

## Carga do tabagismo no Brasil e benefício potencial do aumento de impostos sobre os cigarros para a economia e para a redução de mortes e adoecimento

Burden of smoking in Brazil and potential benefit of increasing taxes on cigarettes for the economy and for reducing morbidity and mortality

Carga del tabaquismo en Brasil y beneficio potencial del aumento de impuestos sobre el tabaco para la economía y para la reducción de muertes por enfermedad

Marcia Pinto <sup>1</sup>  
Ariel Bardach <sup>2</sup>  
Alfredo Palacios <sup>2</sup>  
Aline Biz <sup>3,4</sup>  
Andrea Alcaraz <sup>2</sup>  
Belen Rodriguez <sup>2</sup>  
Federico Augustovski <sup>2</sup>  
Andres Pichon-Riviere <sup>2</sup>

doi: 10.1590/0102-311X00129118

### Resumo

A prevalência do tabagismo no Brasil reduziu sobremaneira nas últimas décadas, mas o país ainda tem uma elevada carga de doença associada a este fator de risco. O objetivo deste trabalho foi estimar a carga de mortalidade, morbidade e custos para a sociedade associada ao tabagismo em 2015 e o potencial impacto gerado em desfechos de saúde e para a economia a partir do aumento de preços dos cigarros por meio de impostos. Foram desenvolvidos dois modelos: o primeiro é um modelo matemático baseado em uma microssimulação probabilística de milhares de indivíduos usando-se coortes hipotéticas que considerou a história natural, custos e a qualidade de vida destes indivíduos. O segundo é um modelo de impostos aplicado para estimar o benefício econômico e em desfechos de saúde de diferentes cenários de aumento de preços em 10 anos. O tabagismo foi responsável por 156.337 mortes, 4,2 milhões de anos de vida perdidos, 229.071 infartos agudos do miocárdio, 59.509 acidentes vasculares cerebrais e 77.500 diagnósticos de câncer. O custo total foi de R\$ 56,9 bilhões, dos quais 70% corresponderam ao custo direto associado à assistência à saúde e o restante ao custo indireto devido à perda de produtividade por morte prematura e incapacidade. Um aumento de 50% do preço do cigarro evitaria 136.482 mortes, 507.451 casos de doenças cardiovasculares, 64.382 de casos de câncer e 100.365 acidentes vasculares cerebrais. O benefício econômico estimado seria de R\$ 97,9 bilhões. Concluiu-se que a carga da doença e econômica associada ao tabagismo é elevada no Brasil e o aumento de impostos é capaz de evitar mortes, adoecimento e custos para a sociedade.

*Tabagismo; Efeitos Psicossociais da Doença; Custos e Análise de Custo*

### Correspondência

M. Pinto  
Instituto Nacional de Saúde da Mulher, da Criança e do Adolescente Fernandes Figueira, Fundação Oswaldo Cruz, Av. Rui Barbosa 716, Rio de Janeiro, RJ 22250-020, Brasil. mftpinto@gmail.com

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Saúde da Mulher, da Criança e do Adolescente Fernandes Figueira, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brasil.

<sup>2</sup> Instituto de Efectividad Clínica y Sanitaria, Buenos Aires, Argentina.

<sup>3</sup> Instituto de Medicina Social, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

<sup>4</sup> School of Health and Related Research, University of Sheffield, Sheffield, U.K.



## Introdução

Há 1,1 bilhão de fumantes no mundo e cerca de 4 em cada 5 vivem em países de baixa e média rendas <sup>1</sup>. O tabagismo é o principal fator de risco de morte por doenças crônicas não transmissíveis, responsável por 6 milhões de óbitos ao ano <sup>2</sup>. Um total de 603 mil mortes anuais são atribuíveis ao tabagismo passivo, das quais 28% em crianças <sup>3</sup>. Esse fator de risco está associado a 75% dos casos de doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), 22% e 10% das mortes entre adultos por câncer e doenças cardíacas, respectivamente <sup>2</sup>. Ademais, a evidência epidemiológica recente aponta que novas doenças, como o câncer de mama, de próstata e os transtornos vasculares intestinais são em certa medida atribuíveis ao tabagismo <sup>4</sup>.

O custo total global alcança USD 1,4 trilhão ao ano ou 1,8% do Produto Interno Bruto (PIB) mundial <sup>5</sup>. Aproximadamente 40% dessas perdas ocorrem em países de baixa e média rendas e, dos cinco países do BRICS, quatro – Brasil, Rússia, Índia e China – são responsáveis por 25% do custo global atribuível ao tabagismo <sup>5</sup>. Sob a perspectiva do setor saúde, o custo da assistência representa 15% do gasto total em alguns países e, em somente sete países latino-americanos, equivale a 8,3% <sup>6</sup>.

O tabagismo é o terceiro fator de risco responsável pelo número de mortes e anos de vida perdidos com qualidade em países da América do Sul <sup>7</sup>. Está associado com a redução da produtividade e com elevados desembolsos das famílias, fatores que contribuem para o recrudescimento da pobreza. A perda de produtividade é resultado da morte prematura que ocorre antes do indivíduo se aposentar e também, de forma indireta, da redução da produtividade devida às doenças crônicas associadas ao tabagismo <sup>8</sup>.

O Brasil destaca-se no cenário mundial pela sua Política Nacional de Controle do Tabaco, na qual estão integradas as diretrizes da Convenção-Quadro para o Controle do Tabaco da Organização Mundial da Saúde (CQCT-OMS) ratificada pelo país há mais de dez anos (*Decreto nº 5.658 de 2006*). Apesar de ser um dos líderes em número de fumantes, entre 1990 e 2015 foi um dos países que registrou uma redução significativa da prevalência entre homens e mulheres de 56,5% e 55,8%, respectivamente <sup>9</sup>. Esses avanços são importantes, mas dados de 2011 mostraram que a magnitude da carga da doença associada ao tabagismo ainda é elevada, com cerca 147 mil mortes e 2,69 milhões de anos de vida perdidos ao ano, além de gerar um custo anual para o sistema de saúde de 23,37 bilhões de Reais <sup>10</sup>.

O objetivo deste estudo foi estimar a carga da doença e econômica associada ao tabagismo para o Brasil em 2015 e prever os benefícios econômicos e em desfechos de saúde, valendo-se do aumento de impostos incidentes sobre os preços de venda de cigarros para um cenário de dez anos.

## Materiais e métodos

Este estudo utilizou dois modelos: (i) modelo de carga da doença associada ao tabagismo que permitiu estimar o impacto em termos de mortalidade, morbidade e custo para a sociedade; e (ii) modelo de impostos, aplicado para mensurar como um aumento de preços evitaria mortes, adoecimento e custos para a sociedade com base em diferentes cenários de aumento de preços de cigarros em dez anos. Adicionalmente, estimou-se o aumento da arrecadação tributária para o governo gerado pela elevação de impostos.

### Modelo de carga da doença associada tabagismo

Trata-se de um modelo matemático de microsimulação de Monte Carlo de primeira ordem que, por meio de uma simulação probabilística de cada indivíduo, incorporou a história natural, os custos diretos e indiretos e a perda da qualidade de vida associados às principais doenças tabaco-relacionadas. O modelo está validado em vários países conforme mostrado em estudos prévios <sup>10,11,12</sup>. As doenças selecionadas foram: doenças cardíacas isquêmicas e não isquêmicas, DPOC, pneumonia e influenza, acidente vascular cerebral (AVC) e os seguintes tipos de câncer: pulmão, boca e faringe, esôfago, estômago, pâncreas, rins e pelve renal, laringe, bexiga, colo do útero e leucemia mieloide. O desenvolvimento metodológico do modelo e a codificação das doenças pela 10ª revisão da Classificação Inter-

nacional das Doenças (CID-10) estão apresentados detalhadamente em trabalhos já publicados<sup>10,13</sup>. O modelo foi programado em Excel (<https://products.office.com/>) com macros em *visual basic*.

Inicialmente, calculou-se para cada indivíduo de uma coorte hipotética de não fumantes, por idade e sexo, o risco basal de ocorrência de eventos agudos e crônicos que poderiam estar relacionados à doença, sua progressão ou óbito, e os custos direto (assistência à saúde) e indireto (produtividade perdida por morte prematura e incapacidade). Os indivíduos foram seguidos em seis coortes hipotéticas nas quais estimou-se, em ciclos anuais, o risco de ocorrência de cada evento, conforme as características demográficas, o *status* do tabagismo (não fumante, fumante ou ex-fumante), condições clínicas e equações de risco<sup>10,11,13</sup>.

Devido à ausência de informação de qualidade sobre a incidência populacional das doenças incluídas, definiu-se um método apoiado nos dados de mortalidade do Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM. <http://www.datasus.gov.br>) de 2015. Essa opção é adotada em modelos econômicos e epidemiológicos<sup>14,15,16,17,18,19</sup>, e permite estimar os riscos absolutos por idade e sexo para eventos agudos ou crônicos. É reconhecido internacionalmente que as estatísticas nacionais subestimam a mortalidade por DPOC<sup>20,21</sup>, por isto, as estimativas de risco, incidência e progressão da doença foram obtidas na literatura internacional<sup>20,22</sup>. A letalidade foi estimada mediante as hospitalizações do Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS. <http://www.datasus.gov.br>). Apesar da etiologia da pneumonia e influenza ser de origem infecciosa, a inclusão de ambas justifica-se pelas evidências do risco aumentado de fumantes sofrerem episódios graves de exacerbação e da maior mortalidade em comparação com os não fumantes.

