

O impacto do horário de verão nos acidentes de trânsito em Porto Alegre^a

The Impact of Daylight Saving Time on Traffic Accidents in Porto Alegre

Luis Felipe Camargo Ramos^b 

Yara Brasil, Porto Alegre (RS), Brasil

Silvio Hong Tiing Tai^c 

Universidade do Estado de Santa Catarina, Departamento de Economia, Florianópolis (SC), Brasil

Resumo: Este artigo investiga o impacto da política de horário de verão sobre a quantidade de acidentes de trânsito em Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Para efetuar tal análise, foram utilizados dados sobre acidentes de trânsito da Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC). O período avaliado compreende janeiro de 2010 a dezembro de 2019. Seguindo a metodologia de Smith (2016), buscou-se, por meio de um modelo de efeitos fixos, distinguir os impactos de longo prazo dos mecanismos subjacentes: a diminuição de uma hora de sono, associada com um aumento do número de acidentes e a variação de luminosidade beneficiando horários de grande fluxo no entardecer, associada com uma redução do número de acidentes. O efeito agregado mostra que a política do horário de verão reduz os acidentes de trânsito em 7,4%

Palavras-chave: Acidentes de trânsito. Horário de verão. Porto Alegre. Modelo de efeitos fixos.

Abstract: This article investigates the impact of daylight-saving time policy on traffic accidents in Porto Alegre, Rio Grande do Sul (Brazil). In order to carry out such analysis, traffic accident data from Public Transport and Circulation Company (PTCC) were used. The period evaluated ranges from January 2010 to December 2019. Following Smith (2016), we distinguish through a fixed effects model the long-

Editora responsável: Andreza Palma

^a Submissão: 25/01/2021 | Aprovação: 23/12/2021 | DOI: 10.22456/2176-5456.110967

^b luis_f_c.r@hotmail.com

^c silviotai@gmail.com

Ambos os autores foram responsáveis pela concepção, pesquisa de dados e/ou documentos, análise dos dados e/ou documentos, participação ativa na discussão dos resultados e revisão e aprovação da versão final.



Esta publicação está licenciada sob os termos de
Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional

term underlying mechanisms: the reduction of one hour of sleep, associated with an increase in the quantity of accidents, and light variation mechanism benefitting evening rush hours, associated with a reduction in the quantity of accidents. The aggregated impact show that the daylight-saving time policy reduces traffic accidents by 7,4%.

Keywords: Traffic Accident. Daylight Saving Time. Porto Alegre. Fixed-Effect Model.

JEL: I12. Q48. R41.

1. Introdução

O horário de verão (HV) vigorou no Brasil desde 1931 com o objetivo de economizar energia, por meio de um melhor aproveitamento da luminosidade natural que, em localidades distantes da linha do Equador¹, aumenta substancialmente no verão (Montalvão, 2005; Franco *et al.*, 2015; Lins; Menezes, 2015). O conceito se baseia na realocação das horas de sol no início da manhã, quando as pessoas ainda estão dormindo, “transferindo-as” para o fim do dia. Isto se dá pelo adiamento temporário dos relógios em uma hora no verão, tornando as manhãs mais escuras e os anoiteceres mais claros. Este argumento, atribuído a Benjamin Franklin (1784), atualmente perde suporte empírico (Kotchen; Grant, 2011; Keelog; Wolff, 2008; Hancevic; Margulis, 2016)² e suporte político, com a sua revogação no país em 2019.

Em tempos de questionamentos sobre a utilidade do HV, alguns estudos mostram oportunamente que há outras consequências desta prática, além da economia de energia. Para ilustrar, Wolff e Makino (2013) sugerem que o HV aumenta o tempo dedicado para exercícios físicos. Doleac e Sander (2015) identificam que nos horários com maior incidência solar há redução de assaltos e roubos. Finalmente, relacionados com este artigo, Coate e Markowits (2004), Coren (1996), Crawley (2012), Ferguson (1985), Franco *et al.* (2015), Huang e Levinson (2010), Lahti *et al.* (2010), Robb e Barnes (2018), Sarma e Carey (2016), Smith (2016), Sood e Ghosh (2007), Stevens (2006), Sullivan e Flannagan (2002) e Fritz (2020) estudam as implicações do HV nos acidentes de trânsito.

Acidentes de trânsito (AT) têm um impacto extremamente negativo na sociedade. A World Health Organization (2018) mostra que as lesões no trânsito estão entre as dez principais causas de morte em todo o mundo e aponta os AT como a principal causa de morte entre pessoas com idade entre 15 e 29 anos e a oitava maior causa de morte no mundo (considerando todas as idades), somando 1,35 milhão de vítimas fatais por ano e 20 a 50 milhões de vítimas de lesões não fatais. No Brasil, houve 694.222 óbitos por acidentes de transporte terrestre entre

¹ Localidades próximas à linha do Equador não apresentam alteração dos horários de amanhecer e entardecer. Conforme a latitude se distancia da linha do Equador, os amanheceres acontecem mais cedo e os entardeceres acontecem mais tarde no verão.

² López (2020) e Kudela *et al.* (2020) identificam uma redução do consumo de energia elétrica nas horas de pico.

2001 e 2018 (DATASUS, 2020)³. Além do incalculável custo de vidas humanas, diversos prejuízos financeiros decorrem do tratamento médico e da extinção ou redução de produtividade dos mortos ou feridos, que chegam a custar à maioria dos países 3% do seu produto interno bruto (WHO, 2018).

Para o Observatório Nacional de Segurança Viária (ONSV), as principais causas dos AT estão atreladas a um dos três fatores a seguir: fator humano, fator veículo e fator via. Segundo o observatório, a causa de 90% dos acidentes é a falha humana, seja por desatenção dos condutores, seja por desrespeito à legislação; somente 5% dos acidentes são motivados por falhas no fator veículo. O ONSV também informa que apenas 5% dos acidentes estão associados ao fator via, sendo aqueles que ocorrem devido as condições da estrada e da sinalização. Considera-se que fatores externos causadores de condições adversas, como por exemplo, tempestades, nevoeiros e variações luminosas, fazem parte do fator humano, visto que afetam a habilidade do motorista em dirigir o veículo.

A literatura identifica dois mecanismos pelos quais o horário de verão pode ter um impacto na magnitude dos acidentes de trânsito. O primeiro mecanismo é semelhante àquele referente à economia de energia: o HV reduz uma hora de luminosidade de manhã, quando o fluxo de veículos é menor, e aumenta uma hora de luminosidade no final do dia, quando o fluxo de veículos é maior (Franco *et al.*, 2015; Coate; Markowits, 2004). Desta forma, há uma transferência da visibilidade do amanhecer para o entardecer, favorecendo a condução em horários de pico. O segundo mecanismo se refere à alteração imposta ao ritmo biológico (Roenneberg *et al.*, 2019), com a redução de uma hora de sono na noite de transição (Barnes; Wagner, 2009; Harrison, 2013), o que pode afetar negativamente a capacidade de direção dos motoristas nos dias que se seguem à transição (Smith, 2016; Fritz *et al.*, 2020).

Este artigo segue a metodologia de Smith (2016) e analisa o impacto do horário de verão nos acidentes de trânsito na capital do estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, entre 2010 e 2019. A investigação procura distinguir os mecanismos de redução de sono daquele de variação de luminosidade. A escolha

³ A classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados com a Saúde (CID-10) fornece códigos relativos à classificação de doenças e uma abundância de categorias para ferimentos ou doenças, a fim de padronizar e catalogar problemas relacionados à saúde. De acordo com a CID-10, entre 2008 e 2018 o número da morbidade hospitalar por causas externas (grupo V01-V99 - Acidentes de transporte) foi de 1.986.295 (DATASUS, 2020).

do município de Porto Alegre se justifica por dois fatores. Em primeiro lugar, é a capital do estado brasileiro mais distante da linha do equador, e por isso, possui uma mudança mais significativa na luminosidade entre o verão e o inverno. Assim, este seria o estado que mais poderia se beneficiar do HV, permitindo uma maior clareza para identificação dos impactos. Em segundo lugar, é esperado que o horário de verão tenha mais impacto sobre o trânsito urbano do que em rodovias ou zonas rurais, visto que a maior parte do tráfego em horário de pico, entre a residência e o trabalho (principal elemento a ser impactado pelo HV), se encontra nas zonas urbanas.

O artigo está dividido em mais quatro seções, sendo que a segunda seção faz uma revisão dos fatores associados a acidentes de trânsito e uma revisão empírica das diversas pesquisas internacionais sobre o horário de verão e o seu impacto em acidentes de trânsito. A terceira seção apresenta a metodologia utilizada para estimar os efeitos do horário de verão nos acidentes de trânsito, detalhando a fonte dos dados utilizada. A quarta seção apresenta os resultados e a quinta seção conclui.

2. Revisão da literatura

Acidentes de trânsito são causados pelas interações de diversos fatores ligados ao meio ambiente (luminosidade, visibilidade, sinalização das vias públicas, leis de trânsito e outros), ao veículo (funcionamento mecânico e elétrico, qualidade dos sistemas, equipamentos de proteção e preservação do veículo) e às características particulares dos condutores, determinadas pelo indivíduo, idade, experiência, maturidade física e emocional (Mao *et al.*, 1997).

