

Avaliando o impacto do financiamento federal no controle epidemiológico da dengue no Brasil

Resumo: O objetivo deste trabalho é verificar o impacto do financiamento federal nas ações de combate à dengue no Brasil. O trabalho testa a hipótese de que uma melhora das ações de vigilância epidemiológica da dengue, resultado de maior financiamento governamental, diminui os casos notificados da doença nos municípios. Metodologicamente, o trabalho utiliza-se de um modelo de diferenças em diferenças (diff-in-diff) e as evidências sugerem que o programa de controle do vetor da dengue, através de monitoramento epidemiológico a nível de comunidade, embora seja efetivo como ferramenta para diminuir os casos da doença, também apresenta forte heterogeneidade na resposta entre as regiões do país.

Palavras-chave: Saúde Pública; Gasto do Governo e Saúde; Modelos de Efeito de Tratamento.

Abstract: *The objective of this study is to verify the impact of federal funding on actions to combat dengue in Brazil. The paper tests the hypothesis that an improvement in dengue epidemiological surveillance actions, a result of increased government funding, reduces reported cases of the disease in the municipalities. Methodologically, the work uses a diff-in-diff model and the evidence suggests that the dengue vector control program, through community-level epidemiological monitoring, is effective as a tool for to reduce the cases of the disease, also presents strong heterogeneity in the response between the regions of the country.*

Keywords: *Public Health; Government Expenditures and Health; Treatment Effect Models.*

Classificação JEL: I18; H51; C21.

Julyan Gleyvison Machado Gouveia Lins¹

Juliane da Silva Ciríaco²

Otoniel Rodrigues dos Anjos Júnior³

¹ Doutor em Economia pela Universidade Federal de Pernambuco.
E-mail: julyanlink@hotmail.com. Endereço para correspondência: Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Avenida dos Funcionários, s/n - PIMES, Cidade Universitária, CEP: 50670-901 - Recife, PE - Brasil.

² Doutoranda em Economia pelo Centro de Aperfeiçoamento de Economistas do Nordeste da Universidade Federal do Ceará (CAEN-UFC).
E-mail: julianeciriacio@hotmail.com.

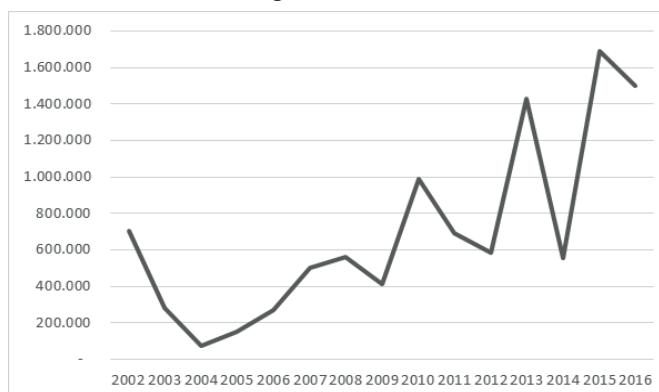
³ Doutorando em Economia pelo Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal da Paraíba (PPGEUFPB).
E-mail: pbdosanjos@hotmail.com.

1. Introdução

Segundo Araújo, Ferreira e Abreu (2008), há décadas a dengue tem se intensificado como um importante problema de saúde pública no mundo todo, sobressaindo-se principalmente nas regiões pobres e em processo de desenvolvimento. Como a doença é causada por um arbovírus (vírus transmitido por insetos), cerca de 2,5 bilhões de pessoas no mundo estão passíveis de contrai-la, o que faz com que essa morbidade seja uma das maiores causas de enfermidade decorrente de transmissão por mosquitos no mundo (Tauil, 2002; Dengue, 2007). Segundo Bhatt et al. (2003), San Martin et al. (2010), Cafferata et al. (2013) e Teixeira et al (2013), a maior parte dos casos notificados do mundo ocorrem na Ásia tropical, mas o continente americano vem apresentando um vertiginoso aumento dessa doença nas últimas décadas. Além disso, como destacam Gubler (2002), Tauil (2002) e Stephenson (2005), o problema se torna ainda mais grave porque a maioria dos países ainda não possuem um sistema eficiente de vacinas disponíveis, de modo que a principal medida de controle epidemiológico dessa doença ainda é o monitoramento do mosquito transmissor, o *Aedes aegypti*.

Segundo Bhatt *et al.* (2013), o Brasil é o líder dos casos notificados da doença em todo o continente americano, apresentando, em média, cerca de 40% das infecções totais notificadas nessa parte do planeta. Segundo dados do Sistema Nacional de Agravos e Notificações do Ministério da Saúde do Brasil (SINAN), no ano de 2016 a dengue completou 30 anos ininterruptos de epidemia no país. Neste ano, foram registrados 733,4 casos para cada 100 mil habitantes, superando o dobro do limite epidêmico estabelecido pela Organização Mundial de Saúde, que é de 300 casos para cada 100 mil habitantes, de modo que a doença já atinge cerca de 70% dos municípios da Federação. Podemos ver na Figura 1, a distribuição dos casos totais notificados da doença para o período de 2002 a 2015. De forma geral, pode-se notar que o total de casos, embora apresente fases de forte queda, teve uma vigorosa tendência de crescimento no período.

Figura 1. Casos notificados de dengue no Brasil entre 2002 e 2016.



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Ministério da Saúde.

Dado que o monitoramento epidemiológico é atualmente o principal meio de combate ao vetor da dengue no mundo, o objetivo deste trabalho é verificar a eficácia do financiamento em intervenções públicas de saúde no controle da doenças. Neste sentido, a pergunta a ser respondida neste trabalho é: será que com um maior financiamento federal de tais ações, melhora a efetividade do controle epidemiológico da dengue? A importância do Brasil na esfera internacional, neste caso, é uma oportunidade única. Primeiro, pelo país apresentar altas taxas da doença (e por ser um país muito populoso também altos valores absolutos de casos). Segundo, por ser

um país que tem se esforçado, desde 2002, em desenvolver uma política nacional de combate a essa enfermidade, como destacam Barreto e Teixeira (2008). E por fim, em termos de capacidade de financiamento de intervenção pública nacional no controle epidemiológico do vetor da dengue, através de receitas federais destinadas a esse objetivo (como veremos adiante). Tudo isso faz com que a análise feita aqui, possa fornecer informação relevante e servir de exemplo para a elaboração de políticas semelhantes em outras partes do mundo.

