



ECONOMIA APLICADA

BRAZILIAN JOURNAL OF APPLIED ECONOMICS

Vol. 24 – nº 1

Janeiro – Março 2020

ARTIGOS

Efeito do perfil do diretor escolar sobre a proficiência dos alunos no estado de Minas Gerais

Bianca Vieira Benedicto, Evandro Camargos Teixeira

Predição de tendências em séries financeiras utilizando metaclassificadores

Carlos A. S. de Assis (In Memoriam), Eduardo G. Carrano, Adriano C. M. Pereira

Transferências intergovernamentais: o papel do contexto institucional para a sustentabilidade das dívidas estaduais

Leandro Mendes Barbosa, Fabiana Rocha

Estudo sobre rigidez de preços no Brasil: uma abordagem setorial com informações agregadas

Jocildo Fernandes Bezerra, Igor Ézio Maciel Silva

Demanda individual de alimentos e estado nutricional infantil: uma análise da influência do Programa Bolsa Família

Maria Micheliana da Costa Silva

ECONOMIA FEA-RP/USP



ECONOMIA APLICADA

Vol. 24 – nº 1 Janeiro – Março 2020

PAPERS

**Effect of the school principal's profile on the proficiency of students
in the state of Minas Gerais**

Bianca Vieira Benedicto, Evandro Camargos Teixeira

Predicting trends in financial series using metaclassifiers

Carlos A. S. de Assis (In Memoriam), Eduardo G. Carrano, Adriano C.
M. Pereira

**Intergovernmental transfers: the role of the institutional context for
the sustainability of state debts**

Leandro Mendes Barbosa, Fabiana Rocha

**A study on price rigidity in Brazil: a sectoral approach with
aggregate data**

Jocildo Fernandes Bezerra, Igor Êzio Maciel Silva

**Individual food demand and children nutritional status: the bolsa
família program influence**

Maria Micheliana da Costa Silva

ISSN 1980-5330



9 771980 533000

APOIO:



ECONOMIA APLICADA

Vol. 24 – nº 1

Janeiro – Março 2020

Editor

Eliezer Martins Diniz

Editores Associados

Eliezer Martins Diniz	Edson Zambon Monte
Lízia de Figueirêdo	Fernando Antonio de Barros Júnior
Sergio Naruhiko Sakurai	Reynaldo Fernandes

Conselho Editorial

Affonso Celso Pastore USP	Antônio Barros de Castro UFRJ
Cássio F. Camargo Rolim UFPR	Cláudio Monteiro Considera UFF
Clélio Campolina Diniz CEDEPLAR	Denisard C. de Oliveira Alves USP
Eleutério F. S. Prado USP	Fernando de Holanda Barbosa FGV-UFF
Francisco Anuatti Neto USP/RP	Geoffrey J. D. Hewings University of Illinois
Geraldo Sant'ana de Camargo Barros ESALQ/USP	Gustavo Maia Gomes IPEA
José Marcelino da Costa NAEA/PA	José A. Scheinkman Princeton University
Marcelo Portugal UFRGS	Maria José Willumsen Florida International University
Márcio Gomes Pinto Garcia PUC/RJ	Mário Luiz Possas UFRJ
Paulo César Coutinho UnB	Paulo Nogueira Batista Júnior FGV/SP
Pierre Perron Boston University	Pedro Cesar Dutra Fonseca UFRGS
Ricardo R. Araújo Lima UnB	Robert E. Evenson Yale University
Roberto Smith UFCE	Rodolfo Hoffmann ESALQ/USP
Rogério Studart UFRJ	Russell E. Smith Washburn University
Sérgio Werlang FGV/RJ	Tomás Málaga FGV/SP
Victor Bulmer-Thomas University of London	Wilson Suzigan Unicamp



A Revista ECONOMIA APLICADA é uma publicação trimestral do Departamento de Economia da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. Os conceitos emitidos são de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es). A simples remessa do trabalho implica que o(s) autor(es) concordam que, em caso de aceitação para publicação, a ECONOMIA APLICADA (BRAZILIAN JOURNAL OF APPLIED ECONOMICS) passa a ter os direitos autorais para a veiculação dos artigos, tanto em formato impresso como eletrônico a eles referentes, os quais se tornarão propriedade exclusiva da ECONOMIA APLICADA (BRAZILIAN JOURNAL OF APPLIED ECONOMICS). É permitida a reprodução total ou parcial dos artigos desta revista, desde que seja explicitamente citada a fonte completa. Revista financiada com recursos do Programa de Apoio a Publicações Científicas do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, entidade governamental brasileira promotora do desenvolvimento científico e tecnológico. Essa revista está sendo indexada por Journal of Economic Literature, versões *eletronic on line* e CD-ROM e no portal Revistas USP.

Secretaria e Divulgação: Marlene Dietrich

Capa: Christof Gunkel

Revisões linguísticas (Português e Inglês): Iulo Feliciano Afonso (Solution Translations Eireli — Epp)

Diagramação: Caio Henrique Montoro de Lucca

Endereço

Revista Economia Aplicada, Departamento de Economia, FEA-RP/USP

Avenida dos Bandeirantes, 3900, Ribeirão Preto, SP.

CEP 14040-905

Telefone: (0xx16) 3315-0407

E-mail: revecap@usp.br

Site: <http://www.usp.br/revecap>

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção de Publicações e Divulgação do SBD/FEA/USP.

Economia Aplicada / Departamento de Economia, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo – v. 1, n. 1 – – Ribeirão Preto: FEA-RP, 1997-

Trimestral

Publicado anteriormente sob responsabilidade de FEA/USP, FIPE e FEA-RP

ISSN 1980-5330

1. Economia I. Universidade de São Paulo. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto. Departamento de Economia.

CDD 22.ed – 330.

ECONOMIA APLICADA

Vol. 24 – nº 1

Janeiro – Março 2020

ARTIGOS

- 5 **Efeito do perfil do diretor escolar sobre a proficiência dos alunos no estado de Minas Gerais**
Bianca Vieira Benedicto , Evandro Camargos Teixeira
- 29 **Predição de tendências em séries financeiras utilizando metaclassificadores**
Carlos A. S. de Assis (In Memoriam) , Eduardo G. Carrano , Adriano C. M. Pereira
- 79 **Transferências intergovernamentais: o papel do contexto institucional para a sustentabilidade das dívidas estaduais**
Leandro Mendes Barbosa , Fabiana Rocha
- 101 **Estudo sobre rigidez de preços no Brasil: uma abordagem setorial com informações agregadas**
Jocildo Fernandes Bezerra , Igor Ézio Maciel Silva
- 127 **Demanda individual de alimentos e estado nutricional infantil: uma análise da influência do Programa Bolsa Família**
Maria Micheliana da Costa Silva

EFEITO DO PERFIL DO DIRETOR ESCOLAR SOBRE A PROFICIÊNCIA DOS ALUNOS NO ESTADO DE MINAS GERAIS

BIANCA VIEIRA BENEDICTO *
EVANDRO CAMARGOS TEIXEIRA †

Resumo

Diversas pesquisas abordam os determinantes do rendimento escolar, no entanto pouco se discute na literatura quanto ao efeito do perfil do diretor sobre o aprendizado dos alunos. Nesse sentido, este trabalho utiliza o modelo hierárquico de regressão com o objetivo de avaliar o impacto que as características pessoais e gerenciais dos diretores apresentam sobre a proficiência dos alunos do terceiro ano do ensino médio do estado de Minas Gerais em 2017. Verifica-se que o perfil dos diretores se relaciona positivamente ao desempenho escolar, o que sugere maior investimento em programas de educação continuada voltados a eles.

Palavras-chave: perfil dos diretores, modelo hierárquico, rendimento escolar.

Abstract

Several studies address the determinants of school performance, however, little is discussed in the literature regarding the effect of the profile of principal on student learning. Thus, this paper employs the hierarchical regression model on two levels (multilevel) with the aim of assessing the impact of personal and managerial characteristics of principals on the proficiency of students in the 3rd year of high school in the state of Minas Gerais in 2017. It seems that the profile of the principals is positively related to school performance, which suggests further investment in continuing education programs for them.

Keywords: profiles of school headmasters, hierarchical model, school performance.

JEL classification: I20, I21.

DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/1980-5330/ea132906>

* Universidade de Aveiro. Doutoranda em Ciências Econômicas e Empresariais. E-mail: bianca_benedicto@ua.pt

† Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Economia. Professor Associado I. E-mail: evandro.teixeira@ufv.br

1 Introdução

Desde a década de 1990, a política educacional brasileira teve como principal objetivo a universalização do ensino fundamental, além de ampliação das oportunidades (políticas inclusivas) e aumento do gasto público educacional. Apesar do maior volume de recursos empregado, ainda existem fortes questionamentos sobre a qualidade da educação brasileira. Nos testes internacionais de desempenho que visam a avaliar habilidades em leitura, matemática e ciências, o Brasil sempre se mantém nas últimas posições. Para se ter ideia, em 2015, foram avaliados aproximadamente 540 mil estudantes de 15 a 16 anos de 72 países. De acordo com o Relatório, o Brasil ocupava a 59ª posição em leitura e a 66ª em matemática, sendo que esta apresentava o estado mais alarmante: 70,25% dos alunos avaliados estavam abaixo do nível esperado (BRASIL. Ministério da Educação, INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais, Fundação Santillana 2016).