Diante dos problemas de desenvolvimento acarretados pelos AT que comprometem o avanço conforme a agenda de desenvolvimento sustentável da ONU, a Organização decretou o período entre 2011 e 2020 como a Década de Ação pela Segurança no Trânsito, com o objetivo de fomentar políticas que previnam acidentes no trânsito (ONU, 2010). Esta organização também estabeleceu a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, com 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). O terceiro objetivo de desenvolvimento sustentável (ODS 3) visa assegurar uma vida sustentável e promover o bem-estar para todas as cidades. Um de seus objetivos até 2020 é reduzir pela metade as mortes e os ferimentos globais por acidentes em estradas (ONU, 2015).

Tendo em vista o espaço disponível para a criação de políticas que apresentem reduções nos números de acidentes e, conseqüentemente, nos custos indiretos atrelados aos AT, tais medidas são consideradas essenciais para o bem-estar da população. Também é preciso levar em conta até os menores riscos potenciais para os AT, visto que uma pequena mudança nesses padrões pode mudar significativamente o número de acidentes de trânsito. Em busca pelo entendimento dos fatores atrelados aos AT, a política de horário de verão também é o objeto de estudo de diversas pesquisas. O horário de verão é uma política estratégica que afeta o setor energético muito utilizada no mundo, consistindo em beneficiar a população com a variação na incidência solar que ocorre durante as estações do ano, realocando a luz natural para as noites, trazendo manhãs mais escuras e anoiteceres mais claros.

O horário de verão, no Brasil, consiste em adiantar temporariamente em uma hora os relógios de determinados estados no terceiro domingo do mês de outubro, transferindo a luminosidade do amanhecer para o entardecer, retornando à hora padrão no terceiro domingo de fevereiro do ano seguinte, visando limitar a demanda por energia elétrica no período do ano de maior consumo, além de possibilitar certa economia de energia no Brasil (Montalvão, 2005; Franco *et al.*, 2015; Lins; Menezes, 2015).

A justificativa para a utilização do horário de verão seletivo para alguns estados se dá pela eficiência maior naqueles mais distantes da linha do Equador. Alguns acontecimentos que levam a isso são: inclinação do eixo da Terra, rotação do planeta em torno do sol e os impactos das estações do ano sob a luminosidade, tornando os dias mais longos nessa época do ano (Lins; Menezes, 2015), no verão. Desse modo, os estados ao sul do Brasil têm mais horas de insolação que os outros estados do país.

No Brasil, o horário de verão é instituído por meio de decreto. Começou a ser aplicado em 1932 e foi até 1989, sendo que a medida era utilizada para todo o território nacional. Apenas após os anos de 1990 que os estados do Norte e Nordeste do Brasil foram retirados da política de horário de verão, visto que a medida é recomendada nas regiões distantes da linha do Equador, onde o adiantamento em uma hora propicie um aumento do turno com maior luminosidade, tendo uma melhor utilização da luz natural ao final do dia (Montalvão, 2005; Franco *et al.*, 2015).

Alguns estudos apontam a controvérsia da política ao aumentar o consumo de energia elétrica em vez de reduzir (Kotchen; Grant, 2011; Kellogg; Wolff, 2008; Hancevic; Margulis, 2016); outros identificam uma redução no consumo nas horas que seriam de maior gasto de energia, que em alguns casos pode gerar economia (López, 2020; Kudela *et al.*, 2020).

Outras pesquisas também identificam que a aplicação do horário de verão (HV) está relacionada a uma queda nos números de AT, sugerindo que a transferência de luminosidade de um turno com menor risco para o de maior risco pode levar a uma redução nos números de AT (Coate; Markowits, 2004). Outros estudos apontam que o HV gera efeitos disruptivos nos mecanismos do sono, sendo o responsável pelo aumento de AT nas transições do horário de verão (Smith, 2016).

Os mecanismos pelos quais o HV tem impacto nos AT tem impactos divergentes, o que pode explicar uma não convergência do sinal desse impacto na literatura. Alguns estudos revelam um aumento dos AT associado ao HV (Coren, 1996; Fritz, 2020; Huang; Levinson, 2010; Robb; Barnes, 2018; Smith, 2016), outros estudos encontram uma redução dos AT devido ao HV (Crawley, 2012; Franco *et al.*, 2015; Sood; Ghosh, 2007; Ferguson, 1985; Stevens, 2006; Sullivan; Flannagan, 2002) e há ainda estudos com resultados não conclusivos (Lahti *et al.*, 2010; Sarma; Carey, 2016).

Franco *et al.* (2015) avaliou os efeitos de curto e longo prazo da política de horário de verão sobre os AT ocorridos nas rodovias federais brasileiras. As análises, entre 2007 e 2013 identificaram que há uma redução de aproximadamente 10% nos AT nas rodovias federais, na transição de entrada do horário de verão. Resultados similares são encontrados neste estudo, sendo um indicativo de que os efeitos do HV em rodovias podem ser consistentes com os efeitos do HV na zona urbana investigada.

Sood e Ghosh (2007) utilizaram dados de acidentes de trânsito fatais nos Estados Unidos, fazendo uso de modelos de diferenças em diferenças, de 1976 a 2003, para descobrir os seus efeitos de curto e longo prazo. Os resultados indicaram uma redução de acidentes de trânsito em 8% no que tange o envolvimento de pedestres e 6% nos acidentes envolvendo os indivíduos nos veículos, ambos nas semanas depois da entrada do horário de verão.

Smith (2016), também utilizando dados dos EUA de 2002 a 2011 e seguindo o exemplo de Sood e Ghosh (2007), utilizou a regressão descontínua para capturar as mudanças do horário padrão para o de verão, além de um modelo de efeitos fixos para efeitos de longo prazo. Smith (2016) buscou determinar o mecanismo predominante, entre os efeitos da luminosidade e os efeitos do sono. Os resultados apontam que na transição do horário de verão o efeito do sono, na primeira semana, aumenta o número de AT em 5,6%, enquanto mudanças na luminosidade durante o dia apenas redistribuem os AT entre a manhã e o anoitecer. Os resultados de Smith (2016) podem ser explicados por uma predominância do mecanismo do sono sobre o mecanismo da luminosidade, o que traz um aumento agregado dos AT. Esse artigo replica a metodologia de Smith (2016) para a estimação dos efeitos de longo prazo do HV nos AT. Entretanto, os resultados encontrados neste trabalho diferem das descobertas de Smith (2016), esta diferença pode ser devido a ponderações diferentes dos mecanismos subjacentes de sono e luminosidade, além de diferenças nos costumes atrelados aos comportamentos dos motoristas durante o horário de verão e da amostra de Smith (2016) tratar exclusivamente de acidentes fatais em rodovias americanas.

Robb e Barnes (2018), com dados da Nova Zelândia de 2005 a 2016, encontraram que o início do período de horário de verão estaria associado a uma maior taxa de AT, correspondendo a um aumento de 16% no primeiro dia e de 12% no segundo dia, crescendo ao longo da semana seguinte. Isto sugere que o período de transição ao HV tem um efeito maior nos AT, que se dissipa ao longo do tempo, o que seria consistente com o mecanismo do sono, por ter um maior impacto na adaptação dos primeiros dias.

AT que envolvem lesões e fatalidades durante o horário de verão são tema de diversas pesquisas, podendo ser divididos em duas frentes que buscam entender os efeitos da política aqui estudada a curto e longo prazo (Sood; Gosh, 2007). Os efeitos de curto prazo podem aparecer nas transições para o período de aplicação da medida, enquanto os de longo prazo buscam avaliar o impacto de meses ou anos, caso a política de horário de verão seja aplicada. Esse artigo se concentra no estudo dos efeitos de longo prazo do HV nos AT.

A Tabela 1 resume outros trabalhos que avaliaram os efeitos do horário de verão, constando autor, período, local de avaliação e resultados obtidos.

Tabela 1 - Outros estudos dos impactos do horário de verão nos acidentes de trânsito

Autor e ano	Local e amostra	Resultados
Coate e Markowits (2004)	EUA 1998-1999	HV anual reduziram AT em 13% por ano, também reduzindo acidentes de pedestres no anoitecer em 25%, o que aumentar na manhã em 33%
Coren (1996)	Canada 1991-1992	Aumento de aproximadamente 8% no número de acidentes na entrada e redução de mesma magnitude na saída
Crawley (2012)	EUA 1976-2010	Sem significância estatística no curto prazo, redução aproximada de 7,5% no longo prazo
Franco <i>et al.</i> (2015)	Brasil 2007-2013	Redução de aproximadamente 10% nos AT
Ferguson (1985)	EUA 1987-1991	Redução de 13% nos acidentes fatais
Fritz (2020)	EUA 1996-2017	Transição aumenta AT em 6% na entrada, sem alterações na saída
Huang e Levinson (2010)	EUA 2000-2007	Redução dos acidentes e aumento do trânsito
Lahti <i>et al.</i> (2010)	Finlândia 1981-2006	Transição de entrada e saída sem aumento significativo no número de AT
Robb e Barnes (2018)	Nova Zelândia 2005-2016	Aumentos dos AT de 16% no primeiro dia de HV e de 12% no segundo dia, crescendo ao longo da semana seguinte
Sarma e Carey (2016)	Irlanda 2003-2012	Aumento na entrada do HV e redução na saída, com redução significativa nos AT que envolvem ciclistas na saída do HV
Smith (2016)	EUA 2002-2011	Aumento de AT em 3% no longo prazo
Sood e Gosh (2007)	EUA 1976-2003	Redução de 8% nos acidentes com pedestres e redução de 6% nos acidentes com veículos
Stevens (2006)	EUA 1998-2000	Redução no número de AT em 2.5%, seguindo a entrada do HV
Sullivan e Flannagan (2002)	EUA 1987-1997	A luz tem papel dominante no entardecer, e AT com pedestres são 4 vezes mais comuns no horário padrão do que no HV

Fonte: os autores.

