15 to 29 (WHO, 2016).

In Brazil, in 2015 39,543 people died in traffic crashes (DATASUS, 2017). Estimates of the percentage of accidents in which alcohol and drugs were contributing factors do not exist on a national level. There are, however, some regional studies that indicate that about half of those crashes are due to alcohol consumption (Ponce et al, 2011).

In the last few years, changes were made in Brazil aiming to solve this issue. The Brazilian Traffic Code (Law 9.305, September 23rd 1997) and its updates have established two classes of infractions related to driving under the influence of alcohol: article 165, establishes driving under the influence of alcohol as a severe offence, punishable with a fine (R\$ 2,934.70 / 901.76 US dollars) and a suspended license for

12 months; and article 306 which establishes as a crime driving with a Blood Alcohol Concentration (BAC) above 0.6 grams of alcohol per liter of blood, or 0.3 milligrams of alcohol per liter of exhaled air, punishable by prison from six months to three years, fine (the same value as the infraction, i.e., R\$ 2,934.70 / 901.76 US dollars) and suspension or prohibition of obtaining a driver's license (which is cancelled and can't be requested again for a period of two years) (Brazil, 2008; Brazil, 2012). The law also provides for a refusal, according to an understanding that a person should not be forced to provide proof against themselves, in article 165-A, with a punishment equal to the infraction in article 165 (fine and suspension of license). It is also worth stressing that although the law sets a higher limit for the breathalyzer of 0.3 milligrams of alcohol per liter of exhaled air (mg/l), due to possible errors in measuring and considering the maximum variation in the allowed instruments of 10%, punishment is given only to those drivers whose test shows a concentration of 0.34 mg/l or higher.

Since Brazil and many other Latin American countries have ratified the American Convention of Human Rights, there is a difficulty in establishing punishment with the participation of the accused (American Convention of Human Rights, 1969). That is due to article 8, which establishes that no person should be forced to give evidence against themselves. This has influenced laws in Brazil, Uruguay and Chile, especially regarding traffic and drunk driving (Brasil, 2008; Chile, 2018; Uruguay, 2010).

Behavioral economics can encourage agents to behave in the best way for society. Nudges may be used as an auxiliary incentive to the financial fines shown previously. For example, aiming to stimulate drivers in Kenya to drive safely, as well as to include passengers in this process, an intervention combining stickers put on transports calling passengers to report reckless driving, as well as a lottery to reward drivers who didn't

remove those stickers, reduced by half the number of claims of compensation for crashes in those transports (used as an indication, by the researchers, of a global reduction of accidents) as well as the severity of claims, with reduced casualties (Habyarimana& Jack, 2011).

Considering that deterrence theory establishes that individuals avoid the infringing action (which includes driving under the influence of alcohol) through incentives and punishments enacted by the enforcing agencies (Tavares et al, 2008), deterrence can also happen by punishing the drivers (especially if there is a higher chance, or at least a perception, of it happening) and by prevention, encouraging drivers to make the safer choice. There are two basic classes of deterrences: general deterrence (policies and laws enacted to discourage people from taking risky or unwanted behavior); and specific deterrence (actual punishment of unwanted behaviours) (Ferris et al, 2013). General deterrence also establishes that, to ensure successful enforcement, there are three main things to consider: certainty of apprehension (rate of individuals who commit an infraction and are punished for it), severity of sanctions (how strict the punishment is) and swiftness of sanctions (time it takes from the identification of the infraction to the punishment itself) (Davey &Freeman, 2011; Freeman et al, 2015). In the current paper we evaluate the severity of sanctions for drunk driving and the possibility of refusal.

The present study aims to evaluate the current laws and loopholes that might keep the Brazilian DUI law, whose initial purpose is removing potential offenders from the streets and increasing traffic safety, from fulfilling its role.

Method

We have chosen Game Theory, specifically a general analysis of strategic interaction with sequential games (Varian, 2006), to evaluate the law. In short, this method supposes that the choice for each player is observable and, more importantly, irreversible (considering the choice by the driver to take the breathalyzer test or not) and completely observable by the other player (public safety officer). With only two players (the driver and the public safety officer) we have decided to analyze it as a sequential competition game with mixed strategies and a finite number of plays.

Mixed strategies refer to those in which agents randomize their actions, i.e., there is a probability attributed to every choice as well as the payoff sums and dominant strategies will be drawn based on those probabilities. Even if drivers might not have complete knowledge of the payoffs, the general knowledge of the law, as well as the assumption that drivers will, most of the time, make the rational choice, allows for this approach. Payoffs refer to the benefit or loss by the agent at the end of each possible sequence of choices.

Using a decision tree, the dominant strategy (highest payoff) for the driver was analyzed. The public safety officer aims to find the drunk driver and stop him from driving; the driver wishes to avoid not only the temporary prohibition of driving, but also the financial consequences of that action.

Considering the observable actions of both players, and the possible economic impact of sanctions (including fines, prison time and suspension of the driver's license), the authors have chosen to analyze all possible results of the interaction between the drunk driver and public safety officer. Non-drunk drivers were not the aim of the current analysis since refusing to take a breathalyzer test, when the player knows the result beforehand, would not make sense.

In the sobriety checkpoints followed by two of the authors (part of a current project, data collected not shown), drivers were randomly selected and subjected to a passive triage breathalyzer. In case of refusal or positive, they were stopped for a confirmatory breathalyzer. After being explained what the consequences of a positive result or refusal, drivers are asked to take a confirmatory breathalyzer test, which can have three possible results: negative, and the driver is then released; positive above the detection limit of 0.05 mg/L (milligrams of ethanol per liter of exhaled air) and positive above the limit for a traffic crime which is 0.33 mg/L (milligrams of ethanol per liter of exhaled air), already considering possible measurement errors, as explained in the introduction.

For estimations of economic risk, the authors have used the average annual income for all paid work, effectively received in the trimester ending in July 2017 for the Brazilian population, according to IBGE (Brazilian Institute of Geography and Statistics). For the estimations of the probability of breathalyzer results, a publically available database compiled by the Federal Road Police was used (DPRF, 2017).

All values in reais were extracted from the databases, laws and estimates presented. Values were converted into dollars using the exchange rate on March 10th 2018: US\$ 1 = R\$ 3.258 (OFX, 2018).

The full decision tree is expressed in Figure 1:

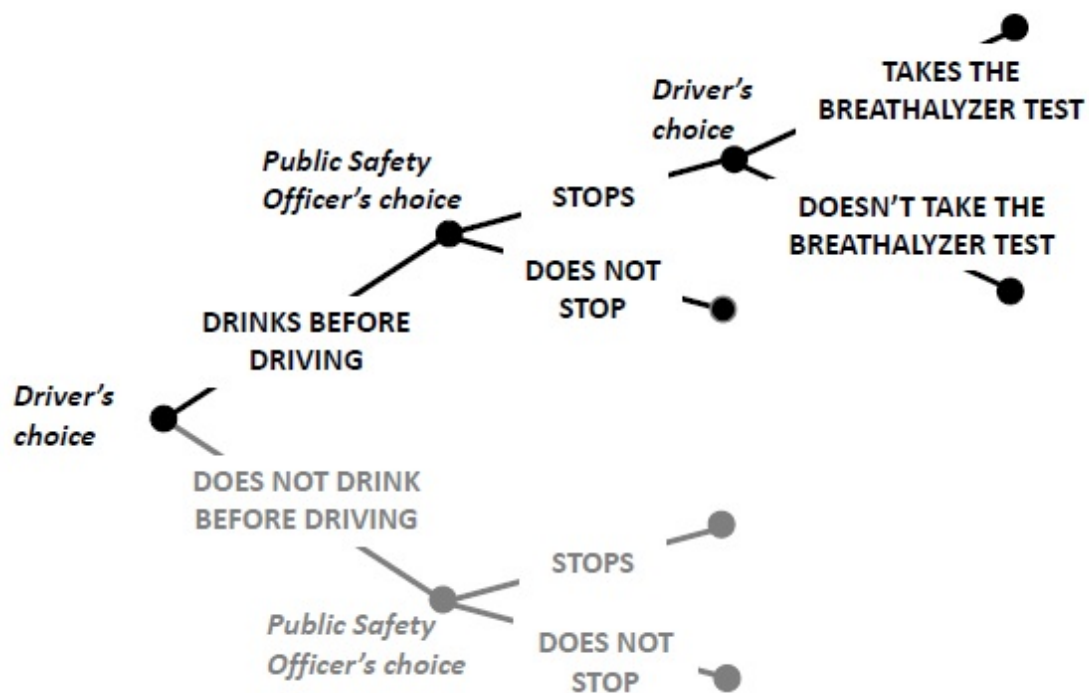


Figure 01- Full decision tree of drivers in sobriety checkpoints.

For this article, the nodes of interest are expressed in Figure 2, since those are the only ones that might result in interaction between agents, with a possible economic outcome.

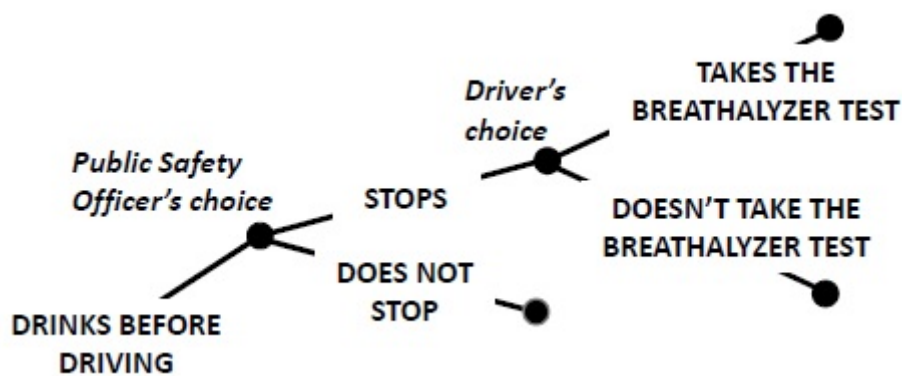


Figure 02- Decision tree of interest to the current paper

Results

Possible outcomes of the driver's decisions are underlined in Figure 3.