Para verificar a efetividade do financiamento do programa de controle epidemiológico da dengue, o trabalho valerá da Portaria do Ministério da Saúde número 2.557, de outubro de 2011⁴, que definiu, segundo alguns critérios, municípios aptos a receber em 2012, um adicional de 20% nas transferências fixas federais destinadas a vigilância em saúde, denominado Piso Fixo da Vigilância em Saúde (PFVS), que é um orçamento federal destinado a ações de saúde como controle epidemiológico. O valor adicional constitui uma verba representada pelo Piso Variável da Vigilância da Saúde (PVVS), repasse federal que pode ser destinado pelo governo federal aos municípios em situações epidêmicas especiais. A respectiva portaria considerou a necessidade de intensificar as medidas de prevenção e controle da dengue antes de seu período sazonal com a realização de ações de combate ao vetor, vigilância epidemiológica, assistência e aprimoramento dos planos de contingência para o ano de 2012.

Assim, este artigo busca verificar como este choque exógeno de verba pública federal, destinada ao controle do vetor da dengue, influenciou os casos notificados da doença nas localidades que receberam incentivo financeiro, comparando o indicador da doença com os municípios que não receberam tal incentivo. A portaria em questão é um canal de exogeneidade no financiamento que permitirá verificar a efetividade do programa de controle epidemiológico da dengue, ao comparar os municípios que receberam verba adicional (que denominaremos de grupo tratado) com aqueles municípios que não receberam tal verba extra (que denominaremos grupo controle). Neste caso, através metodologicamente de um modelo de diferenças em diferenças (*diff-in-diff*), será possível verificar o resultado da intervenção através do seu efeito médio de tratamento.

Um ponto importante no qual este artigo avança na literatura é que o debate sobre a análise de efetividade oriunda da execução deste tipo de programa tem como pano de fundo políticas de saúde pública. Por exemplo, no Brasil como o programa de controle epidemiológico da dengue é feito em todo o país, não temos como medir quantitativamente o verdadeiro efeito deste tipo de política de saúde, dado que não existe um contrafactual. E esta situação que não permite avaliar o custo-efetividade das ações implementadas neste sentido é preocupante quando o país está em um quadro em que há uma nítida tendência de crescimento dos casos notificados da doença.

Ademais, há na literatura, a inexistência de trabalhos acadêmicos que objetivam mensurar a eficácia intervenções locais do controle epidemiológico da dengue, através de uma identificação causal, como a que será apresentada neste trabalho. O principal motivo para isso muitas vezes, além da óbvia falta de contrafactual, sem dúvida, são problemas oriundos de elementos confundidores com a política implementada. Também, frequentemente, verificamos em boa parte dos estudos, uma apresentação meramente descritiva, sem estratégia de identificação clara, de modo que nenhuma inferência causal pode ser feita com base em seus resultados. No entanto, a situação apresentada neste trabalho permite obter a apreciação de um choque exógeno no mecanismo de financiamento, e por consequência nas ações de saúde implementadas no município, suficiente para contornar esse problema.

O restante do artigo é estruturado como segue. Na seção 2, apresentaremos uma rápida análise do financiamento e ações públicas implementadas para controle da

⁴: Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2557_28_10_2011.html

dengue no Brasil. Na Seção 3 apresentamos a estratégia empírica adotada, bem como os dados utilizados no estudo. Na seção 4, são apresentados os resultados do trabalho. E, por fim, é apresentado as considerações finais na seção 5.

2. Uma breve análise do programa de controle da dengue no Brasil: financiamento e ações implementadas

De forma geral, o programa permanente de prevenção e controle do *Aedes aegypti* tem ações compartilhadas entre União, Estados e Municípios durante todo o ano. Como destacam Barreto e Teixeira (2008), a partir de 2002, o Ministério da Saúde se esforçou mais no desenvolvimento de estratégias de controle da doença aumentando os recursos financeiros destinados a essa área e descentralizando as suas ações para os municípios.

O recurso destinado ao financiamento do programa de ação de intensificação do controle epidemiológico da dengue, aqui analisado, é uma transferência de recurso federal originado no orçamento da União e repassados aos entes federativos municipais. Em geral, o financiamento federal da vigilância epidemiológica é constituído por dois tipos: um é o Piso Fixo da Vigilância em Saúde (PFVS) e o outro é o Piso Variável de Vigilância da Saúde (PVVS). O primeiro é de caráter fixo e regular e o segundo de caráter avulso. Para o PFVS os critérios e magnitude do repasse da verba são definidos tomando-se por base as características epidemiológicas, populacionais e territoriais de cada município, considerando-se, também as dificuldades regionais para execução das ações, permitindo uma alocação mais equitativa de recursos entre municípios muito heterogêneos. O PVVS, por sua vez, é destinado à implementação de ações contingenciais de vigilância, prevenção e controle de epidemias mediante situação de emergência. No presente trabalho, a verba extra determinado pela portaria do Ministério da Saúde número 2.557 de outubro de 2011, estabelece que o PVVS seria de 20% do PFVS anual de cada município para a implementação do programa de intensificação do controle epidemiológico da dengue.

Segundo o Ministério da Saúde (2009), o combate direto ao vetor da dengue, em geral, dura todo o ano e se intensifica nos períodos mais críticos. Isso pois a dengue tem características sazonais, ou seja, se concentra sempre em um mesmo período todos os anos. No Brasil, esse período coincide com o verão, devido ao aumento da temperatura e a maior ocorrência de chuvas, quando o mosquito encontra as condições ideais de reprodução. Cerca de 70% dos casos de dengue ocorrem nos períodos de janeiro a maio, mas apesar disso, o Brasil tem condições climáticas para o desenvolvimento do mosquito transmissor o ano inteiro.