Os resultados da revisão bibliográfica demonstram que não há um consenso acerca dos efeitos do horário de verão sobre acidentes de trânsito. Assim, esse trabalho aplica uma metodologia que tem como base Smith (2016) e possui o objetivo de verificar se a política de horário de verão tem impacto de longo prazo sobre os acidentes de trânsito ocorridos em Porto Alegre ao longo dos anos.

3. Metodologia e fonte de dados

A base de dados utilizada neste artigo compreende acidentes de trânsito registrados em Porto Alegre de janeiro de 2010 a dezembro de 2019, tipificados de acordo com a existência ou não de pessoas feridas e vítimas fatais decorrentes de AT, em que cada linha representa um acidente. Os dados de 2015 a 2019 foram disponibilizados através do Portal #DATAPOA⁴ e os dados de 2010 a 2014 foram obtidos com a Coordenação de Indicadores e Engenharia de Tráfego da EPTC, visto que não estão disponíveis no Portal #DATAPOA. No total do período, somam-se 188.987 acidentes em Porto Alegre, contendo as coordenadas geográficas de todos os acidentes ocorridos e informações padronizadas das ocorrências, como tipo de acidente, tipo de veículos envolvidos e a hora e o local do acidente.

Foram utilizados os decretos que aplicam a política de horário de verão como variável exógena ao modelo, que define o período e os estados participantes. Devido às variações da incidência de luz que ocorrem principalmente pela sua localização geográfica, o Rio Grande do Sul sempre adotou o horário de verão⁵.

A Tabela 2 apresenta os números de acidentes por ano e a gravidade destes, sendo possível verificar o decréscimo no número de acidentes ao longo do período. A maioria dos AT envolve apenas danos materiais, com aproximadamente 67,45%; os acidentes com feridos contabilizam 31,99% dos registros e acidentes fatais são apenas 0,56% dos acidentes contidos na amostra⁶. Uma possível explicação para esse baixo percentual de acidentes fatais seja pelas baixas velocidades permitidas dentro dos centros urbanos em comparação com a velocidade permitida nas rodovias.

⁴ Disponível em: <http://datapoa.com.br/dataset/acidentes-de-transito-acidentes>. Acessado em 29/12/2020.

⁵ A Tabela 5 indica os períodos de entrada e saída do HV para os anos presentes nesse trabalho.

⁶ A Tabela A1 do Apêndice mostra a severidade dos acidentes em Unidades Padrão de Severidade (UPS), método criado pelo DENATRAN que atribui pesos aos tipos de acidentes conforme a gravidade dos danos causados, podendo identificar as frequências e as gravidades dos acidentes.

Tabela 2 – Total de acidentes, feridos e fatais

Ano/Tipo	Acidentes	Feridos	Fatais
2010	26.525	9.278	143
2011	24.514	8.766	146
2012	23.714	10.105	105
2013	22.535	9.779	127
2014	18.762	9.150	141
2015	21.201	8.032	100
2016	13.800	6.945	92
2017	12.677	6.210	90
2018	12.144	5.257	75
2019	13.125	5.562	75

Fonte: DATAPOA (2020).

A Tabela 3 traz a distribuição dos acidentes pela tipologia. Observa-se que os acidentes mais comuns são os abalroamentos e colisões, representando aproximadamente 80% dos acidentes, seguidos por choques, atropelamentos, quedas, eventuais capotagens, tombamentos e incêndios. É possível identificar que estes últimos, por serem mais perigosos, têm correlação maior com o número de feridos e mortos e com a severidade do acidente.

Tabela 3 – Tipologia dos acidentes

Tipo	Acidentes	Porcentagem
Abalroamento	89.633	46,98%
Atropelamento	12.124	6,35%
Capotagem	666	0,35%
Choque	15.669	8,21%
Colisão	61.162	32,05%
Eventual	2.829	1,48%
Incêndio	56	0,03%
Não cadastrado	51	0,03%
Queda	6.490	3,40%
Tombamento	307	0,16%

Fonte: DATAPOA (2020).

A tabela 4 mostra a distribuição horária dos AT. A frequência é maior na faixa das 7h da manhã até às 18h da noite. Aproximadamente, 45% dos acidentes

encontram-se nas faixas do nascer e pôr do sol, podendo este ser um indicativo da importância da luminosidade durante esses horários.⁷

Tabela 4 – Acidentes por faixa horária

Faixa horária	Acidentes	Faixa horária	Acidentes
0h	2.430	12h	12.421
1h	1.840	13h	11.511
2h	1.365	14h	13.201
3h	1.187	15h	14.073
4h	1.348	16h	13.296
5h	1.780	17h	10.844
6h	3.601	18h	12.409
7h	10.169	19h	8.950
8h	13.652	20h	6.700
9h	12.204	21h	5.101
10h	12.243	22h	4.693
11h	12.478	23h	3.257

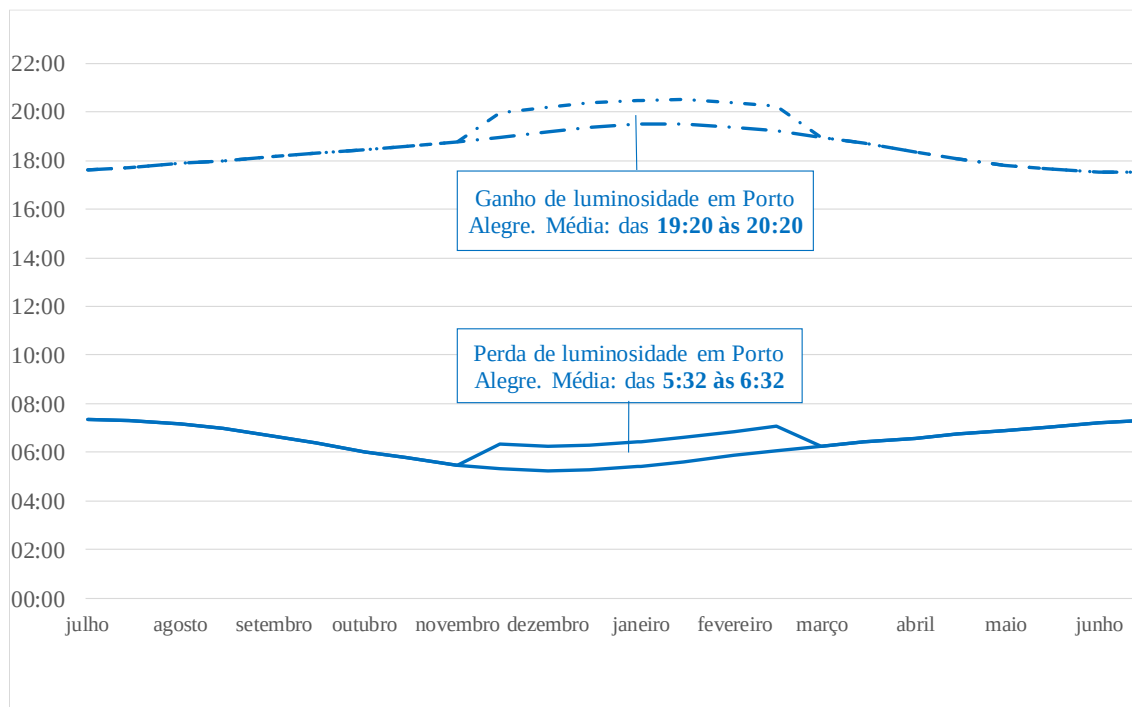
Fonte: DATAPOA (2020).

Anualmente, no início do HV, os relógios são adiantados em uma hora. Devido a essa alteração é possível avaliar se o horário de verão tem impacto em acidentes de trânsito antes ou depois da transição do período. A Figura 1 apresenta a o horário de nascer e pôr do sol em Porto Alegre com e sem o HV. A partir desta figura pode-se identificar os horários que perdem luminosidade e os que ganham. Por conta dessas alterações, é possível que o horário de verão possa afetar os AT ao redor dessas faixas de horário⁸.

⁷ Neste trabalho, considera-se amanhecer o período que se inicia 2 horas antes do amanhecer e que se encerra 2 horas depois. Analogamente, considera-se entardecer o período que se inicia 2 horas antes do entardecer e se encerra 2 horas depois.

⁸ As Figuras A1 e A2 do Apêndice são os desmembramentos da Figura 1 e permitem visualizar individualmente o nascer e o pôr do sol.

Figura 1 – Média de horário de nascer e pôr do sol em Porto Alegre



Fonte: os autores.