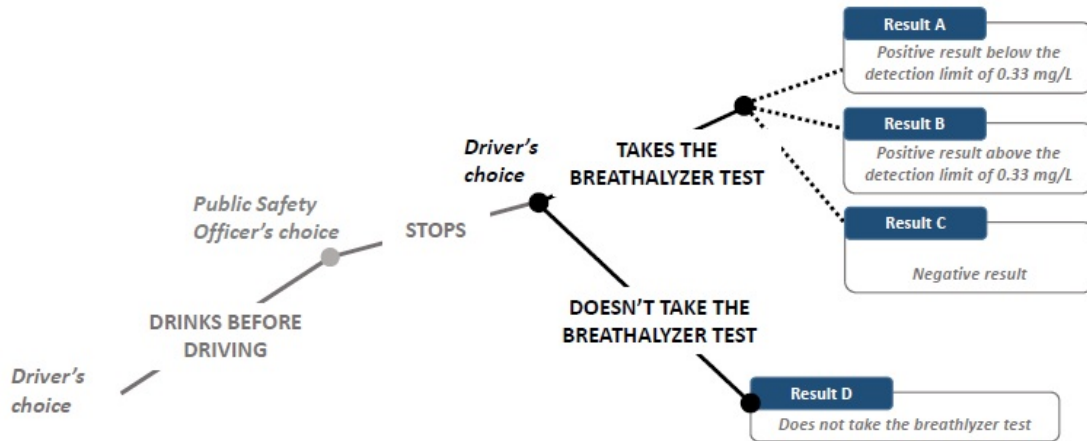


Figure 03 – Decision tree for drunk drivers with possible results

Considering the database of traffic violations from the Federal Road Police for November 2016 to April 2017, 10.822 drivers refused to take the breathalyzer test; 11.273 took the test with a positive result, of which 3.470 above the legal limit for the crime. Thus, in an universe of 22.095 possible positives (adding all confirmed positives with refusals), there are 15.7% cases punished with prison (DPRF, 2017). We estimated a 5% chance of having a negative result, i.e., the driver drunk and drove, but there was enough time for the ethanol to be fully metabolized (either due to the distance driving, the time before the driver started driving, or the number of drinks the driver had). The driver, however, cannot be absolutely sure it will be a negative result. Furthermore, we present the payoffs for every situation in which the driver takes the breathalyzer test, and also when he refuses.

Result A: Result A is when the drunk driver is stopped at the checkpoint, takes the breathalyzer test and has a positive result, but with a concentration in the range to be considered an infraction, not a crime. The probability of this result is estimated at 79.3%. The total loss calculated to be taken by the driver is the sum of the fine (R\$2,934.70 / US\$ 901.76), and the estimate of money spent with public transport in the

12 months the driver will have his license suspended. This second estimate was made the following way: the average price of bus tickets in all Brazilian capitals in December/2017 was calculated (weighing by population) as R\$ 3.65 per trip (US\$ 1.12). Considering round trips, it was estimated the total expense is R\$2,564.90 (US\$787.03) for the 12 month period. The payoff is calculated as (the negative sign indicates the driver receives an economic loss)

$$Payoff(A) = -Probability(A) * \{fine(infraction) + additionalexpenses\}$$

$$Payoff(A) = -79,3\% * \{R\$ 2,934.70 + R\$ 2,564.90\}$$

$$Payoff(A) = -R\$ 4,361.18$$

$$(US\$ 1,338.21)$$

Result B: Result B is when the drunk driver is stopped at the checkpoint, takes the breathalyzer test and has a positive result, above the limit for a crime, which results in more severe punishment. The probability of this result was estimated as 15.7%, from the Federal Road Police database. The total loss by the driver is the sum of the fine (R\$ 2,934.70/ US\$ 901.76), the expenses with public transport for 2 years (considering that's how long the driver has to be without a license after having it cancelled, calculated the same way as for result A, which comes to R\$ 5,129.79/US\$ 1803.52), the expenses to get a new license (estimated in R\$ 1,000.00/US\$340.75) and the economic cost of jail time. The last item refers to the cost of loss of freedom. For that estimation, the real average income of the Brazilian working population, calculated by IBGE (Brazilian Institute of Geography and Statistics) for the first trimester of 2017 was R\$2,323.00/US\$713,80. That amount was multiplied by 21 (considering the median

point between 6 months and 36 months; the lowest and highest jail time for Driving Under the Influence). The total cost of detention is R\$ 48,783.00/US\$14,989.80. The payoff is calculated as (the negative sign indicates the driver receives an economic loss):

$$\begin{aligned} \text{Payoff}(B) &= -\text{Probability}(B) \\ &\quad * \{ \text{fine}(\text{infraction}) + \text{additional expenses with transport} \\ &\quad + \text{expenses with a new license} + \text{cost of jail time} \} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Payoff}(B) &= -15,7\% \\ &\quad * \{ R\$ 2,934.70 + R\$ 5,129.79 + R\$ 1,000.00 + R\$ 48,783.00 \} \end{aligned}$$

$$\text{Payoff}(B) = -R\$ 9,082.06$$

(US\$ 2,790.69)

Result C: Result C is when the driver who had previously drunk is stopped at the checkpoint, takes the breathalyzer test, but has a negative result (due to having metabolized the alcohol completely). The probability of this result is 5.0%. In that case, there is no cost for the driver. The payoff is calculated the following way:

$$\text{Payoff}(C) = \text{Probability}(C) * R\$ 0.00$$

$$\text{Payoff}(B) = 5.0\% * R\$ 0.00$$

$$\text{Payoff}(B) = R\$ 0.00$$

(US\$ 0.00)

Overall result for the driver who takes the test:To find the overall result for the driver who takes the breathalyzer test, we have to sum up all the payoffs for results A, B and C, as follows:

$$Result(takethebreathalyzertest) = Payoff(A) + Payoff(B) + Payoff(C)$$

$$Result(takethebreathalyzertest) = \langle -R\$ 4,361.18 \rangle + \langle -R\$ 9,082.06 \rangle + \langle R\$0.00 \rangle$$

$$Result(takethebreathalyzertest) = \langle -R\$ 13,443.24 \rangle$$

$$(US\$ 4,130.77)$$

Thus, the expected loss by the driver who takes the breathalyzer is US\$ 4,130.77.

Result D: Result D is that in which the driver refuses to take the breathalyzer test. In this case, the cost is a fine of R\$2,934.70/US\$901.76 added to the cost of having a license suspended, estimated at R\$ 2,564.90/US\$ 787.03 for one year. The payoff is calculated the following way:

$$Payoff(D) = Probability(D) * \{fine(infraction) + additionalexpenditures\}$$

$$Payoff(D) = - 100,0\% * \{R\$ 2,934.70 + R\$ 2,564.90\}$$

$$Payoff(D) = -R\$ 5,499.60$$

$$(US\$1,689.89)$$

Overall result for the driver who refuses the test:The driver who refuses the test has an economic penalty of US\$ 1,689.89.

We can thus conclude that an individual who has drunk and is stopped at a checkpoint would rationally opt to refuse the test, since taking the breathalyzer would, on average, have an expected economic penalty US\$ 2,440.88 higher than not taking it.

Discussion

The field of behavioral economics (analyzing people's reactions to incentives, economic or otherwise) has been increasing in importance, with a recent Nobel Prize awarded to Richard Thaler and colleagues for their contributions on how psychological factors play into economic decisions (Jolls et al, 1998). There have been a number of studies evaluating that the possibility of financial loss and even imprisonment is not entirely efficient to suppress disapproved behavior, and to stimulate acceptable and beneficial behaviors. Thus, it is worth analyzing the other incentives that might help shape drive behavior in inhibiting dangerous driving. It is worth noting that this is a fairly recent field, and there are a number of additional studies that may enhance the knowledge of the theories described here (Jolls et al, 1998; Thaler, 2016; Thaler, 2018).

One important thing to consider is the construction of non-economic incentives based on behavioral economics. That construction takes into account the fact that agents are immersed in cognitive biases, i.e., systematic errors in judging which in turn generate actions which are not the best for the individual well-being. Since we're dealing with inhibiting drunk driving, it is worth citing social norms, since those are the behaviors that are expected for the majority of individuals, for the overall well-being of society (Dolan et al, 2009). The more people behave according to one norm, the more will other individuals be inclined to behave the same way. From that point of view, even if the driver who drinks and drives has an incentive to not take the breathalyzer test (such as getting a less strict punishment), intensifying random breathalyzer checkpoints may be an important incentive to reduce reckless driving, and encourage behavior according to social norms. They might be effective because they increase the probability that the driver who drank is identified and has to pay a fine (and other punishments), which

would promote abstaining from drinking and driving. Yao et al (2016) have demonstrated that prisons for drunk driving, which are directly dependent on higher rates of enforcement, are associated with a reduction in fatal accident involving alcohol. It is estimated that a 10% increase in arrests and enforcement results in a 2.3% decrease in prevalence of driving under the influence of alcohol (Hansen, 2015). There's also evidence that the introduction of random breath testing in Australia has led to an 18% decrease in traffic-related deaths. The diversity of strategies, such as mobile alcohol detection labs, and higher rates of enforcement have also been responsible for a continued decrease (Davey & Freeman, 2011).

Agents base their decisions on past experiences, among other things (Bruch and Atwell, 2015) . If there was no checkpoint in the previous month, for example, the driver will make his choice based on his (low) possibility of there being a checkpoint when he decides to drink and drive, and prioritizes driving over a small chance of being punished. This relates to the certainty of apprehension evaluated by deterrence theory (Davey & Freeman, 2011).

It is worth underscoring that this is not about the driver's lack of knowledge of the consequence of his actions. But the feedback of what might happen, be it punishment or negative outcomes relative to wellbeing, gives them a sense of their probability (in some cases, perceived as lower than it really is). An example of that is what is done in Brazil with cigarette packs, which have pictures on the back showing possible negative health outcomes of smoking, and which has had a real impact in reducing the number of smokers (Tuma, 2007).

The problem is that this only makes sure the individual knows the consequence of their actions, but not necessarily will make the best choice when at a bar, or social setting, for example. Here, we can invoke Kahneman's Dual Process Theory. Although one has knowledge of the consequence of their actions, drivers use their quick and intuitive thinking from System 1, which responds more easily to the impulse of the pleasure of drinking in the heat of the moment of making the decision, in detriment to System 2 which will be used in a more careful and comprehensive evaluation of the consequences in their "cold state" (Morewedge&Kahneman, 2010). This would, then, explain why most, but not all, drivers who are drunk might choose to not take the breathalyzer.

The results show that, given an expectation of loss in each of the possible scenarios, the drunk driver that was stopped in a checkpoint has a clear incentive to not take the breathalyzer test, getting away with lower fines and overall financial loss. Thus, we conclude the law could be improved with a higher fine for refusing to take the test.

One must considerer that, although the driver knows if he has drunk or not, and, supposedly, has control over his own intake of alcohol, due to individual variables, the negative result of the breathalyzer can't be discarded. Thus, for the drunk driver there is a decision to take (taking the breathalyzer test or not), with one possible result for the refusal, and three possibilities for taking the test: a result high enough to be classified as a traffic crime; a positive result compatible with an infraction; and a negative result.

Knowing *a priori* the possibility of being punished (and being informed when stopped, as is protocol), it is up to the driver to decide to take the test or not. From the data we have presented, it is clear that the economic equilibrium for the driver is to not take the test, incurring in a lower financial loss. This, however, ends up neutralizing the aim of

the law: removing the drivers who commit a crime of driving with high BACs from the streets, and punishing them with jail time.

