

Estado da publicação: Não informado pelo autor submissor

# Efeitos do horário de verão sobre acidentes no Brasil: Uma abordagem de Regressão Descontínua

Cleiton Franco, Gustavo Ramos Sampaio, Breno Sampaio, Weily Toro Machado

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.6458>

Submetido em: 2023-07-18

Postado em: 2023-07-20 (versão 1)

(AAAA-MM-DD)

# Efeitos do horário de verão sobre acidentes no Brasil: Uma abordagem de Regressão Descontinua

Cleiton Franco<sup>\*</sup> Gustavo Ramos Sampaio<sup>†</sup>  
Breno Sampaio<sup>‡</sup> Weily Toro Machado<sup>§</sup>

<sup>\*</sup>Professor doutor depto. Ciências Contábeis,  
UNEMAT – Universidade do Estado de Mato Grosso, Email: [cleitonfranco@unemat.br](mailto:cleitonfranco@unemat.br).  
<https://orcid.org/0000-0002-3468-8160>

<sup>†</sup>Professor Doutor Departamento de Economia,  
Universidade Federal de Pernambuco, Email: [gustavorsampaio@gmail.com](mailto:gustavorsampaio@gmail.com).  
<https://orcid.org/0000-0002-6455-2715>

<sup>‡</sup>Professor Doutor Departamento de Economia,  
Universidade Federal de Pernambuco, Email: [brenosampaio@gmail.com](mailto:brenosampaio@gmail.com).  
<https://orcid.org/0000-0001-9740-9192>

<sup>§</sup>Professor doutor depto. Ciências Contábeis,  
UNEMAT – Universidade do Estado de Mato Grosso, Email: [weily@unemat.br](mailto:weily@unemat.br).  
<https://orcid.org/0000-0002-7088-4011>.

## Resumo

O horário de verão é uma política de redução do consumo de energia instituída no Brasil todos os anos a partir da segunda semana de outubro. O presente trabalho tem por objetivo avaliar os possíveis efeitos da política do horário de verão sobre os acidentes nas rodovias federais brasileiras. Os dados de ocorrência de acidentes da polícia rodoviária federal utilizados compreendem o período de 2007 a 2013, agregados por dia e hora para cada Estado brasileiro. Primeiramente foram apreciados os efeitos a curto prazo sobre o número de acidentes na transição de entrada do horário de verão nos estados que sofreram a intervenção, por meio do modelo de Regressão Descontinua. A transição para o horário de verão, aproximadamente os primeiros vinte e quatro dias, reduzem o risco de acidentes nas rodovias federais através da realocação de uma hora de luminosidade da manhã para a tarde. Logo após foi mensurada a duração do efeito da mesma política a longo prazo em todos os estados, por meio do modelo de Diferenças em Diferenças. Ambos os modelos revelaram que a aplicação da política do horário de verão apresentou evidências na redução sobre o número de acidentes nas rodovias federais brasileiras. A fim de complementar a análise, foram realizados testes de robustez que determinaram os efeitos de tendências anteriores, Estados com maior risco de acidentes, decomposição em horas de luminosidade e período final do horário de verão. Os resultados apontaram que os Estados em que a política do horário de verão foi utilizada os acidentes sofreram redução de 10% (dez por cento).

**Palavras-chave:** Acidentes em rodovias federais. Horário de Verão no Brasil. Regressão Descontinua.

# Effects of daylight saving time on accidents in Brazil: A Discontinuous Regression Approach

## Abstract

Daylight saving time is a policy to reduce energy consumption instituted in Brazil each year from the second week of October. This study aims to evaluate the possible effects of DST policy on accidents in Brazilian federal highways. The data of accidents of the federal highway police used cover the period 2007-2013, aggregated by day and time for each Brazilian state. The short-term effects were first appreciated on the number of accidents in the summer time input transition in states that underwent the intervention, through the regression discontinuity model. The transition to daylight saving time, about the first twenty-four days, reduce the risk of accidents on federal highways by reallocating an hour of morning light for the afternoon. Soon after it was measured the duration of the effect of the same long-term policy in all states through the differences in differences model. Both models have shown that the application of DST policy presented evidence in the reduction of the number of accidents in Brazilian federal highways. To complement the analysis, robustness tests were conducted which determined the effects of previous trends, states with higher risk of accidents, decomposition hours light and final period of daylight saving time. The results showed that the States where the DST policy was used the accidents were reduced by 10 %.

**Keywords:** Accidents on federal Highways; Daylight Saving Time in Brazil; Regression Discontinuity Design.

**Jel-Classification:** C23, R41, I18.

## Introdução

Em todo o mundo morrem aproximadamente 1,2 milhões de vítimas de acidentes de trânsito a cada ano. Desse total, 90% ocorrem em países de baixa e média renda (Bacchieri and Barros, 2011). O Brasil, maior país da América Latina em população e extensão territorial, tem cerca de um terço de veículos em relação a sua população, apresenta um terço desses acidentes de trânsito com vítimas fatais. Comparado ao EUA, por exemplo, o número de fatalidades de acidentes de trânsito é duas vezes maior (Sivak and Schoettle, 2014). De acordo com dados do Ministério da Saúde, de 2003 a 2013, os números são de 427.000 mortes envolvendo acidentes de trânsito. Somente em 2014, o número de hospitalizados por ferimentos provocados por acidentes de trânsito foi de 201.000. Dados do Seguro de Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Vias Terrestres (DPVAT) apontaram que em 2014 foram registradas 52.000 indenizações por morte e 596.000 por invalidez. As estatísticas oficiais revelam que os acidentes de trânsito no Brasil são a segunda causa mais comum de morte no país, depois dos homicídios. Os custos de hospitalização representam entre 13% e 32% dos custos econômicos dos acidentes rodoviários (IPEA, 2003, 2006). Além disso, o custo total dos acidentes de trânsito e fatalidades correspondem a cerca de 2% do PIB (Jacobs et al., 2000).

O horário de verão é uma política de redução no consumo de energia que afeta 1,5 bilhões de indivíduos em todo o mundo (Kellogg e Wolff, 2008; Kotchen e Grant, 2011; Ahuja e

SenGupta, 2012; Sexton e Beatty, 2014). No Brasil é instituída, anualmente, por meio de decreto. Posto em execução, pela primeira vez, no começo da década de 30, foi posteriormente reeditada em períodos alternados entre 1949 a 1953. Desde o início da política, em 1931, até 1988, todo o território nacional adotava tal medida. A partir de 1989, apenas alguns Estados brasileiros foram obrigados a seguir o Horário de Verão (HV), ao todo são 13 estados-membros, assim como ocorre em outros países a depender da posição geográfica em que ocupam. O objetivo principal na política do uso do horário de verão foi a possibilidade de economia de energia, tendo como justificativa uma melhor utilização da luz natural ao final do dia. Nos Estados brasileiros que participam da política do horário de verão por meio do decreto, anualmente, os relógios deverão ser adiantados em uma hora no mês de outubro e retornar a hora padrão nomês de fevereiro do ano posterior.

A transição para o horário de verão, ou seja, o período inicial da aplicação da política, que compreende aproximadamente os primeiros trinta dias, é extensamente pesquisada em outros países que o adotam e demonstram que o impacto provoca efeitos sobre o deslocamento do horário do sol, o que termina por afetar a segurança dos condutores em estradas e rodovias. Ferguson (1995) ao utilizar dados para os Estados Unidos no período de 1987 a 1991 procurou estimar os efeitos das condições de luz sobre tráfego. Identificou que a mudança para o horário de verão provocou redução no número de acidentes fatais envolvendo pedestres e em 15% de ocupantes de veículos. Sullivan e Flannagan (2002) estudaram os efeitos da luminosidade sobre acidentes. O objetivo do estudo foi estimar o tamanho da influência do nível de luz ambiente em pedestres e acidentes fatais envolvendo veículos. As análises incluíram 11 anos de acidentes fatais nos Estados Unidos, entre 1987 e 1997. Os resultados sugeriram que o nível de luz desempenha papel dominante no nível de acidentes no período de transição para o horário de verão. De maneira semelhante, Sood e Ghosh (2007), ao utilizarem uma base de dados de rodovias federais para os Estados Unidos, considerando o período de 1976-2003, identificaram por meio de estratégia de curto e longo prazo, que ocorreu redução de 8% em acidentes envolvendo pedestres e 6% envolvendo ocupantes de veículos. Huang e Levinson (2010), por meio de estudos sobre os efeitos do horário de verão em acidentes em Minnesota, também nos EUA, identificaram no período de 2001 a 2007, ao fazerem uso do método de Poisson, que o horário de verão afeta o fluxo de veículos nas estradas em diferentes horários do dia, provocando redução no número de acidentes devido a melhora na visibilidade por meio da luminosidade, fator também identificado por Stevens e Lord (2006). No entanto, Smith (2014) ao utilizar dados norte americanos, através de uma estratégia de Regressão Descontínua, obteve resultados de que o efeito do sono e não da luminosidade podem aumentar o número de acidentes fatais. Porém, o efeito do sono somente existiu nos primeiros seis dias do horário de verão.