Além disso, percebe-se que as macrorregiões brasileiras apresentam disparidades substanciais em termos educacionais. Tratando-se notadamente do estado de Minas Gerais, tais desigualdades são evidentes. DOS SANTOS & PALES (2012) afirmam que a região com o maior percentual de analfabetos no estado é a dos Vales do Jequitinhonha e do Mucuri, onde 26,57% de sua população não sabe ler nem escrever, ao passo que o percentual de analfabetos nas regiões Sul, do Triângulo Mineiro e Central é bem menor - 14%.

Diante desse quadro, DE ANDRADE et al. (2004) destacam a preocupação crescente das autoridades governamentais em implementar políticas que promovam a melhoria dos indicadores educacionais em termos não apenas quantitativos, mas sobretudo qualitativos. Essas políticas podem ser justificadas pelos benefícios que o investimento em capital humano proporciona aos indivíduos e à sociedade como um todo.

Entre os benefícios da educação, DE AQUINO (2011) destaca o papel na determinação da renda futura do indivíduo e da melhora na qualidade da mão de obra, que segue acompanhada de aumentos de produtividade, o que ocasiona outro efeito importante: o crescimento e desenvolvimento econômico do país.

Uma questão frequentemente levantada nos estudos do contexto educacional se refere à qualidade da educação, representada pelo desempenho escolar. Algumas pesquisas determinam o desempenho dos alunos por meio das características pessoais, socioeconômicas e escolares, conforme salientam MACEDO (2004), BIONDI & DE FELÍCIO (2007), MACHADO et al. (2008) e MIGUEL et al. (2012). O desempenho de um estudante, por exemplo, pode ser apresentado tendo em vista a escolaridade dos pais, renda familiar, infraestrutura das escolas, características da comunidade, entre outros fatores. Em meio a todas as características que influenciam o desempenho escolar, este trabalho se atenta para o papel exercido pelo diretor na formação dos estudantes.

Nesse sentido, o diretor é fundamental ao espaço escolar, uma vez que propicia os fatores necessários para que o aluno seja estimulado nos estudos. De acordo com LÜCK (2009), os diretores não só planejam as atividades escolares, mas também são responsáveis pelas condições de trabalho dos professores, de modo a garantir sua assiduidade e motivação.

Além disso, a ação do diretor depende das relações estabelecidas com a comunidade, os funcionários da escola e, ainda, com instâncias superiores, ou seja, o ensino extrapola a comunidade escolar (professor e aluno) e se apoia

também na participação das famílias. Hierarquicamente, os diretores ocupam posição mediadora dentro das escolas. De acordo com LIMA (1993), essa relação se estabelece de modo que os diretores podem comunicar aos pais muitas das medidas da instituição, assim como aos órgãos normativos as ações dos professores. Esse papel intermediador contribui substancialmente para o sistema educacional. Adicionalmente, LÜCK (2009) evidencia a importância da troca de informações entre os diretores com outras escolas que tenham os mesmos interesses. A troca de experiências pode provocar mudanças essenciais no interior da instituição. A autora sugere a incorporação de redes colaborativas para que haja essa troca de experiência entre os gestores, com o intuito de facilitar a complexa tarefa de gerir uma escola.

Para além da experiência, outro fator que favorece a produção de conhecimento é a escolaridade dos envolvidos no processo educacional. Alguns estudos se dedicam em explicar o diferencial de notas dos alunos a partir da escolaridade dos docentes. Apesar da significância da formação do professor, MENEZES FILHO et al. (2009) constata que o nível de escolaridade do diretor também é importante para a qualidade do ensino.

Logo, tendo em vista a relevância do diretor no âmbito escolar, o objetivo deste artigo é analisar como o perfil do diretor escolar e o modo como este gere o processo educativo impactam na proficiência dos alunos no estado de Minas Gerais. A literatura concernente ao tema é extremamente escassa, particularmente no Brasil, como será apresentado na próxima seção. Apesar da referida escassez de trabalhos, estudos desse caráter são imprescindíveis, sobretudo porque permitem a implementação de políticas de melhoria educacional, ainda mais no caso do estado de Minas Gerais, onde as desigualdades educacionais são tão elevadas, como já ressaltado. Além disso, este trabalho se diferencia dos demais ao considerar um sistema organizado hierarquicamente, ou seja, admite-se que haja grupos de alunos que constituem uma turma e grupos de turmas que compõem uma escola; isto é, identificam-se dois níveis de hierarquia: alunos e escolas, de modo que os resultados encontrados são mais precisos e consistentes.

Seguindo esta introdução, há uma breve revisão da literatura sobre o tema, com o intuito de caracterizar o perfil dos diretores e suas atividades na unidade escolar. Descrevem-se, posteriormente, os aspectos metodológicos e o banco de dados utilizado, apresentando as variáveis que o compõem. Por fim, serão apresentados os resultados e as principais conclusões do trabalho.

2 Evidências Empíricas Acerca do Efeito das Características dos Diretores sobre a Proficiência Escolar

Já é amplamente reconhecido que a qualidade da educação está associada à competência dos educadores. Porém, a contínua busca pela qualidade educacional também se fundamenta nas competências dos diretores escolares. Nesse sentido, LÜCK (2009) suscita questões acerca do papel do diretor e da organização do trabalho escolar como fundamentais no processo educativo. Segundo a autora, o diretor equilibra as diferentes áreas de ação da escola e a interação entre as pessoas em torno de um ideário educacional comum.

Aos gestores compete também a construção da cultura escolar. O profissional deve ser guiado, segundo LÜCK (2009), pelos objetivos socioeconômicos com foco no desenvolvimento do aluno, para que não ocorram ações centradas

em interesses pessoais, contrariando os propósitos educacionais. Tais líderes devem, portanto, inspirar valores mais amplos, cuja realização promova o ganho geral.

À vista disso, PEREDA et al. (2019) destacam que a gestão dos diretores escolares pode impactar o desempenho dos alunos de várias formas. Dentre estas, sabe-se que a assiduidade e a estabilidade dos gestores facilitam a realização das tarefas escolares e, conseqüentemente, contribuem para o desempenho dos alunos, uma vez que a manutenção das estratégias e objetivos pretendidos incrementa os resultados educacionais alcançados.

Outra característica que pode influenciar a proficiência dos alunos é a maior facilidade de obtenção de recursos por parte dos diretores, seja de fontes públicas, doações ou de resultado de campanhas diversas. Desse modo, o diretor escolar pode assumir a responsabilidade de tanto captar como gerir de maneira eficiente os recursos financeiros.

Nesse contexto, LÜCK (2009) afirma que o recurso adquirido pode ser utilizado para aquisição de material permanente, manutenção e conservação de pequenos reparos da unidade escolar, capacitação e aperfeiçoamento de profissionais da educação, desenvolvimento de atividades educacionais, entre outras finalidades. Assim, a gestão eficiente dos recursos escolares é importante, dado que uma boa infraestrutura influencia positivamente o desempenho escolar.

Em conformidade com LÜCK (2009), DOBBIE & FRYER JUNIOR (2013) avaliaram as características gerenciais mais relevantes que explicam o rendimento dos alunos nas escolas públicas de Nova York, e observaram que as melhores escolas forneciam mais *feedbacks* para os professores. Adicionalmente, o estudo comprovou que o maior engajamento dos pais é efetivo para a evolução no aprendizado, sendo importante que as escolas tenham mais reuniões para tratar do desempenho e comportamento dos alunos.

Estudando o caso das escolas norte-americanas, os trabalhos de EBERTS & STONE (1988) e de BÉTEILLE et al. (2012), além de denotarem impacto positivo da experiência do diretor sobre a proficiência dos alunos, se destacam por trazerem outros resultados distintos. No primeiro caso, os autores evidenciam que a falta de consenso entre diretores e professores, e a gestão escolar realizada de forma excessivamente coercitiva resulta em efeitos negativos sobre a performance dos alunos. Por sua vez, BÉTEILLE et al. (2012) chamam atenção para outra relação interessante. Os autores demonstram que a saída do diretor está associada com maior rotatividade dos professores, o que pode diminuir o desempenho dos alunos.

Nesse sentido, utilizando dados longitudinais dos diretores, GRISSOM et al. (2013) demonstraram que o tempo gasto em áreas específicas da liderança, como treinamento e avaliação, está associado com desempenho mais elevado em matemática. Com métodos experimentais, FRYER JUNIOR (2014) destacou outro aspecto: na média, a adoção de cinco práticas gerenciais em escolas com baixa performance nos Estados Unidos eleva de forma significativa o desempenho dos alunos em matemática.

Já COELLI & GREEN (2012) utilizaram o desempenho dos alunos em testes longitudinais, incluindo efeitos fixos dos alunos, diretores e escolas. O estudo analisou a variância da eficácia do diretor, comparando períodos em que a escola o substituiu ou não. O artigo evidenciou que o fato de uma escola ter um diretor com eficácia de 1 desvio-padrão acima da média relaciona-se com o desempenho dos alunos de aproximadamente 0,05 desvios-padrões acima

da média. Por sua vez, BLOOM et al. (2015) analisaram a qualidade da gestão escolar em 1.800 escolas de oito países, incluindo o Brasil. Os autores verificaram que a qualidade na gestão escolar é correlacionada positivamente com elevada magnitude com a performance dos alunos, sendo tal efeito superior ao tamanho da classe, da competência ou qualidade dos professores.

Tratando-se das características pessoais dos diretores e estudando o Brasil, PEREDA et al. (2019) revelam que o nível de escolaridade e experiência com educação de modo geral podem estar relacionados ao rendimento escolar dos alunos. Além disso, há aspectos relevantes alusivos à gestão, como ter habilidades gerenciais, liderança, alcance de metas, influência sobre funcionários e alunos por meio de suas motivações, entre outras.