Seguimos Smith (2016) e Franco (2016) e retiramos da amostra os dias feriados, devido à diferença de risco de acidentes nestes dias. São eles: primeiro dia do ano; Carnaval; Páscoa; Tiradentes; Dia do Trabalho; Corpus Christi; Independência do Brasil; Revolução Farroupilha; Nossa Senhora Aparecida; Finados; Proclamação da República; e Natal. Ao todo, 13 datas por ano são retiradas da base de dados para evitar interferências nos resultados estimados. A metodologia adotada de avaliação de longo prazo busca identificar os efeitos prolongados do horário de verão, verificando os impactos em períodos extensos, como meses ou anos, utilizando variáveis binárias de controle para cada dia do ano, dia da semana e ano. O efeito fixo dia do ano permite que a estimação considere variações ao longo dos anos, dentro de cada dia do ano. Esta estimação somente é possível se houver variação do status de HV em alguns dias do ano, caso contrário, o efeito fixo dia do ano seria perfeitamente colinear com o HV. Para isto, basta que as datas de início e fim do HV varie ao longo dos anos. A Tabela 5 indica os períodos de entrada e saída do HV para os anos da amostra. Assim, é necessário que haja algum dia do ano que fez parte do HV em algum ano e não fez parte do HV em outro ano. Por exemplo, o dia 18 de outubro, fez parte do HV nos períodos 2009/2010, 2010/2011,

2011/2012, 2015/2016, 2016/2017, 2017/2018, mas não fez parte do HV nos outros períodos da amostra, a saber: 2012/2013, 2013/2014, 2014/2015, 2018/2019.

Tabela 5 – Adoção do HV no Brasil (2009-2019)

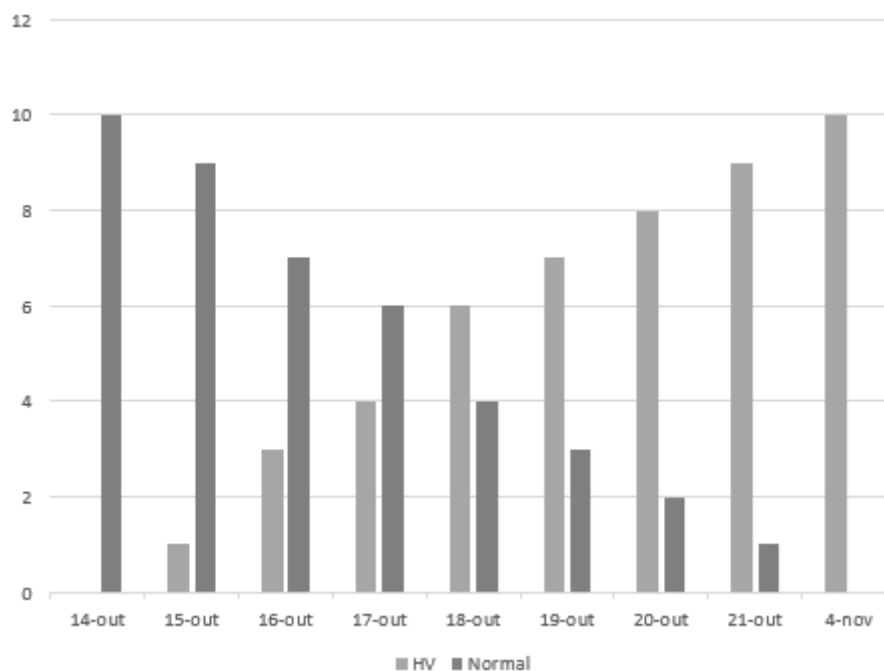
Período	Data de Entrada	Data de saída
2009/2010	18/10/2009	20/02/2010
2010/2011	17/10/2010	19/02/2011
2011/2012	16/10/2011	25/02/2012
2012/2013	21/10/2012	16/02/2013
2013/2014	20/10/2013	15/02/2014
2014/2015	19/10/2014	21/02/2015
2015/2016	18/10/2015	20/02/2016
2016/2017	16/10/2016	18/02/2017
2017/2018	15/10/2017	17/02/2018
2018/2019	04/11/2018	16/02/2019

Fonte: dados do Observatório Nacional do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, disponíveis em:

<http://www.horalegalbrasil.mct.on.br/DecHV.html>
(acessado em 25/01/2020).

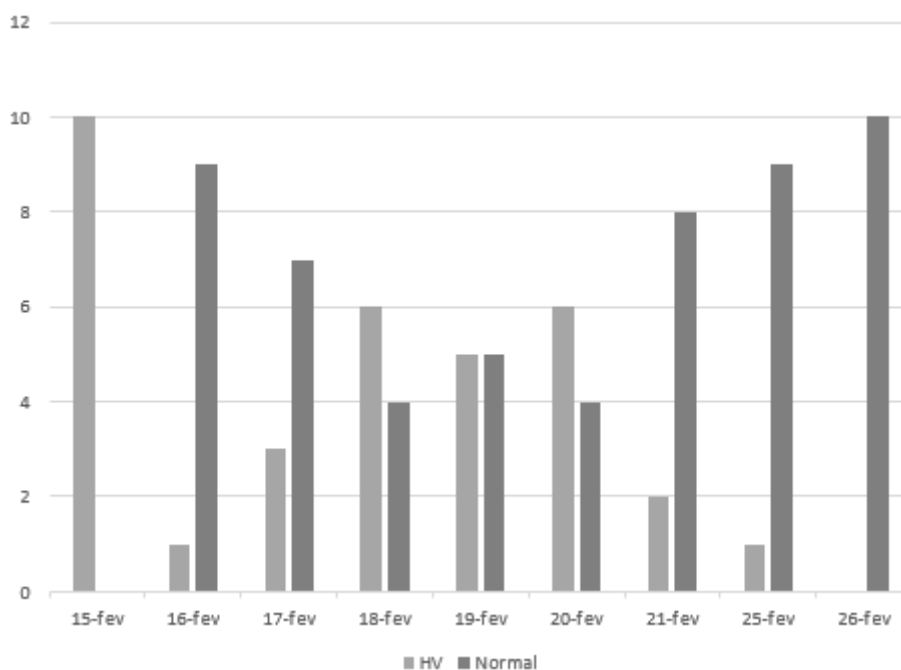
Em realidade, não são muitos os dias do ano na amostra em que houve variação no status de pertencer ou não ao HV. As figuras 4 e 5 apresentam o somatório dos dias que, para os 10 anos utilizados, apresentam variações nas datas de entrada e saída do horário de verão. A figura 4 apresenta as variações de data de verão para a entrada. Para ilustrar, é possível verificar que o dia 14 de outubro para o período da base, não fez parte do horário de verão, enquanto 4 de novembro sempre participou do horário de verão. Já a figura 5 apresenta as variações de data de verão para a saída do horário de verão, e da mesma forma, para os dez anos utilizados na base, o dia 15 de fevereiro sempre participou do horário de verão, enquanto a 26 de fevereiro não fez parte do horário de verão.

Figura 4 – Variações na cobertura de entrada do HV



Fonte: os autores.

Figura 5 – Variações na cobertura de saída do HV



Fonte: os autores.

As regressões econométricas são feitas por dois estimadores. O primeiro estimador é o de efeitos fixos, obtido por meio do método dos mínimos quadrados

ordinários (MQO) com um conjunto de variáveis binárias (a ser descrito abaixo), conforme metodologia de Smith (2016). O segundo é o estimador de Poisson com efeitos fixos (com o mesmo conjunto de variáveis binárias), modelo adequado para dados de contagem (Huang; Levinson, 2010) e que será utilizado como teste de robustez.

A estimação do impacto do horário de verão nos acidentes de trânsito pode sofrer de endogeneidade caso alguma variável omitida seja correlacionada com o horário de verão e tenha impacto nos acidentes de trânsito. Em Porto Alegre, o verão apresenta sistematicamente menos chuva e dias mais luminosos, quando comparado com o inverno⁹. Ao mesmo tempo, a probabilidade de ocorrência de um acidente de trânsito aumenta com a chuva (Black *et al.*, 2017; Jung, 2010) e diminui com a luminosidade (Brijs, 2006; Hammad, 2019). Assim, a precipitação de chuva diária e a quantidade de horas de luminosidade solar diária são incluídas como variáveis de controle nas estimações econométricas.

Ademais, fatores não observados podem ainda ser causa de endogeneidade. Por exemplo, o comportamento dos motoristas pode ser de maior risco no período próximo às festas de final de ano ou nas sextas-feiras. Fenômenos climáticos como o El Niño, ou fenômenos econômicos, como a crise de 2008, são específicos a determinados anos. Assim, são incluídas nas estimações variáveis binárias específicas para cada dia do ano (e.g.: 18 de outubro), para cada dia da semana (e.g.: segunda-feira) e para cada ano, para controle de efeitos específicos ao período do ano, ao dia da semana e ao ano. Dessa forma, qualquer fator gerador de endogeneidade específico a alguma dessas três dimensões será controlado, trazendo um maior rigor às estimações. É importante ressaltar que o controle realizado pelas variáveis binárias específicas a cada dia do ano só é possível devido à variabilidade das datas em que o horário de verão inicia e termina no Brasil, que é ilustrada nas figuras 4 e 5.

Essa especificação econométrica segue o modelo de longo prazo de Smith (2016). A inclusão da variável binária “dia do ano” faz com que as variações da variável HV sejam comparadas com variações do número de acidentes ao longo dos anos, para um mesmo dia do ano. Por exemplo, tomemos o dia 18 de outubro. Serão comparadas as variações de HV com as variações do número de acidentes

⁹ As Figuras A1 e A2 do Apêndice são os desmembramentos da Figura 1 e permitem visualizar individualmente o nascer e o pôr do sol.

que ocorrem no dia 18 de outubro de 2009, no dia 18 de outubro de 2010, ... até o dia 18 de outubro de 2018¹⁰. Isto ocorrerá para todos os dias do ano, mas as variações serão consideradas com um ano de intervalo e por isto são consideradas de longo prazo.