O modelo captou a frequência de desfechos na medida em que cada indivíduo poderia apresentar nenhum, um ou múltiplos eventos, pois eventos agudos e condições crônicas não eram mutuamente excludentes. Adicionalmente, foram calculados os anos de vida perdidos (AVP) valendo-se de dois componentes – AVP por morte prematura (AVP-MP) e AVP por viver com qualidade de vida reduzida (AVP-QV), o custo direto e o custo indireto associados às doenças tabaco-relacionadas. Como o modelo não incluiu uma estimativa direta dos efeitos do tabagismo passivo e das doenças perinatais (baixo peso ao nascer ou baixo tamanho ao nascer, síndrome da angústia respiratória e síndrome da morte súbita em recém-nascido), utilizou-se uma aproximação baseada na literatura para o cálculo da mortalidade. A carga adicional para essas causas foi de 13,6% em homens e 12% em mulheres<sup>23</sup>.

### **Calibração, consistência interna e validação do modelo de carga da doença associada ao tabagismo**

Os seguintes passos metodológicos foram realizados: consistência interna para identificar erros relacionados com a incorporação dos dados e a sintaxe de programação do modelo no software utilizado; calibração para assegurar a reprodutibilidade dos resultados em relação aos indicadores de incidência e mortalidade; e validação externa, na qual os resultados gerados pelo modelo foram validados por intermédio de comparação com estudos epidemiológicos e clínicos que não utilizaram as mesmas fontes de dados para a estimativa das equações de risco. Esse processo permitiu verificar a confiabilidade do modelo. Especificamente para a calibração foram selecionadas todas as taxas de mortalidade, com exceção da mortalidade por DPOC por ser subestimada em estatísticas nacionais. Os resultados por idade e sexo foram comparados com as taxas apresentadas em estatísticas nacionais e procedeu-se com a análise dos desvios. As taxas médias de eventos simulados pelo modelo que se encontravam entre +/- 10% da taxa média dos eventos de referência (estatísticas e bases nacionais) foram consideradas aceitáveis. Em caso de desvios maiores, a equação de risco desse evento específico foi modificada (os valores de letalidade e sobrevivência foram variados entre +/- 15%) para proporcionar um melhor ajuste dos resultados.

### **Obtenção dos dados**

Os parâmetros usados pelo modelo foram apoiados na estrutura demográfica brasileira e no risco individual de morte por causa, idade e sexo, e na prevalência de tabagismo conforme a condição de uso do tabaco<sup>24</sup>. Os dados demográficos foram obtidos por meio da projeção da população para 2015 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Projeção da população brasileira por sexo e

idade: 2000-2060. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9109-projecao-da-populacao.html?=&t=o-que-e>, acessado em 20/Abr/2016), considerando-se cada indivíduo das coortes por sexo e idade entre 35 e 100 anos. A mortalidade geral da população e a mortalidade específica por doença, idade e sexo foram incorporadas na estimativa do risco de morte <sup>10,13</sup>. Os seguintes ajustes foram realizados nos dados do SIM: (i) correção do sub-registro de óbitos pela aplicação de fator de ajuste da cobertura de óbitos <sup>25</sup>; (ii) imputação dos valores ignorados para idade e sexo, substituídos respectivamente pela idade mediana e pelo sexo mais frequente calculados considerando-se os registros com a mesma causa básica; e (iii) redistribuição dos códigos-lixo e das causas mal definidas que não permitiam a classificação precisa da causa de óbito para as doenças incluídas no modelo (Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz. Projeto Carga de Doença. <http://www4.ensp.fiocruz.br/projetos/carga/downloads1.htm>, acessado em 05/Abr/2017).

O risco relativo de desenvolver cada doença em fumantes e ex-fumantes em relação aos não fumantes foi obtido no estudo *Cancer Prevention Study II* (CPS-II) <sup>26</sup>. A letalidade calculada pelo modelo para determinadas condições como infarto agudo do miocárdio (IAM), angina pectoris e AVC foi comparada com as estatísticas nacionais disponíveis de doença isquêmica coronariana ou de doenças cerebrovasculares. Ao se dividir os dados de óbitos agrupados pelos códigos da CID-10 pela população brasileira, foi possível obter o risco absoluto de mortalidade por causas, sexo e idade. Para a letalidade das neoplasias, obteve-se dados de prognósticos específicos por tipo de câncer, idade e sexo usando-se o Globocan <sup>19,27</sup>. Devido à indisponibilidade de dados de hospitalizações por sexo, idade e código CID-10 da saúde suplementar, realizou-se uma correção dos dados do SIH/SUS a fim de incluir todas as hospitalizações de 2015 no país <sup>28</sup>.

### **Estimativa da carga da doença associada ao tabagismo**

A carga foi estimada pela análise das diferenças de ocorrência de eventos agudos e crônicos, mortes e custos entre os resultados preditos pelo modelo, conforme os dados atuais de prevalência do tabagismo <sup>24</sup> e os resultados preditos para uma coorte de não fumantes. A estimativa da carga da doença foi expressa em AVP em termos populacionais, por meio de dois componentes: AVP-MP e AVP-QV. Os AVP-MP foram calculados valendo-se de uma metodologia padronizada <sup>29</sup> e usou-se medidas de utilidade dos estados de saúde de cada doença para estimar os AVP-QV.

### **Cálculo dos custos**

Adotou-se a perspectiva da sociedade que incluiu o custo direto da assistência e o custo indireto associado à perda de produtividade por morte prematura e incapacidade. Os custos estão apresentados em Reais de 2015. Não foi realizado ajuste inflacionário.

Aplicou-se a taxa de desconto de 5% ao ano para todos os desfechos de saúde e para os custos <sup>30</sup>. A aplicação do desconto foi necessária para que esses resultados estimados ao longo dos anos expressassem valores no presente.

#### **• Custo direto**

Foi estimado o custo médio unitário por doença para o SUS e para o setor de saúde suplementar por meio da técnica do microcusteio e do custo por procedimento. Incorporou-se esse custo ao modelo que, ao simular a probabilidade de ocorrência dos eventos ao longo da vida do indivíduo, estimou o custo total da assistência. A técnica Delphi com consultas a especialistas das áreas de oncologia, cardiologia, pneumologia e neurologia foi usada para a identificação e quantificação dos recursos de saúde. Os itens de custos incluídos foram: consultas, exames, hospitalização, procedimentos cirúrgicos e não cirúrgicos.

Para a valoração dos recursos para o SUS foram consultados: (i) Sistema de Gerenciamento da Tabela de Procedimentos, Medicamentos e OPM (SIGTAP. <http://sigtap.datasus.gov.br/tabela-unificada/app/sec/inicio.jsp>, acessado em 20/Set/2017); (ii) Banco de Preços em Saúde (BPS. <http://aplicacao.saude.gov.br/bps/login.jsf>, acessado em 22/Set/2016); e (iii) Câmara de Regulação do Mercado de Medicamentos (CMED. <http://portal.anvisa.gov.br/cmed>, acessado em 25/Set/2016). Também

foram revisados os relatórios de aprovação de incorporação de tecnologias para o SUS da Comissão Nacional de Incorporação de Tecnologias em Saúde desde 2011 (CONITEC. <http://conitec.gov.br/>, acessado em 04/Out/2016). O custo do câncer de laringe e câncer de esôfago para o SUS foi obtido na literatura <sup>31</sup>. As tabelas de procedimentos do mercado nacional de planos e seguros de saúde e a Classificação Brasileira Hierarquizada de Procedimentos Médicos da Associação Médica Brasileira (CBHPM. <https://amb.org.br/cbhpm/>, acessado em 30/Set/2017) foram consultadas para calcular o custo para a saúde suplementar.

#### • Custo indireto

Adotou-se a teoria do capital humano para estimar o custo por morte prematura e por incapacidade <sup>32,33</sup>. Assumiu-se que o valor para a sociedade da perda de produtividade pode ser medido como o valor presente da perda de tempo de trabalho dos indivíduos conforme seu salário de mercado, e para o qual foi atribuída uma produtividade igual à produtividade marginal de um trabalhador em um mercado de trabalho perfeitamente competitivo <sup>34</sup>.

Considerou-se o presenteísmo para estimar o custo da incapacidade, conceito que se refere à diminuição da produtividade laboral quando um indivíduo se reincorpora ao trabalho após a doença. A redução de produtividade como consequência do adoecimento pode ser expressa por uma jornada laboral mais reduzida e por um menor nível de produção gerado por hora de trabalho ou ambos <sup>35</sup>.