Nesse contexto, nota-se que o estudo das competências e atribuições para o cargo de diretor escolar é imprescindível, uma vez que o conceito de desempenho se associa intimamente ao conceito de competências. Segundo CATUNDA (2007), os encargos dos gestores escolares são considerados decisivos para o êxito das escolas e, consequentemente, para a melhoria dos serviços educacionais do país. Diante disso, essa concepção se tornou importante objeto de análise.

Diversas são as organizações que se dedicam ao estudo das competências atribuídas às diferentes ocupações no mundo. No Brasil, o Ministério do Trabalho mantém a classificação brasileira de ocupações (CBO) e define as competências para o cargo de diretor da seguinte forma: “Planejam e avaliam atividades educacionais; coordenam atividades administrativas e pedagógicas; gerenciam recursos financeiros; participam do planejamento estratégico da instituição e interagem com a comunidade e com o setor público (Ministério do Trabalho, 2002, não paginado).”

De modo semelhante, o ONET - Occupational Information Network (2017) é um banco de dados on-line dos Estados Unidos que contém centenas de definições profissionais, entre elas a de diretor escolar. De acordo com essa fonte de informação, o diretor de escola primária e secundária deve possuir uma série de conhecimentos e habilidades.

No que se refere aos conhecimentos mínimos exigidos, destacam-se quatro: inicialmente, é necessário que o profissional tenha o conhecimento de princípios e métodos para a concepção curricular e de formação. Destaca-se ainda o conhecimento de negócios e princípios de gestão envolvidos no planejamento estratégico, alocação de recursos e técnica de liderança. O terceiro tipo de conhecimento exigido concerne aos princípios e processos de prestação de serviços. Isso inclui avaliação de necessidades dos alunos e atendimento a padrões de qualidade. Por fim, ressalta-se a importância do conhecimento de equipamentos, políticas, procedimentos e estratégias relevantes para promover operações de segurança eficazes, de modo a garantir a proteção dos alunos e das instituições.

Em relação às habilidades, o ONET - Occupational Information Network (2017) alega que o profissional deve discursar clara e fluentemente, ter pensamento dedutivo, indutivo e crítico, e, por fim, ter sensibilidade a problemas, de modo a visualizar em curta distância estratégias educacionais.

Embora alguns pontos já tenham sido discutidos acerca das atribuições e importância dos diretores escolares, a literatura brasileira ainda é escassa quando se trata da influência direta dos gestores sobre o desempenho dos alunos. Para se ter uma ideia, além do estudo de PEREDA et al. (2019), somente mais três foram encontrados.

O primeiro trabalho que versou a temática no país foi o de DE BARROS & MENDONÇA (1998). Os autores utilizaram dados em painel por estado para o período de 1983-1993, com informações do Censo Escolar da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) e do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica (Saeb), correlacionando o desempenho dos alunos com diferentes formas de seleção dos diretores. Os autores verificaram efeito positivo, porém diminuto, da forma de seleção do diretor sobre o desempenho dos alunos.

Posteriormente, MARIONI et al. (2014) investigaram o impacto da gestão escolar na proficiência em português e matemática dos alunos de escolas públicas e privadas. Para isso, utilizaram microdados em painel do “Estudo Longitudinal da Geração Escolar 2005” (Geres) de 2005 a 2008 para avaliar diferentes efeitos dos diretores no desempenho dos alunos. Os autores encontraram evidências do efeito positivo da gestão escolar sobre a confiança dos professores nos diretores, da atenção do diretor às normas administrativas e do diretor que estimula atividades inovadoras.

MIRANDA & PAZELLO (2014) analisaram o impacto da rotatividade dos diretores de escolas públicas no desempenho dos alunos, utilizando informações da Prova Brasil entre 2005 e 2011. Como instrumento que representa a rotatividade dos diretores, dado o objetivo de controle da endogeneidade, utilizou-se a descontinuidade política nas eleições para prefeito. Como resultado, os autores verificaram que a troca do diretor diminui o desempenho dos alunos em até 11,06 pontos na escala Saeb.

Portanto evidencia-se que, além de pouco explorado, o tema ocorre de forma direcionada às questões gerais. As abordagens relativas ao desempenho escolar não consideram os gestores como determinantes da proficiência. Assim, o presente estudo não somente visa preencher uma lacuna importante no desenvolvimento da discussão científica, como também faz uma abordagem inédita na literatura ao contemplar as características pessoais e gerenciais dos diretores como determinantes do aprendizado dos alunos. Além disso, o método utilizado, a ser descrito na próxima seção, se mostra robusto mediante a literatura que tange o tema.

3 Metodologia

3.1 Estratégia Econométrica

Para investigar a associação entre o perfil do diretor e o rendimento escolar alcançado pelos estudantes, este trabalho utiliza o modelo de regressão hierárquico¹, ou modelo multinível. Segundo BARBOSA & FERNANDES (2000), o modelo é construído com o intuito de respeitar a estrutura de agrupamento dos dados. Assim, levam-se em consideração diferentes níveis na variabilidade dos dados.

De acordo com BARBOSA & FERNANDES (2000), quando se utiliza o modelo de regressão clássica, o pesquisador deve escolher a que nível deseja trabalhar - macro ou micro. Se o analista opta por trabalhar com o nível macro, a variabilidade intraescola poderá ser perdida. Por outro lado, se o modelo estiver a nível micro, será necessário que as variáveis explicativas referentes

¹ O software estatístico utilizado na estimação do modelo econométrico foi o Stata versão 14.0.

à escola sejam desmembradas para a unidade micro, podendo levar a conclusões errôneas.

Já o modelo multinível permite a utilização simultânea de dois níveis e produz estimativas eficientes. SHIRASU (2014) alega que alunos de uma mesma escola são mais semelhantes entre si do que alunos de escolas diferentes, devido à infraestrutura, aos mesmos professores e até a questões socioeconômicas. Quando os alunos são tratados de modo independente dos demais, há violação da hipótese de que os termos de erro são independentes e identicamente distribuídos no modelo de regressão linear clássico, tornando imprópria a estimação por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO).

Segundo BARBOSA & FERNANDES (2000), quando se considera um modelo de regressão hierárquico, o intercepto e o coeficiente de inclinação são variáveis aleatórias, dependentes da influência do nível hierárquico mais elevado e variam de escola para escola. Diante disso, o trabalho utilizará o modelo multinível com estrutura em dois níveis: em que as unidades do primeiro nível - os alunos - são agrupadas conforme as unidades do segundo nível, no caso, o diretor.

Sabe-se que os modelos de regressão multinível descrevem a relação entre as variáveis explicativas, que são representadas por x , e a variável dependente, no caso y , corresponde à proficiência média em língua portuguesa e matemática. Assim, dado que x representa as variáveis explicativas a nível individual e w as variáveis a nível agregado, a especificação do modelo será dada pelas Equações (1), (2) e (3). Considera-se uma amostra aleatória de dados coletada a partir de uma estrutura em dois níveis, em que o primeiro nível (alunos) é agrupado em unidades do segundo nível (diretor). Além disso, cada unidade de aluno é representada pelo índice i , e cada característica do diretor pelo índice j , como se pode verificar:

$$Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}x_{ij} + e_{ij} \quad (1)$$

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01}w_j + u_{0j} \quad (2)$$

$$\beta_{1j} = \gamma_{10} + \gamma_{11}w_j + u_{1j} \quad (3)$$

Em que b_{0j} é o intercepto geral do modelo e b_{1j} é o coeficiente de inclinação associado à variável x , que representa o impacto da variável explicativa no rendimento médio do aluno, ambas definidas como variáveis aleatórias. Além dos parâmetros fixos a serem estimados, sabe-se que u_{0j} é o efeito individual do diretor, ou seja, o componente de erro aleatório do segundo nível associado ao intercepto; já u_{1j} é o componente de erro aleatório do nível do diretor associado ao coeficiente de inclinação, ambos com distribuição normal com média zero e variância s_{u0}^2 e s_{u1}^2 , respectivamente.

Substituindo (2) e (3) em (1), obtém-se a expressão:

$$Y_{ij} = \gamma_{00} + \gamma_{10}x_{ij} + \gamma_{01}w_j + \gamma_{11}w_jx_{ij} + u_{1j}x_{ij} + u_{0j} + e_{ij} \quad (4)$$

Dado o modelo exposto, os coeficientes apresentam a seguinte interpretação: y_{ij} representa a proficiência média do i -ésimo aluno da j -ésima escola,

portanto, dirigida pelo j -ésimo diretor; e_{ij} é a componente de erro aleatório associado ao aluno, representando o resíduo da medida do rendimento do estudante que o modelo não explica. Considera-se o erro do nível do aluno independentemente dos erros do nível do diretor; $b_{01}w_j$ simula o impacto das variáveis explicativas do nível do diretor, w , no rendimento médio do aluno; $b_{11}w_jx_{ij}$ representa o termo de interação entre as duas variáveis explicativas (aluno e diretor).

A regressão estimada, portanto, é linear e inclui outras variáveis explicativas de nível um e também de nível dois, porém a estrutura é análoga à apresentado na Equação (4). O modelo multinível com mais variáveis explicativas permite a obtenção do impacto destas novas variáveis na proficiência dos alunos, bem como dos outros termos de interação, de modo a ampliar a capacidade de explicação da variável dependente, dado que há diminuição da variabilidade total alcançada pelo modelo.