A equação (1) descreve a especificação a ser estimada por MQO.

$$\ln(acidentes_{da}) = \beta_0 + \beta_1 HV_{da} + \beta_2 DiaAno_d + \beta_3 DiaSemana_{da} + \beta_4 Ano_a + \beta_5 Chuva_{da} + \beta_5 Luminosidade_{da} + \varepsilon_{da} \quad (1)$$

A equação (2) descreve a especificação a ser estimada pelo estimador de Poisson.

$$acidentes_{da} = \exp(\beta_5 Chuva_{da} + \beta_5 Luminosidade_{da}) + \beta_0 + \beta_1 HV_{da} + \beta_2 DiaAno_d + \beta_3 DiaSemana_{da} + \beta_4 Ano_a + \epsilon_{da} \quad (2)$$

O número de acidentes em um determinado dia é representado pela variável HV_{da} , que é uma variável binária que vale um caso o dia faça parte do HV e zero caso contrário, $DiaAno_d$, $DiaSemana_{da}$ e Ano_a são variáveis binárias para cada dia do ano (e.g.: 18 de outubro), dia da semana (e.g.: segunda-feira) e ano, respectivamente. A variável “Precipitação” contém o logaritmo natural da quantidade de mm de precipitação diária, a variável “Luminosidade” contém o logaritmo natural da quantidade de luz de sol diária e ε_{da} e ϵ_{da} são termos de erro.

4. Resultados

A Tabela 6 apresenta os resultados do modelo especificado na equação (1) estimado por MQO. A coluna (1) apresenta a regressão utilizando somente a variável HV, com o intuito de avaliar o impacto agregado do horário de verão na ocorrência de acidentes. Assim, o período do HV está associado a uma redução de 7,4% no número de AT durante sua aplicação. O resultado encontrado demonstra que o horário de verão tem efeitos estatisticamente significantes, ao nível de 1%, ao

¹⁰ Serão computadas as variações *within* 18 de outubro, ou seja, as variações ao longo dos anos que ocorrem apenas nos dias 18 de outubro.

ocasionar uma redução no número de acidentes de trânsito em Porto Alegre. Este resultado incorpora os dois mecanismos atrelados ao horário de verão, o mecanismo do sono e o mecanismo de variação de luz. Resultados semelhantes que indicam uma redução no número de acidentes são encontrados em Sood e Gosh (2007), Fergunson (1995), Huang e Levinson (2010) e Franco *et al.* (2015). Entretanto, Smith (2016), cuja metodologia é replicada nesse artigo, encontra um pequeno aumento no número de acidentes ocasionada pelo horário de verão, da ordem de 3%.

Tabela 6 – Estimativas de impacto de longo prazo do horário de verão com efeitos fixos – estimador MQO

	(1)	(2)	Amanhecer (3)	Entardecer (4)	Outros horários (5)	Amanhecer (6)	Entardecer (7)	Outros horários (8)
HV	-0.074*** (0.023)		0.088* (0.047)	-0.151*** (0.042)	-0.081*** (0.026)			
Luminosidade	-0.368 (5.572)	-0.460 (5.571)						
Precipitação	-0.002 (0.003)	-0.002 (0.003)	0.010 (0.007)	-0.016*** (0.006)	-0.001 (0.004)	0.010 (0.007)	-0.016*** (0.006)	-0.001 (0.004)
Primeiros 6 dias		-0.063 (0.041)				0.201** (0.082)	-0.111 (0.074)	-0.099** (0.046)
Proximos 8 dias		-0.110*** (0.026)				0.203** (0.081)	-0.197*** (0.073)	-0.135*** (0.046)
Restante do HV		-0.070*** (0.041)				-0.008 (0.053)	-0.156*** (0.048)	-0.061** (0.030)
Nº Observações	3473	3473	3473	3473	3473	3473	3473	3473
R ² Ajustado	0.802	0.803	0.493	0.573	0.758	0.493	0.573	0.758

Fonte: elaborada pelos autores (2020).

Notas: variável dependente é o log de acidentes de trânsito; todas as regressões utilizam *dummies*: dia do ano, dia da semana e ano. HV é igual a 1, se está dentro do horário de verão, e 0 se estiver fora. “Amanhecer” compreende as horas em torno de ± 2 horas do nascer do sol; “Entardecer” compreende as horas em torno ± 2 horas do pôr do sol. “Outros horários” são todas as horas restantes. Erros padrão estão entre parênteses. ***representa $p < 1\%$, **representa $p < 5\%$ e *representa $p < 10\%$. A variável “*Luminosidade*” do sol não foi incluída nas regressões (3) a (8) porque essas regressões são feitas em horários definidos pelo nascer ou pelo pôr do sol.

Os efeitos do mecanismo de sono se manifestam apenas nos dias iniciais do HV, quando enquanto o organismo ainda resente a alteração imposta ao ritmo biológico. Assim, espera-se então que o impacto do HV nos acidentes seja maior nos primeiros dias devido à regulação do sono (Harrison, 2013), ainda que o mecanismo de variação de luminosidade esteja atuando nestes dias também. A coluna (2) apresenta variáveis binárias correspondentes a três períodos do HV como

variável independente: os primeiros seis dias¹¹, em que os efeitos causados pela disfunção dos mecanismos do sono devem ser mais fortes (Harrison, 2013; Smith, 2016); os próximos oito dias, sendo este um período necessário para ajustar o mecanismo do sono; e o restante do período do HV¹², em que o mecanismo de variação de luminosidade deve ser predominante. Os resultados da coluna (2) revelam que nos primeiros seis dias do HV há uma redução estatisticamente não significativa de 6,3%. Esta redução se amplia para 11% nos próximos oito dias, mantendo-se em 7% no restante do HV, ambos com significância estatística de 1%. Estes resultados se contrapõem aos resultados de Smith (2016) que encontra um aumento no número de AT devido aos impactos da desregulação do sono, com reduções desse aumento ao longo dos dias seguintes. Uma possível causa para os resultados do artigo corrente é a predominância do efeito do mecanismo de variação luminosa (reduzindo acidentes) ao mecanismo do sono, o que também justifica a maior redução dos acidentes nos oito dias seguintes, visto que é um período de menor influência do mecanismo do sono.

O mecanismo de variação de luminosidade, por sua vez, favorece a direção dos motoristas no entardecer, criando, no entanto, uma direção mais perigosa no amanhecer. Esta “troca” de luminosidade se mantém durante toda a aplicação do HV e o impacto deve ser observado principalmente durante as horas no entorno do nascer, aumentando acidentes, e do pôr do sol, diminuindo acidentes. As colunas de (3) a (5) avaliam os impactos do HV em todo o período de validade da política, em diferentes horários: no amanhecer, que envolve um intervalo de duas horas em torno do nascer do sol, no entardecer, englobando um intervalo de duas horas em torno do por sol, além dos outros horários que não se encaixam no amanhecer ou entardecer.

A coluna (3) mostra os efeitos do horário de verão nos amanheceres durante sua aplicação, sendo possível verificar um aumento, com pouca significância estatística, de 8,8%. A coluna (4) apresenta os efeitos do HV nos entardeceres durante aplicação da política, apresentando uma redução, estatisticamente significativa, de 15,1 % nos AT. É presumível constatar que os resultados as colunas (3) e (4) refletem os efeitos do mecanismo da variação de luz devido à troca de luminosidade da manhã para a tarde, o que causa o aumento dos AT no amanhecer

¹¹ A variável independente vale um se o dia pertencer a algum dos seis primeiros dias do HV e a variável vale zero, caso contrário.

¹² Testamos outros períodos na tabela A2 do apêndice, os resultados não alteram as conclusões.

(por haver uma hora a menos de luminosidade) e a redução dos AT no entardecer (por haver uma hora a mais de luminosidade), indicando que a intensidade luz ambiente é um fator relevante para estimular alterações nos AT. Na última coluna desse grupo (5), referente aos outros horários que sofrem poucas alterações na luz ambiente disponível, os AT sofrem uma redução de 8,1% durante o HV. Para melhor entendimento dos mecanismos atrelados aos resultados, as últimas três colunas da tabela investigam os impactos do HV em horários diferentes e ao longo de períodos diferentes de validade do HV, utilizando as três categorias presentes na coluna (2)¹³.

A coluna (6) inclui como variável dependente o logaritmo da soma dos acidentes ocorridos apenas nos amanheceres e mostra que um aumento estatisticamente significativo de 20,1% nos AT durante os primeiros seis dias e 20,3% para os próximos oito dias, reduzindo praticamente a zero para o restante do HV, comportamento que segue o esperado para os três períodos avaliados. Este resultado é consistente com o mecanismo do sono, visto que há aumento dos acidentes apenas nos 14 primeiros dias, mas não há aumento dos AT nos dias restantes de HV. Contudo, este último resultado não oferece suporte ao mecanismo de diminuição de luminosidade ao amanhecer, pois ele deveria aumentar os acidentes durante todo o período de HV. Resultados similares aos encontrados na coluna (6), são encontrados por Franco (2015) e Coren (1996). Em particular, Smith (2016) também encontra um aumento dos acidentes, especificamente nos amanheceres, em todos os períodos de HV.