O valor presente da renda futura de uma pessoa depende da expectativa de vida, de sua participação no mercado de trabalho e renda laboral. O valor do capital humano de um indivíduo de determinado sexo e idade é o valor presente dessa renda no futuro, dado pela fórmula atuarial do valor de uma vida estatística (VSL, do inglês *value of a statistical life*):

$$VSL = \sum_{j=1}^{E(x)} \text{prob}(\text{vivo}) * \text{Salário} * \left(\frac{1+g}{1+r}\right)^{E(x)-i} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que: *prob(vivo)* é a probabilidade de que um indivíduo esteja vivo no próximo ano (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Projeção da população brasileira por sexo e idade: 2000-2060. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9109-projecao-da-populacao.html?=&t=o-que-e>, acessado em 20/Abr/2016); *salário* é uma estimativa da renda laboral anual do indivíduo <sup>36</sup>; e o último termo considera dois parâmetros assumidos como constantes: uma taxa de crescimento da renda laboral ao longo do tempo (parâmetro *g*), cuja premissa é a de que seria igual à taxa de crescimento médio anual do PIB *per capita* do Brasil de 2,25% ao ano, entre 1960 e 2015 (World Bank. <http://data.worldbank.org/country/brazil>) e um fator de desconto da renda futura (parâmetro *r*) de 5%. O cálculo do VSL associado a um indivíduo de determinado sexo e idade é a soma dos produtos destes termos para cada idade.

Foi necessário adotar métodos alternativos da estimativa da redução da produtividade laboral <sup>35,37,38</sup> usando-se um critério de estimativa indireta: assumiu-se que a produtividade laboral dos indivíduos diminui devido ao tabagismo na mesma proporção que a redução da qualidade de vida que lhe é atribuída <sup>16</sup>. Adicionalmente, estimou-se a probabilidade do indivíduo sobreviver de um ano *t* a um ano *t+1* conforme a tábua de vida por idade e sexo de 2015, disponibilizada pelo IBGE (<http://www.ibge.gov.br>, acessado em 18/Mar/2017).

Aplicou-se a equação de Mincer <sup>39,40</sup> para estimar a renda média anual (refere-se ao termo *salário* da Equação 1) por sexo e idade com base no nível máximo de escolaridade alcançado, da experiência no mercado de trabalho (aproximada pela idade e pela idade ao quadrado) e da localização geográfica:

$$\ln(\text{salário}) = \alpha + \beta_{idade} + \gamma_{idade^2} + \delta_{niveledu1} + \dots + \theta_{niveledu8} + \varphi_{urbano} + \varepsilon \quad (\text{Equação 2})$$

Em que: *ln(salário)* é o logaritmo natural do salário recebido pela atividade principal do indivíduo, *idade* e *idade<sup>2</sup>* buscaram aproximar a experiência laboral, *nível edu 1, ... nível edu 8* representam os distintos níveis de escolaridade alcançados, *urbano* é a variável que indica se vive em área urbana ou rural e  $\varepsilon$  representa o termo de erro do modelo, que se assume cumprir os pressupostos clássicos. Para o cálculo da equação, o método de mínimos quadrados ordinários foi aplicado e os dados obtidos por

intermédio da *Pesquisa Nacional de Amostra por Domicílios* de 2015 <sup>36</sup>. As análises foram realizadas com programa Stata, versão 14.1 (<https://www.stata.com>).

### **Modelo de impostos**

Foi elaborado baseando-se na aplicação de percentuais de aumentos sobre os preços dos cigarros. A prevalência de tabagismo obtida após esse aumento foi calculada como:

$$\text{Prevalência}_{post} = \text{Prevalência}_{pre} + (E_d * \Delta\%P * I_p * \text{Prevalência}_{pre}) \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:  $\text{Prevalência}_{post}$  é a prevalência de tabagismo após o aumento de preços;  $\text{Prevalência}_{pre}$  é a prevalência de tabagismo antes do aumento de preços;  $E_d$  é a elasticidade-preço da demanda <sup>41</sup>;  $\Delta\%P$  é a variação percentual do preço; e  $I_p$  é a proporção da variação no consumo que impacta na prevalência de fumantes.

Calculou-se o impacto esperado nos desfechos de saúde valendo-se no contexto nacional para definir três cenários de aumento de preços: curto, médio e longo prazos. O caso-base para a comparação foi estimado pela unificação dos três cenários e os resultados foram acumulados para dez anos. Assumiu-se uma evolução linear do cenário de curto prazo para o cenário de médio prazo no período de cinco anos e, em seguida, para o cenário no longo prazo entre os anos seis e dez anos <sup>12</sup>. Sobre a base dessas estimativas de mudança na prevalência e na redistribuição que implicam a proporção de fumantes, ex-fumantes e não fumantes na população, volta-se a estimar a carga de doenças tabaco-relacionadas esperada no país com base nessas novas condições, seguindo o mesmo método adotado para a estimativa basal da carga de doença. O impacto sobre os desfechos de saúde foi calculado como a diferença observada entre ambas as estimativas de óbitos, ocorrência de eventos, perda de anos de vida, incapacidade e custos diretos e indiretos.

### **Impacto na arrecadação tributária**

A variação na arrecadação que se poderia esperar nos diferentes cenários de aumento de preços da venda dos cigarros foi estimada por <sup>42</sup>:

$$\Delta\%R = \Delta\%consumo * (\Delta\%preço/\%imposto) \quad (\text{Equação 4})$$

Em que:  $\Delta\%R$  é a variação percentual na arrecadação;  $\Delta\%consumo$  é a variação percentual no consumo esperado pelo aumento do preço de venda;  $\Delta\%preço$  representa a variação percentual do preço de venda ao consumidor; e  $\% imposto$  é a proporção do preço inicial de venda ao consumidor correspondente ao imposto.

### **Impacto em desfechos de saúde e para a economia**

Três cenários de aumentos de preços dos cigarros, por meio de impostos, foram propostos – 25%, 50% e 75% –, ao longo de dez anos. O impacto nos desfechos da saúde é expresso pela queda na prevalência e, por consequência, nas mortes, casos de doenças tabaco-relacionadas e custos evitados. O impacto para a economia é apresentado pelo benefício econômico total calculado pela soma dos custos diretos e indiretos evitados e a arrecadação tributária adicional devido ao aumento de preços. Os valores estão apresentados em Reais de 2015.

## Resultados

### Calibração e validação

A taxa média de eventos para cada parâmetro esteve dentro de 10% das taxas verificadas nas estatísticas nacionais, o que garantiu uma excelente validação interna. A avaliação da correlação entre os resultados observados e os esperados produziu valores de  $R^2$  entre 0,700 e 0,999 (ajuste perfeito = 1), o que indicou um alto grau de correlação. A validação externa foi realizada pela comparação dos resultados do modelo com estudos epidemiológicos publicados e não utilizados como fonte de dados neste estudo. Observou-se uma correlação favorável entre os valores preditos do modelo e os observados nas referências selecionadas (Figura 1).

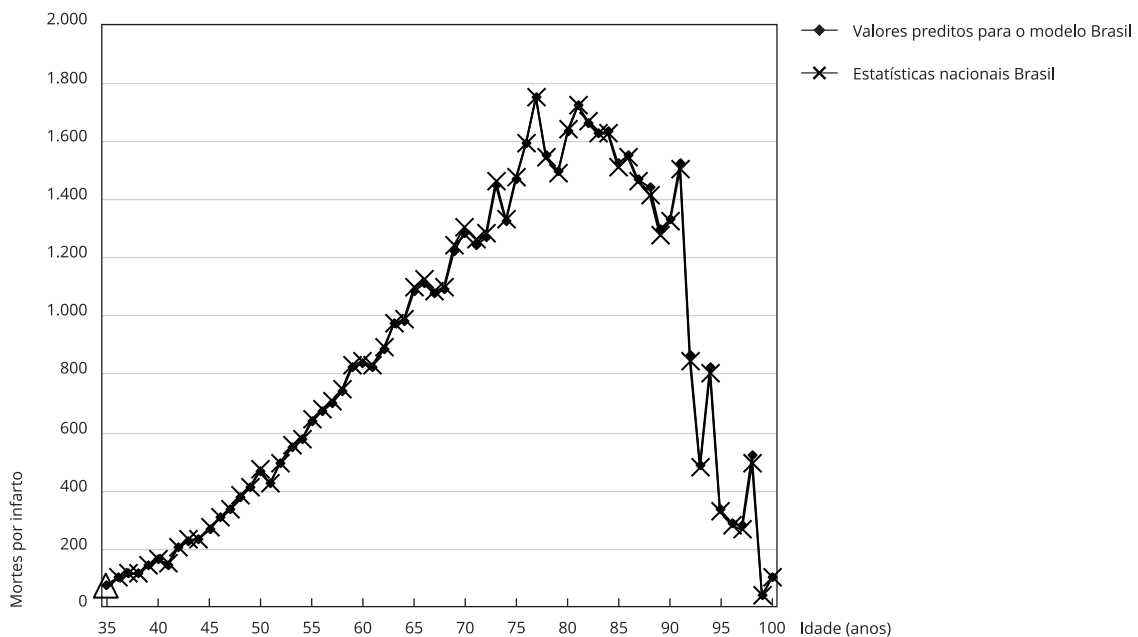
### Mortes e eventos atribuíveis ao tabagismo

Em 2015, o modelo estimou 558.789 mortes, das quais 156.337 (28%) foram atribuíveis ao tabagismo e que corresponderam a 12,6% do total ocorrido no país (1.239.810). O número de mortes atribuíveis foi mais elevado para DPOC (74%) e câncer de pulmão (78%). AVC e IAM corresponderam a 13% e a 18% do total, respectivamente. O tabagismo passivo e as causas perinatais totalizaram 18.093 mortes ao ano. Um total de 77.500 casos de câncer foram diagnosticados, dos quais 26.850 de câncer de pulmão. Ocorreram 1.103.423 eventos agudos e crônicos, dos quais 378.594 (34%) casos de DPOC, 229.071 (21%) de IAM e 59.509 (5%) de AVC (Tabela 1).