Ainda segundo o Ministério, o desenvolvimento de ações de apoio financeiro aos municípios, o Ministério da Saúde faz a aquisição de insumos estratégicos, como inseticidas e kits de diagnósticos, para auxiliar os gestores locais no combate ao mosquito. As principais ações locais utilizadas no combate da dengue são a prevenção e controle dos focos do mosquito nas residências, bem como o uso de inseticidas e larvicidas. Os larvicidas são apresentados em pó ou em forma granulada, e os agentes comunitários os colocam em ralos, caixas d'água, ou qualquer lugar onde há água parada que não pode ser eliminada. Os inseticidas são líquidos espalhados pelas máquinas de nebulização ou, chamados "carros fumacê", que matam os insetos adultos enquanto estão voando, normalmente pela manhã e à tarde, já que o *Aedes aegypti* tem hábitos diurnos. O "fumacê" é utilizado somente quando existe a transmissão da doença em surtos ou epidemias, sendo um recurso extremo, já que é utilizado em um momento de alta transmissão, quando as ações preventivas de combate à dengue já falharam. No entanto, como ainda destaca o Ministério, toda essa prevenção e controle visam completar uma lacuna existente por falta de vacina e só têm ação efetiva no combate à doença antes

da introdução do vírus no organismo. Quando ocorre a circulação e o estabelecimento em uma região de um ou mais sorotipos, as medidas de combate ao vetor da doença passam a ter baixa efetividade (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

3. Estratégia empírica e banco de dados

A estimação de impacto de políticas públicas através da técnica estatística de diferenças em diferença (*diff-in-diff*) utiliza-se de um quase-experimento que acompanha um mesmo grupo de indivíduos antes e depois de uma determinada política. O método busca identificar o impacto de um programa, não simplesmente contrastando o grupo de tratamento com ele mesmo antes e depois do programa, mas buscando um grupo de comparação que se pareça ao máximo com o grupo tratado. A ideia é que esse grupo esteja sujeito as mesmas influencias dos fatores que afetam a variável de resultado dos tratados, ou seja, que esse grupo funcione como um grupo de controle semelhante.

O método de diferenças em diferenças, como próprio nome diz, é baseado na ideia de que o efeito real de um determinado tratamento é dado por uma dupla diferenças de um determinado resultado de interesse, em que compara-se os resultados médio do grupo tratado antes e depois da política, com os resultados médios do grupo de controle antes e depois da política. Assim, se y_i refere-se a um determinado resultado de interesse do indivíduo i , submetido ou não a um determinado tratamento T_i em um determinado tempo t , o método de diferenças em diferenças calcula a diferença da média do resultado de interesse dos indivíduos submetidos ao tratamento, entre os períodos anterior e posterior ao programa, da diferença de média dos indivíduos não submetidos ao tratamento nesse mesmo período.

Assim, a estratégia empírica adotada neste trabalho consiste de um *diff-in-diff* de dois períodos, cuja especificação é dada pela equação 1

$$y_{it} = \alpha + \beta T_i + \gamma t_i + \delta T_i t_i + \mu_i + \Omega X'_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$T_i = \begin{cases} 1, & \text{se o município } i \text{ recebeu o tratamento.} \\ 0, & \text{se o município } i \text{ não recebeu o tratamento.} \end{cases}$$

$$t = \begin{cases} 0, & \text{ano anterior ao tratamento.} \\ 1, & \text{ano do tratamento.} \end{cases}$$

Onde y_{it} serão os casos notificados de dengue no município i no tempo t , T é a *dummy* indicadora de tratamento, t é a *dummy* indicadora de tempo (assume 0 para o ano de 2011 e assume 1 para o ano de 2012), μ_i é o efeito fixo de município, X' um conjunto de covariáveis de controle e $\varepsilon_{it} \sim N(0,1)$ é o termo de erro aleatório com distribuição normal, média zero e variância 1. Além disso, α , β , γ , δ e Ω são parâmetros a serem estimados. A efetividade do programa, ou nosso coeficiente de interesse, é captado pelo parâmetro associado a interação das *dummies* de tratamento e tempo ($T_i t_i$), de modo que estaremos interessados nos valores estimados de δ , que representará o efeito real do programa.

O modelo permite que ao interagirmos os efeitos fixos de tempo com o tratamento, eliminamos do efeito atribuído ao tratamento, efeitos temporais que são comuns a ambos os grupos. Ademais, com a inclusão de efeitos fixos de município, através de μ_i , o método de diferenças em diferença apresenta a vantagem de permitir controlar o viés de seleção associado a características municipais não observáveis que são invariantes no tempo e que podem influenciar os resultados do indicador (como por exemplo, características políticas, econômicas, institucionais, culturais, ou naturais, como clima,

chuvas, relevo, vegetação, etc. de cada localidade). Por fim, as variáveis de controle utilizadas permitirão monitorar as características que podem afetar os resultados do tratamento e que são variantes no tempo.

Embora a escolha dos municípios tratados não tenha sido feita de forma aleatória, minimizam-se os problemas oriundos de auto seleção entre os municípios, para participação ou não do programa. O argumento é que pela portaria, o critério de seleção foi feito pelo governo federal levando em consideração informações de indicadores da dengue fundamentalmente de anos anteriores a implementação da política (período 2007-2011), o que dificulta a possibilidade de escolha, por parte dos municípios, de estar no grupo tratado ou no grupo controle. Este é um ponto importante, uma vez que o método de diferenças em diferenças não conseguiria lidar com casos em que características não observáveis afetam a decisão de participar do programa, situação de migração endógena com a qual não precisamos nos preocupar.

Mas, devido à grande heterogeneidade social e econômica entre os municípios do Brasil, este trabalho focará a eficácia do programa apenas nos pequenos municípios do país (até 50 mil habitantes) e esta abordagem tem várias justificativas, como segue. Primeiro, estes municípios representam cerca de 90% dos mais de 5.500 municípios do Brasil e são justamente as localidades que a dengue mais vem crescendo nos últimos anos, apresentando os piores indicadores nacionais de casos notificados da doença para cada grupo de 100 mil habitantes. Segundo o Ministério da Saúde, no ano de 2015, das cidades com situação epidêmica (acima de 300 casos notificados para cada grupo de 100.000 habitantes), 87% são pequenos municípios com menos de 50 mil habitantes. Além disso, a literatura sugere que após a introdução local de um dado tipo de vírus, deve ocorrer uma explosão dos casos da doença, pois como não é possível contrair os 04 diferentes tipos de vírus de uma única vez, os moradores desses lugares tendem a ser mais vulneráveis que os de regiões já habituais à exposição do vírus (BARRETO et al., 2008)