To overcome this loop in the law, one of the ways would be to shift the economic equilibrium so that taking the test is more advantageous than refusing. Thus, the fine for refusing should be above R\$13,443.24 / US\$ 4,130.77. A study in Portugal has shown that increasing the severity of punishment results in reduction of accident and injury rates (Tavares et al, 2008). Furthermore, mixed strategies of enforcement, when increased, lead to greater adherence to prison time imposed and educational campaigns can help in the positive results of traffic fatality reduction.

Situations in which the driver has the perception of a possibility to avoid severe punishment make the deterrence effect ineffective, i.e., the driver chooses to take a risky behavior knowing there is a lower chance of being punished (Tavares et al, 2008). This has been shown in a study by Ferris et al (2013), in which increases in Breathalyzer Checkpoints resulted in lower traffic crash rates. In the present study, this translates to a possibility of the drunk driver with a BAC over the higher legal limit choosing to refuse to take the breathalyzer test, diminishing the effect of the law (Ferris et al, 2013).

This effect is demonstrated in Fell et al (2014), which, evaluating imprisonment and enforcement data of 72 police jurisdictions in the US, found that higher rates of jail time for DUI and perception of punishment is associated with lower rates of collisions under the effect of alcohol (Fell et al, 2014).

In that regard, applicable punishment to the infringing driver should not be restricted to fines and other financial obligations, but also overall approaches of perception of punishment, discouragement of infringing behavior and of relapse. Promotion of desirable behavior (i.e. driving safely) should also be part of public policies aiming to

change behavior and overall rates of traffic offenses and fatalities (Fell et al, 2014; Ferris et al, 2013; Tavares et al, 2008).

The results presented here might also be of use in evaluating laws in other countries in which the punishment for refusal is not as severe as for the higher BAC, such as in Chile and Uruguay (Chile, 2018; Uruguay, 2010).

References

World Health Organization (WHO). Global Status Report on Road Safety 2015. Geneva, Switzerland. 2015.

Departamento de Informática do SUS - DATASUS. Informações de Saúde, Epidemiológicas e Morbidade: banco de dados. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0203>> Acesso em: 21 de fevereiro de 2017.

Ponce JC, Muñoz DR, Andreuccetti G, de Carvalho DG, Leyton V. Alcohol-related traffic accidents with fatal outcomes in the city of Sao Paulo. *Accid Anal Prev.* 43(3):782-7, 2011.

Brasil. Lei 11.705 de 19 de junho de 2008. Altera a Lei no 9.503, de 23 de setembro de 1997, que ‘institui o Código de Trânsito Brasileiro’, e a Lei no 9.294, de 15 de julho de 1996, que dispõe sobre as restrições ao uso e à propaganda de produtos fumíferos, bebidas alcoólicas, medicamentos, terapias e defensivos agrícolas, nos termos do § 4º do art. 220 da Constituição Federal, para inibir o consumo de bebida alcoólica por condutor de veículo automotor, e dá outras providências.

Brasil. Lei 12.760 de 20 de dezembro de 2012. Altera a Lei 9305, de 23 de setembro de 1997.

Convenção Americana sobre Direitos Humanos. San Jose, Costa Rica, November 22nd 1969.

Chile. Ley 18.290 FIJA TEXTO REFUNDIDO, COORDINADO Y SISTEMATIZADO DE LA LEY DE TRÁNSITO. Available at: <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1007469&idVersion=>

Uruguay. Ley de Tránsito y de Seguridad Vial em el Territorio Nacional (Ley No. 18.191). Available at: https://www.impo.com.uy/descargas/ley_18191_web.pdf

Departamento de Polícia Rodoviária Federal – DPRF. Infrações – PRF. Available at: [:https://www.prf.gov.br/portal/dados-abertos/infracoes](https://www.prf.gov.br/portal/dados-abertos/infracoes). Accessed Nov 12 2017.

Yao J, Johnson MB, Tippetts S. (2016) Enforcement uniquely predicts reductions in alcohol-impaired crash fatalities. *Addiction* 111: 448–453, 2016.

Hansen B. Punishment and Deterrence: Evidence from Drunk Driving. *American Economic Review*, 105(4):1581-1617, 2015.

Bruch E, Atwell J. Agent-based models in Empirical Social Research. *Sociol Methods Res.* 44(2): 186–221, 2015.

Tuma RS. Brazil Learns What Works in Antismoking Campaigns: High Taxes and Graphic Photos, *JNCI: Journal of the National Cancer Institute* 99 (6) , 2007.

Avila F, Bianchi A. Guia de Economia Comportamental e Experimental. São Paulo. EconomiaComportamental.org. Disponível em www.economiacomportamental.org. 2015

Samson A. (Ed.) *The Behavioral Economics Guide 2017* (with an introduction by Cass Sunstein). Retrieved from <http://www.behavioraleconomics.com>. 2017.

Habyarimana J, Jack W. Heckle and Chide: Results of a randomized road safety intervention in Kenya. *Journal of Public Economics* 95(11): 1438-1446, 2011.

Tavares A, Mendes SM, Costa CS. The Impact of Deterrence Policies on Reckless Driving: The Case of Portugal. *European Journal on Criminal Policy and Research* 14(4):417-429, 2008.

Ferris J, Mazerolle L, King M, Bates L, Bennett S, Devaney M. Random breath testing in Queensland and Western Australia: Examination of how the random breath testing rate influences alcohol related traffic crash rates. *Accident Analysis and Prevention* 60: 181–188, 2013.

Davey JD, Freeman JE. Improving road safety through deterrence-based initiatives : a review of research. *Sultan Qaboos University Medical Journal*, 11(1), pp. 312-320, 2011.

Freeman J , Armstrong K, Truelove V , Szogi E. Left on the side of the road? A review of deterrence-based theoretical developments in road safety. In: *Australasian Road Safety Conference 2015*, 14 - 16 October 2015, Gold Coast Convention and Exhibition Centre, Queensland, Australia

Fell JC, Waehrer G, Voas RB, Auld-Owens A, Carr K, Pell K. Effects of enforcement intensity on alcohol impaired driving crashes. *Accid Anal Prev.* 73:181-6, 2014.

Dolan P, Hallsworth M, Halpern D, King D, Vlaev I. *MindSPACE: influencing behaviour through public policy*. Discussion Document (Cabinet Office and Institute for Government) , 2009.

Jolls C, Sunsteins CR, Thaler R. A Behavioral Approach to Law and Economics. *Stanford Law Review*. Vol. 50, No. 5 , pp. 1471-1550, 1998.

Thaler, Richard H. "Behavioral Economics: Past, Present, and Future." *American Economic Review*, 106 (7): 1577-1600, 2016

Thaler, Richard H. "From Cashews to Nudges: The Evolution of Behavioral Economics." *American Economic Review*, 108 (6): 1265-87, 2018

Ly K, Mažar N, Zhao M, Soman D. O guia para o praticante de Nudging. Transl: Marisa Averbuch, Serie Relatórios de Pesquisa Economia Comportamental em Ação Rotman School of Management University of Toronto, 2013.

Varian HR. Microeconomia : conceitos básicos, tradução Maria José Cyhlar Monteiro e Ricardo Doninelli – Rio de Janeiro: Elsevier, 2006

OFX. OFX Historical Exchange Data. Available at <https://www.ofx.com/en-au/t/historical-exchange-rates2/> . Accessed on April 8th 2018.

Anexo B – Paper em submissão

A five-year evaluation of driver behavior in breathalyzer checkpoints in Sao Paulo

Julio C Ponce^{1a}, Gabriel Andreuccetti¹, Vilma Leyton², Heráclito Barbosa Carvalho¹,
Daniele M Sinagawa², Henrique S Bombana², Andres I Vecino-Ortiz³, Abdulgafoor M
Bachani³

1. Department of Preventive Medicine, School of Medicine, University of São Paulo, São Paulo, SP, Brazil
2. Department of Legal Medicine, School of Medicine, University of São Paulo, São Paulo, SP, Brazil
3. Johns Hopkins International Injury Research Unit, Johns Hopkins University Bloomberg School of Public Health, Baltimore, MD, USA.

a – corresponding author: julio.ponce@usp.br

ABSTRACT

Objective: Road traffic crashes are responsible for over 30,000 deaths in Brazil every year. One of the main strategies to reduce road injuries is to increase enforcement, especially regarding driving under the influence of alcohol. For that specific intervention, the use of breathalyzers and checkpoint is closely associated with

reduction in crashes and fatalities. The aim of the present study was to evaluate driver behavior in breathalyzer checkpoint over a 5-year period in the city of Sao Paulo. Methods: Observational data collection in Military Police checkpoints from 2015 to 2019 in the city of Sao Paulo. Results: Overall, 13,625 drivers were stopped. The overall percentage of confirmed positives was 1.6% [IC95% 1.3%-1.9%], with 8.8% [IC95% 8.3%-9.3%] refusing the breathalyzer. Levelsof suspected positives (confirmed positives plus refusals) ranged from 9.5% to 12.2%, until the 5th round (second semester of 2017),whensuspected positives dropped reaching as low as 5.6%, before increasing again for the last round (second semester of 2019).Conclusions: Driver behavior changed over the five-year period, with high positives dropping to zero, and refusals for the confirmatory breathalyzer increasing. Nearly nine in ten suspected drivers refused the confirmatory breathalyzer in the last measurement. Breathalyzer enforcement also increased during the study period. This seems to point to a decreased chance of higher penalties, and thus, effectiveness of the breathalyzer laws in São Paulo. There was also a decrease in drunk drivers and potential positives, indicating a possible reduction in drunk driving behavior.

Keywords: traffic, alcohol, breathalyzer, drunk driving, law enforcement

Introduction

Road traffic crashes were responsible for over 1.3 million fatalities in 2016, affecting mostly low and middle-income countries and children to young adults, with important economic impacts (WHO, 2018; Gopalakrishnan 2012). Alcohol consumption has consistently been linked to increased risk of road traffic crashes, and no amount of alcohol is considered safe for driving (Taylor et al, 2010).

Drunk driving laws have an important role in deterring drivers from committing traffic offenses through prevention, leading drivers to avoid the offending behavior and thus choosing the safer alternative; and through punishment, for drivers who have already behaved in opposition to the law (Tavares, 2008). Deterrence theory also defines three characteristics a law and its application of punishment should have in order to be successful: certainty, severity and swiftness (Freeman et al, 2015).