A relação entre lesões e fatalidades envolvendo acidentes durante o período de Daylight Saving Time (DST) ou simplesmente horário de verão (HV) tem sido tema de extensa pesquisa. Sood e Ghosh (2007) indicaram que há geralmente duas vertentes que buscam estudar os efeitos do horário de verão sobre a segurança rodoviária, que, respectivamente, concentraram-se nos efeitos a longo e curto prazo. Efeitos a curto prazo indicaram que há impacto do horário de verão em acidentes com veículos em poucos dias após a aplicação da medida, enquanto que os efeitos a longo prazo referiram-se ao impacto de um período de tempo maior, em meses ou ano. Estes estudos argumentam que, se a condução na escuridão contribui para mais acidentes, o tempo de atraso do sol pode levar a menos falhas humanas.

Diante das evidências apresentadas, o objetivo do presente trabalho é avaliar os efeitos da política de aplicação do horário de verão sobre os acidentes ocorridos nas rodovias federais brasileiras. Os dados coletados reúnem as ocorrências de acidentes relatadas pela polícia rodoviária federal compreendendo o período de 2007 a 2013, agregados por dia e hora nos Estados brasileiros. O passo inicial foi explorar a descontinuidade dos efeitos a curto prazo sobre

o número de acidentes no período inicial de transição do horário de verão nos estados que sofrem a sua intervenção, por meio do modelo de Regressão Descontínua. Logo após, foi mensurada a duração dos efeitos sobre acidentes a longo prazo em todos os estados do Brasil, por meio do modelo de Diferenças em Diferenças. Ambos os modelos revelaram que a política do horário de verão apresentou evidências de redução sobre o número de acidentes nas rodovias federais brasileiras. A fim de complementar a análise, foram realizados testes de robustez que determinaram os efeitos de tendências anteriores, polinômios globais, Estados de maior risco, de decomposição do efeito da luminosidade em horas do dia e saída do horário de verão. Os resultados identificaram que nos Estados em que houve a aplicação da medida do horário de verão os acidentes sofreram redução de aproximadamente 10%.

O presente artigo está organizado da seguinte maneira: na seção 2 foi apresentado o contexto que determina a incidência do horário de verão. Na seção 3 detalhou-se a coleta e preparação dos dados. Na seção 4 descreveu-se a estratégia empírica e metodologia utilizada. E por fim, na última seção (5) foram apresentados os resultados da pesquisa.

## 1 Horário de Verão no Brasil

A política pública de aplicação do horário de verão tem como princípio a realocação da luminosidade do período da manhã para o período da tarde. Ao adiantar os relógios em uma hora, espera-se que a luminosidade do dia possa reduzir o consumo de energia elétrica. No Brasil, o horário de verão teve início em 1931/1932, além desse período, a medida se repetiu nos anos de 1949 a 1952, 1963, e de 1965 a 1967. De 1968 a 1984 não houve a aplicação da medida do horário de verão. Foi posto em execução novamente em 1985 e se estende até os dias atuais.

No Brasil, país situado em região tropical e de dimensões continentais, a determinação da participação da política nos diferentes estados levou em consideração a sua localização geográfica, o que possibilitou resultados satisfatórios nos estados delimitados pela linha do equador. Os estados participantes se situam nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Tais regiões, no período de implementação do horário de verão, os dias apresentam luminosidade prolongada proporcionada pelo adiantamento em uma hora do relógio e pelo deslocamento da luminosidade para o período do entardecer. Nos estados das regiões norte-nordeste os dias e as noites não apresentam variação de horário durante o ano, o que não se justifica a sua utilização em tais localidades. No período de 2007 a 2013, os estados que participaram da política foram: RS, SC, PR, SP, RJ, ES, MG, GO, MS, MT, DF. No horário de verão de 2011/2012 determinou-se que o estado da Bahia também se condicionaria à política. Em 2012/2013 houve nova mudança, retirou-se o estado da Bahia e acrescentou-se o estado de Tocantins.

A política pública do horário de verão é implementada, anualmente, por meio de decreto do executivo federal. Baseia-se em estudos técnicos elaborados pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), indicando os Estados que deverão participar e o tempo de duração do período de aplicação do horário de verão. O Decreto 6.558/2008 instituiu o “horário de verão em parte do território nacional” que deve seguir o critério de início como sendo a zero hora do terceiro domingo do mês de outubro de cada ano, e como critério de fim, a zero hora do terceiro domingo do mês de fevereiro do ano subsequente, adiantada em sessenta minutos em relação à hora legal. Essa medida faz, anualmente, os estados participantes adiantem em uma hora o relógio no início do HV e, que ao término, os relógios recuem em uma hora. Nas duas situações os relógios seguem o padrão de horário determinado pelo distrito federal (Brasília).

## 2 Dados

O painel de dados com a variável de acidentes foi construído tendo como base os boletins de ocorrências de acidentes da polícia rodoviária federal compreendendo o período de 2007 a 2013, agregados por dia e hora e Estados brasileiros. Estes dados foram disponibilizados em endereço eletrônico de dados abertos do governo federal brasileiro: ([www.dados.gov.br](http://www.dados.gov.br)). Foram reunidos também, para a construção da variável denominada *totalfrotamunicipal*, os dados da frota de veículos por município constantes da base de dados do Departamento Nacional de Trânsito (DETRAN), de forma a subsidiar as informações sobre o volume de veículos em circulação

em todo o território nacional. Para a construção das variáveis de controle de preços de combustíveis por município foram utilizados os dados de preço por tipo de combustíveis tais como: gasolina, álcool, diesel e GNV disponíveis em endereço eletrônico: [www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br). A escolha das variáveis de controle tornou-se crucial para identificar e melhorar a robustez dos resultados. Variáveis como, 15 anos ou mais de estudo e população residente na área rural, puderam ajudar no sentido de identificar que, quanto maior a escolaridade os condutores possuem, maior grau instrução de direção irão apresentar. Já, por meio da variável da população residente em área rural, por exemplo, pode-se explicar o número elevado de acidentes, baseando-se nas condições das estradas e sua grande extensão. Ao contrário daqueles locais cuja a infra-estrutura é mais desenvolvida, conseqüentemente, a pavimentação das estradas possui qualidade e o nível de acidentes tende a ser menor. As variáveis de controle, como: PIB, PIB per capita, população, taxa de desemprego, pessoal ocupado e desocupado, rendimento médio do trabalhador, renda média mensal por domicílio, população masculina e feminina, 15 anos ou mais de escolarização e população residente em área rural foram coletadas no Instituto de Economia Aplicada (IPEA) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Tais variáveis foram referenciadas na literatura por meio de Nakaguma e Restrepo (2014). As variáveis de temperatura média, velocidade do vento, nascer e por do sol são importantes pois visam capturar as condições de dirigibilidade, tal como utilizado no trabalho de Huang e Levinson(2010), foram extraídas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

### 3 Estratégia Empírica

Neste tópico será apresentada a estratégia empírica utilizada para demonstrar o efeito causal da política do horário de verão sobre acidentes nas rodovias federais brasileiras. Esta pesquisa utilizou os decretos que determinam a política pública de aplicação do horário de verão como variável exógena para determinar a vigência e os estados afetados. O horário de verão no Brasil determina que os relógios sejam adiantados em uma hora para os Estados da região Sul, Sudeste e Centro Oeste, no mês de outubro, e atrasados em uma hora em fevereiro no ano seguinte, voltando à hora padrão, determinando o fim do horário de verão. Por ocasião do carnaval, o término do horário de verão poderá se estender por mais um final de semana.

A estratégia empírica busca identificar o impacto de aplicação da política do horário de verão sobre os acidentes nas rodovias federais brasileiras. Para isso, se fez uso da estratégia de regressão descontínua a fim de explorar a mudança ocorrida nos 13 estados da federação durante o período de aplicação da política do horário de verão. Em cada ano, durante o período de verão, o relógio é adiantado em uma hora em relação ao tempo normal, isto provoca um impacto significativo na redução dos acidentes ocorridos nas rodovias federais, comparativamente ao período sem a política.