Já a coluna (7) inclui como variável dependente o logaritmo da soma dos acidentes ocorridos apenas nos entardeceres, período beneficiado pelo aumento de luz natural. Há uma redução dos AT estatisticamente não significativa nos primeiros seis dias, indicando uma compensação entre o aumento de luminosidade, aumentando acidentes, com o mecanismo do sono, diminuindo acidentes. A redução de acidentes ganha significância estatística e chega a uma redução 19,7% nos AT nos próximos oito dias e mantendo-se a 15,6% no restante do período do HV, mostrando um abrandamento do mecanismo do sono e consequente predominância do mecanismo de aumento de luminosidade. Estes resultados são

¹³ Categorias diferentes daquelas utilizadas na especificação (2) da Tabela 6 foram testadas como teste de robustez. Os resultados estão disponíveis na Tabela A2 e A3 do Apêndice. O resultado qualitativo é similar aos encontrados aqui.

confirmados por Smith (2016), que encontra diminuição dos acidentes nos entardeceres em todos os períodos de HV.

Por fim, a coluna (8) verifica os impactos nos horários que não se encaixam dentro do amanhecer ou entardecer. Há uma redução estatisticamente significativa no número de AT de 9,9% nos primeiros seis dias, 13,5% nos próximos oito e 6,1% no restante do período. Apenas o mecanismo de aumento de luminosidade explicaria estes resultados, supondo-se que haja tal aumento em horários distintos do horário de entardecer. Smith (2016) encontra resultados diferentes para estes horários que não se encaixam dentro do amanhecer ou entardecer, verificando um aumento dos acidentes em todos os períodos de HV.

Comparando os resultados das três últimas colunas da Tabela 6, há um aumento no número de AT no amanhecer nas semanas seguintes à transição, impulsionado principalmente pelos efeitos do mecanismo do sono e em algum grau pela alteração de luz ambiente. Esse aumento é compensando pelas reduções nos AT oriundas do mecanismo da luz em todos os outros horários até a saída do HV. Ademais, os resultados apresentados sugerem que o horário de verão não faz uma redistribuição dos acidentes de trânsito entre os períodos luminosos, mas que causa uma redução líquida no número de AT de trânsito durante o HV. Resultados similares são encontrados em Franco *et al.* (2015) e Sood e Gosh (2007). A divergência de resultados com outros autores como Fritz *et al.* (2019) e Smith (2016) podem ser decorrentes de diferenças na predominância de impacto dos mecanismos subjacentes, diferenças entre os costumes dos indivíduos, diferenças geográficas ou comportamentos atrelados ao HV.

A variável de controle “Precipitação” apresenta coeficiente significativo apenas nas especificações (4) e (7), indicando contra intuitivamente que um aumento de 10% na quantidade de chuva diminui os acidentes em 0,16%. A variável “Luminosidade” não apresenta coeficientes estatisticamente significantes. Ela não foi incluída nas regressões (3) a (8) porque essas regressões são feitas em horários definidos pelo nascer ou pelo pôr do sol.

4.1 Teste de robustez

A variável HV_{da} contém o número de acidentes. O modelo com estimador de Poisson pode se mostrar mais adequado a esse tipo de variável que contém uma

contagem. Assim, um teste de robustez é feito nessa seção, a Tabela 7 mostra os resultados estimados segundo a equação (2).

A coluna (1) mostra um coeficiente superior ao estimado na tabela 6, mas de mesmo sinal e nível de significância estatística. Assim, o período do HV está associado a uma redução de 9,4% no número de AT durante sua aplicação em vez de 7,4%. Convergentemente, os demais resultados são qualitativamente semelhantes aos da Tabela 6, com algumas pequenas diferenças. O impacto de HV em AT passa a ser, na Tabela 7, estatisticamente significativo nos primeiros 6 dias da coluna (2), o coeficiente de HV na coluna (4) é consideravelmente menor e o coeficiente dos 6 primeiros dias na coluna (7) passa a ser não estatisticamente significativo.

Tabela 7 – Estimativas de impacto de longo prazo do horário de verão com efeitos fixos – estimador Poisson

	(1)	(2)	Amanhecer (3)	Entardecer (4)	Outros horários (5)	Amanhecer (6)	Entardecer (7)	Outros horários (8)
HV	-0.094*** (0.017)		0.089* (0.051)	-0.216*** (0.040)	-0.087*** (0.020)			
Luminosidade	3.293 (3.629)	3.267 (3.629)						
Precipitação	0.001 (0.002)	0.001 (0.002)	0.018*** (0.006)	-0.013*** (0.005)	0.001 (0.003)	0.019*** (0.006)	-0.013*** (0.005)	0.001 (0.003)
Primeiros 6 dias		-0.084*** (0.028)				0.211*** (0.082)	-0.160*** (0.066)	-0.112*** (0.034)
Proximos 8 dias		-0.135*** (0.029)				0.201** (0.085)	-0.287*** (0.070)	-0.147*** (0.035)
Restante do HV		-0.089*** (0.019)				-0.024 (0.058)	-0.217*** (0.047)	-0.062*** (0.023)
Nº Observações	3473	3473	3473	3473	3473	3473	3473	3473
AIC	26817.358	26818.211	17423.315	19466.681	24166.802	17418.935	19468.921	24165.752

Fonte: elaborada pelos autores (2020).

Notas: variável dependente é o número de acidentes de trânsito; todas as regressões utilizam *dummies*: dia do ano, dia da semana e ano. HV é igual a 1, se está dentro do horário de verão, e 0 se estiver fora. “Amanhecer” compreende as horas em torno de ± 2 horas do nascer do sol; “Entardecer” compreende as horas em torno ± 2 horas do pôr do sol. “Outros horários” são todas as horas restantes. Erros padrão estão entre parênteses. *** representa $p < 1\%$, ** representa $p < 5\%$ e * representa $p < 10\%$. A variável “Luminosidade” do sol não foi incluída nas regressões (3) a (8) porque essas regressões são feitas em horários definidos pelo nascer ou pelo pôr do sol.

A pouca variação dos resultados entre o estimador de MQO e o estimador de Poisson indica que os resultados são robustos à escolha do estimador e reforça o impacto que o horário de verão apresenta na redução de acidentes.

5. Conclusão

Todo ano aproximadamente 1,35 milhões de pessoas morrem como consequência de acidentes de trânsito, e entre 20 e 50 milhões sofrem lesões que causam grandes perdas econômicas aos indivíduos, familiares e ao país como um todo (WHO, 2018). O horário de verão, política com o propósito de reduzir o consumo de energia, gera externalidades positivas, dentre elas destaca-se a redução dos acidentes de trânsito, beneficiando os motoristas com uma maior luminosidade e dirigibilidade em horários de trânsito intenso.

Este artigo estimou, a partir de um modelo com efeitos fixos, os impactos de longo prazo da política de horário de verão sobre os acidentes de trânsito em Porto Alegre. Os resultados apontam que, de maneira geral, o HV está atrelado a uma redução no número de acidentes de trânsito de 7,4% durante a validade da política, resultado semelhante aos observados em alguns estudos, embora com diferenças de magnitude, provavelmente atreladas à diferença de predominância dos mecanismos do sono e da luminosidade, às diferentes localizações geográficas e aos comportamentos dos motoristas. Utilizando a mesma metodologia, Smith (2016) encontra um pequeno aumento dos acidentes associado ao período de HV.

Os testes desenvolvidos buscaram determinar os efeitos dos mecanismos do sono e de variação de luminosidade, revelando que o mecanismo do sono durante a transição inicial, principalmente no amanhecer, causa um aumento no número de AT naquele turno. O mecanismo da variação da luz indica que a alteração de luz ambiente contribui para uma redução constante ao longo do HV nos números de AT, sendo os efeitos do mecanismo da luminosidade predominantes aos do sono.

Por fim, espera-se que esse trabalho contribua nas discussões para o retorno da política de horário de verão, descontinuada no Brasil em 2019. Políticas como esta podem reduzir os índices de acidentes de trânsito e, consequentemente, os custos socioeconômicos advindos destes. Este artigo se relaciona a diferentes estudos que mostram outras externalidades positivas do HV, como o encorajamento a atividades físicas (Wolff; Makino, 2013) e a redução de criminalidade (Doleac; Sanders, 2013).

Referências

- BARNES, CM, WAGNER, DT. Changing to daylight saving time cuts into sleep and increases workplace injuries. *Journal of Applied Psychology*, v. 94, n. 5, 2009.
- BLACK, A. W., VILLARINI, G., MOTE, T. L. Effects of Rainfall on Vehicle Crashes in Six U.S. States, *Weather, Climate, and Society*, 9(1), 2017.
- BRIJS, T., OFFERMANS, C., HERMANS, E., & STIERS, T. Impact of Weather Conditions on Road Safety Investigated on Hourly Basis. Proc. 85th Transportation Research Board (TRB) Annual Meeting. Washington, 2006.
- COATE, D.; MARKOWITS, S. The effects of daylight and daylight saving time on US pedestrian fatalities and motor vehicle occupant fatalities. *Accident Analysis & Prevention*, v. 36, n. 3, 2004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001457503000150>. Acesso em: 20 fev. 2020.
- COREN, S. Daylight Savings Time and Traffic Accidents. *New England Journal of Medicine*, v. 334, 1996. Disponível em: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJM199604043341416>. Acesso em: 20 fev. 2020.
- CRAWLEY, J. Testing for Robustness in the Relationship between Fatal Automobile Crashes and Daylight Saving Time. 2012. Disponível em: <https://econ.berkeley.edu/sites/default/files/Crawley.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2020.
- DATAPOA. Portal de dados abertos de Porto Alegre. 2020. Disponível em: <http://datapoa.com.br/dataset/acidentes-de-transito-acidentes>. Acesso em: 19 fev. 2020.
- DATASUS. Ministério da Saúde. Sistema de informações sobre mortalidade. 2020. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sim/cnv/ext10uf.def>. Acesso em: 20 fev. 2020.
- DOLEAC, J. L.; SANDERS, N. J. Under the Cover of Darkness: How Ambient Light Influences Criminal Activity. 2015. Disponível em: http://jenniferdoleac.com/wp-content/uploads/2015/03/Doleac_Sanders_DST.pdf. Acesso em: 20 fev. 2020.
- FERGUNSON, S. A. Daylight Saving Time and Motor Vehicle Crashes: The Reduction in Pedestrian and Vehicle Occupant Fatalities. *American Journal of Public Health*, v. 85, n. 1, 1995. Disponível em: <https://ajph.aphapublications.org/doi/pdf/10.2105/AJPH.85.1.92>. Acesso em: 20 fev. 2020.