**Figura 1**

Validação interna, calibração e validação externa do modelo de carga associada ao tabagismo. Brasil, 2015.

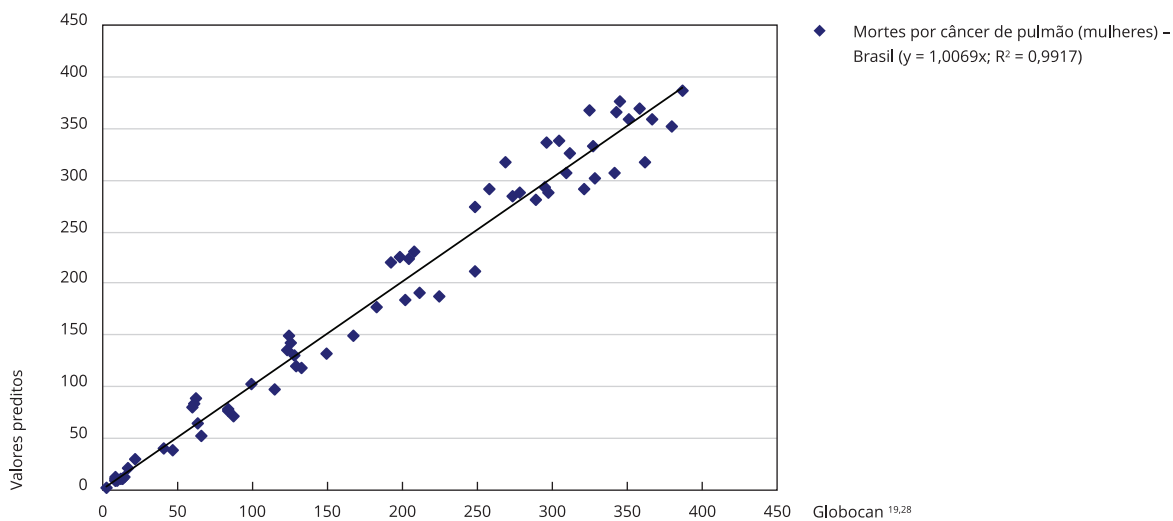
1a) Calibração: número de mortes predito pelo modelo comparado com as estatísticas nacionais. Infarto agudo do miocárdio (mulheres)



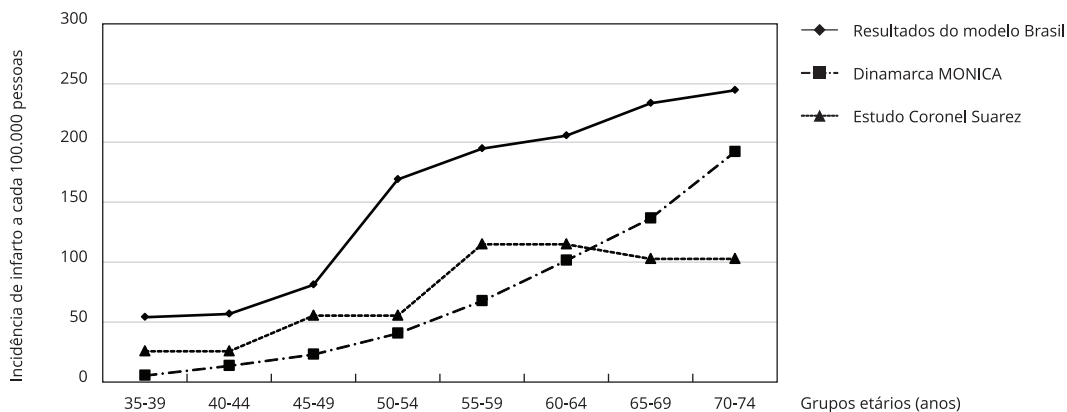
(continua)

Figura 1 (continuação)

1b) Gráfico de correlação entre os valores preditos pelo modelo versus os valores esperados de acordo com as estatísticas nacionais. Mortes por câncer de pulmão (mulheres)



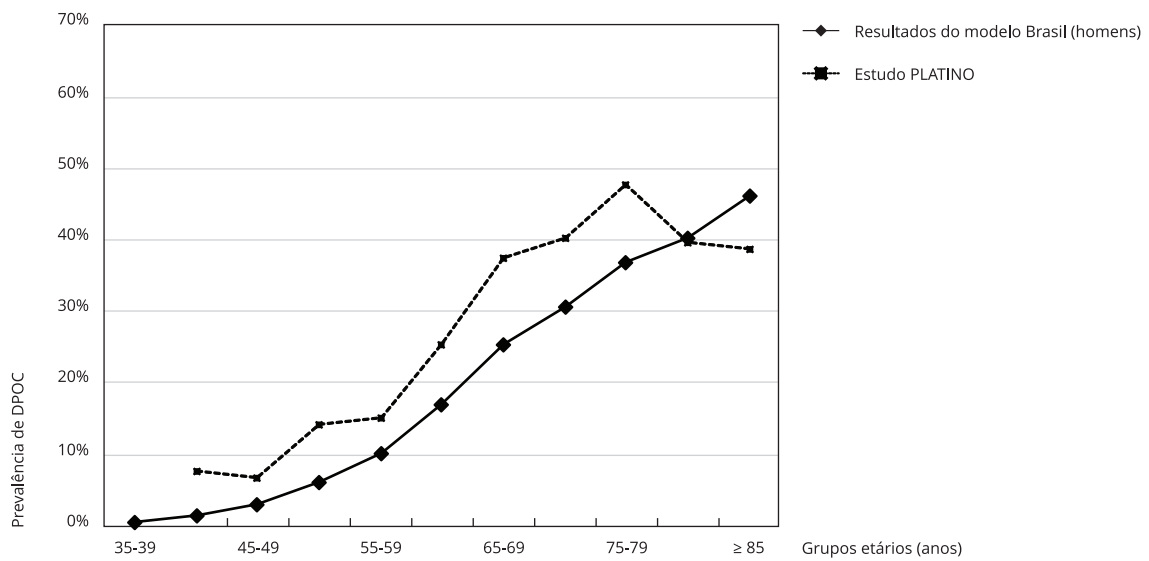
1c) Incidência de infarto predita pelo modelo, comparada com os seguintes estudos de incidência de base populacional: Danish WHO MONICA study register <sup>55</sup>, incidência de IAM na Argentina (provincia de Coronel Suarez) <sup>56</sup>



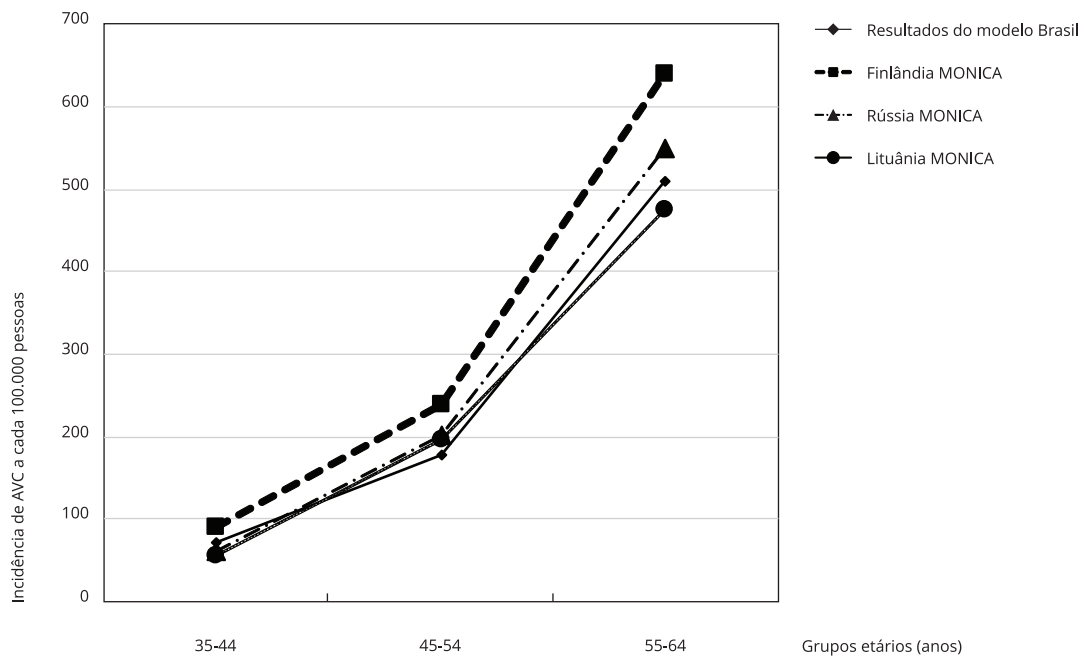
(continua)