Terceiro, os municípios pequenos, em geral, tendem a depender fundamentalmente de receitas oriundas do seu Estado ou do Governo Federal, apresentando um alto grau de dependência orçamentária e dispondo de menos opções de arrecadação de recursos próprios (Brollo et al., 2013) para destinar a saúde. Este fato é essencial, pois um choque adicional dessa verba federal tende a ter um efeito mais forte neste tipo de localidade. E por fim, a última justificativa é o caráter metodológico da limitação dos dados, pois permitirá termos um grupo de controle e tratamento muito mais homogêneo, o que diminui as chances de estimativas enviesadas do efeito médio real do tratamento. Este último fato se deve porque a portaria n. 2.557 do Ministério da Saúde também elegeu todas as capitais e regiões metropolitanas do país a receber o incentivo financeiro e, portanto, participar do programa. Ao incluir estas localidades na análise, teríamos dificuldade de comparação no grupo de tratamento e controle, uma vez que no grupo de controle não haveria municípios semelhantes a estes grandes municípios do grupo de tratamento, o que tornaria grupos de controle e tratamento desbalanceado em termos comparativos em todas as suas características essenciais de análise.

Mas antes de afirmar que o δ , da equação 1, nos dará o impacto da política de intensificação epidemiológica de controle do vetor da dengue, temos que descobrir e isolar o efeito de todas as outras possíveis variáveis que podem estar causando mudanças nos casos de dengue na localidade. Para isso, é preciso incluir na estimação variáveis de controle para outros fatores relevantes na regressão, evitando-se assim que efeitos de outras variáveis produzam viés na nossa estimação.

Baseando-se nos trabalhos de Anderson e May (1991), Kuno (1995), Teixeira, Barreto e Guerra (1999), Teixeira (2002) e Chiaravallotti Neto et al. (2006), que expõem que a disseminação do mosquito transmissor da dengue é sensível a indicadores de infraestrutura urbana (como acesso e abastecimento regular de água tratada, redes

de coleta de esgoto e lixo, etc.) incluímos algumas características da oferta desses serviços no modelo de modo a capturar essa heterogeneidade local, cujas descrições são apresentadas na Tabela 1⁵.

Tabela 1. Variáveis utilizadas no modelo.

Variável de Interesse	Descrição
Casos de Dengue	Casos notificados de dengue para cada grupo de 100 mil habitantes.
Variáveis de Controle	Descrição
Taxa de urbanização	Porcentagem da população do município que vivem em centro urbano.
Taxa de acesso a água encanada	Porcentagem da população do município que tem acesso a água encanada.
Abastecimento irregular de água	Porcentagem da população do município que tem abastecimento de água encanada inadequado (não regular).
Taxa de coleta de lixo	Porcentagem da população do município que tem acesso a coleta de lixo regular.
Renda per capita	Renda per capita do município (medida em Reais de 2010).
Taxa de extremamente pobres	Porcentagem da população do município em situação de extrema pobreza.
Anos de estudo	Anos médios de estudo da população adulta (acima de 25 anos).
<i>Dummies</i> Estaduais	Variável binária que assume valor 1 caso o município pertence ao Estado <i>i</i>
<i>Dummies</i> Regionais	Variável binária que assume valor 1 caso o município pertence a Região <i>i</i>

Fonte: Elaboração própria.

O intuito dessas variáveis é controlar por características locais que podem influenciar tanto a eficácia do controle epidemiológico da doença quanto o ambiente propício a proliferação do vetor. Deve-se salientar que, a princípio, devemos concordar que essas características são independentes da política implementada, dado que não há motivos para supor que elas seriam afetadas pela intervenção (o que nos imputaria viés decorrente de dupla causalção), o que nos dará mais confiabilidade aos resultados. As estatísticas descritivas dessas variáveis de controle, por sua vez, estão expostas na Tabela 2.

Tabela 2. Estatísticas descritivas das variáveis de controle.

Variável	Média	Desvio-padrão	Máximo	Mínimo
Taxa de urbanização	61,05	21,01	100	4,17
Taxa de acesso a água encanada	84,74	14,98	100	0,15
Abastecimento de água inadequado	9,49	12,96	85,36	0,00
Taxa de coleta de lixo	93,79	11,48	100	0,00
Renda per capita	468,77	221,24	1.580,72	96,25
Taxa de extremamente pobres	11,97	11,96	69,67	0,00
Anos de estudo	9,44	1,12	12,83	4,34

Fonte: Elaboração Própria.

Todos os dados utilizados neste trabalho estão na esfera de município e foram obtidos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), do Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA) e do Ministério da Saúde (MS) através do Sistema Nacional de Agravos e Notificações (SINAN) para os anos de análise. A descrição e as estatísticas descritivas das variáveis, por sua vez, estão expostas nas Tabelas 1, 2 e 3. Por fim, seguimos as recomendações dos trabalhos de Bertrand, Duflo e Mullainathan (2004) e Rocha e Soares (2010) do uso da regressão em *clusters* a nível de município, de modo a evitar

⁵: As estatísticas descritivas dessas variáveis de controle, por sua vez, estão expostas na Tabela 2.

erros no cálculo da significância dos coeficientes estimados.

Por fim, deve-se salientar que além do financiamento federal do Piso Fixo da Vigilância em Saúde (PFVS), o município pode contar com verbas próprias e estaduais para investir nessa prevenção. Em geral, é de se supor que o investimento seja constante ao longo do tempo e aumente em situações de fortes epidemias. Caso isto ocorra de forma sistemática, o efeito que se está sendo medido pode não vir da intervenção de análise, ou pior, se vir, se misturar ao efeito da intervenção. Assim, seria importante acrescentar ao modelo controles dos financiamentos estaduais e municipais destinados a esse fim. Infelizmente esses controles são difíceis de obter devido ao fato que os recursos destinados ao controle da dengue, em geral, estão na rubrica gastos em vigilância em saúde das prestações de contas municipais. Tal rubrica mistura gastos em vigilância epidemiológica (cuja dengue é apenas um componente), vigilância sanitária e vigilância ambiental, sendo, assim, difícil decompor o gasto destinado ao controle exclusivo da dengue.