Foram utilizadas duas estratégias: de curto e longo prazo, seguindo a tendência de artigos recentes que discutem o tema, tal qual Smith (2014) e Sood e Goosh (2007). A estratégia de curto prazo visa identificar o efeito local da data de entrada do horário de verão, bem como os efeitos de semana anterior e posterior e, em dias antes e depois da transição. Também busca identificar os efeitos em períodos (matutino e vespertino) e horas do dia. A estratégia de longo prazo, busca identificar os efeitos prolongados do horário de verão. A especificação utiliza a regressão linear local, que apresenta desempenho comprovadamente melhor em relação a ordem de polinômios mais elevada, ao considerar a variável de transição da aplicação da política.

O método econométrico de Regressão Descontínua proposto por Lee e Lemieux (2010) buscou identificar o efeito causal da mudança ocorrida do período de tempo padrão para o

horário de verão. Parte-se do princípio de que existe um efeito importante nesta alteração de horário sobre o aproveitamento do número de horas do dia para dirigir proporcionado luminosidade ao final da tarde, portanto, haverá um choque na quantidade de acidentes provocados antes e depois da transição para o horário de verão. Desse modo, a identificação baseia-se na comparação entre acidentes nas rodovias federais para os indivíduos situados antes da data do corte e logo após a mudança com a entrada do horário de verão (HV). Outro fator a ser considerado é a imposição do HV como um choque exógeno por meio de decreto legislado pelo governo federal que determina que as pessoas dos Estados participantes devam aderir. Para estimar o efeito imediato da política no curto prazo, realiza-se a medição da descontinuidade ocorrida no ponto de transição, conforme a equação abaixo:

$$\ln \text{accident}_{dae} = \beta_0 + \beta_1 HV_{dae} + \beta_2 \text{Diastrans}_{dae} + \beta_3 HV_{dae} * \text{Diastrans}_{dae} + X_{dae} \Theta + \epsilon_{it}$$

onde  $\ln \text{accident}_{dae}$  representa o log do resultado de interesse no dia  $d$  no ano  $a$  do Estado  $d$ .  $HV_{dae}$  é indicador igual a um se o dia  $d$  no ano  $a$  do Estado  $e$  está sob a influência do horário de verão.  $\text{Diastrans}_{dae}$  mensura o tempo de transição em dias antes e depois do horário de verão. Esta variável está centrada na data de transição em cada ano no terceiro domingo de outubro em todo o período analisado. O coeficiente de interesse  $\beta_1$ , é o efeito da agregação do Horário de verão nos acidentes na data de corte.  $X_{dae}$  é um vetor de controle descritos na seção de dados. Finalmente,  $\epsilon_{dae}$  é um termo de erro.

A base da especificação de Regressão Descontínua utiliza Calonico, Cattaneo e Titiunik (2012) para seleção de bandwidth ótimo a fim de determinar quantos dias são observados antes e depois da transição para o HV. Imbens e Lemieux (2008) sugerem o método como indicação a escolha do bandwidth. Neste contexto, um estimador consistente busca requerer que a condição de que os acidentes ocorridos no dia da semana e ano, nos estados tratados e não tratados seja contínuo em torno da transição. De outra forma, verificar se há outros fatores que afetam os acidentes, além do horário de verão, na data de transição para o horário de verão.

A fim de mensurar os efeitos de longo prazo foi utilizado o modelo de diferenças em diferenças como proposto por Bertrand, Duflo, e Mullainathan (2002). Desta maneira a estratégia de longo prazo eficiente consiste em verificar se o horário de verão realmente afeta, de forma a reduzir o número de acidentes nas rodovias federais, e buscar o efeito médio de tratamento nos tratados é fundamental. Foi necessário comparar os dias de horário de verão com os dias em que não ocorre a política. Para construção do contra factual utiliza-se estratégias não experimentais. Assim, para corrigir o problema da construção do contra factual, utiliza-se o método de diferenças em diferenças, entre os anos determinados de 2007 a 2012.

Porém, pode existir um fator problemático como a correlação de choques na variável dependente e a entrada dos dias no horário de verão, o que gera problemas de endogeneidade, mesmo controlando para efeitos fixos. Para diminuir a preocupação quanto as variáveis omitidas estarem explicando os efeitos de acidentes nas rodovias federais, foram incluídos controles para possíveis interferências externas, tais como: Volume de chuva, temperatura média, velocidade do vento, logaritmo da renda média do trabalhador, 15 anos ou mais de estudos, população masculina, percentual de população rural, taxa de desemprego, total de veículos, condicionada a Estado.

$$\ln \text{accident}_{dae} = \beta_0 + \beta_1 HV_{dae} + \beta_2 \text{Diadanodae} + \text{Diadsemanadae} + \text{anodae} + \text{Vdae} + \epsilon_{dae}$$

$Dada_{dae}$  é uma dummy para cada dia do ano.  $Dadeaa_{dae}$  e  $a_{dae}$  são dummies, respectivamente.  $V_{dae}$  representa um vetor de características dos Estados, tais como população, PIB, temperatura média e outras.  $\epsilon_{dae}$  identifica o termo de erro. Neste estudo isto se justifica pelo fato de que a variável que determina a participação na política de horário de verão não é nenhuma característica de Estado, e sim sua distribuição geográfica.  $\beta_1 HV_{dae}$  é indicador igual a 1 se a data corresponde a entrada do horário de verão e coberta pelo período de duração da política. Estes são os coeficientes de interesse e são interpretados como efeito de tratamento do HV nos acidentes.

O efeito fixo de dia da semana, mês e ano busca capturar as características não observáveis como as condições de estradas de acordo com a topografia no estado e, patrulhamento efetivo no estado e, ou as condições gerais de tráfego que podem afetar o número de acidentes nas rodovias federais de cada estado. O efeito fixo de tempo da busca captar qualquer mudança em cada um dos estados não especificada e que pode afetar o número de acidentes nas rodovias federais, como por exemplo, uma campanha nacional de educação dos motoristas sobre riscos de velocidade, inovações tecnológicas que possam melhorar a segurança dos veículos, campanha de lei seca nas rodovias federais e mudança na legislação de tráfego. A estratégia de longo prazo busca ainda, identificar ao utilizar bandwidths de dias antes e depois do efeito, capturar de forma mais completa os efeitos da atuação do horário de verão nos estados afetados pela política.

Levando em consideração todos estes cuidados, ainda nos resta confirmar nossa estratégia empírica, através dos testes de robustez, pois, mesmo depois de todos os testes e cuidados tomados anteriormente, ainda pode restar alguma incerteza em relação ao modelo. Para averiguar utiliza-se uma regressão contendo *dummies* conjuntas de períodos anteriores a transição para o horário de verão. Como resultado, essas *dummies* de períodos anteriores não podem possuir significância estatística para explicar o aumento da arrecadação para os projetos. Foram observados os efeitos de 1 semana, 2 semanas, 3 semanas, 4 semanas e 60 dias antes da transição para o horário de verão. Como forma de explorar mais profundamente os efeitos do horário de verão sobre os acidentes nas rodovias federais brasileiras e obter respostas heterogêneas em relação ao impacto do tratamento por ocasião da entrada do período de cobertura do horário de verão, foram exercitados alguns testes avaliando a redução de acidentes em estados tratados e não tratados, além de outros testes como forma de verificar o comportamento dos mecanismos de luminosidade e sono. Afim de explorar de forma aprofundada o mecanismo de luminosidade, foram efetuadas decomposições e estimações em sub-amostras do dia, separadas por blocos de horas como proposto por Doleac e Sanders (2012).

## 4 Resultados

Esta seção analisa os resultados obtidos com base no modelo sharp de Regressão descontínua apresentado na estratégia empírica. Para fins de motivação, começa-se pela identificação da descontinuidade explorada na figura 1. É possível perceber que o resultado é positivo e significativo após o tratamento, ao se aproximar o intervalo em 40 dias antes e depois da entrada do horário de verão, ou seja, ao ocorrer a transição para o horário de verão, o número de acidentes sofre redução nas rodovias federais para os estados que são afetados pela política. Na figura 2 ao se considerar os estados não tratados, observa-se um efeito de aumento, porém sem apresentar significância estatística. Isto procura identificar que não há efeito para os estados não afetados pela política.