FRANCO, C. *et al.* Avançar o relógio em uma hora pode evitar acidentes? Evidências da política do horário de verão no Brasil. 2015. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/documents/160445/781488/M3_Art_2.pdf/a50e9a36-cf3d-4a52-b8ac-f7ce33ef0faa. Acesso em: 21 ago. 2019.

FRANKLIN, B. An Economical Project. *Journal de Paris*, 1784. Disponível em: <http://webexhibits.org/daylightsaving/franklin.html>.

FRITZ *et al.* A Chronobiological Evaluation of the Acute Effects of Daylight Saving Time on Traffic Accident Risk. *Current Biology*, v. 30, n. 4, 2020. Disponível em: [https://www.cell.com/current-biology/fulltext/S0960-9822\(19\)31678-1?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0960982219316781%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/current-biology/fulltext/S0960-9822(19)31678-1?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0960982219316781%3Fshowall%3Dtrue). Acesso em: 20 fev. 2020.

HAMMAD, H. M.; ASHRAF, M.; ABBAS, F. *et al.* Environmental factors affecting the frequency of road traffic accidents: a case study of sub-urban area of Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 2019.

HANCEVIC, P.; MARGULIS, D. Daylight saving time and energy consumption: The case of Argentina. 2016. Disponível em: <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/80481/>. Acesso em: 25 out. 2020.

HARRISON, Y. The impact of daylight saving time on sleep and related behaviours. *Sleep Medicine Reviews*, v. 17, n. 4, 2013. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1087079212001141>. Acesso em: 25 out. 2020.

HORA Legal Brasil. Decretos sobre o Horário de Verão no Brasil. s/d. Disponível em: <http://www.horalegalbrasil.mct.on.br/DecHV.html>. Acesso em: 21 ago. 2020.

HUANG, A.; LEVINSON, D. The effects of daylight saving time on vehicle crashes in Minnesota. *Journal of Safety Research*, v. 41, n. 6, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002243751000112X?via%3Dihub>. Acesso em: 21 ago. 2019.

JUNG, S.; QIN, X.; NOYCE, D. A. Rainfall effect on single-vehicle crash severities using polychotomous response models. *Accident Analysis & Prevention*, v. 42, n. 1, 2010.

KELLOG, R.; WOLFF, H. Daylight time and energy: Evidence from an Australian experiment. *Journal of Environment Economics and Management*, v. 56, n. 3, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0095069608000661>. Acesso em: 23 out. 2020.

KOTCHEN, M. J; GRANT, L. E. Does Daylight Saving Time Save Energy? Evidence from a Natural Experiment in Indiana. *Review of Economics and Statistics*, v. 93, n. 4, 2011. Disponível em:

https://www.mitpressjournals.org/doi/abs/10.1162/REST_a_00131. Acesso em: 23 out. 2020.

KUDELA, P.; HAVRANEK, T.; HERMAN, D.; IRSOVA, Z. Does daylight saving time save electricity? Evidence from Slovakia. *Energy Policy*, v.137, 2020.

LAHTI,T.; NYSTEN,E.; HAUKKA, J.; SULANDER, P.; PARTONEN, T.). Daylight Saving Time Transitions and Road Traffic Accidents. *Journal of Environmental and Public Health*, 2010. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20652036/>. Acesso em: 6 out. 2025.

LINS, J. G. M. G.; MENEZES, T. A. Luz do Sol e Incidência de Suicídio: Evidências de um Desenho de Regressão Descontínua a Partir do Horário de Verão. *46º Encontro Nacional de Economia da ANPEC*. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: https://www.anpec.org.br/encontro/2018/submissao/files_I/i12-26fd7a7eeda2c94811f7a14964b07845.pdf. Acesso em: 21 ago. 2019.

LÓPEZ, M. Daylight effect on the electricity demand in Spain and assessment of Daylight Saving Time policies. *Energy Policy*, v. 140, 2020.

MAO, Y.; ZHANG, J.; ROBBINS, G.; CLARKE, K.; PICKETT, W. Factors affecting the severity of motor vehicle traffic crashes involving young drivers in Ontario. *Injury Prevention*, v. 3, 1997. Disponível em:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1067816/pdf/injprev00003-0031.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2020.

MONTALVÃO, E. O setor elétrico e o horário de verão. Brasília: Senado Federal, 2005. Disponível em:

<http://www2.senado.leg.br/bdsf/handle/id/102>. Acesso em: 19 nov. 2019.

ONSV. Observatório Nacional de Segurança Viária. 90% dos acidentes são causados por falhas humanas, alerta observatório. s/d. Disponível em:

<https://www.onsv.org.br/90-dos-acidentes-sao-causados-por-falhas-humanas-alerta-observatorio/>. Acesso em: 20 ago. 2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Assembleia Geral. Resolução A/RES/64/255: *Improving global road safety*. ONU, 2010. Disponível em: <https://docs.un.org/en/A/RES/64/255>. Acesso em: 19 ago. 2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Assembleia Geral. Resolução A/RES/70/1: Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Disponível em:

<https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2019.

ROENNEBERG, T., WIRZ-JUSTICE, A.; SKENE, D. J. *et al.* Why Should We Abolish Daylight Saving Time? *Journal of Biological Rhythms*, 34(3), 2019. DOI: 10.1177/0748730419854197.

ROBB, D.; BARNES, T. Accident rates and the impact of daylight saving time transitions. *Accident Analysis & Prevention*, v. 111, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001457517304256?via%3Dihub>. Acesso em: 20 jan. 2020.

SARMA, K.; CAREY, R. The potential impact of the implementation of the Brighter Evenings Bill on road safety in the Republic of Ireland - A report for the Road Safety Authority of Ireland. s/d. Disponível em: <https://www.rsa.ie/Documents/Press%20Office/The%20potential%20impact%20of%20the%20implementation%20of%20the%20Brighter%20Evenings%20Bill%20on%20road%20safety%20in%20the%20Republic%20of%20Ireland.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2020

SMITH, A. C. Spring Forward at Your Own Risk: Daylight Saving Time and Fatal Vehicle Crashes. *American Economic Journal: Applied Economics*, 2016, v. 8, n. 2. Disponível em: <https://pubs.aeaweb.org/doi/pdfplus/10.1257/app.20140100>. Acesso em: 19 jan. 2020.

SOOD, N.; GHOSH, A. The Short and Long Run Effects of Daylight Saving Time on Fatal Automobile Crashes. *The B. E. Journal of Economic Analysis & Policy*, 2007. Disponível em: www.researchgate.net/publication/4985756_The_Short_and_Long_Run_Effects_of_Daylight_Saving_Time_on_Fatal_Automobile_Crashes. Acesso em: 20 jan. 2020.

STEVENS, C. R.; LORD, D. Evaluating the safety effects of daylight savings time on fatal and non-fatal injury crashes in Texas. *85th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, 2005. Disponível em: https://ceprofs.civil.tamu.edu/dlord/Papers/Stevens_and_Lord_TRB_2006.pdf. Acesso em: 20 jan. 2020.

SULLIVAN, J. M; FLANNAGAN, M. J. The role of ambient light level in fatal crashes: inferences from daylight saving time transitions. *Accident Analysis & Prevention*, v. 34, n. 4, 2002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S000145750100046X>. Acesso em: 20 jan. 2020.

WOLFF, H.; MAKINO M. University of Washington. Does Daylight Saving Time Burn Fat? Time Allocation with Continuous Activities. Working Paper, 2013.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global Status Report on Road Safety 2018. Genebra, 2018. Disponível em:
https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2018/en/.
Acesso em: 19 ago. 2019.

Apêndice

Tabela A1 - Unidades-padrão de severidade dos acidentes

UPS	Frequência	Percentual	Pontuação
13 - Fatais	1.055	0,56%	13.725
5 - Feridos	60.384	31,95%	301.920
1 - Danos materiais	127.548	67,49%	127.548

Fonte: dados do DataPOA. Elaboração própria.