Este trabalho utilizará os dados do Saeb/Prova Brasil para o ano de 2013 no estado de Minas Gerais. Estes se baseiam na aplicação de testes padronizados de língua portuguesa e matemática e questionários socioeconômicos de estudantes da terceira série ensino médio.

Diante disso, busca-se relacionar as variáveis explicativas com a variável-resposta desempenho escolar. As variáveis explicativas, apresentadas na Tabela 1, são medidas tanto a nível micro, como as características dos alunos, quanto a nível macro, que diz respeito atributos do diretor. A variável-resposta é designada por KREFT et al. (1998) como variável de contexto.

As variáveis explicativas a nível individual consideram características físicas e familiares dos alunos. ALVES & ORTIGÃO (2005) apontam que os meninos apresentam maior chance de repetência do que as meninas, assim como os alunos negros têm maior probabilidade de repetência do que os brancos, mesmo entre alunos com maior poder aquisitivo. Diante de uma provável atuação de discriminação racial e de gênero nas escolas, criou-se uma *dummy* para etnia do estudante e outra para sexo.

ALVES & ORTIGÃO (2005) afirmam ainda que conciliar estudos com trabalho é um dos fatores relacionados ao baixo desempenho escolar. Assim, o trabalho é um fator associado ao aumento do risco de repetência. Desse modo, incorporou-se uma variável a fim de captar o efeito do trabalho fora de casa sobre a proficiência do aluno. Diante das evidências, espera-se sinal negativo dessa variável.

Adicionalmente, NOGUEIRA et al. (2009) afirmam que as famílias interferem na educação dos estudantes, particularmente por meio do provimento de condições físicas e do envolvimento direto no processo educacional. Esses insumos são mensurados pelas características sociodemográficas das famílias, tais como educação e ocupação dos pais, renda, etc. Com o intuito de construir um indicador de nível socioeconômico dos alunos, criou-se uma variável para escolaridade dos pais. Esta, que abrange tanto a escolaridade da mãe quanto do pai.

Além disso, foi incluída uma variável que representa a frequência com que os pais dos alunos comparecem às reuniões. Essa inclusão se baseia no argumento de que o acompanhamento escolar do aluno contribui com o processo educacional e fornece maior suporte familiar.

Por fim, ROAZZI & ALMEIDA (1988) afirmam que o insucesso escolar pode ser analisado por diversos prismas. Para os professores, o insucesso representa a falta de base, motivação dos profissionais ou, ainda, o mau funcio-

Tabela 1: Descrição das variáveis explicativas e sinais esperados

Aluno	<i>Dummies</i> Assumem Valor 1	<i>Dummies</i> Assumem Valor 0	Sinais Esperados	
			Língua Portuguesa	Matemática
Sexo	Masculino	Feminino	-	+
Raça	Branco(a) ou amarelo(a)	Pardo(a)/Preto(a)/Indígena	+	+
Frequência com que os pais comparecem às reuniões	Sempre ou quase sempre/De vez em quando	Nunca ou quase nunca	+	+
Escolaridade da mãe	Possui ensino superior	Nunca estudou ou estudou até no máximo o ensino médio	+	+
Escolaridade do pai	Possui ensino superior	Nunca estudou ou estudou até no máximo o ensino médio	+	+
Abandono da escola	Nunca abandonou a escola	Já abandonou	+	+
Reprovação	Nunca reprovou	Já reprovou	-	-
Aluno trabalha	Trabalha	Não trabalha	-	-

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados do SAEB - Sistema de Avaliação da Educação Básica (2017).

namento das estruturas educativas e sociais. Outros trabalhos apresentam o problema em termos meramente individuais: alunos pouco dotados, desmotivados, com problemas ou carências afetivas e de ordens diversas. De modo geral, estes últimos estudos envolvem questões que não se resolvem nas escolas.

Algumas pesquisas destacam outra dificuldade nesse contexto. Alunos que já foram reprovados podem ser acometidos por sentimentos de incapacidade, baixa autoestima e fracasso generalizado, de modo a prejudicar seu rendimento escolar e, em alguns casos, levá-los a abandonar a escola. Considerando tais circunstâncias, as últimas variáveis incluídas a nível individual buscam captar o efeito do insucesso escolar na ótica das reprovações e abandono escolar sobre os resultados dos estudantes. Assim, o conjunto de variáveis denominadas abandono da escola e reprovação foram transformadas em um índice que busca identificar se o aluno já foi reprovado alguma vez. Para isso, utilizou-se uma técnica de análise multivariada designada Análise de Componentes Principais (ACP)².

As variáveis incluídas a nível agregado têm a finalidade de captar o perfil dos diretores. De acordo com LÜCK (2009), a qualidade dos diretores tem efeito positivo sobre o desempenho dos alunos, de modo que aqueles com maior titulação e mais experiência corroboram para que ocorra desempenho escolar mais elevado. Diante disso, inclui-se uma variável que representa a escolaridade do diretor e outra que corresponde à experiência, tanto na área de educação quanto em direção.

²Segundo HONGYU et al. (2016), a ACP é uma técnica multivariada de modelagem da estrutura de covariância que consiste na determinação de uma transformação ortogonal das variáveis originais para um novo conjunto de variáveis não correlacionadas, que são obtidas em ordem decrescente de importância.

Tabela 1: Descrição das variáveis explicativas e sinais esperados (continuação)

Escola	<i>Dummies</i> Assumem Valor 1	<i>Dummies</i> Assumem Valor 0	Sinais Esperados	
			Língua Portuguesa	Matemática
Escolaridade do diretor	Com ensino superior	Sem superior ou superior incompleto	+	+
Sexo	Masculino	Feminino	+	+
Apoio de instâncias superiores	Há apoio de instâncias superiores	Não há apoio de instâncias superiores	+	+
Troca de informações	Há troca de informações com diretores de outras escolas	Não há trocas de informações com diretores de outras escolas	+	+
Apoio da comunidade	Tem apoio da comunidade	Não tem apoio da comunidade	+	+
Anos de trabalho com educação	Trabalha com educação há mais de seis anos	Trabalha com educação há menos de seis anos	+	+
Anos exercendo função de direção	Exerce função de direção há mais de seis anos	Exerce função de direção há menos de seis anos		
Anos de direção na mesma escola	É diretor da mesma escola há mais de seis anos	É diretor da mesma escola há menos de seis anos	+	+
Rotatividade dos professores	Ao menos 50% dos professores possuem vínculo estável na escola	Menos de 50% dos professores possuem vínculo estável na escola	+	+
Escolaridade do professor	Com ensino superior	Sem ensino superior	+	+
Anos exercendo a função de professor	Exerce função de professor há mais de seis anos	Exerce função de professor há menos de seis anos	+	+
Desenvolvimento de práticas pedagógicas	Professor propõe com frequência as seguintes atividades: [1] Dever de casa; [2] Desenvolvimento de atividades em grupo para que os alunos busquem soluções de problemas; [3] Propõe situações de aprendizagem que sejam familiares ou de interesse dos alunos.	Professor não propõe ou raramente propõe atividades	+	+

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados do SAEB - Sistema de Avaliação da Educação Básica (2017).

Para captar o efeito da experiência, criou-se um índice por meio da referida modelagem ACP, contendo as seguintes variáveis: anos de trabalho com educação, anos na função de direção e anos na direção da mesma escola. A análise de componentes principais é apropriada, pois as variáveis sob investigação são da mesma natureza, transformando-se, assim, um conjunto de variáveis correlacionadas em um conjunto de variáveis não correlacionadas.

No tocante à formação dos gestores escolares, há uma necessidade e, ao mesmo tempo, um desafio para os sistemas de ensino. LÜCK (2009) alega que a formação básica dos dirigentes escolares não se apoia sobre esta área de atuação específica e, mesmo quando esses profissionais a possuem, a formação em cursos superiores tem caráter menos prático e mais teórico.

Além disso, LÜCK (2009) afirma que existe oferta insuficiente de oportunidades para formação inicial de gestores escolares, recaindo sobre os sistemas de ensino a tarefa e a responsabilidade de promover cursos de capacitação para preparação dos diretores, dada a importância da formação continuada como condição para acentuar o processo de profissionalização dos dirigentes.

Por fim, acredita-se que o movimento pelo aumento da competência da escola exige maior competência da gestão. Logo, criou-se a variável gestão a partir da ACP. O conjunto original de variáveis que definem a denominada gestão é: ter ou não apoio de instâncias superiores e da comunidade à gestão e, ainda, se há ou não troca de informações com diretores de outras escolas.

3.2 Dados

Os dados utilizados provêm do Saeb para o ano de 2017, contemplando alunos da terceira série do ensino médio de escolas públicas e particulares do estado de Minas Gerais. A escolha por alunos da terceira série do ensino médio se deve à possibilidade de utilização da variável que denota se o aluno trabalha.

A análise exclusiva para o estado de Minas Gerais se justifica por sua pujança econômica e populacional. Minas Gerais apresenta a terceira maior participação no produto interno bruto (PIB) e é o segundo estado mais populoso do país. Além disso, como ressaltado por DOS SANTOS & PALES (2012) nesse estudo, o estado possui elevadas desigualdades educacionais entre suas mesorregiões, representadas pelas discrepantes taxas de analfabetismo, o que torna este estudo ainda mais relevante.