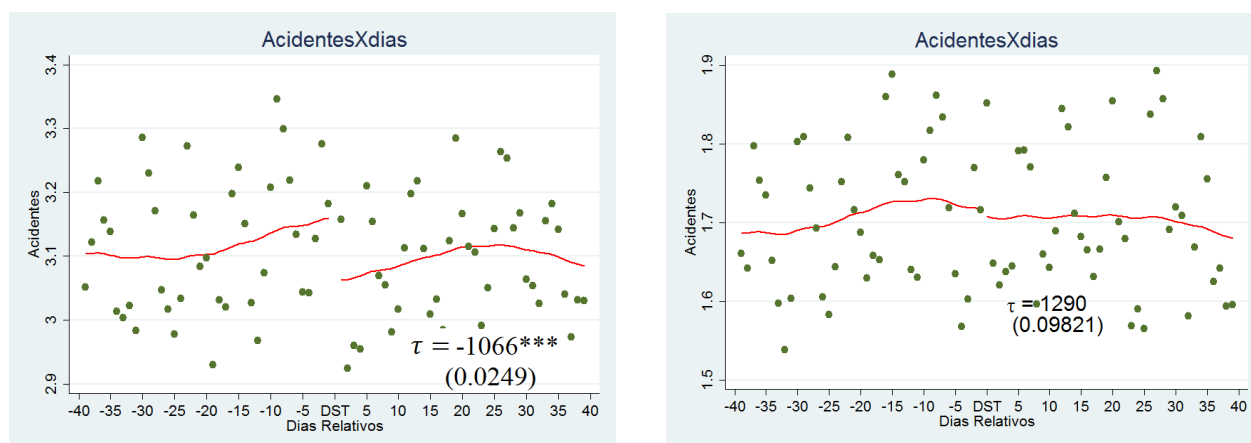


Figura1: Efeitos de horário de verão sobre acidentes. Figura2: Estados não afetados pela Política.

Table 1 – Estimativas do impacto de Entrada do horário de verão sobre acidentes no Brasil

Variável	(1)	(2)	(3)	(4)24/23	(5)SemTrans
Horário de Verão	-0.1066*** (0.0249)	-0.0934*** (0.0162)	-0.1056*** (0.0153)	-0.1317*** (0.0248)	-0.1243*** (0.0256)
Dias antes do HV	24	59	67	21	21
Dias depois do HV	24	60	68	22	22
Seletor de Bandwith	CCT	IK	CV	CCT	CCT
Controles	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
EF dia da semana	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
EF de estado	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
EF de ano	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
N. Obs.	3,283	8,040	9,112	2,881	2,814

Nota: Variável log de Acidentes. Kernel Uniform; CCT Calonico, Cattaneo e Titiunik (2012); IK Imbens e Kalyanaraman (2012); CV Cross-Validation Ludwig e Miller (2007); Erros Padrão estão entre parenteses. \*\*\* representa  $p < 1\%$ , \*\* representa  $p < 5\%$  e \* representa  $p < 10\%$ .

A tabela 1 apresenta os resultados das estimações para os efeitos após o tratamento, ou seja, após a entrada do horário de verão. A transição de entrada do horário de verão (coluna 1) está associada a redução de 10% em relação a média no número de acidentes nas rodovias federais brasileiras. Utilizou-se neste caso o seletor de janela ótima em dias (*bandwith*) proposto por Cattaneo, Calonico e Titiunik (2012). Os resultados persistem ao utilizar o seletor de (*bandwith*) IK, proposto por Imbens e Kalyanaraman (2012) e Cross-Validation(CV) proposto por Ludwig e Miller(2007) (colunas 2 e 3, respectivamente). Na utilização do seletor ótimo, calcula-se a janela ótima para cada tipo de seletor, seja CCT, IK ou CV, considerando o numero de observações a direita e a esquerda do corte/transição do tratamento para a estimação dos resultados. Na coluna (4), como forma de ajustar a contagem de horas na data de transição para o horário de verão, foi proposto o tratamento Janszki et al(2012) que busca captar o efeito de uma hora a menos no dia de transição de entrada do horário de verão. Para isto, multiplica-se a variável de transição pelo fator 24/23. Na coluna (5) pretende-se captar o efeito do dia de transição, retirando o dia de transição igual a 0. Em ambos os casos, os resultados são mantidos, comprovando que o efeito da política. De outra forma, os resultados demonstram que com a entrada do horário de verão há uma redução significativa no número de acidentes nas rodovias federais brasileiras. Resultados semelhantes foram encontrados nos trabalhos de Ferguson (1995), Adams (2005), Sood e Ghosh (2007) e Huang e Levinson (2010).

A tabela 2 apresenta os resultados das estimações para os efeitos após a entrada do horário de verão, ao considerar polinômios de maior grau de distribuição, de acordo com a variação das observações, quadrática, cubica e de 4a. ordem. Este teste apresenta-se como o primeiro teste de robustez. Nas primeiras três colunas de regressão se faz uso do seletor de (*bandwith*), ou mais próximo da descontinuidade. Nas últimas três colunas, utiliza-se o (*bandwith*) IK. As observações dos dados a esquerda e à direita para seleção do *bandwith*, tendem a aumentar juntamente com o tamanho do intervalo em dias, antes e depois da transição de entrada do horário de verão. Por hipótese, espera-se que os resultados mantenham-se em nível de significância ao alterar-se a forma como são capturadas as variações no número de acidentes, seja em variação de ordem cúbica, quarta e quinta ordem. Observa-se que o efeito se intensifica com o aumento do polinômio.

Table 2 – Estimativas do Impacto de Entrada do Horário de Verão sobre acidentes, Polinômios Globais

Variável	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Horário de Verão	-0.1039***	-0.1142***	-0.1077***	-0.1078***	-0.1248***	-0.1377***
	(0.0273)	(0.0316)	(0.0343)	(0.0242)	(0.0292)	(0.0330)
Dias antes HV	36	48	63	46	56	69
Dias depois HV	37	49	64	47	57	70
Polinômio	Quad	Cubic	4o.Order	Quad	Cubic	4o.Order
Controles	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Bandwith	CCT	CCT	CCT	IK	IK	IK
EF dia da semana	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
EF de estado	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
EF de ano	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
N. Obs.	4,891	6,566	8,574	6,298	7,638	9,380

Nota: Variável log de Acidentes. Kernel Uniform; CCT Calonico, Cattaneo e Titiunik (2012); IK Imbens e Kalyanaraman (2012); CV Cross-Validation Ludwig e Miller (2007); Erros Padrão estão entre parenteses. \*\*\* representa  $p < 1\%$ , \*\* representa  $p < 5\%$  e \* representa  $p < 10\%$ .

A Tabela 3 apresenta os resultados correspondentes ao efeito do horário de verão em períodos anteriores ao tratamento. Foram observados os efeitos de 1 semana, 2 semanas, 3 semanas, 4 semanas e 60 dias antes da transição para o horário de verão (colunas de regressão de 1 a 5, respectivamente). Observa-se que o efeito praticamente não ocorre nos períodos anteriores não cobertos pelo horário de verão, o que não apresenta resultados estatisticamente significantes no número de acidentes. Em relação a fatores passados, ou tendências passadas não foram verificados efeitos sobre acidentes, resultando em coeficientes sem significância estatística, como esperado. O polinômio utilizado foi o linear e o kernel de distribuição utilizado foi o uniforme. Isso reflete que os resultados não foram influenciados por tendências passadas.

Table 3 Estimativa do impacto de Entrada do Horário de Verão sobre acidentes, Períodos Anteriores

Variável	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Horário de Verão	-0.1007	-0.0974	-0.0339	-0.0253	0.0094
	(0.1048)	(0.1109)	(0.0995)	(0.0852)	(0.0605)
obs.à esquerda	748	1,224	1428	2040	4,080
obs.à direita	816	1,292	1496	2108	4,148
bandwith	12	18	22	30	60
Periodos Anteriores	1 semana	2 semanas	3 semanas	4 semanas	60 dias
Ordem do Polinômio	Linear	Linear	linear	linear	linear
Controles	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
Seletor de Bandwith	CCT	CCT	CCT	CCT	CCT
N. Obs.	1,564	2,516	2,924	4,148	8,228

Nota: Variável log de Acidentes. Kernel Uniform; CCT Calonico, Cattaneo e Titiunik (2012); IK Imbens e Kalyanaraman (2012); CV Cross-Validation Ludwig e Miller (2007); Erros Padrão estão entre parenteses. \*\*\* representa  $p < 1\%$ , \*\* representa  $p < 5\%$  e \* representa

$p < 10\%$ .