Brazilian law in theory is already severely flawed, due to it allowing for the possibility of the driver refusing to take the breathalyzer test, thus decreasing the certainty and severity of punishment (Ponce et al, 2019). Currently, laws in Brazil state that a driver can refuse the breathalyzer (receiving a punishment equal to the lowest punishable positive result), or take the test and be subjected to fines and, depending on the BAC level, prison time. It has been shown that integrated interventions, including educational campaigns and increased use of breathalyzers, can effectively reduce alcohol-related traffic crashes rates (Voas, 1997; Fell, 2019).

Brazil has a very high number of traffic deaths, ranking as the third country worldwide (WHO, 2018). China and India, the top two countries in absolute numbers, have considerable larger populations, putting Brazil at the unenviable top position for G-20 countries (WHO, 2018). Although considerable progress has been made in traffic safety in Brazil in the last ten years, it has not been able to drop the road traffic fatality rate to acceptable levels, as it stands currently at 18.4 per 100,000 inhabitants (DATASUS, 2019). Preliminary data from 2018 shows the current sum of total traffic accident victims at 32,121, with nearly a third (10,359) in the Southeast region, where São Paulo is located (DATASUS, 2020).

The city of Sao Paulo, the largest in Brazil with a population of 11 million, however, has a lower rate of road traffic deaths than the country average - 6.8 per 100,000 inhabitants in 2018, down from 12.8 in 2012 (SEADE , 2019). The percentage of alcohol positive fatalities remains high (35.3% in 2015), but has dropped from 45.6% in 2005 (Ponce et al, 2019).

Aiming to evaluate risk factors in road safety, the Bloomberg Initiative for Global Road Safety (BIGRS) selected 10 cities, with two being in Brazil (Sao Paulo and Fortaleza), with data collection starting in the second semester of 2015. This paper presents the data collected for drivers stopped at breathalyzer checkpoints from that date until the second semester of 2019.

The aim of the current study is to establish the levels of adherence to the current traffic laws as well to monitor the evolution over time of driver behavior and profile.

Methods

The Bloomberg Initiative for Global Road Safety (BIGRS) has been created to evaluate the main risk factors for traffic accidents (alcohol consumption, speeding, seatbelt and helmet use, and child safety seats) in 10 cities around the world. Measurements were done in rounds, i.e., trained researchers accompanied the Military Police in their breathalyzer checkpoint for a minimum of 9 and a maximum of 11 (average = 10.2) days over a month. Measurements were done following the Military Police's availability and authorization in August 2015 (1st round baseline), March 2016 (Round 2), August 2016 (round 3), March 2017 (round 4), September 2017 (round 5), March 2018 (round 6), July 2018 (round 7), February 2019 (round 8) and September 2019 (round 9).

For drunk driving enforcement, the Military Police in conjunction with the Traffic Department of the State of Sao Paulo were responsible for defining the locations and conducting the roadside breathalyzer tests. Tests were usually performed between 21:30 and 04:00, in three locations for each neighborhood, distributed along all five regions of the city. Trained data collectors were responsible for observing drivers and the application of the breathalyzer tests, with no direct contact or personal identification of the participants. Trained data collectors filled out a questionnaire with the following variables, by observation: Location, road type, number of lanes, road surface, date, start time, end time, direction of travel, traffic flow (vehicles in a 15 minute period), weather, type of vehicle, vehicle ownership type, sex of the driver, estimated age of the driver, screening test requested, screening test performed, screening test result, quantitative test requested, quantitative test performed and quantitative test result.

Drivers were stopped randomly and submitted to a screening qualitative breathalyzer (positive/negative). Refusals to screening and positives were asked to stop for a quantitative breathalyzer test. Application of the Brazilian law has been explained in further detail in two previous papers by the authors (Andreuccetti et al, 2019 ; Ponce et al, 2018).

Data from citywide breathalyzer enforcement for the same period as the data collection was provided by the Military Police of the State of São Paulo through an Information Access Request.

‘Potential positives’ refers to added numbers of confirmed positives and refusals for which a final quantitative result was not obtained. Results are presented as PERCENTAGE [RANGE FOR 95% CONFIDENCE INTERVAL].

Statistical analysis

Prevalence estimates for the outcomes studied were calculated for all periods of data collection and compared using Poisson exact 95% CIs. Tests (Pearson's chi-squared) for statistical significance ($p < 0.05$) were performed using STATA V.13.1.19. Linear regression was applied to evaluate change of behavior over time using citywide breathalyzer data.

Results

Analysis of driver profile

In total, 13,625 drivers were stopped over the period of the study. A majority of drivers were males (85.95% [84.40% - 87.52%]), and aged 25-59 (89.94 [89.43 - 90.45%]). A difference was found for driver sex between the rounds ($p = 0.0245$), with round 7 having the largest proportion of females - 16.32% [14.24 - 18.57%] - and round 8 the smallest - 12.28% [10.78 - 13.91%]. A difference was also found for age distribution (excluding under 18s), with the two first rounds having a greater proportion of people aged 18-25 than subsequent rounds.

The majority of vehicles stopped were Sedans - 82.28% [81.63 - 82.92%]- and privately owned - 97.81% [97.54 - 98.04%].

Driver behavior with the breathalyzer test

Confirmed positives in the overall sample was 1.65% [1.44 - 1.88%], which increases to 8.82% [8.34 - 9.30%] if all refusals to the quantitative test are assumed to be positives (i.e., when refusals are considered potential positives).

That value changed over time. The percentage of confirmed positive results (for both levels of sanctions) fell from 4.1% [2.9-5.4%] in the first round to 1.8% [1.1-2.5%] in the fourth round, and then to 0.7% [0.4-1.2%] in the last round (Figure 1; Table 1).

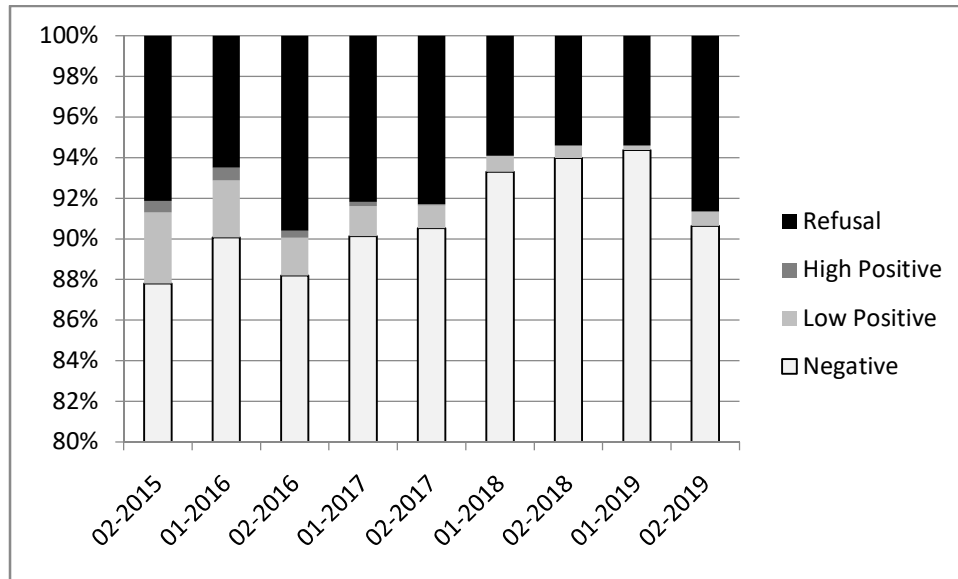


Figure 1 – Percentage of confirmed negatives, confirmed low positives (BrAC<0.34 mg/L), confirmed high positives (BrAC>0.33 mg/L) and refusals, over a five-year period.

For potential positives, this percentage was 12.2% at baseline [10.3 – 14.3%], falling from the 6th round (6.7% [5.6 – 7.9%]), picking up again in the last round (9.4% [7.9 – 10.9%]).

Acceptance of the quantitative breathalyzer (i.e. people who had tested positive or refused the screening breathalyzer and were then asked to submit to the quantitative test) in the baseline was 42.28% [34.35 - 50.21%]. Starting with the fifth round (1st semester of 2018) there was a decrease($p<0.01$), and that difference was maintained until the last round, when it reached 11.11% of acceptance[6.13 - 16.09%], i.e., 88.89% [95.87 - 83.91%] of drivers refused taking the confirmatory breathalyzer (Figure 2).

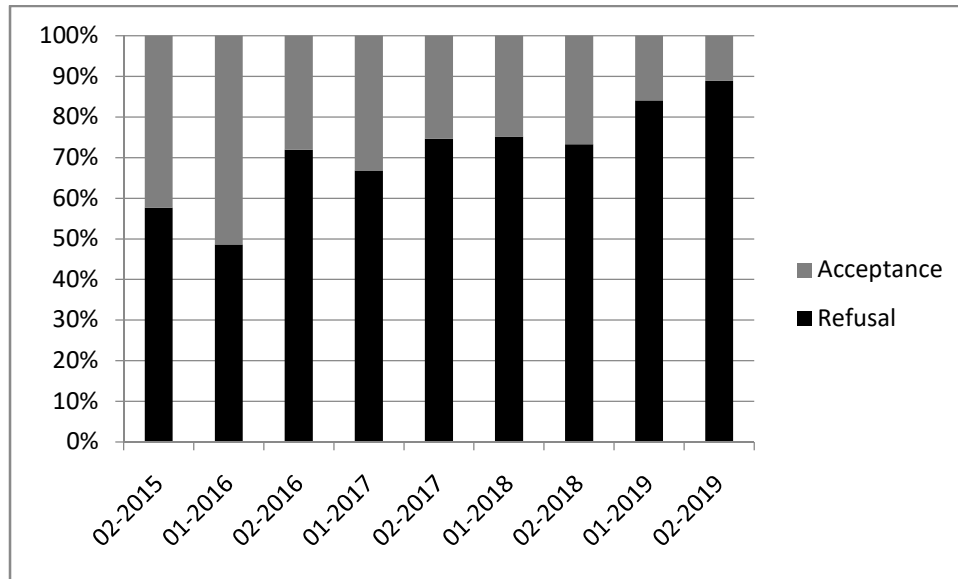


Figure 2 – Percentage of acceptance or refusal of the confirmatory breathalyzer (i.e. for drivers suspected of driving under the influence either by testing positive in or refusing the screening breathalyzer)

Round	Negative (%) [CI95]	Low Positive (%) [CI95]	High Positive (%) [CI95]	Refusal (%) [CI95]	Potential Positives(%) [CI95]	Total
1	928 (87.7%) [85.7%;89.7%]	38 (3.6%) [2.5%;4.7%]	6 (0.6%) [0.1%;1.0%]	86 (8.1%) [6.5%-9.8%]	130 (12.2%) [10.3%;14.3%]	1058
2	1732 (90.1%) [88.7%;91.4%]	54(2.8%) [2.1%;3.5%]	12 (0.6%) [0.3%;1.0%]	125 (6.5%) [5.4%-7.6%]	191 (9.9%) [8.6%; 11.3%]	1923
3	1038 (88.2%) [86.3%;90.0%]	22 (1.9%) [1.1%;2.6%]	4 (0.3%) [0; 0.7%]	113 (9.6%) [7.9%;11.3]	139 (11.8%) [10.0%;13.7%]	1177
4	1334 (90.1%) [88.6%;91.7%]	22 (1.5%) [0.8%;2.1%]	3 (0.2%) [0;0.4%]	121 (8.2%) [6.8%;9.6%]	146 (9.9%) [8.3%;11.4%]	1480
5	1540 (90.5%)	19 (1.1%)	1 (0.1%)	141 (8.3%)	161 (9.5%)	1701