4 Resultados

Esta seção tem como principal objetivo apresentar os resultados obtidos. Inicialmente, serão analisadas as estatísticas descritivas a fim de apresentar a amostra selecionada neste estudo. A Seção 4.2 analisará a relação entre o perfil do diretor escolar e a proficiência dos alunos em língua portuguesa e matemática.

4.1 Análise Descritiva

Os dados abrangem 977 alunos do 3º ano do ensino médio para o ano de 2017, dos quais 551 são do sexo masculino e 426 do sexo feminino. Foram aplicados testes de proficiência em língua portuguesa e matemática, sendo estas as variáveis-resposta dos modelos.

A Prova Brasil fornece a escala de desempenho de matemática e língua portuguesa. O nível mínimo analisado de desempenho dos alunos nas duas disciplinas é de 225 pontos. Já a pontuação máxima avaliada pela prova é de 425 pontos para matemática e 475 pontos para língua portuguesa.

A média na prova de matemática para a terceira série do ensino médio foi de 270,10 pontos, com desvio-padrão de 24,71, valor mais próximo da nota mínima obtida, demonstrando indício de assimetria para a direita na distribuição das notas, ou seja, maior frequência de notas abaixo da média. A distribuição da variável de proficiência em matemática pode ser observada na Figura 1, à direita. Já o histograma à esquerda representa os resultados para língua portuguesa, sendo a média de 267,23 pontos e desvio-padrão de 22,47.

As variáveis explicativas do modelo são associadas ao nível de aluno e escola e apresentadas na Tabela 2. Quanto às variáveis do aluno, há praticamente o mesmo número de homens e mulheres, como ressaltado anteriormente. Já para os diretores, há prevalência do sexo feminino no cargo, aproximadamente 68,13%, enquanto, para o sexo masculino, o percentual é de 31,87%.

Diversos são os trabalhos³ que confirmam a figura feminina como principal protagonista da gestão escolar em todos os níveis de ensino. Apesar do predomínio feminino nos cargos de educação, DE SOUZA (2009) alega que há tendência de crescimento da presença masculina à medida que se avança em direção ao ensino médio.

Em relação à variável que representa o trabalho fora do domicílio, nota-se que o percentual de alunos inseridos no mercado de trabalho é de 29,42%. Estudo realizado por BEZERRA (2006) suscita questões acerca de tais estudantes. Segundo o autor, alunos que apenas frequentam a escola aprendem mais quando comparados aos que estudam e trabalham. Além disso, a diminuição de rendimento escolar cresce a cada hora adicional de trabalho exercido.

No que diz respeito ao abandono da escola durante o período de aulas, o percentual de alunos é de 7,27%, valor abaixo daqueles que foram reprovados, aproximadamente 33,30% da amostra. Considerando que ambas as variáveis constituem o insucesso escolar, MIGUEL et al. (2012) constataram ampla influência deste não apenas sobre o desenvolvimento dos indivíduos, mas também em seus resultados escolares, de forma que o atraso escolar é considerado um *handicap*⁴ significativo.

Quanto à frequência de comparecimento dos pais dos alunos às reuniões, observou-se que 57,41% dos responsáveis participam. Quando se trata de reuniões do conselho das escolas, verifica-se que 90,72% dos colégios não se reúnem ou simplesmente ainda não têm um conselho formado.

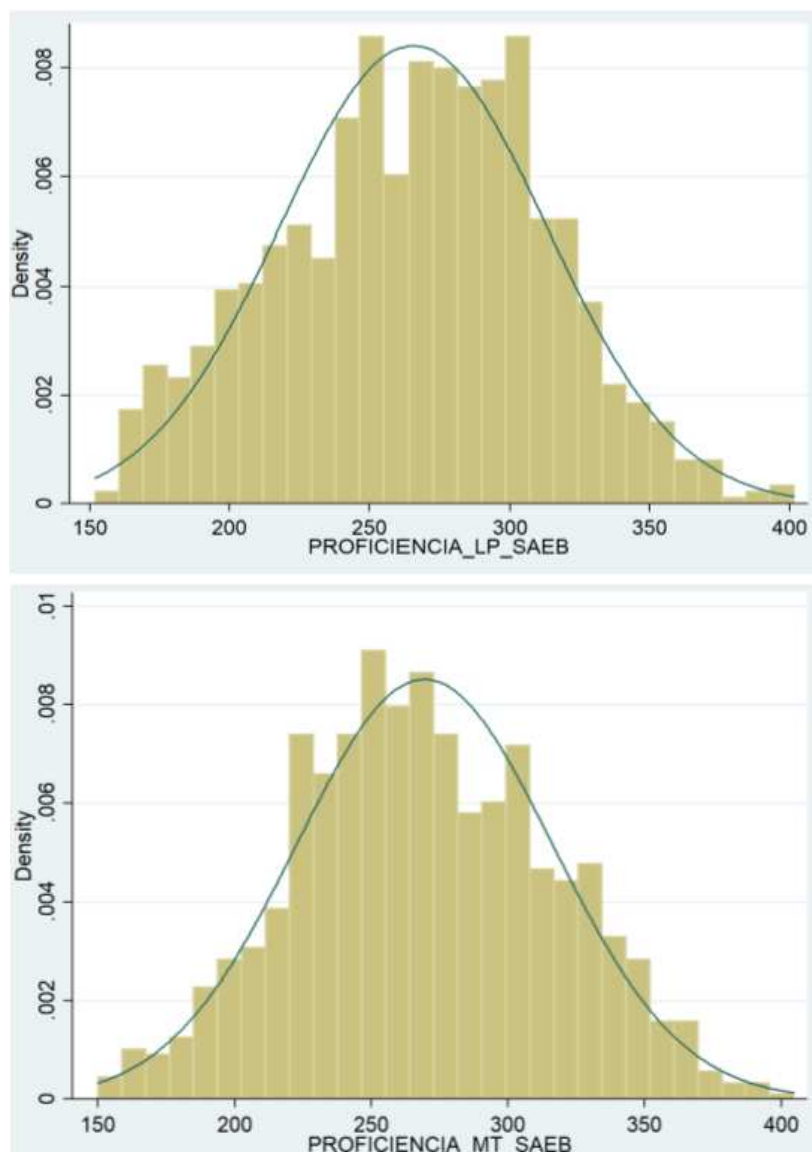
Quanto à escolaridade dos pais, aproximadamente 20,18% das mães dos alunos têm formação superior. Já os pais apresentaram percentagem um pouco menor: 8,77%. Esta variável é importante, pois filhos de pais mais escolarizados tendem a apresentar melhores desempenhos nos exames de proficiência, conforme MENEZES FILHO et al. (2009).

Tratando-se da escolaridade dos diretores, observou-se que 97,23% possuíam curso superior. Analisaram-se também as modalidades de cursos de pós-graduação de mais elevada titulação. Evidenciou-se que 9,80% dos diretores concluíram pelo menos uma especialização. Já para os professores,

³Mais detalhes em DE SOUZA (2009), ECKMAN (2004) e COLLARD (2001).

⁴O termo indica incapacidade ou desvantagem.

Figura 1: Distribuição das notas de língua portuguesa e matemática dos alunos da terceira série do ensino médio em 2017



Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados do SAEB - Sistema de Avaliação da Educação Básica (2017).

constatou-se que 96,08% possuíam curso superior e 3,44% concluíram o mestrado ou doutorado. Tais estatísticas são relevantes, pois a capacitação profissional é um meio indispensável para a implementação e o êxito das metas propostas.

A amostra revela ainda que 96,82% dos diretores trabalham há mais de seis anos com educação, contudo, considerando-se a experiência na área de direção, o percentual cai para 42,02%. Adicionalmente, verifica-se que 30,99% trabalham há mais de seis anos na mesma escola e 19,67% exercem outra atividade que contribui para sua renda pessoal, além da direção da escola. No que diz respeito ao professor, observa-se que 86,05% trabalham nessa atividade há mais de seis anos. No mais, ressalta-se que o trabalho abrange tanto escolas públicas quanto privadas, sendo 76% da amostra composta por escolas públicas.

4.2 Resultados Econométricos

A análise dos resultados econométricos denota o desempenho dos alunos em língua portuguesa e matemática condicionado à gestão escolar realizada pelo diretor. O primeiro modelo foi estimado em dois níveis e ajustado sem variáveis explicativas. O modelo somente de intercepto ou modelo nulo é útil porque proporciona uma estimativa da correlação intraescola (ρ). O valor de ρ pode ser calculado por meio da Equação (5):

$$\rho = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_u^2 + \sigma_e^2} \quad (5)$$

em que σ_u^2 é a variância dos resíduos u do nível de diretor, e σ_e^2 é a variância dos resíduos e do nível de aluno.

O coeficiente de correlação demonstrado na Equação (5) pode variar de 0 a 100%, sendo que valores próximos a zero significam maior homogeneidade entre as escolas, ou seja, o desempenho escolar dos alunos é independente da escola frequentada pelos alunos. Por outro lado, valores mais próximos de 100% demonstram maior dependência entre o rendimento escolar dos alunos e as escolas.

Assim, o modelo sem variáveis explicativas é essencial, pois por meio deste é possível obter o valor das variâncias em cada nível de hierarquia e, consequentemente, encontrar os valores de ρ . De acordo com RAUDENBUSH & BRYK (2002), quanto maior o valor de ρ , mais elevada será a proporção da variância que é devida ao segundo nível. Desse modo, o cálculo do ρ auxilia na escolha do modelo mais adequado.