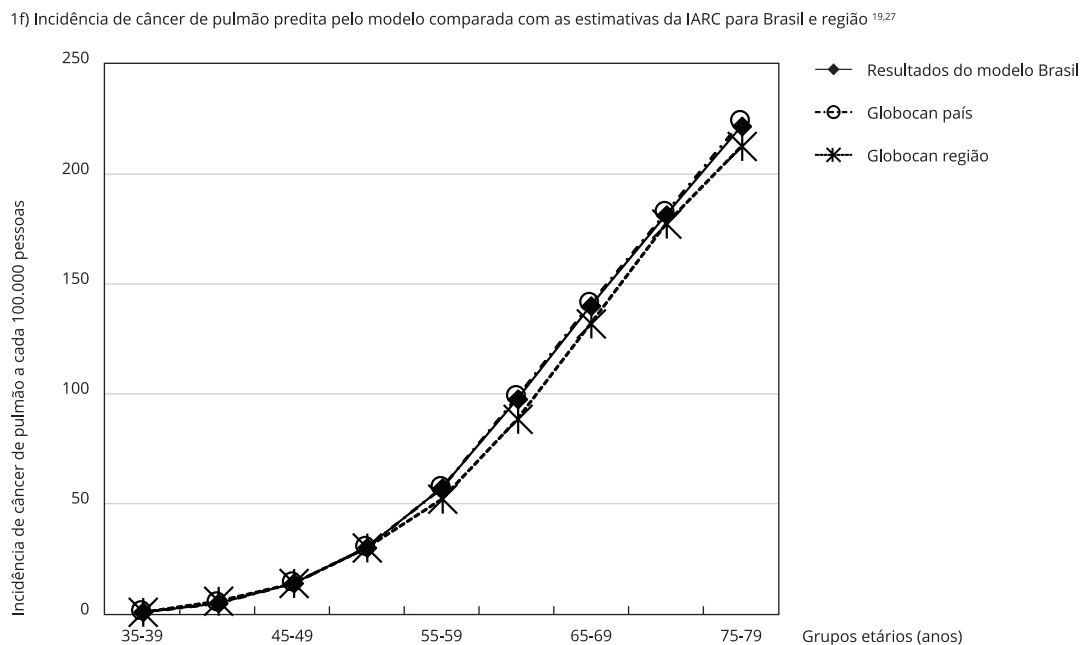
Figura 1 (continuação)

1d) Prevalência de DPOC predita pelo modelo comparada com estudo PLATINO <sup>57</sup>

1e) Incidência de AVC predita pelo modelo comparada com o estudo WHO MONICA em países selecionados: Finlândia WHO MONICA (Província de North Karelia), Rússia WHO MONICA (cidade de Novosibirsk), Lituânia WHO MONICA (Município de Kaunas) <sup>55</sup>



(continua)

**Figura 1 (continuação)**

AVC: acidente vascular cerebral; DPOC: doença pulmonar obstrutiva crônica; IARC: International Agency for Research on Cancer; MONICA: Multinational MONItoring of trends and determinants in CARDiovascular disease; PLATINO: Latin American Project for the Investigation of Obstructive Lung Disease.

### Anos de vida perdidos

A perda de anos de vida expressa em AVP foi de 4.203.389, resultante de 71,7% por AVP-MP para ambos os sexos. Desse total, 64% de AVP-MP ocorreram entre os homens. A maioria dos AVP-MP foi atribuída às doenças cardiovasculares isquêmicas (27,1%), DPOC (20%) e câncer de pulmão (16%). As mulheres fumantes têm uma expectativa de vida de 6,71 anos menos que as não fumantes, já na comparação entre ex-fumantes e não fumantes a diferença é de 2,45 anos. Os homens fumantes e ex-fumantes perdem, respectivamente, 6,12 e 2,66 anos de vida em relação aos não fumantes.

### Custos

O custo direto da assistência à saúde das doenças sem atribuição ao tabagismo foi de R\$ 96.724.046.812. O custo sob a perspectiva da sociedade atribuível ao tabagismo totalizou R\$ 56.898.155.567 e o custo direto correspondeu a 70% (R\$ 39.404.319.965). As DPOC (R\$ 15.990.182.776), doenças cardíacas (R\$ 10.264.380.964), câncer de pulmão (R\$ 2.285.584.843) e AVC (R\$ 2.174.230.523) foram responsáveis por 78% desse custo. O tabagismo passivo e as causas perinatais totalizaram custos de R\$ 4.542.046.307 (Tabela 2). O custo indireto foi de R\$ 19.744.770.789, dos quais R\$ 9.751.467.172 por morte prematura e R\$ 9.993.303.617 por incapacidade (Tabela 3).

Tabela 1

Mortes, eventos agudos e crônicos e anos de vida perdidos por mortes prematuras atribuíveis ao tabagismo. Brasil, 2015.

Doença	Total de mortes (A) *	Mortes atribuíveis ao tabagismo					
		Homens (B)		Mulheres (C)		Total (D = B + C)	% (D/A)
	n	n	%	n	%	n	
<b>Total</b>	558.789	106.729	100	49.608	100	156.337	28
IAM	130.312	16.791	16	6.397	13	23.188	18
Doença isquêmica do coração (exceto IAM)	32.293	3.545	3	1.462	3	5.007	16
Doença cardiovascular (causas não isquêmicas)	59.944	5.182	5	1.622	3	6.804	11
AVC	80.857	6.493	6	4.319	9	10.812	13
Câncer de pulmão	30.519	16.077	15	7.686	15	23.763	78
Pneumonia	85.442	7.954	7	2.946	6	10.900	13
DPOC	41.924	17.891	17	13.229	27	31.120	74
Câncer de boca e faringe	10.269	3.845	4	2.036	4	5.881	57
Câncer de esôfago	10.597	5.695	5	1.195	2	6.890	65
Câncer de estômago	16.770	2.846	3	533	1	3.379	20
Câncer de pâncreas	10.846	1.149	1	1.058	2	2.207	20
Câncer de rins e pélvis renal	3.295	754	1	53	0	807	24
Câncer de laringe	4.796	3.433	3	397	1	3.830	80
Leucemia mieloide	11.116	1.237	1	325	1	1.562	14
Câncer de bexiga	3.720	1.060	1	296	1	1.356	36
Câncer de colo do útero	7.996	-	-	739	1	739	9
Tabagismo passivo e causas perinatais	18.092	12.777	12	5.315	11	18.093	100

Doença	Total de mortes (A) *	Eventos agudos e crônicos atribuíveis ao tabagismo					
		Homens (B)		Mulheres (C)		Total (D = B + C)	% (D/A)
	n	n	%	n	%	n	
<b>Total</b>	3.825.406	706.321	-	397.102	-	1.103.423	29
IAM	905.532	169.439	30	59.632	18	229.071	25
Doença isquêmica do coração (exceto IAM)	1.102.307	154.317	26	87.279	18	241.595	22
Doença cardiovascular (causas não isquêmicas)	59.944	5.182	5	1.622	3	6.804	11
AVC	385.523	35.641	18	23.869	13	59.509	15
Câncer de pulmão	34.313	18.702	87	8.148	64	26.850	78
Pneumonia	705.548	78.483	20	42.669	13	121.152	17
DPOC	557.944	214.351	73	164.243	63	378.594	68
Câncer de boca e faringe	24.813	10.279	73	4.347	41	14.626	59
Câncer de esôfago	12.260	6.496	70	1.418	48	7.914	65
Câncer de estômago	23.611	3.968	26	770	9	5.738	20
Câncer de pâncreas	11.199	1.189	23	1.097	19	2.287	20
Câncer de rins e pélvis renal	6.914	1.552	37	108	4	1.660	24
Câncer de laringe	8.591	6.290	82	581	67	6.871	80
Leucemia mieloide	16.458	1.878	21	480	6	2.358	14
Câncer de bexiga	11.896	3.736	44	778	23	4.513	38
Câncer de colo do útero	18.496	-	-	1.683	9	1.683	100

(continua)

**Tabela 1 (continuação)**

Doença	Anos de vida perdidos por morte prematura atribuíveis ao tabagismo **			
	Homens	Mulheres	Total	
	n	n	n	%
<b>Total</b>	1.046.516	542.074	1.588.590	100
IAM	204.654	80.864	285.318	18
Doença isquêmica do coração (exceto IAM)	40.177	17.312	57.489	9
Doença cardiovascular (causas não isquêmicas)	56.994	19.063	76.057	4
AVC	80.642	61.945	142.587	5
Câncer de pulmão	172.761	94.978	267.739	6
Pneumonia	71.454	30.578	102.032	21
DPOC	181.735	152.742	334.477	17
Câncer de boca e faringe	48.513	26.683	75.196	5
Câncer de esôfago	68.194	14.290	82.484	5
Câncer de estômago	31.485	6.511	37.966	2
Câncer de pâncreas	13.756	12.949	26.705	2
Câncer de rins e pélvis renal	9.104	718	9.822	1
Câncer de laringe	41.129	4.963	46.092	3
Leucemia mieloide	15.132	4.332	19.464	1
Câncer de bexiga	10.786	3.457	14.243	1
Câncer de colo do útero	-	10.689	10.689	1

AVC: acidente vascular cerebral; DPOC: doença pulmonar obstrutiva crônica; IAM: infarto agudo do miocárdio.