Além disso, podem existir várias ações locais de saúde de combate à dengue que não observamos. Por exemplo, o município pode juntamente com políticas estaduais fazer algumas ações de controle da doença, independentemente do programa federal. Isso seriamente pode gerar um problema de confusão com o financiamento federal, uma vez que o efeito das ações podem se misturar. No entanto, felizmente, fatores confundidores como esses tendem a ser eliminados pelo *diff-in-diff* (na média se diluem), e a principal ferramenta para isso é o grau de exogeneidade da adesão ao programa (a *dummy* de tratamento). Como houve imposição por lei da participação desse programa, isso gerou a criação exógena de um grupo tratado e controle (funcionando como um quase-experimento), o que elimina o problema de características não observadas como essas. Além disso, os controles de tempo, o tratamento de efeitos fixos e as variáveis de controle (que capturam muita heterogeneidade observável local que afeta a doença) ajudam a minimizar ainda mais possíveis fatores confundidores.

Assim, a abordagem metodológica de verificação da eficácia do programa de controle epidemiológico da dengue aqui apresentada, permite obter um canal de identificação causal que elimina problemas de característica municipais invariantes no tempo (tudo que é fixo no município independente do tempo de análise), controla mudanças temporais ocorridas entre os estados de tempo (tudo que é fixo por unidade de tempo nos municípios), bem como as variáveis de controle usadas permitem monitorar as nuances locais de infra-estrutura urbana e socioeconômica que podem afetar os resultados do programa de controle do vetor. Deve-se lembrar ainda a natureza exógena, ao município, da decisão de participação ou não do programa, estabelecida em lei pelo Ministério da Saúde. Tudo isso permitirá obter estimativas não enviesadas do real efeito do programa em análise.

4. Análise dos resultados

Fazem parte do estudo 4.956 municípios com menos de 50 mil habitantes, em que, destes, 754 municípios fazem parte do grupo de tratados e 4.202 do grupo de controle. Por tratamento, entende-se os municípios que receberam a verba adicional de 20% para intensificação do controle epidemiológico da dengue estabelecida pela portaria 2.557 do Ministério da Saúde. Foram considerados elegíveis os municípios com menos de 50 mil habitantes em situação epidêmica de dengue (acima de 300 casos notificados para cada grupo de 100 mil habitantes) em pelo menos algum dos anos do período de 2007 a 2011. Neste trabalho, a variável de interesse será os casos notificados de dengue

no município para cada grupo de 100 mil habitantes. Optamos por esse indicador na estimação devido a possibilidade de problemas decorrentes de quando a distribuição da variável representada pelos casos absolutos notificados de dengue no município serem muito diferentes entre os grupos de tratamento e o grupo de controle. Isto faz com que, ao fazermos este tipo de transformação, os impactos marginais do parâmetro de interesse não sejam condicionais aos níveis dos casos absolutos de dengue, dificultando a comparabilidade entre os municípios dentro dos grupos.

Na Tabela 3, temos a média dos casos notificados de dengue para todo o país em cada um dos grupos nos períodos de pré e pós-tratamento, ou seja, 2011 e 2012.

Tabela 3. Média e desvio-padrão dos casos notificados de dengue nos municípios com menos de 50 mil habitantes (Brasil).

Municípios tratados		
Ano	Média	Desvio-padrão
2011	416,11	896,17
2012	338,34	653,21
Municípios não tratados		
Ano	Média	Desvio-padrão
2011	159,78	474,73
2012	145,84	464,94

Fonte: Elaboração Própria.

Vemos que os municípios tratados apresentam um valor médio de casos de dengue muito maior que os municípios não tratados, e que no ano seguinte a queda no grupo tratado em relação ao ano anterior foi significativamente maior no primeiro grupo (redução de 18,66%), que no segundo grupo (redução de 8,72%). Além disso, percebe-se também uma queda do desvio-padrão no grupo tratado quando comparado ao grupo de controle. Assim, no grupo beneficiado pela política, tanto a média quanto a dispersão dos casos em torno dessa média caíram mais no grupo de tratamento no período.

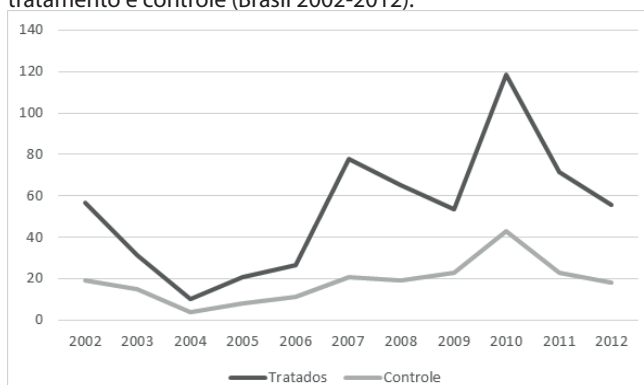
Deve-se salientar, no entanto, que a principal hipótese da metodologia estatística aqui utilizada, é que a trajetória temporal da variável de interesse para o grupo de controle representa o que ocorreria com o grupo tratado caso não houvesse a intervenção. Infelizmente, essa hipótese não pode ser testada, uma vez que não existe contrafactual perfeito, mas uma indicação convincente de sua validade ocorre quando as trajetórias dos dois grupos são parecidas antes da realização do programa. Partindo do princípio que se os dois grupos vêm apresentando uma trajetória paralela durante um certo período antes da aplicação do tratamento, é de se supor que qualquer diferença na trajetória destes grupos, após a política, deva ser decorrente do programa implementado. Assim, quando existem dados para vários períodos de tempo pré-programa, é de praxe testar se as séries da variável de resultado para os dois grupos possuem a mesma tendência temporal. A ideia é que uma trajetória temporal semelhante indica que ambos os grupos vinham reagindo de forma similar a todos e quaisquer fatores que afetam a variável de resultado antes da intervenção.

Para verificar isso, vemos na Figura 2 a tendência da média dos casos notificados de dengue para ambos os grupos tratados e não tratados entre 2002 e 2012. Percebe-se que de 2010 à 2012 há uma tendência de queda dos casos médios notificados da doença para ambos os grupos. Como já constatamos na Tabela 3, a partir de 2011 há uma leve diferença positiva na inclinação da tendência do grupo de tratamento quando comparado ao grupo de controle. Infelizmente, como especificamente este programa de intensificação epidemiológica da dengue só durou um ano, passando a abranger todos os municípios do Brasil a partir de 2013⁶, não se pode verificar uma resposta ao tratamento nos anos seguintes, dado que perde-se o grupo de controle. De qualquer

⁶: A portaria que estende o PVVS a todos os municípios do Brasil é a MS n. 2.760 de 2013. Tal Portaria está disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2013/prt2760_19_11_2013.html

forma, como pode-se ver na Figura 2, as séries apresentam comportamento temporal relativamente semelhantes entre 2002 e 2011, o que dá robustez aos resultados aqui encontrados nas estimações do modelo.