Na tabela 4 são expostos os resultados de saída do horário de verão sobre acidentes nas rodovias federais brasileiras. Nas primeiras duas colunas, são utilizados os polinômios de ordem linear e os bandwith CCT e IK, os mais importantes. A fim de verificar a robustez na variabilidade dos dados, utiliza-se o polinômio de ordem quadrático (colunas 3 e 4). Na coluna 5, de forma análoga, busca-se capturar o efeito de uma hora a mais, ao sair do horário de verão. Na coluna 6, também de forma análoga a tabela 1, foi verificada os efeitos de transição, considerando a retirada do dia de transição igual a 0. Por fim, na coluna 7, verifica-se o efeito de saída do horário de verão nos estados não tratados. As evidências sugerem que durante a transição para a saída do horário de verão não há alteração estatisticamente significativa. Sendo assim, ao sair do horário de verão para o período padrão não há efeitos de redução, da mesma maneira que ocorre quando da entrada do horário de verão. Estas evidências também podem ser demonstradas na tabela 8. Foram separados em grupos de horas de amanhecer e entardecer, buscando evidenciar os efeitos da luminosidade na saída do horário de verão. Ao realizar-se a transição de saída do horário de verão, no período do amanhecer, ocorre aumento no número de acidentes, indicando a influência da política nos acidentes nas rodovias federais. Já para o anoitecer, não há significância estatística.

Table 4 – Estimativas do impacto de Saída do horário de verão sobre acidentes no Brasil

Variável	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)24/25	(6)SemTrans	(7)NãoTrat
Horário de Verão	-0.0184 (0.0428)	-0.0829 (0.1058)	0.0617 (0.0651)	-0.0324 (0.1381)	-0.01619 (0.0422)	-0.0062 (0.0473)	-0.00891 (0.0288)
Dias antes da Saída	14	40	22	43	14	14	21
Dias depois da Saída	15	34	22	38	15	15	22
Ordem do Polinômio	Linear	Linear	Quad	Quad	Linear	Linear	Linear
Controles	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM
Seletor de Bandwith	CCT	IK	CCT	IK	CCT	CCT	CCT
N. Obs.	2,010	5,440	2,948	5,848	2.010	1,943	4,048

Nota: Variável log de Acidentes. Kernel Uniform; CCT Calonico, Cattaneo e Titiunik (2012); IK Imbens e Kalyanaraman (2012); CV Cross-Validation Ludwig e Miller (2007); Erros Padrão estão entre parenteses. \*\*\* representa  $p < 1\%$ , \*\* representa  $p < 5\%$  e \* representa  $p < 10\%$ .

O que foi observado até o momento, demonstra, que o horário de verão apresenta resultados significantes do ponto de vista da redução no número de acidentes de veículos nas rodovias federais brasileiras, mesmo ao se fazer testes de robustez de períodos anteriores, polinômios globais e impacto nos estados não tratados. Isto reflete na relação de redução em nível agregado do número de acidentes nas rodovias federais, apontando para um efeito no sentido de melhorar os índices de acidentes. Como forma de explorar mais profundamente os efeitos do horário de verão sobre os acidentes nas rodovias federais brasileiras e obter respostas heterogêneas em relação ao impacto do tratamento por ocasião da entrada do período de cobertura do horário de verão, foram exercitados alguns testes avaliando a redução de acidentes em estados tratados e não tratados, além de outros testes como forma de verificar o comportamento dos mecanismos de luminosidade e sono. Foram testados também, os efeitos de longo prazo da política, por meio do modelo de diferenças em diferenças.

Ao nível de Brasil, a transição para o horário de verão proporciona uma redução no número de acidentes. Contudo, ao olhar detalhadamente para o nível estadual, os resultados podem ser heterogêneos em termos de tratamento, ao identificar percentuais diferentes do nível nacional. Na tabela 5 expõem-se os resultados de estados de risco, ou seja, afetados pelo horário de verão. Os estados aqui foram divididos em estados de alto risco e baixo risco. Nos estados de alto risco, ocorre redução no número de acidentes para os três tipos de seletor

de (*bandwith*). Nos estados de baixo risco a redução de acidentes é ainda maior. Possíveis resultados poderiam ser explicados pelas condições das estradas e frota de veículos. Nos estados de alto risco, neste caso, Minas Gerais, Espirito Santo, Santa Catarina e São Paulo, a frota de veículos é acentuada e as condições das estradas são de qualidade superior, possibilitando que os veículos possam alcançar velocidades cada vez maiores, o que provocaria redução no número de acidentes, porém numa percentagem menor em relação aos estados de baixo risco. Como forma de identificar o efeito placebo nos estados não tratados, foram realizadas estimações apresentadas na tabela 6. O que se pode perceber que, ao considerar a distribuição dos dados na forma linear e quadrática (polinômio), ocorre aumento no número de acidentes, porém sem apresentar significância estatística.

Table 5 – Estimativas do impacto de Entrada do horário de verão sobre acidentes no Brasil -Estados de Risco

Variável	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Estados de Alto Risco			Estados de Baixo Risco		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Horário de Verão	-0.1033*** (0.0256)	-0.1171*** (0.0201)	-0.1123*** (0.0167)	-0.1123*** (0.0389)	-0.1265*** (0.0219)	-0.1045*** (0.0196)
Dias antes do HV	18	52	72	18	47	72
Dias depois do HV	19	56	73	19	48	73
Seletor de Bandwith	CCT	IK	CV	CCT	IK	CV
Controles	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
EF dia da semana	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
EF de estado	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
EF de ano	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
N. Obs.	2,183	3,132	4,195	1,406	4,370	5,496

Nota: Variável log de Acidentes. Estados de Alto Risco de Acidentes - MG, ES, PR, SC, SP; Estados de Baixo Risco de Acidentes: BA, DF, GO, MT, MS, RJ, RS, TO; Kernel Uniform; CCT Calonico, Cattaneo e Titiunik (2012); IK Imbens e Kalyanaraman (2012); CV Cross-Validation Ludwig e Miller (2007); Erros Padrão estão entre parenteses. \*\*\* representa  $p < 1\%$ , \*\* representa  $p < 5\%$  e \* representa  $p < 10\%$ .

Table 6 – Estimativas da Entrada do Horário de Verão sobre Acidentes - Estados não Tratados

Variável	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Horário de Verão	0.1290 (0.09821)	0.0749 (0.0853)	-0.0260 (0.0611)	0.1026 (0.1073)	0.0577 (0.0877)	0.0682 (0.0973)
obs. à esquerda	940	3,760	4,324	1,786	3,760	3,290
obs. à direita	1,034	3,854	4,418	1,880	3,854	3,384
Seletor de Bandwith	CCT	IK	CV	CCT	IK	CV
Kernel	Uni	Uni	Uni	Uni	Uni	Uni
Polinômio	Linear	Linear	Linear	Quad	Quad	Quad
N. Obs.	1,974	7,614	8,742	3,666	7,614	6,674

Nota: Variável log de Acidentes. Kernel Uniform; CCT Calonico, Cattaneo e Titiunik (2012); IK Imbens e Kalyanaraman (2012); CV Cross-Validation Ludwig e Miller (2007); Erros Padrão estão entre parenteses. \*\*\* representa  $p < 1\%$ , \*\* representa  $p < 5\%$  e \* representa  $p < 10\%$ .

A transição para o horário de verão está sujeita aos mecanismos de luminosidade e sono. O objetivo das estimações das tabelas seguinte é separar os efeitos da luminosidade dos efeitos provocados pelo sono. Para tal, separou-se o dia em blocos de horas de amanhecer e anoitecer, como proposto por Smith (2014). Os resultados dos efeitos da luminosidade sobre acidentes no período de entrada do horário de verão provocam uma redução de 6% a 8% no número de acidentes, variável ao longo do dia, entre amanhecer e anoitecer (Tabela 7). Por ocasião da saída do horário de verão, as evidências sugerem que não há efeitos no anoitecer. No entanto, no

período amanhecer o efeito é positivo, indicando aumento no número de acidentes em 25% por ocasião da transição de saída do horário de verão (Tabela 8). Diferente do proposto por Smith (2014), os períodos entre amanhecer e anoitecer e o comportamento dos motoristas proposto pela mudança do horário de verão, sugere que, a redução no número de acidentes poder ser atribuída ao impacto da luminosidade.

Table 7 – RD - Estimativas da Influência do Ambiente de Luz sobre acidentes no período de entrada do horário de verão

Variável	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	todo o dia		Amanhecer			Anoitecer	
Horário de Verão	-0.1237*** (0.0285)	-0.0766*** (0.0202)	-0.0772*** (0.0126)	-0.0654*** (0.0104)	-0.0849** (0.0427)	-0.0755*** (0.0267)	-0.0604** (0.0282)
Dias antes do HV	21	18	47	72	25	67	59
Dias depois do HV	22	19	48	73	26	68	60
Seletor de Bandwith	CCT	CCT	IK	CV	CCT	IK	IK
Controles	SIM	SIM	SM	SIM	SIM	SIM	SIM
N. Obs.	2,881	1,797	3,968	6,065	1,009	2,747	2,390

Nota: Variável log de Acidentes. Amanhecer compreende o período do dia das 4hrs. as 9:00hrs da manhã; Anoitecer compreende o período do dia das 15hrs. da tarde as 20:00hrs da noite; Kernel Uniform; CCT Calonico, Cattaneo e Titiunik (2012); IK Imbens e Kalyanaraman (2012); CV Cross-Validation Ludwig e Miller (2007); Erros Padrão estão entre parenteses. \*\*\* representa  $p < 1\%$ , \*\* representa  $p < 5\%$  e \* representa  $p < 10\%$ .