\* Totais não são atribuíveis ao tabagismo;

\*\* Com aplicação de desconto de 5%.

**Tabela 2**

Custos diretos totais e atribuíveis ao tabagismo, por sexo, para o Sistema Único de Saúde (SUS) e saúde suplementar, em Reais. Brasil, 2015.

Doenças	Custo				
	Total *	Homens Atribuível ao tabagismo	Total *	Mulheres Atribuível ao tabagismo	Total atribuível ao tabagismo (homens + mulheres)
Cardíacas	26.710.814.513	7.099.459.424	19.139.483.274	3.164.921.540	10.264.380.964
AVC	6.567.735.100	1.251.024.227	6.432.148.992	923.206.296	2.174.230.523
DPOC	11.991.177.002	9.170.718.873	10.481.665.204	6.819.463.903	15.990.182.776
Pneumonia	466.538.203	94.626.804	384.141.825	51.445.899	146.072.702
Câncer de pulmão	1.877.966.347	1.630.924.926	1.023.252.825	654.659.917	2.285.584.843
Outros tipos de câncer	6.902.454.354	3.164.087.473	4.746.669.814	837.734.377	4.001.821.850
Tabagismo passivo e outras causas	-	3.047.874.475	-	1.494.171.832	4.542.046.307
<b>Total</b>	54.516.685.354	25.458.716.202	42.207.361.277	13.945.603.762	39.404.319.956

AVC: acidente vascular cerebral; DPOC: doença pulmonar obstrutiva crônica.

\* Custo total das doenças estimado pelo modelo.

**Tabela 3**

Custo indireto atribuível ao tabagismo por sexo, em Reais. Brasil, 2015.

Custo indireto	Homens	Mulheres	Total *	%
Por morte prematura	8.318.500.168	1.432.967.004	9.751.467.172	49
Por incapacidade	7.617.250.799	2.376.052.818	9.993.303.617	51
<b>Total</b>	15.935.750.967	3.809.019.822	19.744.770.789	100

\* Valores sem desconto.

### **Efeitos esperados do aumento de preços de venda dos cigarros por meio do aumento de impostos**

Em dez anos, o impacto produzido por incrementos no preço dos cigarros expresso em benefícios econômicos variaria de R\$ 55,1 bilhões (aumento de 25%) a R\$ 128,8 bilhões (aumento de 75%). Para um aumento de preços de 50%, o número de mortes evitadas variaria de 68.241 a 204.723. Os casos de doenças cardíacas e AVC evitados seriam de 507.451 e 100.365, respectivamente. Para câncer, projetasse 64.382 casos evitados (Tabela 4).

### **Discussão**

Este estudo ampliou os resultados publicados em 2011<sup>10</sup> ao estimar o custo indireto e o desenvolvimento de um modelo de impostos. Em 2015, ocorreram 156.337 mortes, ou seja, 6,3% maior que em 2011<sup>10</sup>. Os fatores que poderiam explicar esse aumento seriam uma diferença na prevalência do tabagismo entre grupos etários e o crescimento da população em 11% entre 2007 e 2015, anos da primeira estimativa e da atual (IBGE. <http://www.ibge.gov.br>, acessado em 15/Mar/2017).

As doenças cardíacas, DPOC, câncer de pulmão e o AVC representaram 65% das mortes, mantendo a mesma tendência de 2011<sup>10</sup>. As mortes por IAM e AVC reduziram em cerca de 4% e 40%, respectivamente, também quando se compara com 2011, o que corrobora a tendência de queda da mortalidade por doenças cardiovasculares no Brasil<sup>43</sup>. A carga da doença concentrou-se no sexo masculino, com 68% do total de mortes e 64% de ocorrência de eventos. Apesar disso, nossos resultados demonstraram que houve um declínio da carga entre homens em comparação com 2011, de cerca de 12% e 8% para mortes e eventos, respectivamente<sup>10</sup>. A prevalência do tabagismo caiu de forma importante entre 2008 e 2013 para ambos os sexos, e ainda que os homens fumem mais que as mulheres<sup>44</sup>, a redução da prevalência neste grupo e, por consequência, da carga indica uma convergência importante desses dois indicadores.

As medidas de redução da exposição ao fumo passivo são uma realidade no Brasil (*Lei nº 12.546* de 2011), mas antes de 2011 houve aumento das mortes e do custo direto relacionados ao tabagismo passivo e doenças perinatais, em 7% e 69%, respectivamente<sup>10</sup>. Em recém-nascidos, as consequências do fumo passivo são a redução de peso, comprimento e perímetro encefálico<sup>45</sup>. Portanto, medidas protetivas destinadas aos não fumantes devem ser cumpridas diariamente em quaisquer ambientes.

O Brasil tem adotado nos últimos anos uma política de aumentos de impostos dos cigarros. Em 2011, passou a vigorar uma alíquota *ad valorem* para cigarros, atualmente em 66,7%, e há ainda uma política de preços mínimos por maço<sup>46,47</sup>. Nossos resultados apontam o quão aumentar preços geraria benefícios na arrecadação (aumento de até R\$ 50 bilhões em 10 anos). É uma medida efetiva como demonstrado em estudos nacionais e internacionais<sup>41,48</sup> que contribui para ampliar o espaço fiscal e favorecer os investimentos públicos. Ainda com respeito a esse ponto, o sucesso da política de preços e impostos para evitar custos, mortes e adoecimento pressupõe o envolvimento conjunto das áreas governamentais da saúde, fazenda e justiça devido ao volume do mercado ilegal de cigarros no Brasil.

**Tabela 4**

Benefício total em desfechos em saúde evitados, custos para a sociedade evitados e aumento de arrecadação tributária com base em cenários de aumento de preços em 10 anos, Brasil.

	Cenários *		
	25%	50%	75%
Desfechos em saúde			
Mortes evitadas	68.241	136.482	204.723
Doenças cardíacas evitadas	253.725	507.451	761.176
AVC evitados	50.182	100.365	150.547
Casos novos de câncer evitados	32.192	64.382	96.575
Custos para a sociedade evitados			
Diretos (R\$, bilhões) – A	16,3	32,5	48,8
Por perdas de produtividade (R\$, bilhões) – B	10,0	20,0	30,0
Arrecadação tributária			
Aumento (R\$, bilhões) – C	28,8	45,4	50
Benefício econômico total (A + B + C)	55,1	97,9	128,8

AVC: acidente vascular cerebral.

\* Os valores representam o percentual de aumento no preço final dos cigarros devido a um aumento de impostos.

O custo da doença sem atribuição ao tabagismo foi significativo, alcançando R\$ 96,7 bilhões ao ano. Estimativas de carga e custos de doenças crônicas em nível nacional em adultos são escassas e com isto pretendemos contribuir com os gestores e o campo de pesquisa em doenças crônicas ao fornecer dados sobre a sua magnitude no Brasil. O custo direto atribuível ao tabagismo aumentou em 70% entre 2011 e 2015, o que pode se justificar pela incorporação de tecnologias tanto no SUS (CONITEC. <http://conitec.gov.br/decisões-sobre-incorporações>, acessado em 11/Set/2016) quanto na saúde suplementar – Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS. <http://ans.gov.br>, acessado em 11/Set/2016). O custo indireto representou 30% do custo total. Como foi a primeira estimativa no país, sugere-se que esse cálculo seja incorporado em estudos futuros dada a sua magnitude, como já observado em outros países <sup>23,49,50,51</sup>.

Devido às questões metodológicas, a comparação dos achados com outras pesquisas é difícil. Mas os resultados de outros países são similares aos deste trabalho ao apresentarem uma elevada carga para a economia. Na Europa, esse fator de risco compromete 2,5% do PIB ao ano e na China alcança 0,55% <sup>52</sup>. Nos Estados Unidos e Canadá, o tabagismo é responsável por perdas de 3% do PIB em comparação com 1% do restante dos países do continente americano <sup>2</sup>. No Brasil, o prejuízo foi de 0,7% do PIB e a arrecadação de impostos do setor Tabaco alcançou R\$ 13 bilhões em 2015 <sup>46</sup>, ou seja, 23% do custo total de R\$ 56,89 bilhões. Nesse ponto, o artigo 19 da CQCT-OMS, que trata da responsabilidade penal e civil, traz a possibilidade de compensação pelos prejuízos, ação já aplicada nos Estados Unidos <sup>53</sup>.