Figura 2. Trajetória temporal da média dos casos notificados de dengue nos grupos de tratamento e controle (Brasil 2002-2012).



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Ministério da Saúde.

Nota: as taxas médias estão em casos notificados para cada grupo de 100 mil habitantes.

Uma outra preocupação que surge é a hipótese que os municípios que adotaram o programa (grupo tratado) serem diferentes, em termos do comportamento dinâmico dos casos de dengue, dos municípios que fazem parte do grupo de controle. Esse pode ser o caso de municípios que em anos anteriores ao programa apresentaram altas taxas de casos de dengue e, ao longo dos anos, ou a partir de um ano específico, tenderam a convergir para níveis menores de casos da doença. Se isso ocorre de forma sistemática, a variável de interesse poderá estar capturando apenas uma tendência pré-existente de queda dos casos de dengue, mais que algum impacto do programa. Assim, como os municípios com os piores indicadores da doença foram os escolhidos pelo governo federal para participar do programa, poderemos correr o risco de estar atribuindo à intervenção, um efeito que é decorrente simplesmente de um processo de convergência entre os dois grupos.

Esse é um problema que pode surgir em modelos de diferenças em diferenças, como destacam Rocha e Soares (2010). Embora o modelo apresentado no trabalho tenha apenas dois períodos, ainda assim, uma queda histórica do indicador do grupo tratado pode-se misturar ao efeito da intervenção, pois o grupo tratado pode já vim apresentando queda do indicador em relação ao grupo controle antes da intervenção. Para contornar isso, seguimos os autores anteriormente citados e introduzimos no modelo principal, dado pela equação 1, uma interação de uma tendência de tempo linear com os casos de dengue dos municípios. Isso permitirá que municípios com diferentes condições iniciais de dengue exerçam diferentes dinâmicas de convergência no comportamento dos casos de dengue, entre 2011 e 2012, na estimação. A tendência irá interagir com os casos locais de dengue de modo que levará em conta o efeito da diferença de média de uma possível convergência. Neste caso, computará no parâmetro estimado apenas a diferença de média atribuída à intervenção. Assim, ao incluir essa variável no modelo, é até possível encontrar um efeito maior da intervenção, uma vez que o parâmetro estimado estará “limpo” do processo de convergência da média histórica do grupo tratado e controle.

A Tabela 4 mostra os resultados estimados do nosso parâmetro de interesse, associado à variável que mede o efeito real do programa, variável $T_i t_i$ do modelo principal,

dado pela equação 1. Para apresentação apenas estão expostos as estimativas do coeficiente⁷ em situações em que o modelo é estimado sem efeitos fixos de município, com efeitos fixos de município e depois acrescido a variável de convergência e por fim, as variáveis de controle com características socioeconômicas dos municípios. Assim, como pode-se ver na última coluna da Tabela 4, os municípios que participaram da política de intensificação epidemiológica da dengue apresentaram, em média, cerca de 140 casos a menos da doença, para cada grupo de 100 mil habitantes, quando comparado aos municípios que não participaram do programa, no período. Isso sugere uma efetividade da política implementada pelo governo federal junto aos municípios quanto a vigilância do vetor transmissor.

Tabela 4. Estimativas do modelo *diff-in-diff* (Brasil 2011-2012).

	(1)	(2)	(3)	(4)
Coefficiente de interesse	-77,66*** (27,2864)	-63,72*** (29,6329)	-140,39*** (19,9892)	-139,17*** (19,6421)
Efeitos fixos de município	não	sim	sim	sim
Variável de convergência	não	não	sim	sim
Variáveis de controle	não	não	não	sim
Observações	9.912	9.912	9.912	9.912

*significativo a 10%, ** a 5%, *** a 1%. Erros-padrão robustos entre parênteses.

Fonte: Elaboração Própria.

Muitas vezes há interesse não apenas no impacto do tratamento sobre o grupo dos tratados como um todo, mas também no impacto do tratamento sobre um determinado subgrupo dos tratados. O modelo *diff-in-diff* tradicional focaliza na análise do coeficiente estimado da interação entre duas dummies, isto é, uma dummy indicadora se o indivíduo estava no grupo de tratamento e se ele estava no período posterior ao tratamento. Devido à enorme heterogeneidade dos municípios do país entre às regiões, é interessante verificar como o tratamento reage à peculiaridades regionais. E dado que, de forma geral, as interações entre dummies permitem verificar se a inclinação do coeficiente estimado entre a variável de interesse e a dependente é diferente para grupos distintos, dentro dos tratados, vamos considerar as estimativas dos coeficientes associados a três dummies e suas interações. Para isso, iremos interagir a variável de interesse habitual com dummies regionais e compararemos a magnitude e sinal dos coeficientes estimados⁸.

Tabela 5. Estimativas do modelo *diff-in-diff-in-diff* (Brasil 2011-2012).

Variável de Interação	Coefficiente de interesse
Tratamento x Tempo x Nordeste	-87,75*** (12,2613)
Tratamento x Tempo x Norte	-87,53*** (22,1973)
Tratamento x Tempo x Sudeste	-69,46*** (17,4557)
Tratamento x Tempo x Sul	-47,31*** (18,0457)
Tratamento x Tempo x Centro-Oeste	-32,60* (19,1055)
Observações	9.912

*significativo a 10%, ** a 5%, *** a 1%. Modelos estimados com efeitos fixos de município, variável de convergência e demais variáveis de controle. Erros-padrão robusto entre parênteses.

Fonte: Elaboração Própria.

⁷: Estamos considerando um nível de significância de 5%.

⁸: Tal modelo é denominado de diferenças em diferenças em diferenças ou *diff-in-diff-in-diff*.

Tabela 6. Estimativas do modelo *diff-in-diff* para as macrorregiões do país (2011-2012).