Table 8 – RD - Estimativas da Influência do Ambiente de Luz sobre acidentes no período de Saída do horário de verão

Variável	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
		Amanhecer			Anoitecer	
Horário de Verão	0.2568** (0.1114)	0.1982 (0.1343)	0.0910 (0.0755)	0.2329 (0.1346)	0.0688 (0.0640)	-0.0132 (0.0554)
Dias antes do HV	12	43	55	12	43	55
Dias depois do HV	13	44	55	13	44	55
Seletor de Bandwith	CCT	IK	CV	CCT	IK	CV
Controles	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
N. Obs.	325	1,067	1,287	681	1,078	1,384

Nota: Variável log de Acidentes. Amanhecer compreende o período do dia das 4hrs. as 9:00hrs da manhã; Anoitecer compreende o período do dia das 15hrs. da tarde as 20:00hrs da noite; Kernel Uniform; CCT Calonico, Cattaneo e Titiunik (2012); IK Imbens e Kalyanaraman (2012); CV Cross-Validation Ludwig e Miller (2007); Erros Padrão estão entre parenteses. \*\*\* representa  $p < 1\%$ , \*\* representa  $p < 1\%$ , \*\* representa  $p < 5\%$  e \* representa  $p < 10\%$ .

Um Ambiente de luminosidade pode reduzir o risco de acidentes fatais (Sullivan e Flanagan, 2002; Huang e Levinson, 2010). Durante o horário de verão ocorre a realocação das horas ao amanhecer e ao entardecer (Coate e Markowitz, 2003). Esta realocação proporciona condições de dirigibilidade com menor risco, associada a incidência de luz. Afim de explorar de forma aprofundada o mecanismo de luminosidade, foram efetuadas decomposições e estimações em sub-amostras do dia, separadas por blocos de duas horas como proposto por Doleace Sanders (2012). A tabela 9 apresenta a primeira separação em blocos de duas horas ao considerar o nascer do sol as 4 da manhã e o por-do-sol as 20 horas, como proposto

pela literatura. Os resultados encontrados apontam redução no número de acidentes ao longo do dia. Porém o interesse recai no período em que ocorre a transição da luz, ou seja, entre 4hrs e 6hrs da manhã, provocada pela mudança de horário proporcionada pela política do horário de verão. Nesta caso, a redução provocada é de 25%. Outro aspecto interessante é a observação do período do anoite-cer, entre 16hrs. e 20hrs. Neste período, há também redução de 7%, porém, sem significância. Ao se analisar o período do dia separado em blocos de horas, como sugerido por Doleac e Sanders (2012), observa-se que nas primeiras horas da manhã, também aparecerem evidências de redução, apontando resultados significantes no período entre 5hrs. e 6hrs. (Tabela 10). No período da tarde ocorre entre os períodos de 14hrs e 15hrs. com redução de acidentes em 19%, 15 hrs e 16 hrs, ao apresentar redução de 27%. e por fim, entre 18hrs as 19 hrs. ao demonstrar uma redução de 16% no número e acidentes em relação a média (Tabela 11). Isto posto, há evidências de que a luminosidade, ao considerar os períodos de mudança da luminosidade, ao amanhecer e entardecer, a transição para o horário de verão gera redução no número de acidentes nas rodovias federais. Os trabalhos de Fergusson et al (1995), Broughton, Hazelton e Stone(1999), Sullivan e Flannagan (2002) e ainda Huang e Levinson(2010) corroboram os efeitos da luminosidade na redução de acidentes.

Table 9 – RD - Estimativas de influência do ambiente de luz sobre acidentes - análise por horado dia (blocos de 2 horas)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	4 as 6	6 as 8	8 as 10	10 as 12	12 as 14	14 as 16	16 as 18	18 as 20
Horário de Verão	-0.2504*	-0.1421*	-0.0553	-0.1549	-0.0730	-0.1934***	-0.0798	-0.0888
	(0.1358)	(0.2436)	(0.0712)	(0.0945)	(0.0801)	(0.0698)	(0.0695)	(0.0648)
bandwith	24	24	24	24	24	24	24	24
Polinômio	Linear	Linear	linear	linear	linear	linear	linear	linear
Controles	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Bandwith	CCT	CCT	CCT	CCT	CCT	CCT	CCT	CCT
N. obs	159	360	335	293	305	364	431	393

Nota: Variável log de Acidentes. Kernel Uniform; CCT Calonico, Cattaneo e Titiunik (2012); IK Imbens e Kalyanaraman (2012); CV Cross-Validation Ludwig e Miller (2007); Erros Padrão estão entre parenteses. \*\*\* representa  $p < 1\%$ , \*\* representa  $p < 5\%$  e \* representa  $p < 10\%$ .

Table 10 – RD - Estimativas de influência do ambiente de luz sobre acidentes (hora a hora)-Amanhecer e período da manhã

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	4 as 5	5 as 6	6 as 7	7 as 8	8 as 9	9 as 10	10 as 11	11 as 12
Horário de Verão	0.3768	-0.3486*	-0.1706	-0.0866	-0.0002	-0.0423	-0.0995	-0.2216
	(0.2308)	(0.1940)	(0.1104)	(0.0794)	(0.0995)	(0.1120)	(0.1300)	(0.1452)
bandwith	24	24	24	24	24	24	24	24
Ordem do Polinômio	Linear	Linear	linear	linear	linear	linear	linear	linear
Controles	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Seletor de Bandiwith	CCT	CCT	CCT	CCT	CCT	CCT	CCT	CCT
N. obs	71	102	167	233	199	172	170	153

Nota: Variável log de Acidentes. Kernel Uniform; CCT Calonico, Cattaneo e Titiunik (2012); IK Imbens e Kalyanaraman (2012); CV Cross-Validation Ludwig e Miller (2007); Erros Padrão estão entre parenteses. \*\*\* representa  $p < 1\%$ , \*\* representa  $p < 5\%$  e \* representa  $p < 10\%$ .

Table 11 – RD - Estimativas de influência do ambiente de luz sobre acidentes (hora a hora)-Período da tarde e

## Anoitecer

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	12 as 13	13 as 14	14 as 15	15 as 16	16 as 17	17 as 18	18 as 19	19 as 20
Horário de Verão	0.0314 (0.1193)	-0.0734 (0.1042)	-0.1921* (0.0992)	-0.2703*** (0.0997)	-0.0298 (0.0916)	-0.1539 (0.0944)	-0.1607* (0.0857)	0.0264 (0.0888)
bandwith	24	24	24	24	24	24	24	24
Ordem do Polinômio	linear	linear	linear	linear	linear	linear	linear	linear
Controles	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Seletor de Bandwith	CCT	CCT	CCT	CCT	CCT	CCT	CCT	CCT
N. obs	164	174	199	211	232	240	235	197

Nota: Variável log de Acidentes. Kernel Uniform; CCT Calonico, Cattaneo e Titiunik (2012); IK Imbens e Kalyanaraman (2012); CV Cross-Validation Ludwig e Miller (2007); Erros Padrão estão entre parenteses. \*\*\* representa  $p < 1\%$ , \*\* representa  $p < 5\%$  e \* representa  $p < 10\%$ .

Privações do sono podem ser associadas a direção perigosa ou redução de segurança ao dirigir (Smith, McEvoy e Givens, 2002), o que pode aumentar o número de acidentes de automóveis em rodovias federais. Para explorar o mecanismo do sono de forma mais abrangente, foram efetuadas decomposições e estimações em sub-amostras do dia, separadas por blocos de horas em períodos do dia onde há maior incidência de sono. A tabela 12 apresenta esta separação em blocos de horas de sono. Foram considerados os períodos da meia noite as 4 da manhã (horário sono1) e das 20 a meia noite (horário do sono2) onde não há luminosidade, como identificado na literatura. Observa-se que nestes horários, diferente das tabelas 9, 10 e 11, há evidências de aumento no número de acidentes de 28% (coluna 1) no horário entre a meia noite e as 4 da manhã e, 11% (coluna 4) no horário entre a 20hrs. e a meia noite, indicando não somente que a luminosidade provoca comportamento diferente na forma de dirigir, como também, comportamentos de evidências de sono gerando aumento de acidentes. Após esses argumentos, há evidências de que a combinação de ausência de luminosidade e direção em horários de repouso e descanso e que provoca aumento do sono, pode levar a aumento no número de acidentes.