	[89.1%;91.9%]	[0.6%;1.6%]	[0;0.2%]	[7.0%;9.6%]	[8.1%;10.9%]	
6	1672 (93.3%) [92.1%;94.5%]	14 (0.8%) [0.4%;1.2%]	0 (0.0%)	106 (5.9%) [4.8%;7.0%]	120 (6.7%) [5.5%;7.9%]	1792
7	1094 (94.0%) [92.6%;95.3%]	7 (0.6%) [0.2%;1.0%]	0 (0.0%)	63 (5.4%) [4.1%;6.7%]	70 (6.0%) [4.6%;7.4%]	1164
8	1660 (94.4%) [93.3%;95.4%]	4 (0.2%) [0 ;0.5%]	0 (0.0%)	95 (5.4%) [4.3%;6.5%]	99 (5.6%) [4.6%; 6.7%]	1759
9	1424 (90.6%) [89.2%;92.1%]	11 (0.7%) [0.3%;1.1%]	0 (0.0%)	136 (8.7%) [7.3%;10.0%]	147 (9.4%) [7.9%;10.8%]	1571
Total	12422 (91.2%) [90.7%;91.6%]	191 (1.4%) [1.2%;1.6%]	26 (0.2%) [0.1%;0.3%]	986 (7.2%) [6.8%;7.7%]	1202 (8.8%) [8.3%;9.3%]	13625

Table 1 – Negatives (established by screening or confirmatory breathalyzers), Low Positives (BrAc < 0.3 mg/L), High Positives (BrAc ≥ 0.3 mg/L), Refusals, Potential Positives (Added Positives and Refusals) in Sao Paulo 2015-2019.

Driver behavior between tests

Since, unless they tested negative in the screening, drivers were subjected to two tests (screening and confirmatory), driver behavior regarding acceptance could change. For the 604 drivers who refused the screening test, and were offered the second test, 456 (75.4%) refused the confirmatory test as well.

Those who changed their choice between the tests tested either positive (49.0; 8.1%) or negative (100.0; 16.5%). In total, only seven drivers (all of them in the rounds before 2018) who refused the screening breathalyzer had a BrAC in the confirmatory test

above 0.34 mg/L (and thus suffered a higher penalty than they would have, had they decided to refuse that test as well).

For those drivers who tested positive in the screening test (668), 444 (66.5 %) refused to take the confirmatory test, 95 (14.2%) tested negative and 129 (19.3%) had that result confirmed.

Comparison with citywide breathalyzer data

Through an information request to the government of the State of Sao Paulo, researchers were able to get data for all breathalyzers tests carried out in the city of São Paulo from 2015 to 2019.

In the period analyzed, there was a greater than 5-fold increase. There was a downward trend for positives ($R^2 = 0.655$; $p=0.009$). The number of potential positives dropped to less than half (Table 2).

	2o sem 2015	1o sem 2016	2o sem 2016	1o sem 2017	2o sem 2017	1o sem 2018	2o sem 2018	1o sem 2019	2o sem 2019	Total
Breathalyzer Tests	37,937	78,538	83,453	89,130	106,722	108,545	109,509	189,777	202,979	1,006,590
Low positive	0.67%	0.22%	0.14%	0.36%	0.28%	0.22%	0.19%	0.14%	0.12%	0.21%
High Positive	9.86%	3.82%	2.62%	2.68%	1.75%	1.59%	1.14%	0.71%	0.59%	1.86%
Refusals	8.88%	8.94%	6.69%	9.88%	8.83%	8.34%	8.04%	6.87%	7.56%	7.99%
Positives	10.53%	4.05%	2.75%	3.04%	2.04%	1.81%	1.33%	0.84%	0.71%	2.07%
Potential Positives*	19.41%	12.99%	9.45%	12.93%	10.87%	10.15%	9.37%	7.71%	8.27%	10.06%

*Potential positives = confirmed positives + refusals

Table 2 – Breathalyzer data from 2015 to 2019 (source: Military Police of the State of Sao Paulo)

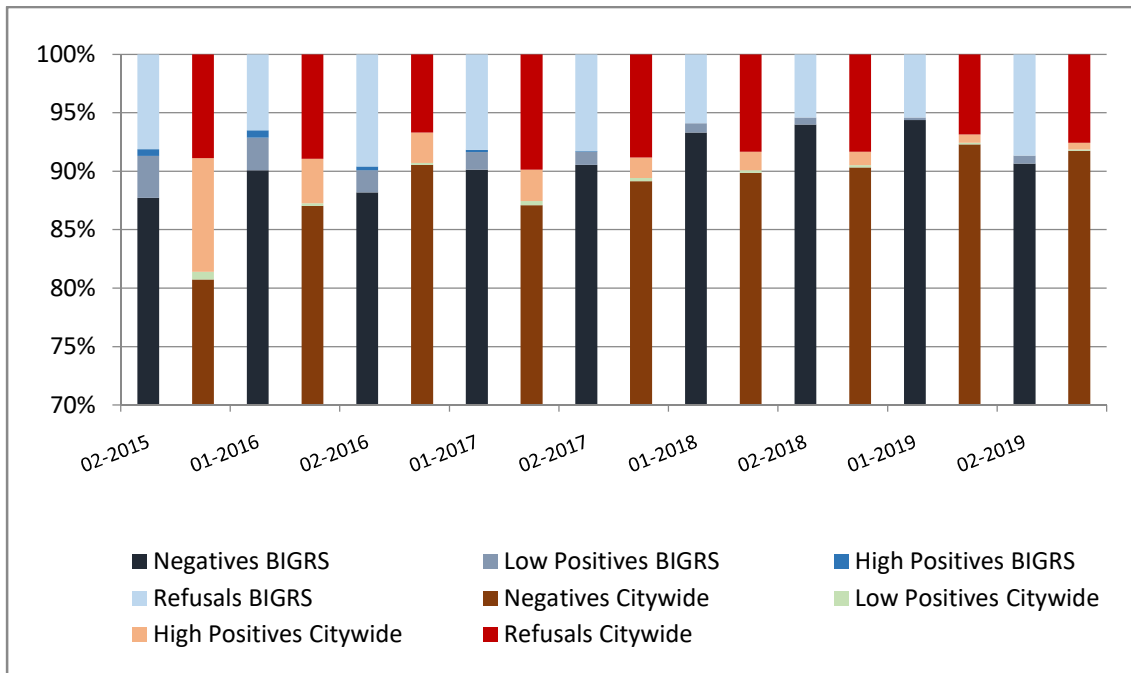


Figure 3 – Breathalyzer data in the current study and citywide data, with negatives, refusals, low positives and high positives in the confirmatory breathalyzer

Discussion

The variations in positive results for the breathalyzer indicate a reduction in willingness to take the test. This has been postulated by the authors in a previous paper (Ponce, Kawauti, Andreuccetti, & Carvalho, 2018), due to the lack of penalties for drivers who refuse, and the possibility of refusal with a lower overall economic and judicial penalty. Drivers seemed to be in favor of the legislation, at least in the first two years after its enactment; 9 out of 10 declared they felt positive about the law and that it contributed to public safety (Jomar et al, 2013). Refusal being the ‘best’ option for the drunk driver could explain why the number of high positives (above 0.6 g/L) dropped to zero starting with the 6th round (1st semester 2018) (Table 1). Meanwhile, the percentage of people who refused the confirmed breathalyzer rose as the rounds progressed. There is a

possibility that drivers were more aware of the chance of being caught and that the consequences would be less severe in choosing to refuse; or that drivers were made aware of increased police enforcement through shared guidance apps, such as Waze, and thus avoided driving through a route where encountering a breathalyzer checkpoint was possible (Rosenfeld & Kraus, 2017). We were not, however, able to prove this statistically in the current study.

The changes in behavior between the two tests allow for interesting hypothesis. Some people might refuse the confirmatory breathalyzer believing the results would be comparable to the screening breathalyzer. However, the percentage of false positives is not worse than disposable single and multi-use breathalyzers (Ashdown et al, 2014). The majority of people (75.4%) who refused the screening test did not take the confirmatory breathalyzer, indicating that the intervention done by public officers in explaining the law and the consequences did not convince those drivers to take the test. For 16.5%, the second test proved negative and they were let go without any punishment. The results presented in the current study indicate that the increase in refusals for the confirmatory breathalyzer may lead to an ineffectiveness of the law, due to the driver being able to choose lower penalties, and avoid jail time. The number of potential positives decreased in the study period, which may point to increased awareness of the law, or higher avoidance of the breathalyzer checkpoints (through mobile apps, for example). Overall refusals (i.e. refusals over the number of total drivers evaluated) did not change over time, suggesting that the number of potential positives dropped due to the decrease of confirmed positives, which could indicate that there was a decrease in drivers under the influence of alcohol being stopped at breathalyzer checkpoints. Whether this is a true decrease in drunk drivers, or an avoidance of breathalyzer checkpoints could not be established in the present study, but deserves further exploration. Similar studies in

other Brazilian cities evaluating acceptance of the breathalyzer have shown levels of prevalence of positives ranging from 3.1 – 60%, depending on the group selected (Jomar et al., 2013; Souza et al., 2013; Campos et al, 2013; Jomar et al, 2016).

The data presented here indicates that, if laws are not updated, the probability of punishing a drunk driver with higher BAC levels will remain low. Drivers seem to have learned the loopholes of the current law and might continue to refuse the breathalyzer, understanding that there is little to no stimulus to do so. There has been, however, a reduction in potential positives and confirmed positives over a five-year period.

Acknowledgments

The authors wish to thank the members of Vilma Leyton's Toxicology Lab who were trained and conducted data collection, as well as the Military Police of the State of Sao Paulo for allowing us to join them in the breathalyzer checkpoints.

This article has been carried out as part of the Bloomberg Initiative for Global Road Safety (BIGRS).

Declaration of conflict of interest

The authors don't have any conflicts of interest at this time.