Substituindo-se as variâncias encontradas na Tabela 3 na Equação (5), a correlação intraescola será de aproximadamente 0,4. Assim, o valor da correlação intraescola indica a necessidade da utilização da modelagem multinível em vez de uma regressão tradicional, uma vez que as escolas não são homogêneas entre si, como exposto na Tabela 3.

Os resultados indicam valor de 264,63 para o intercepto no modelo de língua portuguesa e aproximadamente 268,24 para matemática. Isso pode ser interpretado como uma estimativa da média global dos alunos nos testes. A variância total para língua portuguesa foi de 62,96, sendo que 17,64 são de responsabilidade da variabilidade entre os diferentes diretores (escolas) e 45,32

Tabela 2: Análise descritiva das características dos alunos e diretores

Características do Aluno	Média	Desvio-padrão
Frequência com que os pais comparecem às reuniões	57,41%	0,4847
Reuniões do conselho das escolas	90,72%	0,2902
Escolaridade dos pais		
Mãe com superior	20,18%	0,4015
Pai com superior	8,77%	0,2830
Aluno trabalha	29,42%	0,4559
Masculino	43,60%	0,4961
Branco	28,16%	0,4500
Características da Escola	Média	Desvio-padrão
Escolaridade do diretor		
Superior	97,23%	0,2975
Pós-graduação	9,8%	0,2975
Gestão		
Apoio de instâncias superiores	90,58%	0,2920
Troca de informações	94,03%	0,2368
Apoio da comunidade	95,15%	0,2147
Experiência do diretor		
Anos de trabalho com educação	4,85%	0,2148
Anos exercendo função de direção	66,38%	0,4724
Anos de direção na mesma escola	27,53%	0,4466
Escolas com 50% dos professores com vínculo estável (rotatividade)	26,23%	0,4401
Escola pública	76%	0,1824
Escolaridade do professor		
Superior	96,07%	0,1943
Pós-graduação	3,44%	0,1824
Mais de seis anos exercendo a função de professor	86,05%	0,3468
Existência de biblioteca na escola	2%	0,0185
Desenvolvimento de práticas pedagógicas		
[1] Propõe dever de casa	89,47%	0,3082
[2] Desenvolvimento de atividades em grupo para que os alunos busquem soluções de problemas	91,15%	0,2852
[3] Professor propõe situações de aprendizagem que sejam familiares ou de interesse dos alunos	98,23%	0,1324

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados do SAEB - Sistema de Avaliação da Educação Básica (2017).

Tabela 3: Resultado da estimação multinível sem variáveis explicativas para a terceira série do ensino médio em 2017

Parâmetros		Estimativa (Erro-padrão)
Resultados para Língua Portuguesa		
Fixos	Intercepto	264,6316* (5,4934)
Aleatórios	Nível 2 : σ_u^2	17,6496* (4,3470)
	Nível 1: σ_ε^2	45,3258* (1,0201)
Resultados para Matemática		
Fixos	Intercepto	268,2408* (5,3658)
Aleatórios	Nível 2 : σ_u^2	17,2108* (4,2163)
	Nível 1: σ_ε^2	44,7743* (1,0076)

Fonte: Elaborada pelos autores.

* denota significância a 1%; ** denota significância a 5%; ***

denota significância a 10%.

daquela existente dentro das escolas, neste caso, devido aos alunos. Quando se trata dos resultados para matemática, a variabilidade no nível 2 aumenta para 17,21. Por sua vez, no nível 1, a variabilidade é de aproximadamente 44,77. Ademais, todos os efeitos foram significativos em 1% de significância.

A Tabela 4 apresenta o modelo com a inserção das variáveis explicativas, tanto a nível individual (aluno) quanto a nível agregado (escola). A escolha desse modelo tem base na argumentação de que a variância do intercepto é mais bem explicada se comparada ao modelo com a inserção somente das variáveis a nível individual. Cabe ainda salientar que todas as variáveis apresentaram sinais esperados e significância estatística.

Observa-se que houve sensível diminuição na variância do modelo com variáveis explicativas comparado-se ao modelo nulo. No nível agregado, a variância de língua portuguesa foi de 17,64 para 9,71, enquanto para matemática foi de 17,21 para 12,13. Esse resultado pode ser explicado pelo fato de que a proporção de cada variável inserida é desigualmente distribuída entre as escolas. Por exemplo, existem escolas com diferentes proporções entre brancos e negros ou meninas e meninos. Assim, a inclusão das variáveis explicativas controla tais efeitos, de modo a ocasionar diminuição na variância do modelo multinível ajustado.

É possível verificar ainda que o desempenho escolar está intimamente relacionado à escola em que o aluno frequenta, ou seja, há dependência entre o primeiro e segundo nível do modelo. Quanto às variáveis de interesse, isto é,

Tabela 4: Resultado do modelo multinível ajustado com variáveis explicativas para a terceira série do ensino médio em 2017

Variáveis Explicativas	Língua Portuguesa	Matemática
Nível Individual	Efeito	Efeito
Intercepto	257,5978* (7,4679)	256,6635* (7,4432)
Gênero do aluno (masculino)	0,9183*** (3,6326)	3,5544** (3,5689)
Etnia (outras <i>versus</i> branco/amarelo)	2,3060*** (3,9356)	2,7470 (3,8670)
Frequência de comparecimento dos pais às reuniões	2,4854*** (3,5436)	2,4040 (3,4794)
Escolaridade dos pais (mães/pais ou responsáveis)	3,8078*** (3,2344)	1,4627 (3,1756)
Aluno nunca reprovou ou abandonou a escola	4,1142** (3,0404)	8,4173** (2,9864)
Aluno trabalha	-2,4049* (3,9484)	-2,8067* (3,8777)
Nível Agregado	Efeito	Efeito
Escolaridade do diretor	5,9902* (7,8543)	6,2571* (9,0363)
Gênero do diretor (masculino)	31,3219* (18,6999)	0,0016* (0,1905)
Gestão	5,0216* (4,0671)	3,7379* (3,2890)
Experiência do diretor (área da educação e direção)	4,4705* (3,5550)	0,00003* (0,0002)
Rotatividade de professores	$2,01e-09^*$ ($1,68e-08$)	0,0002* (0,2900)
Experiência do professor	0,00002* (0,0004)	0,00001* (0,0003)
Desenvolvimento de práticas pedagógicas	6,4409* (4,2312)	4,7828* (3,0491)
Efeito Aleatório Nível 2 (Agregado) σ_u^2		
Variância - intercepto	9,7114** (4,0671)	12,1264** (8,5398)
Efeito Aleatório Nível 1 (Individual) σ_ε^2		
Variância de Rij	46,0612** (1,2391)	45,2664** (1,2183)

Fonte: Elaborada pelos autores.

* denota significância a 1%; ** denota significância a 5%; *** denota significância a 10%.

aquelas que caracterizam o perfil dos diretores, conclui-se que a cada novo patamar educacional alcançado pelos diretores, mais elevam-se as notas obtidas pelos estudantes. Logo constata-se que investimentos em escolaridade realizados pelos diretores tendem a gerar maior qualidade educacional. Contudo, apesar da complementariedade da formação inicial ser importante, LÜCK (2009) afirma que esta deve, sobretudo, acentuar o processo de profissionalização dos dirigentes, de forma a apoiar a evolução do seu desempenho na gestão escolar.

Em consenso, ABRUCIO (2010) afirma que a formação dos diretores contribui para a obtenção de melhores resultados escolares. O autor realizou uma pesquisa com o intuito de mensurar a qualidade do corpo de gestores, sendo um dos critérios utilizados da sua formação. De acordo com o autor, os gestores que alegaram não ter graduação que os preparassem para a função eram os que estavam à frente das piores escolas. Portanto nota-se que a capacitação dos gestores não se baseia em apenas ter ou não curso superior, mas sobretudo, que tenham se graduado em curso que os habilita para o exercício do cargo.

Além disso, salienta-se a significância da escolaridade do professor. ABRUCIO (2010) alega que a capacitação posterior é fator positivo. Entretanto, dada a insuficiência do curso de Pedagogia para a função diretiva, o autor ressalta a importância da capacitação direcionada à gestão. Apesar de tais indícios relacionados aos aspectos formativos na prática da gestão, o efeito da melhor formação ficou evidenciado, de modo que os diretores com maior escolaridade demonstram mais domínio sobre a profissão.

Os resultados evidenciam ainda que uma boa gestão envolve aspectos que vão além da formação dos diretores. Dentre eles, destaca-se a experiência adquirida pelos gestores na área da educação e direção. O efeito positivo da experiência sobre a proficiência é significativo, especialmente em língua portuguesa, em que o aumento de um ano na experiência elevou o desempenho dos alunos em 4,47 pontos. Ressalta-se nesse contexto que o tempo de permanência dos gestores nas escolas contribui para que seus atributos relacionados ao exercício da função se revertam no desenvolvimento da qualidade de ensino.

Dando continuidade à análise do perfil dos diretores, nota-se que a variável gestão também foi significativa, isto é, ter apoio de instâncias superiores e da comunidade e trocar informações com diretores de outras escolas impacta positivamente o desempenho dos alunos.

Cunha et. al. (2012) apresentaram resultados semelhantes. Segundo os autores, apesar da importância de oferecer condições adequadas de estudo - bibliotecas abastecidas, espaço para esporte, lazer e segurança - uma boa gestão se distingue pela participação da comunidade, por melhor controle dos processos e maior integração da equipe escolar. Percebe-se, portanto, que a interação entre professores, equipe pedagógica, funcionários, alunos, pais e comunidade não apenas faz parte das práticas de ensino, como ainda as forma e constrói.