Table 12 – Estimativas da influência do sono no período de Entrada do horário de verão

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Horário Sono1			Horário Sono2		
Horário de Verão	0.2849** (0.1220)	0.1801** (0.0769)	0.1391* (0.0740)	0.1370 (0.0901)	0.1152* (0.0582)	0.1230* (0.0546)
Dias antes do HV	24	59	67	24	59	67
Dias depois do HV	24	60	68	24	60	68
Seletor de Bandwith	CCT	IK	CV	CCT	IK	CV
Controles	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
N. Obs.	199	545	612	460	1,043	1,185

Nota: Variável log de Acidentes. Horário Sono 1 corresponde ao período do dia entre 0 hrs (meia noite) e 4hrs. da manhã; Horário Sono 2 compreende o período entre 20hrs e 24 hrs. (meia noite); Kernel Uniform; CCT Calonico, Cattaneo e Titiunik (2012); IK Imbens e Kalyanaraman (2012); CV Cross-Validation Ludwig e Miller (2007); Erros Padrão estão entre parenteses. \*\*\* representa  $p < 1\%$ , \*\* representa  $p < 5\%$  e \* representa  $p < 10\%$ .

A transição para o horário de verão, de acordo com a literatura, está associada a alterações no funcionamento do sono. As estimações até então, ao considerar o período do dia entre 4 hrs. da manhã e 20 hrs da noite, sugerem que o efeito do sono para acidentes é zero durante o dia em função da incidência de luminosidade. Há indícios na literatura de que o efeito do sono na transição do horário de verão poderia durar até duas semanas (Valdez et al, 1997; Harrison, 2013). A fim de detectar estas evidências, foram estimadas as regressões para

os dois primeiros dias, 6 primeiros dias e 10 primeiros dias do horário de verão (Tabela 13). Além disso, o dia foi separado em blocos de horas de amanhecer e anoitecer, visando identificar a heterogeneidade dos efeitos de sono e luminosidade. Os resultados encontrados apresentam evidências de que no período do amanhecer, na transição de entrada do horário de verão, o número de acidentes é da ordem de 26%, porém não significativo, para o seletor de *bandwith* CCT nos dois primeiros dias. Ao realizar avaliação, se pode constatar que o efeito atua até a primeira semana do horário de verão, gerando um aumento no número de acidentes de 55%, ocasionado provavelmente pela privação do sono e pela mudança de horário gerada pela transição para o horário de verão. Percebe-se que o efeito vai se dissipando ao se atingir 10 dias do horário de verão. Outro aspecto importante a se analisar, seria o por-do-sol e anoitecer, por ocasião da entrada do horário de verão. O que se percebe pela realocação da luminosidade, é uma redução no número de acidentes nos dois primeiros dias de entrada do horário de verão de 40% e nos 10 primeiros dias, uma redução para 32%, indicando que o efeito da luminosidade é crucial para a redução do número de acidentes nas rodovias federais.

Table 13 – Estimativas da influência do sono sobre acidentes nas primeiras semanas de entrada do horário de verão

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Amanhecer			Anoitecer		
Horário de Verão	0.2626 (0.20809)	0.5572* (0.2821)	0.2274 (0.1927)	-0.40481** (0.21616)	-0.08243 (0.25018)	-0.32761** (0.16692)
Dias antes do HV	2	6	10	2	6	10
Dias depois do HV	2	6	10	2	6	10
Seletor de Bandwith	CCT	CCT	CCT	CCT	CCT	CCT
Controles	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
N. Obs.	61	168	266	75	244	408

Nota: Variável log de Acidentes. Amanhecer compreende o período do dia das 4hrs. as 9:00hrs da manhã; Anoitecer compreende o período do dia das 15hrs. da tarde as 20:00hrs da noite; Kernel Uniform; CCT Calonico, Cattaneo e Titunik (2012); IK Imbens e Kalyanaraman (2012); CV Cross-Validation Ludwig e Miller (2007); Erros Padrão estão entre parenteses. \*\*\* representa  $p < 1\%$ , \*\* representa  $p < 1\%$ , \* representa  $p < 5\%$  e \* representa  $p < 10\%$ .

Para mensurar a duração do impacto da entrada do horário de verão foi explorado o efeito de longo prazo por meio do modelo de diferenças em diferenças entre todos os estados, ao considerar os estados afetados e não afetados (Tabela 14). Inicialmente são avaliadas todas as horas a partir da entrada do horário de verão, considerando um intervalo de 2 dias a partir da entrada e saída da transição para o horário de verão. Nas colunas 1 são analisados os resultados sem controle e com controle na coluna 2. Na transição para a entrada do horário de verão o impacto de redução sobre o número de acidentes é de 12%, aproximadamente. Com a utilização de controles os resultados iniciais são mantidos. Na saída do horário de verão, ao considerar os mesmo dois dias, não há resultados significantes estatisticamente, ainda que com a utilização de controles. Nas colunas 3 e 4 são avaliados os efeitos da primeira semana e segunda semana da entrada e saída do horário de verão, sem controles e com a utilização de controles (3 e 4, respectivamente). Os resultados da primeira semana apontam redução de 6% no número de acidentes, reduzindo para 7% na segunda semana de transição de entrada para o horário de verão. Ao explorar os efeitos do restante do horário de verão nas duas primeiras semanas, se pode perceber que os efeitos de redução se mantem em 6%, aproximadamente. Ao verificar os resultados de saída do horário de verão, os resultados se aproximam de zero e não há significância estatística, indicando que nas semanas de saída do horário de verão não há indícios de efeito sobre acidentes.

Table 14 – Diferenças em diferenças - Estimativas de impacto de longo Prazo do Horário de Verão sobre Acidentes

	Grupos de Horas						
	Todas as Horas		(3)	(4)	Manhã	Tarde	Noite
	(1)	(2)			(5)	(6)	(7)
Entrada HV (2 dias)	-0.1296***	-0.1269***			.0683 (0.1205)	-0.2603*** (0.0798)	0.1311 (0.1917)
Primeira Semana - HV			-0.0639*** (0.0242)	-0.0658** (0.0270)	0.0487 (0.0662)	-0.1033* (0.0619)	0.0695 (0.099)
Segunda Semana - HV			-0.0789*** (0.0211)	-0.0782*** (0.0257)	0.1013* (0.0577)	-0.1149* (0.0643)	0.0589 (0.0689)
Restante do Horário de Verão			-0.0645*** (0.0186)	-0.0694** (0.0211)	0.0758 (0.0469)	-0.0644 (0.0468)	0.0500 (0.0526*)
Saida HV (2 dias)	-0.0485 (0.0974)	-0.0597 (0.0804)					
Primeira Semana - Saida HV			-0.0022 (0.0764)	-0.0310 (0.0626)			
Segunda Semana - Saída HV			-0.0346 (0.0668)	-0.0210 (0.0486)			
Controles	NÃO	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM
N. Obs.	59184	59184	59184	59184	59184	59184	59184

Nota: Variável log de Acidentes. O período da Manhã compreende o horário entre 4 hrs até às 12 hrs. (meio dia); A tarde compreende o período do dia entre 13 hrs. às 18 hrs.; A Noite compreende o período entre as 19 hrs. e 23 hrs.; Kernel Uniform; CCT Calónico, Cattaneo e Titiunik (2012); IK Imbens e Kalyanaraman (2012); CV Cross-Validation Ludwig e Miller (2007); Erros Padrão estão entre parenteses. \*\*\* representa  $p < 1\%$ , \*\* representa  $p < 5\%$  e \* representa  $p < 10\%$ .

As colunas 5-7 (Tabela 14) exploram os impactos através de diferentes horários do dia., reforçando as identificações prévias dos resultados sobre o mecanismo de luminosidade. A coluna 6 utiliza o sub-estrato de horas de 13 hrs. às 18 hrs. para identificar o mecanismo de luminosidade no período da tarde. Os efeitos nos primeiros dois dias representam uma redução de 26% sobre o número de acidentes. Ao analisar os efeitos da primeira semana os resultados aparecem com redução de 10% , enquanto que na segunda semana, a redução é ainda maior, de 11%. Isto sugere que ao se considerar todas as horas, há evidências de que o efeito da luminosidade proporciona redução no número de acidentes nas rodovias federais do Brasil. Isto corrobora os significantes resultados encontrados no curto prazo por meio do método de Regressão Descontínua são consistentes com a redução de acidentes como impacto da luminosidade.

## 5 Considerações Finais

A preocupação do governo brasileiro com a política de economia de energia gera externalidades positivas, contribuindo para a redução do número de acidentes em 10% nas rodovias federais brasileiras no período de atuação do horário de verão. A política do horário de verão provoca redução no número de acidentes, beneficiando os motoristas de rodovias federais pela incidência de maior luminosidade e dirigibilidade.