References

Andreuccetti G, Carvalho HB, Cherpitel CJ, Ye Y, Ponce JC, Kahn T, Leyton V. 2011. Reducing the legal blood alcohol concentration limit for driving in developing countries: a time for change? Results and implications derived from a time-series

analysis (2001–10) conducted in Brazil. *Addiction*, 106: 2124-2131. doi:[10.1111/j.1360-0443.2011.03521.x](https://doi.org/10.1111/j.1360-0443.2011.03521.x)

Andreuccetti G, Leyton V, Carvalho HB, Sinagawa DM, Bombana HS, Ponce JC, Allen KA, Vecino-Ortiz AI, Hyder AA. 2019. Drink driving and speeding in Sao Paulo, Brazil: empirical cross-sectional study (2015–2018)*BMJ Open* 9:e030294. doi:10.1136/bmjopen-2019-030294

Ashdown HF, Fleming S, Spencer EA, Thompson MJ, Stevens RJ 2014. Diagnostic accuracy study of three alcohol breathalysers marketed for sale to the public. *BMJ open*, 4(12), e005811. doi:10.1136/bmjopen-2014-005811

Campos VR, Silva RS, Duailibi S, Santos JF, Laranjeira R, Pinsky I. 2013. The effect of the new traffic law on drinking and driving in São Paulo, Brazil. *Accid Anal Prev*, 50:622-7. doi: 10.1016/j.aap.2012.06.011

DATASUS [database online]. 2020. Brasilia, DF: minister of health. Available: <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0205> [Accessed April 12th, 2020]

Fell JC, Waehrer G, Voas RB, et al. 2014. Effects of enforcement intensity on alcohol impaired driving crashes. *Accident; Analysis and Prevention*. 73:181-186. DOI: 10.1016/j.aap.2014.09.002.

Fell JC. 2019. Approaches for reducing alcohol-impaired driving: Evidence-based legislation, law enforcement strategies, sanctions, and alcohol-control policies. *Forensic Sci Rev*. 31(2):161-184.

Gopalakrishnan S. 2012. A Public Health Perspective of Road Traffic Accidents. *J Family Med Prim Care*. 1(2): 144–150.

Hansen B. 2015. Punishment and deterrence: evidence from drunk driving. *AmEcon Rev.* 105:1581–1617.

INFOSIGA. 2020. Relatório de Acidentes Fatais e Não Fatais. Available at: http://painelderesultados.infosiga.sp.gov.br/dados.web/ViewPage.do?name=obitos_publico&contextId=8a80809939587c0901395881fc2b0004 . Accessed on April 12th 2020.

Jomar RT, Abreu AMM, Laus MM. 2013. Teste do etilômetro e opinião sobre a Operação Lei Seca em amostra de motoristas abordados na cidade do Rio de Janeiro-RJ, 2010 - estudo transversal. *Epidemiol Serv Saude* .22(1):121-128.

Jomar RT, Ramos DO, Abreu AMM. 2016. Breathalyzer test: results and refusals to take the test of drivers intercepted under the DUI Spot-Check Campaign in Rio de Janeiro. *Cienc. Saudecolet.* 21 (12) 3787-3792.

Jomar RT, Ramos DO, Fonseca VAO, Junger WL. 2019. Effect of the zero-tolerance drinking and driving law on mortality due to road traffic accidents according to the type of victim, sex, and age in Rio de Janeiro, Brazil: An interrupted time series study. *Traffic InjPrev*, 20:3, 227-232, DOI: [10.1080/15389588.2019.1576035](https://doi.org/10.1080/15389588.2019.1576035)

Ponce JC ,Kawauti MCP , Andreuccetti G , Carvalho HB. 2018. Loaded dice: a game theory analysis of drunk driving laws in Brazil. *Traffic InjPrev.*19:794–8

Ponce JC, Andreuccetti G, Gonçalves REM, Gjerde H, Bogstrand ST, Valen A, Leyton V, Carvalho HB. 2020. Comparison of traffic data and blood alcohol concentration among fatally injured drivers in Norway and Sao Paulo, Brazil, 2005–2015. *TrafficInjPrev*, 20:7, 673-678

Rosenfeld A, Kraus S. 2017. When Security Games Hit Traffic: Optimal Traffic Enforcement Under One Side Uncertainty. Proceedings of the Twenty-Sixth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-17)

São Paulo. 2020. Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE). Informação dos municípios paulistas [InformationfromtheSao Paulo municipalities], 2016. Available: <http://produtos.seade.gov.br/produtos/imp/> [AccessedApril 12th, 2020].

Sousa T, Lunnen JC, Gonçalves V, Schmitz A, Pasa G, Bastos T, Sripad P, Chandran A, Pechansky F. 2013. Challenges associated with drink driving measurement: combining police and self-reported data to estimate an accurate prevalence in Brazil. *Injury*,44:4 S11-S16,

Taylor B, IrvingHM, Kanteres F, Room R, Borges G, Cherpitel CJ, Bond J, Greenfield T, Rehm J. 2010. The more you drink the harder you fall: A systematic review and meta-analysis of how acute alcohol consumption and injury or collision risk increase together. *DrugAlcoholDepend.* 110, 108–116.

Voas RB, HolderHD, Gruenewald PJ. 1997. The effect of drinking and driving interventions on alcohol-involved traffic crashes within a comprehensive community trial. *Addiction*, 92: S221-S236. doi:[10.1111/j.1360-0443.1997.tb02993.x](https://doi.org/10.1111/j.1360-0443.1997.tb02993.x)

World Health Organization. 2018. Global Status Report on Road Safety. Geneva.

Anexo C- Manuscrito final do paper publicado na Traffic Injury Prevention

Ponce JC, Andreuccetti G, Gonçalves REM, Gjerde H, Bogstrand ST, Valen A, Leyton V, Carvalho HB. 2019. Comparison of traffic data and blood alcohol concentration among fatally injured drivers in Norway and Sao Paulo, Brazil, 2005–2015. *Traffic Inj Prev.* 20(7): 673-678. doi: 10.1080/15389588.2019.1648797

Abstract

Objective: Road traffic crashes (RTCs) are responsible for a large number of deaths worldwide, but low- and middle-income countries frequently present higher rates of deaths; for example, Norway, a high-income country, has a rate of 2.0 drivers killed per 100,000 inhabitants, whereas Brazil, a middle-income country, has a rate of 18.4. A significant fraction of RTCs are related to use of psychoactive substances, especially alcohol, due to its availability, legality, and relatively low price. The aim of the present study was to evaluate differences in alcohol-related fatal RTCs in Sao Paulo, the largest city in Brazil, and Norway during an 11-year period (2005–2015).

Methods: The authors compared databases of drivers killed in RTCs in Sao Paulo and in Norway, a country renowned for its success in reducing traffic fatalities and keeping them at a low level.

Results: In total, 772 victims from Norway (11 years, 2005 to 2015) and 584 victims from Sao Paulo (2 years, 2005 and 2015) were analyzed. Sao Paulo presented higher proportions of motorcycle drivers, men involved in RTCs, and blood alcohol concentration (BAC)-positive cases. The mean BAC for alcohol-positive cases was similar in both sites. For both regions, the percentage of alcohol-positive cases decreased

during the study period (from 45.6% to 35.3% in Sao Paulo and from 24.4% to 15.8% in Norway) but remained higher for Sao Paulo.

Conclusions: The study shows a different profile of RTC victims and higher alcohol consumption among drivers in Sao Paulo. The differences between the sites can possibly be attributed to public policies regarding traffic safety and alcohol control, which could be further improved by following the Norwegian model in Sao Paulo.

Introduction

In 2016, road traffic crashes (RTCs) resulted in 1.35 million deaths, and RTCs have become the leading cause of death for children and young adults aged 5–29 years (World Health Organization [WHO] 2018). They disproportionately affect low- and middle-income countries, where there has been a marked increase, now accounting for 90% of all roadtraffic deaths, even though most traffic crashes are preventable (Gopalakrishnan 2012).

Norway was the first country to establish a legal limit for driving under the influence (DUI) of alcohol, of 0.5 g/kg (about 0.5 g/L), in 1936. This limit was based on scientific studies of the degree of impairment in relation to bloodalcohol concentration (BAC) among a large number of arrested drivers (Andenaes 1988). Based on deterrence theory, the enforcement of the law was strong and the sentence was strict: All DUI offenders were sentenced to at least 3 weeks' imprisonment.

The BAC limit in Norway was lowered to 0.2 g/kg in 2001 with an equivalent limit in breath, and graduated sanctions were implemented (Christoffersen et al. 2016). If a driver refuses to give a breath alcohol test, a blood sample may be taken by force for

alcohol and drug analysis according to the Norwegian Road Traffic Act. Norway has been able to reduce the number of road traffic fatalities from 14.5 per 100,000 inhabitants in 1970 to 2.0 killed per 100,000 inhabitants in 2017 (Statistics Norway 2019).

In Norway, 79.3% of registered motor vehicles are cars and light 4-wheelers, and 7.7% are motorcycles (WHO2018). The incidence of DUI of alcohol among random drivers is about 0.2% (Christophersen et al. 2016).

In Brazil, the road traffic fatality rate has been around 18–20 per 100,000 inhabitants since 1980 but with a small decrease after 1997 when a new traffic code was implemented; it currently stands at 18.4 (Departamento de Informatica do SUS [DATASUS] 2019). Sao Paulo, on the other hand, which is the largest city in Brazil with over 11 million inhabitants, had a road traffic fatality rate of 6.8 per 100,000 inhabitants in 2016, down from 12.8 only 4 years earlier. In the city, 70.2% of the registered motor vehicles are cars and light 4-wheelers and 13.5% are motorcycles (Secretaria Estadual de Analise de Dados 2019).

Brazil introduced a legal BAC limit of 0.8 g/L in blood in 1989. Since then, several changes in drunk driving policy have been implemented, most notably in 2008 and an update in 2012 to include greater sanctions (Christophersen et al. 2016). Current sanctions and their implications have been discussed in further detail in another article (Ponce et al. 2018). Further improvements to the law in 2012 were also associated with reductions in the number of fatal victims in the country's capital, which was not observed with the 2008 law (Guimarães and Silva 2019).

A previous investigation comparing both countries showed that 2.7% of drivers in Brazil had BAC > 0.2 g/L in 2008–2009, compared to 0.2% in Norway (Gjerde et

al.2014). Evaluation of breathalyzer checkpoints in Sao Paulo showed that between 2015 and 2017 the prevalence of positives decreased from 4.1% to 1.2%, with an increase in refusals, reaching 76% for drivers suspected of driving under the influence of alcohol (Andreuccetti et al. 2018).

The aim of this study was to compare the prevalence of alcohol use among drivers and riders killed in road traffic crashes in Norway and the city of Sao Paulo. This may, in turn, allow researchers and public policymakers from developing countries, especially those from South America with laws similar to Brazil, understand shortcomings in their current laws, as well as what developed countries with lower indicators have done to achieve their levels.