No que diz respeito ao nível individual (aluno), uma variável que afetou o desempenho escolar dos estudantes negativamente foi o trabalho fora de casa. A cada aumento de uma unidade na escala de escore padrão de trabalho, o desempenho médio dos alunos diminui, especialmente para língua portuguesa.

BEZERRA (2006) já havia investigado a relação entre desempenho escolar e horas trabalhadas. Os resultados aqui apresentados estão em conformidade com o que foi evidenciado pelo autor, ou seja, horas a mais de trabalho dos

alunos, sejam do sexo feminino ou masculino, contribuem para a queda do desempenho. O autor averiguou ainda que alunos que trabalham somente dentro do domicílio têm menor prejuízo quanto ao desempenho em relação àqueles que trabalham fora do domicílio. É possível atestar também que a carga horária de trabalho que demanda maior esforço físico dos estudantes implica em menos tempo dedicado aos estudos e, conseqüentemente, maior redução no desempenho escolar.

As demais variáveis explicaram a variância no desempenho, só que positivamente, exceto para o sexo masculino em língua portuguesa, que teve relação negativa com a proficiência dos alunos. No que concerne à etnia dos alunos, assim como esperado, em todas as séries os alunos brancos/amarelos têm desempenho mais satisfatório do que os demais. Além disso, estudantes com defasagem escolar apresentaram pior proficiência comparando-se aos alunos regularmente aprovados, o que já havia sido salientado anteriormente por ALVES & ORTIGÃO (2005). No tocante ao desenvolvimento de práticas pedagógicas, a relação foi positiva. Desse modo, professores que desenvolvem determinadas atividades pedagógicas podem influenciar positivamente a proficiência dos alunos, as quais incluem: 1) propor dever de casa; 2) desenvolver atividades em grupo para que os alunos busquem soluções de problemas; 3) propor situações de aprendizagem que sejam familiares ou de interesse dos alunos. Outro fator importante verificado no âmbito escolar diz respeito à rotatividade dos professores. Escolas em que há maior vínculo estável de professores também refletem melhor desempenho estudantil.

Além disso, um ano a mais de escolaridade do diretor aumenta as notas em 5,99 pontos e 6,25 pontos para língua portuguesa e matemática, respectivamente (Tabela 4). Confirmando a importância da qualificação dos gestores, PAZETO (2000) aponta três recomendações de formação: a formação básica sólida em educação, qualificação científica e técnica em gestão de instituições e formação continuada, visando associar conhecimentos e experiências.

Quanto aos alunos do sexo masculino que apresentaram pior desempenho em língua portuguesa, segundo estudo de MENEZES FILHO et al. (2009), os homens têm, em média, notas maiores em matemática. Esse fato é decorrente, segundo o autor, de uma maior facilidade dos meninos para matérias de exatas e das meninas para matérias de línguas, o que corrobora os resultados encontrados. Apesar da distinção entre gêneros no rendimento escolar, SOARES & TEIXEIRA (2006) afirmam que não há diferenciação entre as escolas quanto ao tipo de atendimento dado aos alunos do sexo masculino e feminino no sistema de educação.

Por fim, SOARES et al. (2004) denotam a importância da participação dos pais na vida escolar dos seus filhos. Segundo os autores, o envolvimento das famílias na rotina escolar favorece o desenvolvimento dos alunos, como constatado na Tabela 4. Nota-se que quanto maior a frequência de comparecimento dos pais às reuniões, mais elevadas são as proficiências escolares de seus filhos. Ademais, o comportamento da variável referente à escolaridade dos pais é absolutamente coerente com o resultado já verificado por BARBOSA & FERNANDES (2000) - de fato, observa-se que há associação positiva com a proficiência. Alguns estudos utilizam a escolaridade dos pais para representar melhores condições socioeconômicas das famílias. Os resultados, neste caso, também são coerentes, de modo que alunos com menor nível socioeconômico apresentam menor proficiência. Essa argumentação é considerada em estudos adicionais, contudo não é objetivo deste estudo se ater a essa questão.

5 Considerações Finais

Este estudo examinou a importância do perfil dos dirigentes educacionais na determinação do rendimento escolar dos alunos da terceira série do ensino médio no estado de Minas Gerais. Para tanto, foram utilizados os dados do (SAEB - Sistema de Avaliação da Educação Básica 2017).

À vista disso, a primeira conclusão deste artigo é a de que o desempenho escolar dos alunos sofre influência de variáveis de diferentes níveis hierárquicos. Nesse sentido, há uma contribuição com a pesquisa científica ao se considerar a dependência entre os estudantes de diferentes escolas.

Quanto aos resultados obtidos, se consideradas as características do diretor, verifica-se influência positiva das variáveis que denotam sua escolaridade, experiência e capacidade de gestão sobre o desempenho dos alunos mineiros. No que se refere à experiência, nota-se que, para ocorrer impacto positivo do diretor na vida escolar, é necessário, inicialmente, que este conheça a realidade da escola e ganhe experiência em gestão (administrativa, pessoal ou pedagógica) para, assim, implementar as devidas ações no sistema escolar.

Levando-se em consideração a escolaridade dos diretores, observou-se que os profissionais que têm formação superior influenciam de maneira mais significativa o desempenho dos alunos, quando comparados aos não graduados. Logo o fato de serem profissionais mais escolarizados revela uma característica pessoal importante para incrementar o desempenho dos alunos. Apesar da função de diretor muitas vezes ser mal remunerada ou de haver sobrecarga de trabalho, é de extrema importância que as escolas selecionem profissionais com elevada experiência na área e maior grau de instrução.

Análise similar pode ser realizada considerando-se a escolaridade dos professores, uma vez que a relação com a proficiência em ambas as disciplinas também foi positiva. Além disso, escolas cuja rotatividade dos professores é menor e, complementarmente, escolas que desenvolvem com frequência atividades pedagógicas, como propor situações de aprendizagem que sejam de interesse dos alunos, apresentam maiores proficiências.

Além disso, é possível perceber algumas condições existentes para uma boa gestão, como ter apoio de instâncias superiores e da comunidade. Nesse sentido, para fortalecer a base educacional, parece plausível que os diretores adotem práticas gerenciais que melhorem a comunicação dentro e fora das escolas, de maneira a estimular a troca de informações entre os gestores, especialmente entre profissionais mais experientes.

É necessário ater-se ainda ao fato de que o equilíbrio entre as questões pedagógicas e administrativas é imprescindível para uma boa gestão. Sugere-se, portanto, que os profissionais tenham domínio de ambas as áreas e que não haja priorização de uma delas, pois a negligência poderia prejudicar a gestão. À vista disso, é fundamental que haja cursos de capacitação voltados a dirigentes que enfatizem não somente a área da educação, mas também aspectos administrativos.

Por fim, apesar da significância das variáveis a nível agregado terem sido uma evolução nos estudos sobre educação, ainda há fatores que impactam o rendimento escolar e não são observáveis, como as habilidades inatas. Há, assim, a necessidade de mais estudos, que tenham como objetivo compreender os fatores que influenciam a proficiência, para que seja possível investir de forma concreta e direta no sistema escolar, dada sua grande importância para o desenvolvimento econômico de qualquer país.

Referências Bibliográficas

- ABRUCIO, F. L. (2010), 'Gestão escolar e qualidade da educação: um estudo sobre dez escolas paulistas', *Estudos e Pesquisas Educacionais* (n. 1), p. 241–274.
- ALVES, F. & ORTIGÃO, I. (2005), 'A repetência escolar e os diferentes tipos de capital: um estudo a partir dos dados do Saeb - 2001', In: *REUNIÃO ANUAL DA ANPED*, 28.
- BARBOSA, M. E. F. & FERNANDES, C. (2000), 'Modelo multinível: uma aplicação a dados de avaliação educacional', *Est Aval Educ* (n. 22), p. 135–154.
- BEZERRA, M. E. G. (2006), O trabalho infantil afeta o desempenho escolar no Brasil?, PhD thesis, Tese (Doutorado em Economia Aplicada), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.
- BIONDI, R. L. & DE FELÍCIO, F. (2007), Atributos escolares e o desempenho dos estudantes: uma análise de painel dos dados do Saeb, Textos para discussão 28, INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais, MEC - Ministério da Educação, Brasília.
- BLOOM, N., LEMOS, R., SADUN, R. & VAN REENEN, J. (2015), 'Does management matter in schools', *Econ J* v. 125, p. 647–674.
- BRASIL. Ministério da Educação, INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais, Fundação Santillana (2016), Brasil no PISA 2015: análises e reflexões sobre o desempenho dos estudantes brasileiros, Technical report, OECD - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico, Brasília.
- BÉTEILLE, T., KALOGRIDES, D. & LOEB, S. (2012), 'Stepping stones: principal career paths and school outcomes', *Soc Sci Res* v. 41(n. 4), p. 904–919.
- CATUNDA, A. C. (2007), Relação entre competência do diretor escolar e desempenho da escola: um estudo de dados da rede estadual de ensino da Bahia, Master's thesis, Universidade Federal da Bahia.
- COELLI, M. & GREEN, D. A. (2012), 'Leadership effects: school principals and student outcomes', *Econ Educ Rev* v. 31(n. 1), p. 92–109.
- COLLARD, J. L. (2001), 'Leadership and gender an Australian perspective', *Educ Manage Adm* V. 29(n. 3), p. 343–355.
- DE ANDRADE, A. M., FILGUEIRAS, C. A. C. & SALVATO, M. A. (2004), 'Educação - objetivo 2 - atingir o ensino básico universal, PUC-Minas (org.)', *IDHS - Instituto de Desenvolvimento Humano Sustentável da PUC-Minas* p. 102 p.
- DE AQUINO, J. M. (2011), A ampliação da jornada escolar melhora o desempenho acadêmico dos estudantes? Uma avaliação do programa escola de tempo integral da rede, PhD thesis, Tese (Doutorado em Economia Aplicada), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

DE BARROS, R. P. & MENDONÇA, R. (1998), O impacto de três inovações institucionais na educação brasileira, Texto para discussão n. 566, IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Rio de Janeiro.