O presente trabalho verificou os impactos da política do horário de verão sobre acidentes nas rodovias federais brasileiras. Os resultados indicam que com a utilização do horário de verão, os estados afetados obtiveram redução no número de acidentes nas rodovias federais brasileiras.

Os testes empenhados buscaram determinar a influência da transição de entrada do horário de verão sobre acidentes. Os testes revelaram que a realocação do horário de atuação da luminosidade durante o dia contribui consideravelmente na redução de acidentes em rodovias federais. Os testes apresentaram evidências de que o impacto de transição para o horário de verão afeta o comportamento de direção dos motoristas em rodovias federais, principalmente ao entardecer. Consistente com a literatura, mais luminosidade ao entardecer proporciona benefícios como redução de criminalidade (Doleac e Sanders, 2013) e encoraja, inclusive, a prática de exercícios (Wolff e Makino, 2013).

Por fim, espera-se que com esse trabalho relevante contribuição científica a discussão de leis de redução de acidentes, uma vez que a política não é aplicada durante todo o ano e não para todos os estados. Políticas como esta poderiam minimizar os índices de acidentes e consequentemente reduzir o impacto nos gastos da saúde brasileira.

## 6. Contribuição dos autores

Interpretação e redação do trabalho: autor 1. Concepção do modelo econométrico, planejamento, análise e interpretação: autor 2; Revisão e correção: autores 3 e 4. Ambos os autores aprovaram a versão final encaminhada.

## 7. Conflito de Interesses

Não há conflito de interesses neste trabalho.

## Referências

ADAMS, J. M. (2005). Year-round daylight saving and serious or fatal road traffic injuries in children in the Northeast of England. *Journal of Public Health*, 27(4), 316317.

AHUJA, D. R., SENGUPTA, D. P. (2012). Year-round daylight saving time will save more energy in India than corresponding DST or time zones. *Energy Policy*, 42, 657-669.

Bacchieri, G. and A.J.D. Barros. (2011). "Traffic accidents in Brazil from 1998 to 2010: many changes and few effects." *Revista de Saúde Pública*, 45(5): 1-14.

BERTRAND, M., DUFLO, E., MULLAINATHAN, S. (2002). How much should we trust differences-in-differences estimates? (No. w8841). National Bureau of Economic Research.

CALONICO, S., CATTANEO, M. D., TTIUNIK, R. (2012). Robust nonparametric bias-corrected inference in the regression discontinuity design. Working paper, University of Michigan.

COATE, D., MARKOWITZ, S. (2003). The effects of daylight and daylight saving time on us pedestrian fatalities and motor vehicle occupant fatalities. *Accident Analysis and Prevention*, 36(3), 351357.

DOLEAC, J.L. e SANDERS, N.J.(2013). "Under the Cover of Darkness: How Ambiente Light Influences Criminal Activity." Working Paper. SSRN.COM. Acesso em: 15.07.2015.

FERGUSON, S. A. (1995). Daylight savings time and motor vehicle crashes: the reduction in pedestrian and vehicle occupant fatalities. *American Journal of Public Health*, 85 (1), 9295.

HARRISON, Y. (2013). "The impact of daylight saving time on sleep and related behaviours". *Sleep Medicine Reviews* 17:285-292.

HUANG, A.; LEVINSON, D. (2010). The effects of daylight saving time on vehicle crashes in Minnesota. *Journal of safety research*, 41(6), 513-520.

IMBENS, G. W., LEMIEUX, T. (2008). Regression discontinuity designs: A guide to practice. *Journal of econometrics*, 142(2), 615-635.

Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada. (2003). "Impactos Sociais e Econômicos dos Acidentes de Trânsito nas Aglomerações Urbanas."

Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada. (2006). "Impactos Sociais e Econômicos dos Acidentes de Trânsito nas Rodovias Brasileiras"

Jacobs, G., Aaron-Thomas, A., and Astrop, A. (2000). "Estimating Global Road Fatalities." Research Report No. 445. London: London Transport Research Laboratory

JANSZKY, I., Ahnve, S., Ljung, R., Mukamal, K. J., Gautam, S., Wallentin, L., Stenstrand, U. (2012). Daylight saving time shifts and incidence of acute myocardial infarction—Swedish Register of Information and Knowledge About Swedish Heart Intensive Care Admissions (RIKS-HIA). *Sleep medicine*, 13(3), 237-242.

KELLOGG, R. and WOLFF, H. (2008) "Daylight Time and Energy: Evidence from an Australian experiment". *Journal of Environment Economics and Management* 56:(3):207-220.

KOTCHEN, M. J. and Grant. L.E. (2011). "Does daylight saving time save energy? evidence from a natural experiment in Indiana". *Review of Economics and Statistics* 93(4):1172-1185.

LEE, D. S., LEMIEUX, T. (2010). Regression discontinuity designs in economics (No. w14723). National Bureau of Economic Research.

NAKAGUMA, M. Y., e RESTREPO, B. (2014). Unintended benefits of election day alcohol bans: evidence from road crashes and hospitalizations in Brazil. Universidade de São Paulo - USP. Working Paper.

SEXTON, A. L., BEATTY, T. K. (2014). Behavioral responses to Daylight Savings Time. *Journal of Economic Behavior Organization*, 107, 290-307.

Sivak, M., and Schoettle, B. (2014). "Mortality from Road Crashes in 193 Countries: A Comparison with Other Leading Causes of Death." Working paper, University of Michigan, Transportation Research Institute, Michigan, USA.

SMITH, M.E.; LINDA, McEVOY, K.; GEVINS, A. (2002). "The impact of moderate sleep loss on neurophysiologic signals during working-memory task performance." *Sleep* 5(7):784.

SMITH, A. C. (2014). Spring Forward at Your Own Risk: Daylight Saving Time and Fatal Vehicle Crashes.

SOOD, N., GHOSH, A. (2007). The short and long run effects of daylight saving time on fatal automobile crashes. *B.E. Journal of Economic Analysis Policy*, 7(1) (Article 11)

STEVENS, C. R., LORD, D. (2006). Evaluating safety effects of daylight savings time on fatal and nonfatal injury crashes in texas. *Transportation Research Record*, 1953, 147155

SULLIVAN, J.M.; FLANNAGAN M.J.(2002) "The role of ambient light level in fatal crashes: inferences from daylight saving time transtions." *Accident Analysis Prevention* 34(4):487-498.

VALDEZ, P., RAMIREZ, C., GARCIA. A, GARCIA, E.(1997)"Adjustment of sleep to daylight saving time: The american experience". *Sleep Medicine* 2(1):31-36.

WOLFF, H. MAKINO, M. (2013). "Does daylight savint time burn fat? Time allocation with continuous activities. SSRN.com Working paper.

## Este preprint foi submetido sob as seguintes condições:

- Os autores declaram que estão cientes que são os únicos responsáveis pelo conteúdo do preprint e que o depósito no SciELO Preprints não significa nenhum compromisso de parte do SciELO, exceto sua preservação e disseminação.
- Os autores declaram que os necessários Termos de Consentimento Livre e Esclarecido de participantes ou pacientes na pesquisa foram obtidos e estão descritos no manuscrito, quando aplicável.
- Os autores declaram que a elaboração do manuscrito seguiu as normas éticas de comunicação científica.
- Os autores declaram que os dados, aplicativos e outros conteúdos subjacentes ao manuscrito estão referenciados.
- O manuscrito depositado está no formato PDF.
- Os autores declaram que a pesquisa que deu origem ao manuscrito seguiu as boas práticas éticas e que as necessárias aprovações de comitês de ética de pesquisa, quando aplicável, estão descritas no manuscrito.
- Os autores declaram que uma vez que um manuscrito é postado no servidor SciELO Preprints, o mesmo só poderá ser retirado mediante pedido à Secretaria Editorial do SciELO Preprints, que afixará um aviso de retratação no seu lugar.
- Os autores concordam que o manuscrito aprovado será disponibilizado sob licença [Creative Commons CC-BY](#).
- O autor submissor declara que as contribuições de todos os autores e declaração de conflito de interesses estão incluídas de maneira explícita e em seções específicas do manuscrito.
- Os autores declaram que o manuscrito não foi depositado e/ou disponibilizado previamente em outro servidor de preprints ou publicado em um periódico.
- Caso o manuscrito esteja em processo de avaliação ou sendo preparado para publicação mas ainda não publicado por um periódico, os autores declaram que receberam autorização do periódico para realizar este depósito.
- O autor submissor declara que todos os autores do manuscrito concordam com a submissão ao SciELO Preprints.