Methods

We performed a cross-sectional retrospective study with data from drivers killed in road traffic crashes from the city of Sao Paulo, Brazil, and the country of Norway. This method of data collection was chosen due to the relative ease of collecting secondary data from official records and because it is the recommended design for establishing prevalence of a given characteristic (in the present study: Drivers who were killed in traffic crashes and presented a positive result for alcohol). Truck drivers, bicycle riders, pedestrians, and all other traffic crash victims who did not fit into the included categories or for which that information was not available were excluded.

Data from Sao Paulo, Brazil, were obtained from direct reading of coroner's reports from victims killed in the city of Sao Paulo in the years 2005 and 2015; data from Norway were obtained from an anonymized database from the Department of Forensic Sciences of Oslo University Hospital for the period 2005 to 2015. This was done due to the large differences in RTC rates and to increase statistical power. Post hoc

analysis showed an increase in statistical power by simulating the use of data from only the 2 years (2005 and 2015) in the Norwegian data, from 0.97 to over 0.99.

Variables collected for all cases were vehicle type, year of death, age group (under 18, 18–24, 25–34, 35–44, 45–54, 55–64, 65+), sex, type of crash, BAC, and region. Cases without postmortem toxicological analyses, including alcohol concentration, were not included.

From that method of collection, we gathered 772 cases for Norway and 584 cases for Sao Paulo with complete data including BAC. In both regions, for the periods studied, this amounts to 63% of all traffic fatalities registered.

Vehicles were grouped into 2 categories: Vehicles with a protective body around the driver (such as cars and vans) were grouped together; vehicles in which the driver is more exposed (such as motorcycles and mopeds) were grouped in another. Types of crashes were reclassified into single-vehicle crashes, multiple-vehicle crashes, and unknown.

Statistical analysis, including post hoc calculation of statistical power, was performed using PASW Statistics for Windows, Ver. 18.0 (SPSS Inc. 2009). Continuous variables were analyzed using Student's t test for comparing groups and categorical variables were analyzed using chi-square analysis, because they seemed to be the most adequate for the quality and nature of data presented here. Results were considered statistically significant at $P < .05$. Results were further checked for Bayesian factor (BF) analysis, using an online calculator developed by Dienes, with conversion of values for contingency tables used for the chi-square calculation, odds ratios, and standard errors, done by the method described in Beard et al. (2016). All values are expressed as BF₁₀; that is, how much more likely the alternative hypothesis is

compared to the null hypothesis. Interpretation of BF was done using Jeffrey's updated scale (Beard et al. 2016), where the references for the online calculator are also available.

Results

The profile of drivers killed regarding sex and age is shown in Table 1, and the prevalence of positive results for each period and type of vehicle is shown in Table 2.

Victims in Sao Paulo were younger and had a greater prevalence of males for both periods analyzed (Table 1). Over the 2 periods in Norway, there were more victims from 4-wheeled vehicles than 2-wheeled ones, also with a higher proportion of alcohol-positive results for the first group. In Sao Paulo, there were more victims from 2-wheeled vehicles, but that group also had a lower percentage of positive results than cars and vans (Table 2). When analyzing the type of vehicle involved in the fatal crashes studied, the proportion of motorcycles was higher in Sao Paulo than in Norway ($P < .001$; $BF > 105$). There was also a difference in the distribution of type of vehicle involved in the fatal crashes in Sao Paulo between 2005 and 2015 ($P < .001$; 63.4% to 79.3% of motorcycles; $BF > 105$; Table 2). In Norway the reduction of positives for 4-wheeled vehicle drivers from 26.1% in 2005 to 18.3% in 2015 was not statistically significant ($P = .940$; $BF = 2.47$).

The sex distribution was also different, with a higher proportion of women (17.9%) in Norway than in Sao Paulo (3.4%; $P < .001$; $BF > 105$). Regarding type of vehicle involved, the proportions were nearly inverted: 78.1% of the killed drivers in Norway had been driving cars and vans, whereas 70.9% in Sao Paulo had been riding motorcycles ($P < .001$; $BF > 10^5$). When age groups were compared, there was a statistically significant difference in the distribution for the whole period ($P < .001$; $BF = 149.1$).

When comparing age groups, Norway had a higher mean BAC for people aged 25 and up, when compared to younger drivers with a positive result ($P < .01$; 25 and over: 1.88 ± 0.10 ; under 25: 1.48 ± 0.87 ; $BF = 3.41$). The same result was not found for Sao Paulo ($P = 0.607$; $BF = 0.061$).

Alcohol appears to be more associated with single-vehicle crashes for both regions ($P < .01$; $BF = 2.192$) than with crashes involving 2 or more vehicles. Single-vehicle crashes were also associated with younger driver age ($P < .05$; $BF = 0.386$) and had a higher prevalence of male victims (90% in single-vehicle crashes; 84% in multiple-vehicle crashes).

There was a greater proportion of alcohol-positive victims among young males when comparing within regions and within type of vehicle, except for 4-wheeled vehicles in Sao Paulo ($P = 0.655$; $BF = 0.05$). There was also an overall difference in the proportion of positive BAC results for both countries between the overall periods analyzed ($P < .001$; $BF > 10^5$), for comparison in the same period between regions ($P < .01$ for both periods, $BF > 10^5$ for both comparisons), but also for comparison between periods for the same region (Norway: $P < .01$; $BF = 15.4$; Sao Paulo: $P < .05$; $BF = 4.6$).

Sao Paulo had higher percentages of BAC-positive drivers than Norway in both periods (45.6% and 35.3% compared to 24.4% to 15.8%, respectively). There were reductions over time for both regions, with statistically significant differences ($P < .001$ in Norway; $P < .05$ in Sao Paulo). The mean BAC in those periods, however, remained unchanged in Norway ($P = 0.617$ for comparison between 2005–2009 and 2010–2015; $P = 0.699$ for the comparison between 2005 and 2015; $BF = 0.09$ and $BF = 0.11$, respectively) with a mean BAC of 1.71 ± 0.072 but increased in Sao Paulo, going from 1.55 ± 0.11 g/L to 1.88 ± 0.17 g/L (95% confidence interval; $BF = 20.39$).

There were no differences between mean overall (both periods combined) BAC for cases with positive alcohol results regarding region analyzed (Norway: 1.71 ± 0.072 g/L; Sao Paulo: 1.68 ± 0.049 g/L; BF = 0.13) or type of vehicle (4-wheelers: 1.71 ± 0.057 ; 2-wheelers: 1.68 ± 0.059 ; BF = 0.09) involved in the crash. BAC means did not differ significantly in any of the regions according to gender (P = .149 in Norway; BF = 0.43; P = .06 in Sao Paulo; BF = 3.64).

Though there was a difference in the prevalence of alcohol according to type of vehicle in Sao Paulo in 2005 (55.8% for cars, 39.8% for motorcycles; $P < .001$; BF = 9.36), this difference was not seen in 2015 (42.1% for cars, 33.5% for motorcycles; $P = .276$; BF = 0.53). For Norway, a statistically significant difference was not found for the first period but was present for the second (26.1% for cars, 18.9% for motorcycles in 2005; $P = .203$; BF = 0.97; 18.3% for cars, 5.3% for motorcycles in 2015; $P < .005$; BF = 12.7).

Discussion

The present study showed that the prevalence of alcohol use among fatally injured drivers was higher in Sao Paulo than in Norway, for both car/van drivers and motorcycle riders.

There was, however, a decrease over time in both regions, with strong evidence for that effect in Norway and only a moderate effect in Sao Paulo, as can be seen by analysis of the BF. The profile of victims was also different and changed over time.

In both regions and periods, drivers of motorcycles were overrepresented compared to the number of vehicles. This is most likely due to the greater lethality and probability of being involved in a fatal crash, estimated to be 25.7 times higher than that

for 4-wheeled vehicles (Nunn 2011). There was also an increase in the percentage of motorcycles in the total number of fatal crashes analyzed in Sao Paulo. From 2008 to 2015, there was a 64.5% increase in motorcycles in the city but only a 28.3% increase in cars registered (Secretaria Estadual de Analise de Dados 2019). Though deaths among motorcycles drivers might be related to greater vulnerability due to the structure of the vehicle, a lower percentage of positive BACs was found. However there was no difference in mean positive BAC compared to car drivers.

The proportion of positive BACs was greater among 4-wheeled vehicles for both regions and periods ($P < .01$), even though there was a greater absolute number of victims from 2-wheeled vehicles in Sao Paulo. This might be due to the higher crash risk when driving motorcycles, the higher lethality in those RTCs, and the greater proportion of motorcycles in the fleet of registered vehicles in that city.

Alcohol-positive cases presented similar BACs in both countries, for both genders and types of vehicles analyzed. This is in accordance with international literature that points to concentrations above 1.5 g/L being most likely to seriously reduce driving ability and thus being a major factor in causing traffic crashes (Leporati et al. 2015). The increase in the mean BAC for positive cases in Sao Paulo might point to cases with higher BACs being impervious to other improvements in traffic policies that were enacted in the meantime.

Single-vehicle crashes appeared to have a higher prevalence of alcohol use when compared to other types, although BF analysis shows that the current sample can only provide anecdotal evidence of this effect. BAC is associated with a greater rise in risk for single-vehicle crashes than for multiple-vehicle crashes (Voas et al. 2018). For car drivers in Sao Paulo, strong evidence of no statistical difference in the prevalence of

positives between single-vehicle and multiple-vehicle crashes was found, which, in conjunction with the higher BAC means for 4-wheeled vehicle drivers, points to a possible higher culpability of those drivers under the influence of alcohol, regardless of the number of vehicles involved.

The decrease in the proportion of alcohol-positive results in both regions may point to an improvement in road traffic safety, including law and enforcement as well as increased public awareness of risks associated with drunk driving, although it is difficult to pinpoint the exact reason for this change. Norway has had strict DUI legislation and sanctions for many decades. In addition, enforcement has been strong, with frequent random breath testing controls by the Mobile Police Service. Combined with frequent information campaigns, one outcome is that driving after drinking alcohol is not socially accepted. The incidence of DUI of alcohol has decreased over time; the first study performed in 1970 found that 2.0% of drivers at nighttime had a BAC > 0.5 g/kg; studies during recent years indicate a decrease to 0.1% (Christoffersen et al. 2016).

Within the period studied, Brazil has changed some of its traffic laws, including those related to alcohol. This has been shown to have an impact on fatalities as well as injuries in the same region studied here (Andreuccetti et al. 2011). Although Andreuccetti et al. (2011) evaluated the impact of BAC laws on overall traffic mortality, the results presented here corroborate those and seem to point to a lasting reduction, specifically for alcohol-related RTCs. A study done in the subsequent months after implementation of the 2008 law in Brazil showed a decrease in self-reported drinking and driving, from 2.2% to 0.9%, 2 months after implementation of the law, returning to 2.8% in May 2009 (Moura et al. 2009). Subsequent studies have pointed to an apparent increase in those self-reported numbers, reaching 24.3% in a national survey in 2013 (Macinko et al.