Os resultados se mostraram robustos por meio do processo de calibração e validação, o que garantiu a reprodutibilidade dos resultados do modelo. Mas algumas limitações devem ser consideradas. A literatura aponta que o custo de fricção <sup>54</sup>, a abordagem do Painel de Washington <sup>33</sup> e a teoria do capital humano <sup>35,36</sup> são os principais métodos para calcular o custo indireto. A teoria do capital humano pode superestimar os custos, especialmente quando comparada com os custos de fricção, mais complexos de calcular <sup>34</sup>. Porém, essa abordagem foi aplicada devido à disponibilidade de dados locais, simplicidade dos conceitos e dos cálculos associados e também por ser o método preferencial das diretrizes de avaliação econômica do Brasil <sup>30</sup>. Outra limitação refere-se à correção das hospitalizações para a saúde suplementar por um fator único de ajuste <sup>28</sup> necessária diante da insuficiência de dados baseados na CID-10. Essa foi a alternativa encontrada para que os cálculos de letalidade e custo direto pudessem ser realizados de maneira abrangente. Finalmente, os resultados podem estar subes-

timados, pois a associação com o tabagismo está estabelecida para um conjunto maior de doenças que o incluído no modelo de carga 4.

As medidas custo-efetivas para evitar mortes e adoecimento devido ao tabagismo devem ser intensificadas. É uma questão de geração de benefícios para a sociedade brasileira. Os custos para a sociedade refletem um importante custo de oportunidade e a compensação pelos danos é um tema oportuno para debate na agenda do controle do tabagismo. Esses recursos podem ser investidos na implementação plena da CQCT-OMS, mas não devem se restringir somente a este fim, pois outras políticas públicas poderiam se beneficiar desta compensação.

## Colaboradores

M. Pinto participou da coleta e análise dos dados epidemiológicos, dos dados de custos, da redação e aprovação final do artigo. A. Bardach, A. Palacios e A. Pichon-Riviere colaboraram na coleta e análise dos dados epidemiológicos, dos dados de custos, no desenvolvimento dos modelos, na redação e aprovação final do artigo. A. Biz participou da coleta e análise dos dados epidemiológicos, dos dados de custos e aprovação final do artigo. A. Alcaraz, B. Rodriguez e F. Augustovski contribuíram na coleta e análise dos dados epidemiológicos, dos dados de custos, no desenvolvimento dos modelos e aprovação final do artigo.

## Informações adicionais

ORCID: Marcia Pinto (0000-0001-7568-5014); Ariel Bardach (0000-0003-4437-0073); Alfredo Palacios (0000-0001-7684-0880); Aline Biz (0000-0002-6923-4556); Andrea Alcaraz (0000-0002-4260-8239); Belen Rodriguez (0000-0002-4497-8022); Federico Augustovski (0000-0002-2914-5022); Andres Pichon-Riviere (0000-0001-6052-025X).

## Agradecimentos

Ao Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva e International Development Research Centre pelo financiamento.

## Referências

1. World Health Organization. Global Health Observatory data: prevalence of tobacco smoking. <http://www.who.int/gho/tobacco/use/en/> (acessado em 03/Mar/2017).
2. U.S. National Cancer Institute; World Health Organization. The economics of tobacco and tobacco control. Bethesda: U.S. Department of Health and Services, National Institutes of Health, National Cancer Institute/Geneva: World Health Organization; 2016. (National Cancer Institute Tobacco Control Monograph, 21). (NIH Publication, 16-CA-8029A).
3. Oberg M, Jaakkola MS, Woodward A, Peruga A, Pruss-Ustun A. Worldwide burden of disease from exposure to second-hand smoke: a retrospective analysis of data from 192 countries. *Lancet* 2011; 377:139-46.
4. Carter BD, Abnet CC, Feskanich D, Freedman ND, Hartge P, Lewis CE, et al. Smoking and mortality-beyond established causes. *N Engl J Med* 2015; 372:631-40.
5. Goodchild M, Nargis N, Tursan d'Espaignet E. Global economic cost of smoking-attributable diseases. *Tob Control* 2017; 27:58-64.
6. Pichon-Riviere A, Bardach A, Augustovski F, Alcaraz A, Reynales-Shigematsu LM, Pinto MT, et al. Financial impact of smoking on health systems in Latin America: a study of seven countries and extrapolation to the regional level. *Rev Panam Salud Pública* 2016; 40:213-21.
7. Lim SS, Vos T, Flaxman AD, Danaei G, Shibuya K, Adair-Rohani H, et al. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990-2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet* 2012; 380:2224-60.
8. Rice DP, Hodgson TA, Sinsheimer P, Browner W, Kopstein AN. The economic costs of the health effects of smoking, 1984. *Milbank Q* 1986; 64:489-547.

9. GBD 2015 Tobacco Collaborators. Smoking prevalence and attributable disease burden in 195 countries and territories, 1990-2015: a systematic analysis from the Global Burden of Disease Study 2015. *Lancet* 2017; 389:1885-906.
10. Pinto MT, Pichon-Riviere A, Bardach A. Estimativa da carga do tabagismo no Brasil: mortalidade, morbidade e custos. *Cad Saúde Pública* 2015; 31:1283-97.
11. Alcaraz A, Caporale J, Bardach A, Augustovski F, Pichon-Riviere A. Burden of disease attributable to tobacco use in Argentina and potential impact of price increases through taxes. *Rev Panam Salud Pública* 2016; 40:204-12.
12. Pinto M, Bardach A, Palacios A, Biz AN, Alcaraz A, Rodríguez B, et al. Carga de doença atribuível ao uso do tabaco no Brasil e potencial impacto do aumento de preços por meio de impostos. Buenos Aires: Instituto de Efektividad Clínica y Sanitaria; 2017. (Documento Técnico IECS, 21).
13. Pichon-Riviere A, Augustovski F, Bardach A, Colantonio L. Development and validation of a microsimulation economic model to evaluate the disease burden associated with smoking and the cost-effectiveness of tobacco control interventions in Latin America. *Value Health* 2011; 14(5 Suppl 1):S51-9.
14. World Health Organization. Systematic review of the link between tobacco and poverty. Geneva: World Health Organization; 2011.
15. Barendregt JJ, Van Oortmarssen GJ, Vos T, Murray CJ. A generic model for the assessment of disease epidemiology: the computational basis of DisMod II. *Popul Health Metr* 2003; 1:4.
16. Gail MH, Kessler L, Midthune D, Scoppa S. Two approaches for estimating disease prevalence from population-based registries of incidence and total mortality. *Biometrics* 1999; 55:1137-44.
17. Lauer JA, Rohrich K, Wirth H, Charette C, Gribble S, Murray CJ. PopMod: a longitudinal population model with two interacting disease states. *Cost Eff Resour Alloc* 2003; 1:6.
18. Parkin DM, Bray F, Ferlay J, Pisani P. Estimating the world cancer burden: Globocan 2000. *Int J Cancer* 2001; 94:153-6.
19. Pisani P, Bray F, Parkin DM. Estimates of the world-wide prevalence of cancer for 25 sites in the adult population. *Int J Cancer* 2002; 97:72-81.
20. Mannino DM. COPD: epidemiology, prevalence, morbidity and mortality, and disease heterogeneity. *Chest* 2002; 121(5 Suppl):121S-6S.
21. Stang P, Lydick E, Silberman C, Kempel A, Keating ET. The prevalence of COPD: using smoking rates to estimate disease frequency in the general population. *Chest* 2000; 117(5 Suppl 2):354S-9S.
22. Hoogendoorn M, Rutten-van Molken MP, Hoogenveen RT, van Genugten ML, Buist AS, Wouters EF, et al. A dynamic population model of disease progression in COPD. *Eur Respir J* 2005; 26:223-33.
23. Centers for Disease Control and Prevention. Smoking-attributable mortality, years of potential life lost, and productivity losses – United States, 2000-2004. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2008; 57:1226-8.
24. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saúde 2013: percepção do estado de saúde, estilos de vida e doenças crônicas. Brasil, grandes regiões e unidades da Federação. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; 2014.
25. Departamento de Análise de Situação em Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Ministério da Saúde. Saúde Brasil 2010: uma análise da situação de saúde e de evidências selecionadas de impacto de ações de vigilância em saúde. Brasília: Ministério da Saúde; 2011.
26. Centers for Disease Control and Prevention. Smoking-attributable mortality, morbidity, and economic costs (SAMMEC). Atlanta: Centers for Disease Control and Prevention; 2008.
27. Bray F, Ren JS, Masuyer E, Ferlay J. Global estimates of cancer prevalence for 27 sites in the adult population in 2008. *Int J Cancer* 2013; 132:1133-45.
28. Azambuja MI, Foppa M, Maranhão MF, Achutti AC. Economic burden of severe cardiovascular diseases in Brazil: an estimate based on secondary data. *Arq Bras Cardiol* 2008; 91:148-55.
29. Fox-Rushby JA, Hanson K. Calculating and presenting disability adjusted life years (DALYs) in cost-effectiveness analysis. *Health Policy Plan* 2001; 16:326-31.
30. Departamento de Tecnologia e Insumos Estratégicos, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos, Ministério da Saúde. Diretrizes metodológicas: estudos de avaliação econômica de tecnologias em saúde. Brasília: Ministério da Saúde; 2014.
31. Pinto M, Uga MA. Custo do tratamento de pacientes com histórico de tabagismo em hospital especializado em câncer. *Rev Saúde Pública* 2011; 45:575-82.
32. Krol M, Papenburg J, Koopmanschap M, Brouwer W. Do productivity costs matter?: the impact of including productivity costs on the incremental costs of interventions targeted at depressive disorders. *Pharmacoeconomics* 2011; 29:601-19.
33. Nyan JA. Productivity costs revisited: towards a new US policy. *Health Econ* 2012; 21:1387-401.
34. Zhang W, Bansback N, Anis AH. Measuring and valuing productivity loss due to poor health: a critical review. *Soc Sci Med* 2011; 72:185-92.