Tabela A2 – Outros Testes de Robustez - Estimador MQO

		(1)	Amanhecer (2)	Entardecer (3)	Outros horários (4)
R1	Precipitação	-0.002 (0.003)	0.010 (0.007)	-0.017*** (0.006)	-0.001 (0.004)
	Luminosidade	-0.339 (5.574)			
	Primeiros 7 dias	0.009 (0.041)	0.154* (0.083)	0.032 (0.074)	-0.019 (0.046)
	Proximos 9 dias	-0.020 (0.040)	0.102 (0.079)	-0.103 (0.072)	-0.016 (0.045)
	Restanto HV	-0.073*** (0.026)	0.044 (0.052)	-0.142*** (0.046)	-0.075*** (0.029)
R2	Precipitação	-0.002 (0.003)	0.009 (0.007)	-0.016*** (0.006)	-0.001 (0.004)
	Luminosidade	-0.362 (5.573)			
	Primeiros 5 dias	-0.022 (0.045)	0.220** (0.090)	-0.040 (0.081)	-0.043 (0.050)
	Proximos 6 dias	-0.037 (0.043)	0.100 (0.085)	-0.086 (0.077)	-0.035 (0.048)
	Restanto HV	-0.067*** (0.025)	0.044 (0.050)	-0.135*** (0.045)	-0.070** (0.028)
R3	Precipitação	-0.002 (0.003)	0.010 (0.007)	-0.016*** (0.006)	-0.001 (0.004)
	Luminosidade	-0.420 (5.573)			
	Primeiros 14 dias	-0.014 (0.036)	0.223*** (0.072)	-0.001 (0.065)	-0.054 (0.040)
	Proximos 7 dias	0.035 (0.041)	0.122 (0.083)	0.048 (0.074)	0.021 (0.046)
	Restanto HV	-0.72*** (0.026)	0.010 (0.053)	-0.154*** (0.048)	-0.066** (0.030)
R4	Precipitação	-0.002 (0.003)	0.010 (0.007)	-0.016*** (0.006)	-0.001 (0.004)
	Luminosidade	-0.424 (5.573)			
	Primeiros 14 dias	-0.029 (0.035)	0.171** (0.069)	-0.041 (0.062)	-0.059 (0.039)
	Proximos 14 dias	-0.032 (0.040)	-0.103 (0.079)	-0.148** (0.072)	0.005 (0.045)
	Restanto HV	-0.063** (0.026)	0.041 (0.052)	-0.130**** (0.047)	-0.063** (0.029)
	Nº Observações	3473	3473	3473	3473
	R² Ajustado	0.802	0.493	0.573	0.758

Fonte: elaborada pelos autores (2020).

Notas: Variável dependente é o log de acidentes de trânsito; todas as regressões utilizam *dummies*: dia do ano, dia da semana e ano. HV é igual a 1, se está dentro do horário de verão, e 0 se estiver fora. “Amanhecer” compreende as horas em torno de ± 2 horas do nascer do sol; “Entardecer” compreende as horas em torno ± 2 horas do pôr do sol. “Outros horários” são todas as horas restantes. Erros padrão estão entre parênteses. ***representa $p < 1\%$, **representa $p < 5\%$ e *representa $p < 10\%$. A variável “*Luminosidade*” do sol não foi incluída nas regressões (3) a (8) porque essas regressões são feitas em horários definidos pelo nascer ou pelo pôr do sol.

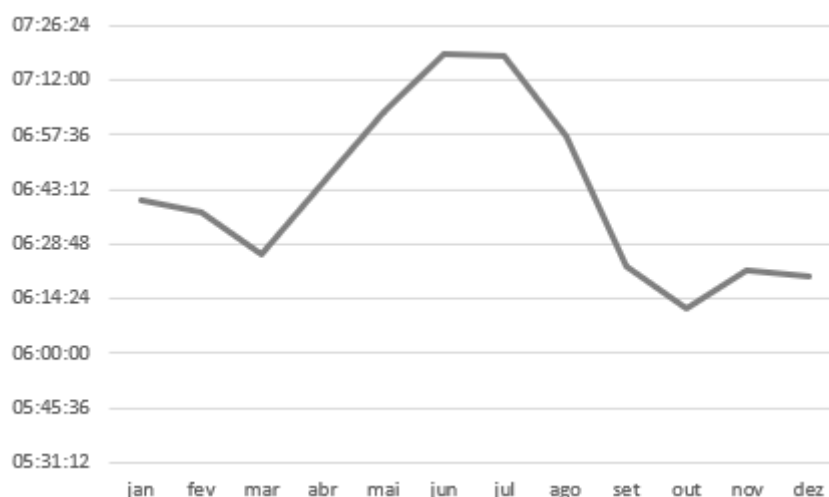
Tabela A3 - Outros Testes de Robustez - Estimador Poisson

		(1)	Amanhecer (2)	Entardecer (3)	Outros horários (4)
R1	Precipitação	0.001 (0.002)	0.018*** (0.006)	-0.013*** (0.05)	0.001 (0.03)
	Luminosidade	3.318 (3.629)			
	Primeiros 7 dias	0.007 (0.029)	0.135 (0.085)	0.025 (0.070)	-0.024 (0.035)
	Proximos 9 dias	-0.012 (0.028)	0.074 (0.079)	-0.106 (0.068)	-0.008 (0.033)
	Restanto HV	-0.093*** (0.019)	0.048 (0.058)	-0.205*** (0.046)	-0.081*** (0.023)
	AIC	26820.949	17424.680	19467.079	24170.331
R2	Precipitação	0.001 (0.002)	0.018*** (0.006)	-0.013*** (0.05)	0.001 (0.03)
	Luminosidade	3.412 (3.630)			
	Primeiros 5 dias	-0.020 (0.030)	0.206** (0.087)	-0.011 (0.072)	-0.065* (0.037)
	Proximos 6 dias	-0.054* (0.029)	0.099 (0.083)	-0.115* (0.070)	-0.066* (0.035)
	Restanto HV	-0.084*** (0.019)	0.038 (0.056)	-0.201*** (0.044)	-0.068** (0.022)
	AIC	26817.845	17421.674	19467.664	24165.773
R3	Precipitação	0.001 (0.002)	0.019*** (0.006)	-0.013*** (0.05)	0.001 (0.003)
	Luminosidade	3.244 (3.629)			
	Primeiros 14 dias	-0.017 (0.026)	0.233*** (0.077)	-0.011 (0.063)	-0.063** (0.031)
	Proximos 7 dias	0.030 (0.029)	0.078 (0.084)	0.038 (0.072)	0.019 (0.034)
	Restanto HV	-0.90*** (0.020)	0.005 (0.059)	-0.215*** (0.047)	-0.068*** (0.023)
	AIC	26819.015	17418.140	19470.262	24164.836
R4	Precipitação	0.001 (0.002)	0.019*** (0.006)	-0.013*** (0.05)	0.001 (0.003)
	Luminosidade	3.234 (3.629)			
	Primeiros 14 dias	-0.030 (0.025)	0.199*** (0.073)	-0.044 (0.060)	-0.067** (0.030)
	Proximos 14 dias	-0.018 (0.027)	-0.038 (0.082)	-0.149** (0.070)	0.013 (0.032)
	Restanto HV	-0.083*** (0.019)	0.024 (0.058)	-0.192*** (0.046)	-0.066*** (0.023)
	AIC	26819.686	17418.773	19465.943	24164.981
	Nº Observações	3473	3473	3473	3473

Fonte: elaborada pelos autores (2020).

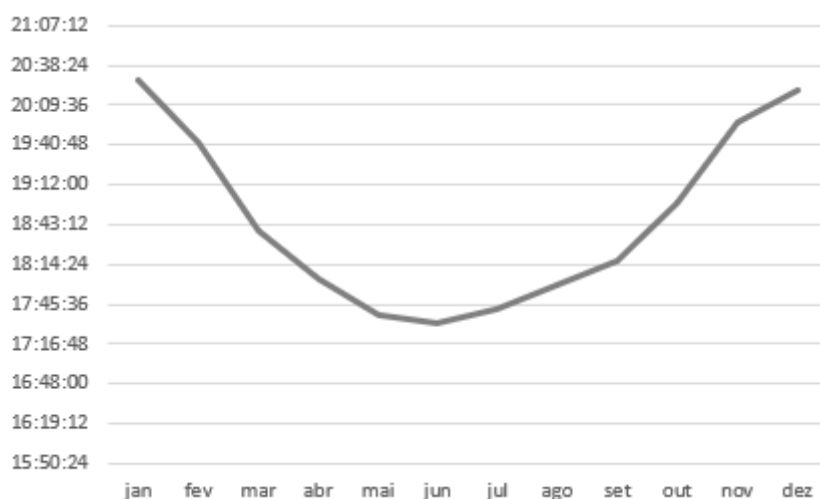
Notas: Variável dependente é o número de acidentes de trânsito; todas as regressões utilizam *dummies*: dia do ano, dia da semana e ano. HV é igual a 1, se está dentro do horário de verão, e 0 se estiver fora. “Amanhecer” compreende as horas em torno de ± 2 horas do nascer do sol; “Entardecer” compreende as horas em torno ± 2 horas do pôr do sol. “Outros horários” são todas as horas restantes. Erros padrão estão entre parênteses. ***representa $p < 1\%$, **representa $p < 5\%$ e *representa $p < 10\%$. A variável “*Luminosidade*” do sol não foi incluída nas regressões (3) a (8) porque essas regressões são feitas em horários definidos pelo nascer ou pelo pôr do sol.

Figura A1 - Horários de nascer do sol em Porto Alegre



Fonte: elaborada pelos autores (2020).

Figura A2 - horários de pôr do sol em Porto Alegre



Fonte: elaborada pelos autores (2020).