2015). Because these studies were done with different methodologies, direct comparisons should be avoided. These numbers are, however, much higher than those reported for high-income countries (Macinko et al. 2015), probably due to stigma associated with this behavior in those communities. When compared to university students in low- and middle-income countries, the number reported in Moura et al. (2009) would fit into the lower range, whereas numbers reported in Macinko et al. (2015) would set Brazil in the higher range (Peltzer and Pengpid 2015).

It is important to stress that some of the differences presented here for the regions could be due to public policies and, more important, to their enforcement. This has been previously pointed out in previous studies (Andreuccetti et al. 2011, 2012; Gjerde et al. 2014), attributing the differences to a more permissive set of laws in Brazil, regarding both alcohol policies and traffic codes.

The evaluation of 5 safer road laws (speed limit, drink driving, motorcycle helmet, seat belt, and child restraint) shows that though Norway has high rates of enforcement (10 on a scale of 1–10), Brazil has a maximum of 7 on a scale of 1 to 10 (WHO 2018). According to personal communications with the respective police forces, enforcement rates (calculated as the average number of breathalyzer tests per year for every 10,000 inhabitants) was greater in Norway (1,198.6) than in Sao Paulo (137.0). In other words, enforcement with the use of breathalyzer is 8.7 times more common in Norway than in Sao Paulo. That might account for some of the differences in alcohol-positive drivers evaluated in the present study.

The 2 countries studied also present major differences regarding ethnic composition, with Brazil being historically a more diverse and heterogeneous community. It has been pointed out that some policies affect different subsets of

the Brazilian population differently, mostly according to social stratum and, by proxy, to ethnicity (Nazif-Muñoz et al. 2019). Scandinavian countries, on the other hand, have a high organizational level of public systems and high levels of trust in the public sector, which might explain their greater participation in key decisions and policymaking, with better outcomes (Vrangbæk 2018).

Alcohol control policies also differ greatly between the two countries. Reductions in time of travel to the nearest alcohol outlet are closely associated with increases in consumption, leading to the assumption that highly unregulated markets (like Brazil) would lead to a higher prevalence of harmful consequences (Laranjeira 2007; Solheim 2014).

Brazil and Norway signed up for the Decade of Action for Road Safety, proclaimed by the UN General Assembly in March 2010, aiming to reduce rates of traffic crash deaths by half by 2020. Brazil has thus far achieved a reduction from 22.5 deaths due to RTCs per 100,000 inhabitants in 2011 to 18.4 in 2016; in Sao Paulo, the reduction was 35%, above the national average (DATASUS 2019). Norway has been able to achieve a reduction from 3.4 deaths due to RTCs per 100,000 inhabitants in 2011 to 2.0 in 2017 (Statistics Norway 2019).

Recently, a 10-year plan has been established (Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito, National Plan for the Reduction of Deaths and Injuries in Traffic), postponing the reduction by 50% to the end of 2028. Data for Brazil regarding RTCs are available nationally from 1979 (17.6) on, peaking in 1986 (21.9) and again in 1996 (22.3), before starting a slight decline after the introduction of the Brazilian traffic code in 1997, reaching 17.5 in 2000, before increasing again. For Sao Paulo, the data shows a higher rate than the national average in 1979 (25.1), peaking again in 1986

(28.2), with a decrease after 1997 and a steady decreasing trend from 2006 on (DATASUS 2019).

Norway, on the other hand, has had consistently low rates. Aiming to work toward a future with zero fatalities and severe injuries, the concept of Vision Zero was first proposed in 1999, establishing new roles and redefined responsibilities and increasing the focus on improving both road and vehicle safety. The initiative, however, has been met with limited success (possibly because of remarkably low traffic death rates) and with criticism (Kristiansen et al. 2018).

Although the authors were cautious in evaluating the data, the present study suffers from some limitations: The inability to collect the entire universe of deaths in RTCs, because some data were not available (as discussed in the Methods section); the comparison between a country and a city, which might not be entirely representative of the country to which it belongs; and the different periods analyzed. The authors, however, feel that Sao Paulo is an adequate proxy for some of the most effective policies in the country, due to its comparably lower rate of violence indicators.

To be able to accurately evaluate the impact of public policies, as well as changes in trends of RTCs, systematic collection of data in a registry or database is crucial. The data presented here show that the proportion of alcohol-positive fatal traffic victims has declined in both countries in the period studied, yet still remains high in Sao Paulo. The profiles of victims, however, are considerably different and may point to a need for more targeted actions specific to these populations.

Acknowledgments

We thank the Norway Police Department, Politiet, and the Military Police of the State of Sao Paulo for kindly providing us with the ethylometerdata.

Disclosure statement

All authors declare that they have no conflict of interest.

Funding

This study received external funding from CAPES under the PROEXprogram and under the PDSE program for the author Julio C. Ponce, scholarship number 8881.187661/2018-01.

ORCID

Julio de Carvalho Ponce <http://orcid.org/0000-0002-0688-6418>

Gabriel Andreuccetti <http://orcid.org/0000-0002-3535-842X>

HallvardGjerde <http://orcid.org/0000-0003-1465-3128>

Stig Tore Bogstrand <http://orcid.org/0000-0001-8497-9014>

Anja Valen <http://orcid.org/0000-0002-9522-8782>

Vilma Leyton <http://orcid.org/0000-0002-5101-1290>

Heráclito Barbosa de Carvalho <http://orcid.org/0000-0002-7037-5655>

Data availability statement

We do not have permission to share nonaggregated research data.

References

Andenaes J. 1988. The Scandinavian experience. In: Laurence MD, Snortum JR, Zimring FE, editors. Social control of the drinking driver. Chicago (IL): The University of Chicago Press.

Andreuccetti G, Carvalho HB, Cherpitel CJ, Ye Y, Ponce JC, Kahn T, Leyton V. 2011. Reducing the legal blood alcohol concentration limit for driving in developing countries: a time for change? Results and implications derived from a time-series analysis (2001–10) conducted in Brazil. *Addiction*. 106(12):2124–2131.

Andreuccetti G, De Carvalho HB, Cherpitel CJ, Leyton V. 2012. The call for evidence-based drink and driving policies in Brazil. *Addiction*. 107(4):849–850.

Andreuccetti G, Leyton V, Carvalho HB, Sinagawa DM, Bombana HS, Ponce JC, Allen KA, Ortiz AIV, Hyder AA. 2018. Prevalence of behavioral risk factors for road traffic injuries in the city of Sao Paulo: findings from the Bloomberg Initiative for Global Road Safety (BIGRS) 2015–2017. *Inj Prev*. 24(Suppl. 2):A64.

Beard E, Dienes Z, Muirhead C, West R. 2016. Using Bayes factors for testing hypotheses about intervention effectiveness in addiction research. *Addiction*. 111(12):2230–2247.

Christophersen AS, Mørland J, Stewart K, Gjerde H. 2016. International trends in alcohol and drug use among vehicle drivers. *Forensic Sci Rev*. 28(1):37–66.

Departamento de Informática do SUS (DATASUS). 2019. Estatísticas vitais – mortalidade geral. <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0205&id=6937>.

Gjerde H, Sousa TR, De Boni R, Christophersen AS, Limberger RP, Zancanaro I, Oiestad EL, Normann PT, Mørland J, Pechansky F. 2014. A comparison of alcohol and

drug use by random motorvehicle drivers in Brazil and Norway. *Int J Drug Policy*. 25(3):393–400.

Gopalakrishnan S. 2012. A public health perspective of road trafficaccidents. *J Family Med Prim Care*. 1(2):144–150.

Guimarães AG, Silva AR. 2019. Impact of regulations to control alcoholconsumption by drivers: An assessment of reduction in fataltraffic accident numbers in the Federal District, Brazil. *Accid AnalPrev*. 127:110–117.

Kristianssen AC, Andersson R, Belin MA, Nilsen P. 2018. SwedishVision Zero policies for safety – a comparative policy content analysis.*Safety Sci*. 103:260–269.

Laranjeira R. 2007. Brazil’s market is unregulated. *BMJ*. 335(7623):735.

Leporati M, Salvo RA, Pirro V, Salomone A. 2015. Driving under theinfluence of alcohol. A 5-year overview in Piedmont, Italy. *JForensic Leg Med*. 34:104–108.

Macinko J, Mullachery P, Silver D, Jimenez G, Libanio Morais Neto O.2015. Patterns of alcohol consumption and related behaviors inBrazil: evidence from the 2013 National Health Survey (PNS 2013).*PLoSOne*. 10(7):e0134153.

Moura EC, Malta CD, Neto OLM, Penna GO, Temporão JG. 2009. Direção de veículos motorizados após consumo abusivo de bebidasalcoólicas, Brasil, 2006 a 2009. *RevSaude Publica*. 43(5):891–894.

Nazif-Muñoz JI, Nandi A, Ruiz-Casares M. 2019. Protecting only whitechildren: the impact of child restraint legislation in Brazil. *J PublicHealth (Oxf)*. 41(2):287–295. doi:10.1093/pubmed/fdy105.

Peltzer K, Pengpid S. 2015. Drinking and driving among university students in 22 low, middle income and emerging economy countries. *Iran J Public Health*. 44(10):1330–1338.

Ponce JC, Kawauti MCP, Andreuccetti G, Carvalho HB. 2018. Loaded dice: a game theory analysis of drunk driving laws in Brazil. *Traffic Inj Prev*. 19(8):794–798.

SEADE (Secretaria Estadual de Análise de Dados – State Secretariat for Data Analysis). 2019. IMP – Informação dos Municípios Paulistas – Information on Cities in São Paulo. <http://www.imp.seade.gov.br/frontend/#/tabelas>.

Solheim MB. 2014. Theory and evidence on alcohol regulations in Norway [Master dissertation of Philosophy in Economics]. Oslo (Norway): University of Oslo.

SPSS Inc. 2009. PASW statistics for windows, version 18.0. Chicago (IL): SPSS Inc.

Statistics Norway. 2019. Road traffic accidents involving person injury. Kongsvinger (Norway): Statistics Norway. <https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/statistikker/vtu/aar>.

Voas RB, Yao J, Scherer M, Romano E, Lacey J. 2018. Methods for investigating crash risk: comparing case control with responsibility analysis. *Traffic Inj Prev*. 25:1–18.

Vrangbæk K. 2018. The regulation of health care in Scandinavia: professionals, the public interest and trust. In: Chamberlain JM, Dent

M, Saks M, editors. *Professional health regulation in the public interest: International perspectives*. Bristol (UK): Policy Press. p.61–76.

World Health Organization (WHO). 2018. *Global status report on road safety*. Geneva (Switzerland): World Health Organization.