Região do país	Coefficiente de interesse	Observações
Nordeste	-98,04*** (13,5216)	3.244
Norte	-161,42*** (25,7003)	772
Sudeste	-278,46*** (23,6063)	2.860
Sul	-65,94*** (18,4398)	2.174
Centro-Oeste	12,96 (20,3062)	862

*significativo a 10%, ** a 5%, *** a 1%. Modelos estimados com efeitos fixos de município, variável de convergência e demais variáveis de controle. Erros-padrão robusto entre parênteses.

Fonte: Elaboração Própria.

Como podemos ver na Tabela 5, os coeficientes de interação atrelados a maior parte das regiões apresentaram sinal negativo e significância estatística (ao nível de 5%), sugerindo que o programa surtiu efeito desejado, com exceção da região Centro-Oeste, no período de análise. No entanto, há uma heterogeneidade à essa resposta, de modo que o efeito foi mais forte nas regiões Norte e Nordeste, que responderam de forma praticamente igual com uma redução de 87 casos para cada grupo de 100 mil habitantes. A região Centro-Oeste, por sua vez, é a região do país que houve menor eficácia do programa, com uma redução de cerca de 32 casos notificados de dengue para cada grupo de 100 mil habitantes, embora não tenha apresentado significância estatística, como já destacado.

Um problema do modelo *diff-in-diff-in-diff* apresentado anteriormente, é que ele compara o grupo tratado de uma determinada região com os grupos de controle de todas as regiões. Isso pode ser um problema no caso do Brasil que apresenta forte heterogeneidade dos municípios entre as regiões. Para contornar isso, apresentamos o modelo *diff-in-diff* anterior para cada uma das regiões. Neste caso, ambos grupos tratados e controle pertencem à mesma região, de modo que permite uma comparação entre os grupos de municípios regionais. Quando constatamos os resultados na Tabela 6, vemos que a heterogeneidade da resposta ao tratamento entre as regiões torna-se ainda maior. Enquanto a região Sudeste apresenta a maior efetividade regional do programa, com redução de 278 casos da doença para cada grupo de 100 mil habitantes, a região Centro-Oeste não apresentou nenhuma resposta significativa à intervenção, dado que não apresentou significância no seu coeficiente estimado. Além disso, diferente do modelo anterior, vemos que a região Norte apresentou uma efetividade bem maior da intervenção, quando comparado à região Nordeste, com coeficiente estimado que representa uma queda de 161 casos da doença, contra uma queda de 98 casos da doença no Nordeste.

Também seria interessante verificar a magnitude do impacto do programa nos municípios em piores situações iniciais dos casos da doença. Será que os municípios que tinha as maiores taxas apresentaram as maiores quedas do indicador depois da intervenção? Ou seja, foram essas as localidades que mais se beneficiaram do maior financiamento? Para responder a isso, os municípios foram classificados em quantis de acordo com os casos de dengue em 2011, ano imediatamente anterior a implantação do programa. Usando a mesma especificação da equação 1, estimamos novas regressões para os maiores quantis dos casos iniciais da doença, de modo que os resultados estimados encontrados, e expostos na Tabela 7, sugerem que o programa não teve um maior impacto de forma relevante nas localidades inicialmente com os maiores níveis iniciais da morbidade. Pela referida Tabela, a mudança marginal da

efetividade é relativamente baixa: no segundo quartil, a redução foi de cerca de 127 casos, no terceiro quartil passou para cerca de 148 casos, e no nono decil não apresentou significância estatística, ou seja, não teve efeito algum.

Tabela 7. Estimativas do modelo *diff-in-diff* pelos maiores quantis dos casos de dengue em 2011 (Brasil 2011-2012).

Percentil	50	75	90
Coefficiente de interesse	-126,94 *** (15,2447)	-147,91 *** (24,9445)	- 147,40 (46,2481)
Observações	4.956	2.478	992

*significativo a 10%, ** a 5%, *** a 1%. Modelos estimados com efeitos fixos de município, variável de convergência e demais variáveis de controle. Erros-padrão robusto entre parênteses.

Fonte: Elaboração Própria.

Por fim, testamos se os resultados aqui encontrados são puramente decorrentes de coincidência estatística, ou seja, testa-se se as regressões são espúrias e não têm significado teórico. Partindo dessa hipótese, se há coincidência estatística para a significância dos parâmetros de todos os modelos aqui estimados, é de se supor que ao aleatorizar o grupo de tratamento (e consequentemente controle) os resultados dos parâmetros de interesse se manterão, ou no mínimo apresentarão alguma significância estatística. Assim, o que fizemos foi escolher aleatoriamente municípios do grupo tratado (não levando em consideração a Portaria Ministerial) e verificar as estimativas do modelo. Esse é um procedimento comum em trabalhos empíricos de identificação causal em que o pesquisado tenta “falsear” o seu modelo, numa tentativa de verificar se os resultados encontrados são espúrios. Os resultados estão expostos na Tabela 8.

Tabela 8. Teste de robustez do modelo *diff-in-diff*. Estimativas do modelo com o grupo de tratamento escolhido de forma aleatória (Brasil 2011-2012).

Coefficiente de interesse	-11,07 (9,6455)
Observações	9.912

*significativo a 10%, ** a 5%, *** a 1%. Modelos estimados com efeitos fixos de município, variável de convergência e demais variáveis de controle. Erros-padrão robusto entre parênteses.

Fonte: Elaboração Própria.

Como vemos, não há significância estatística para o modelo estimado, de modo que a hipótese de regressão espúria pode ser rejeitada e é corroborada a robustez da estratégia empírica e a confiabilidade dos resultados encontrados nas tabelas anteriores. Assim, os resultados apresentados neste trabalho sugerem que houve, de fato, um efeito causal negativo do programa de controle epidemiológico da dengue no período. Devido aos cuidados metodológicos aqui implementados, parece ser pouco provável que a melhora do indicador de dengue esteja associado com a melhora em outras dimensões da saúde na localidade que não a intervenção de controle epidemiológico em análise.

5. Considerações finais

Este artigo procurou verificar a efetividade das ações de intervenções locais de saúde no controle epidemiológico da dengue. Para isso, foi utilizado o programa de controle da dengue executado pelo governo brasileiro. Foi mostrado evidências de como a intensificação do controle epidemiológico do mosquito vetor da dengue, estabelecido na Portaria 2.557 do Ministério da Saúde, foi associado com reduções nos casos notificados da doença no Brasil. Os resultados encontrados evidenciam que a resposta ao programa parece ter surtido efeito em todo o país, com diferentes respostas entre as regiões.