35. Krol M, Brouwer W, Rutten F. Productivity costs in economic evaluations: past, present, future. *Pharmacoeconomics* 2013; 31:537-49.
36. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; 2015.
37. Knies S, Severens JL, Ament AJ, Evers SM. The transferability of valuing lost productivity across jurisdictions. differences between national pharmacoeconomic guidelines. *Value Health* 2010; 13:519-27.
38. Mattke S, Balakrishnan A, Bergamo G, Newberry SJ. A review of methods to measure health-related productivity loss. *Am J Manag Care* 2007; 13:211-7.
39. Harberger AC, Guillermo-Peón S. Estimating private returns to education in Mexico. *Lat Am J Econ* 2011; 49:1-35.
40. Lemieux T. The "Mincer equation" thirty years after schooling, experience and earnings. In: Grossbard S, editor. *Jacob Mincer: a pioneer of modern labor economics*. Boston: Springer; 2006. p. 127-45.
41. Iglesias R, Jha P, Pinto M, Silva V, Godinho J. Tobacco control in Brazil. Washington DC: World Bank; 2007. (HNP Discussion Paper Series).
42. Santerre R, Neun SP. *Health economics: theory, insights, and industry studies*. 5<sup>th</sup> Ed. Boston: Cengage Learning; 2012.
43. Ribeiro AL, Duncan BB, Brant LC, Lotufo PA, Mill JG, Barreto SM. Cardiovascular health in Brazil: trends and perspectives. *Circulation* 2016; 133:422-33.
44. Malta DC, Vieira ML, Szwarcwald CL, Caixeta R, Brito SM, Reis AA. Smoking trends among Brazilian population – National Household Survey, 2008 and the National Health Survey, 2013. *Rev Bras Epidemiol* 2015; 18 Suppl 2:45-56.
45. Zhang L, Gonzalez-Chica DA, Cesar JA, Mendoza-Sassi RA, Beskow B, Larentis N, et al. Tabagismo materno durante a gestação e medidas antropométricas do recém-nascido: um estudo de base populacional no extremo sul do Brasil. *Cad Saúde Pública* 2011; 27:1768-76.
46. Secretaria da Receita Federal, Ministério da Fazenda. Estudos tributários e aduaneiros. <https://idg.receita.fazenda.gov.br/dados/receitadata/estudos-e-tributarios-e-aduaneiros/estudos-e-eestatisticas/carga-tributaria-no-brasil/ctb-2015> (acessado em 03/Mar/2017).
47. Iglesias RM. Increasing excise taxes in the presence of an illegal cigarette market: the 2011 Brazil tobacco tax reform. *Rev Panam Salud Pública* 2016; 40:243-9.
48. Kostova D, Chaloupka FJ, Shang C. A duration analysis of the role of cigarette prices on smoking initiation and cessation in developing countries. *Eur J Health Econ* 2015; 16:279-88.
49. Yang L, Sung HY, Mao Z, Hu TW, Rao K. Economic costs attributable to smoking in China: update and an 8-year comparison, 2000-2008. *Tob Control* 2011; 20:266-72.
50. Ruff LK, Volmer T, Nowak D, Meyer A. The economic impact of smoking in Germany. *Eur Respir J* 2000; 16:385-90.
51. McGhee SM, Ho LM, Lapsley HM, Chau J, Cheung WL, Ho SY, et al. Cost of tobacco-related diseases, including passive smoking, in Hong Kong. *Tob Control* 2006; 15:125-30.
52. World Health Organization Regional Office for the Western Pacific. *The bill China cannot afford: health, economic and social costs of China's tobacco epidemic*. Manila: World Health Organization Regional Office for the Western Pacific; 2017.
53. Jones WJ, Silvestri GA. The master settlement agreement and its impact on tobacco use 10 years later: lessons for physicians about health policy making. *Chest* 2010; 137:692-700.
54. Koopmanschap MA, Rutten FF, van Ineveld BM, van Roijen L. The friction cost method for measuring indirect costs of disease. *J Health Econ* 1995; 14:171-89.
55. Kirchhoff M, Davidsen M, Bronnum-Hansen H, Hansen B, Schnack H, Eriksen LS, et al. Incidence of myocardial infarction in the Danish MONICA population 1982-1991. *Int J Epidemiol* 1999; 28:211-8.
56. Caccavo AA, Álvarez A, Bello FH, Ferrari AE, Carrique AM, Lasdica A, et al. Incidencia poblacional del infarto con elevación del ST o bloqueo de rama izquierda a lo largo de 11 años en una comunidad de la provincia de Buenos Aires. *Rev Argent Cardiol* 2007; 75:185-8.
57. Menezes AM, Perez-Padilla R, Jardim JR, Muiño A, Lopez MV, Valdivia G, et al. Chronic obstructive pulmonary disease in five Latin American cities (the PLATINO study): a prevalence study. *Lancet* 2005; 366:1875-81.

## Abstract

*The prevalence of smoking in Brazil has decreased considerably in recent decades, but the country still has a high burden of disease associated with this risk factor. The study aimed to estimate the burden of mortality, morbidity, and costs for society associated with smoking in 2015 and the potential impact on health outcomes and the economy based on price increases for cigarettes through taxes. Two models were developed: the first is a mathematical model based on a probabilistic microsimulation of thousands of individuals using hypothetical cohorts that considered the natural history, costs, and quality of life of these individuals. The second is a tax model applied to estimate the economic benefit and health outcomes in different price increase scenarios in 10 years. Smoking was responsible for 156,337 deaths, 4.2 million years of potential life lost, 229,071 acute myocardial infarctions, 59,509 strokes, and 77,500 cancer diagnoses. The total cost was BRL 56.9 billion (USD 14.7 billion), with 70% corresponding to the direct cost associated with healthcare and the rest to indirect cost due to lost productivity from premature death and disability. A 50% increase in cigarette prices would avoid 136,482 deaths, 507,451 cases of cardiovascular diseases, 64,382 cases of cancer, and 100,365 cases of stroke. The estimated economic benefit would be BRL 97.9 billion (USD 25.5 billion). In conclusion, the burden of disease and economic losses associated with smoking is high in Brazil, and tax increases are capable of averting deaths, illness, and costs to society.*

*Tobacco Use Disorder; Cost of Illness; Costs and Cost Analysis*

## Resumen

*La prevalencia del tabaquismo en Brasil se redujo sobremanera en las últimas décadas, pero el país todavía cuenta con una elevada carga de enfermedad asociada a este factor de riesgo. El objetivo de este trabajo fue estimar la carga de mortalidad, morbilidad y costes para la sociedad, asociada al tabaquismo en 2015, y el impacto potencial generado en los desenlaces de salud y para la economía a partir del aumento de precios del tabaco a través de impuestos. Se desarrollaron dos modelos: el primero es un modelo matemático, basado en una microsimulación probabilística de millares de individuos, a través de cohortes hipotéticas, que consideró la historia natural, costes y calidad de vida de esos individuos. El segundo se trata de un modelo de impuestos aplicado para estimar el beneficio económico y en desenlaces de salud de diferentes escenarios con el aumento de precios durante 10 años. El tabaquismo fue responsable de 156.337 muertes, 4,2 millones de años de vida perdidos, 229.071 infartos agudos de miocardio, 59.509 accidentes vasculares cerebrales y 77.500 diagnósticos de cáncer. El coste total fue de BRL 56,9 billones (USD 14,7 billones), de los cuales un 70% correspondieron al coste directo asociado a la asistencia a la salud y lo restante al coste indirecto, debido a la pérdida de productividad por muerte prematura e incapacidad. Un aumento de un 50% del precio del tabaco evitaría 136.482 muertes, 507.451 casos de enfermedades cardiovasculares, 64.382 de casos de cáncer y 100.365 accidentes vasculares cerebrales. El beneficio económico estimado sería de BRL 97,9 billones (USD 25,5 billones). Se concluyó que la carga de la enfermedad y económica asociada al tabaquismo es elevada en Brasil y el aumento de impuestos es capaz de evitar muertes, enfermedad y costes para la sociedad.*

*Tabaquismo; Costo de Enfermedad; Costos y Análisis de Costo*

Recebido em 03/Jul/2018

Versão final reapresentada em 08/Nov/2018

Aprovado em 14/Fev/2019