É oportuno salientar que a estratégia de identificação causal adotada no trabalho nos garante segurança quanto aos resultados encontrados. Primeiro devido ao método de *diff-in-diff* que controla a possibilidade de viés através de uma série de fatores já apresentados. Além disso, temos argumentos em favor da eliminação da possibilidade de auto seleção entre os que receberam o benefício do programa e os que não receberam devido a decisão exógena, e compulsória, de adesão a intervenção baseada em indicadores de saúde de anos anteriores à política. E terceiro, situações como a verificação da semelhança entre tendências temporais de tratados e não tratados, a convergência natural da dengue entre os municípios e características particulares dos locais onde houve a intervenção, são possíveis causadores de viés que foram devidamente levados em consideração neste trabalho.

Assim, os resultados sugerem a efetividade e importância do monitoramento epidemiológico local como ferramenta para melhorar a saúde coletiva no que diz respeito às cíclicas epidemias de dengue. E este é um ponto importante da saúde pública internacional uma vez que o aumento de ocorrência da dengue tem se constituído em um objeto crescente de preocupação para a sociedade e, em especial, para as autoridades de saúde. Primeiro, em razão das dificuldades enfrentadas para o controle das epidemias produzidas por esse vírus; e segundo, também pela necessidade de ampliação da capacidade instalada dos serviços de saúde para atendimento aos indivíduos acometidos com formas graves, em especial a dengue hemorrágica, como destacam Barreto e Teixeira (2008), o que gera pressões de custos para as já deficitárias ofertas de serviços de saúde pública existentes em muitas partes do mundo.

Além disso, a falta de uma vacina eficaz e segura, a força de morbidade do agente infeccioso e a alta competência vetorial do mosquito transmissor, vetor bem adaptado ao ambiente urbano densamente povoado, tornam a prevenção da dengue uma tarefa árdua e incessante. De modo que a manutenção, ampliação e aperfeiçoamento do monitoramento epidemiológico do mosquito transmissor torna-se ainda mais fundamental.

Referências

ANDERSON, R.M; MAY, R.M. Infectious Diseases of Humans. Oxford University Press, New York, p.757, 1991.

ARAÚJO, J. R.; FERREIRA, E. F.; ABREU, M. H. N. G. Revisão sistemática sobre estudos de espacialização da dengue no Brasil. Revista Brasileira de Epidemiologia, São Paulo, v. 11, n. 4, p.696-708, 2008.

BARRETO, F. R; TEIXEIRA, M. G.; COSTA, M. C. N.; CARVALHO, M.; BARRETO, M. L. Spread pattern of the first dengue epidemic in the city of Salvador, Brazil. BMC Public Health, v. 8, n. 1, p. 51, 2008.

BHATT, S. et al. The global distribution and burden of dengue. *Nature*, v. 496, n. 7446, p. 504-507, 2013.

BERTRAND, M.; DUFLO, E.; MULLAINATHAN, S. How Much Should We Trust Difference-in-Differences Estimators. *Quarterly Journal of Economics*, CXIX, 2004.

BROLLO, F. et al. The political resource curse. *The American Economic Review*, v. 103, n. 5, p. 1759-1796, 2013.

CAFFERATA, M. L. et al. Dengue epidemiology and burden of disease in Latin America and the Caribbean: a systematic review of the literature and meta-analysis. *Value in Health Regional Issues*, v. 2, n. 3, p. 347-356, 2013.

CHIARAVALLOTI NETO, F. et al. Controle do dengue em uma área urbana do Brasil: avaliação do impacto do Programa Saúde da Família com relação ao programa tradicional de controle. *Saúde Pública*, v. 22, n. 5, p. 987-997, 2006.

DENGUE fever climbs the social ladder [editorial]. *Nature*, v.448, p.734-5, Aug. 2007.

GUBLER, D. The emergence of epidemic dengue fever and dengue hemorrhagic fever in the Americas: a case of failed public health policy. *Revista Panamericana de Saúde Pública*, v.17, p.221-224, 2005.

KUNO, G. Review of the factors modulating dengue transmission. *Epidemiologic Reviews*, v.17, n.2, p.321-35, 1995.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Dengue: diagnóstico e manejo clínico. Secretaria de Vigilância em Saúde, Brasília: Diretoria Técnica de Gestão, 2006.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Dengue no Brasil. Informe epidemiológico 17/2009, Secretaria de Vigilância em Saúde, Monitoramento CGPNCD, 2009. Disponível em: <http://www.dengue.org.br/boletimEpidemiologico_n026.pdf>. Acesso em: 03 dez. 2016.

SAN MARTIN, J. L. et al. The epidemiology of dengue in the Americas over the last three decades: a worrisome reality. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, v. 82, n. 1, p. 128-135, 2010.

ROCHA, R.; SOARES, R. R. Evaluating the impact of community-based health interventions: evidence from Brazil's Family Health Program. *Health Economics*, v. 19, n. S1, p. 126-158, 2010.

STEPHENSON, J. R. Understanding dengue pathogenesis: implications for vaccine design. *Bull World Health Organ*, v. 83, p. 308-314, 2005.

TAUIL P. L. Aspectos críticos do controle do dengue no Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*,

Rio de Janeiro, v. 18, n. 3, p. 867-871, 2002.

TEIXEIRA, M. G. Dengue fever: a call for local, national, and international action. *Emerg Infect Dis*, v. 12, p. 887-93, 2006.

TEIXEIRA, M. G. Dynamics of dengue virus circulating: a silent epidemics in a complex urban area. *Tropical Medicine and International Health*, v. 7, n. 9, p. 757-762, 2002.

TEIXEIRA, M. G. et al. Epidemiological trends of dengue disease in Brazil (2000–2010): a systematic literature search and analysis. *PLoS Negl Trop Dis*, v. 7, n. 12, p. 2.520, 2013.

TEIXEIRA, M. G.; BARRETO, M. L.; GUERRA, Z. Epidemiologia e medidas de prevenção do dengue. *Informe epidemiológico do SUS*, v. 8, n. 4, p. 5-33, 1999.