DE SOUZA, A. R. (2009), 'Perfil da gestão da escola pública no Brasil: um estudo sobre os diretores escolares e sobre aspectos da gestão democrática', *Revista Iberoamericana de Educación* v. 49(n. 2), p. 1–12.

DOBBIE, W. & FRYER JUNIOR, R. G. (2013), 'Getting beneath the veil of effective schools: evidence from New York City', *Am Econ J Appl Econ* v. 5(n. 4), p. 28–60.

DOS SANTOS, G. R. & PALES, R. C. (2012), 'Desenvolvimento regional e desigualdades sociais entre as macrorregiões de planejamento de Minas Gerais', *In: ENCONTRO ANUAL DA ANPOCS*, 36 .

EBERTS, R. W. & STONE, J. A. (1988), 'Student achievement in public schools: do principals make a difference?', *Econ Educ Rev* v. 7(n. 3), p. 291–299.

ECKMAN, E. W. (2004), 'Similarities and differences in role conflict, role commitment, and job satisfaction for female and male high school principals', *Educ Adm Q* v. 40(n. 3), p. 366–387.

FRYER JUNIOR, R. G. (2014), 'Injecting charter school best practices into traditional public schools: evidence from field experiments', *Q J Econ* v. 129(n. 3), p. 1355–1407.

GRISSOM, J. A., LOEB, S. & MASTER, B. (2013), 'Effective instructional time use for school leaders: longitudinal evidence from observations of principals', *Educ Res* v. 42(n. 8), p. 433–444.

HONGYU, K., SANDANIELO, V. L. M. & DE OLIVEIRA JUNIOR, G. J. (2016), 'Análise de componentes principais: resumo teórico, aplicação e interpretação', *Engineering and Science* v. 5(n. 1), p. 83–90.

KREFT, I. G. G., & DE LEEUW, J. (1998), *Introducing multilevel modeling*, 1st ed. edn, Sage, New York.

LIMA, E. C. A. S. (1993), 'A escola e seu diretor: algumas reflexões. O papel do diretor e a escola de 1º grau', *FDE - Fundação para o Desenvolvimento da Educação, Série Idéias* (n. 12), p. 117–124.

LÜCK, H. (2009), *Dimensões de gestão escolar e suas competências*, 2nd ed. edn, Editora Positivo, Curitiba.

MACEDO, G. A. (2004), 'Fatores associados ao rendimento escolar de alunos da 5a série (2000) - uma abordagem do valor adicionado', *In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS*, 14 .

MACHADO, A. F., MORO, S., MARTINS, L. & RIOS, J. (2008), 'Qualidade do ensino em matemática: determinantes do desempenho de alunos em escolas públicas estaduais mineiras', *Economia* v. 9(n. 1), p. 23–45.

MARIONI, L. S., FREGUGLIA, R. S. & COSTA, A. B. M. (2014), Impacts of school management on educational development: a longitudinal analysis from the teacher's perspective, Associação Nacional dos Centros de Pós-graduação em Economia - ANPEC, Natal.

MENEZES FILHO, N., NUÑEZ, D. F. & RIBEIRO, F. P. (2009), 'Comparando as escolas paulistas com melhor e pior desempenho no Saesp e na prova Brasil', *São Paulo Perspec* v. 23(n. 1), p. 115–134.

MIGUEL, R. R., RIJO, D. & LIMA, L. N. (2012), 'Fatores de risco para o insucesso escolar: a relevância das variáveis psicológicas e comportamentais do aluno', *Revista Portuguesa de Pedagogia* (n. 46-1), p. 127–143.

MIRANDA, J. G. & PAZELLO, E. T. (2014), 'Rotatividade de diretores e desempenho da escola', In: *ENCONTRO BRASILEIRO DE ECONOMETRIA*, 36

NOGUEIRA, C. M. M., CUNHA, M. A. A., VIANA, M. J. B. & RESENDE, T. F. (2009), 'A influência da família no desempenho escolar: estudo de dados da geração escolar 2005', *Revista Contemporânea de Educação* v. 4(n. 8), p. 384–401.

ONET - Ocupacional Information Network (2017), *Education administrators, elementary and secondary school*.

URL: Disponível em: <https://www.bls.gov/bls/occupation.htm>

PAZETO, A. E. (2000), 'Participação: exigências para a qualificação do gestor e processo permanente de atualização', *INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais, Em Aberto* v. 17(n. 72), p. 163–166.

PEREDA, P., LUCCHESI, A., MENDES, K. & BRESOLIN, A. (2019), 'Evaluating the impact of the selection process of principal in Brazilian public schools', *Nova Econ* v. 29(n. 2), p. 591–621.

RAUDENBUSH, S. W. & BRYK, A. S. (2002), *Hierarchical linear models: applications and data analysis methods*, Vol. v. 1, 2nd ed. edn, Sage, New York.

ROAZZI, A. & ALMEIDA, L. S. (1988), 'Insucesso escolar: insucesso do aluno ou insucesso do sistema escolar?', *Revista Portuguesa de Educação* v. 1(n. 2), p. 53–60.

SAEB - Sistema de Avaliação da Educação Básica (2017), *Microdados do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais - INEP*.

URL: Disponível em: <http://inep.gov.br/microdados>

SHIRASU, M. R. (2014), Determinantes da evasão e repetência escolar no Ceará, PhD thesis, Dissertação (Mestrado em Economia), Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

SOARES, M. R. Z., DE SOUZA, S. R. & MARINHO, M. L. (2004), 'Envolvimento dos pais: incentivo à habilidade de estudo em crianças', *Estud Psicol* v. 21(n. 3), p. 253–260.

SOARES, T. M. & TEIXEIRA, L. H. G. (2006), 'Efeito do perfil do diretor na gestão escolar sobre a proficiência do aluno', *Estudos em Avaliação Educacional* v. 17(n. 34), p. 155–186.

PREDIÇÃO DE TENDÊNCIAS EM SÉRIES FINANCEIRAS UTILIZANDO METAClassificadores

CARLOS A. S. DE ASSIS (IN MEMORIAM) *

EDUARDO G. CARRANO [†]

ADRIANO C. M. PEREIRA [‡]

Resumo

Neste trabalho foi desenvolvido um metaclassificador baseado em métodos de inteligência computacional para prever tendências em séries temporais financeiras. O *kernel* do metaclassificador foi baseado na ferramenta (Weka). Sete classificadores foram combinados para realizar a metaclassificação. Testes foram realizados com nove ativos da Bolsa de Valores de São Paulo. Os resultados iniciais foram promissores, com boa acurácia na classificação e ganhos de até 100% do valor de capital inicialmente investido no período de um ano.

Palavras-chave: séries financeiras, inteligência computacional, metaclassificador.

Abstract

This study developed a meta-classifier based on computational intelligence methods to predict trends in financial time series. The *kernel* was based on the (Weka) tool. Seven classifiers were combined to perform the meta-classification. Tests were conducted with nine B3 assets. The initial results were encouraging, with good accuracy in the classification and gains of up to 100% above the amount of capital initially invested in a one-year period.

Keywords: financial series, computational intelligence, meta-classifier.

JEL classification: C63, C53, C38.

DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/1980-5330/ea148159>

* Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional, Belo Horizonte, Brasil. E-mail: carlos.assis.79@gmail.com

[†] Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Belo Horizonte, Brasil. E-mail: egcarrano@ufmg.br

[‡] Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Belo Horizonte, Brasil. E-mail: adrianoc@dcc.ufmg.br

1 Introdução

Prever o futuro certamente é uma das maiores ambições do ser humano. Não existe um sistema perfeito para tal finalidade, mas é possível encontrar na literatura abordagens nos mais diversos contextos, várias delas com resultados relevantes BARRYMORE (2017).

Sendo o mercado de ações um ambiente de grandes oportunidades e incertezas, diversos estudos vêm sendo desenvolvidos para realizar previsões neste contexto TKÁČ & VERNER (2016), CAVALCANTE et al. (2016). A maior parte dos estudos foca na minimização do erro de previsão, auxiliando na tarefa de prever o *timing* do mercado, isto é, o melhor momento de compra ou venda de um ativo. Para isso, são utilizados modelos treinados em dados históricos, com a esperança de se prever comportamentos futuros. Para tanto, estas pesquisas envolvem desde modelos estatísticos e econométricos até modelos de inteligência computacional NAMETALA et al. (2016), DI PERSIO & HONCHAR (2016), PATEL et al. (2015).

Neste trabalho é apresentada uma nova ferramenta para prever séries temporais financeiras, que tem por objetivo principal auxiliar na tomada de decisão para compra e venda de ativos na bolsa de valores.

Durante a construção da ferramenta, foi desenvolvido um algoritmo de metaclassificação a partir de diversos classificadores de inteligência computacional. A ideia é selecionar dinamicamente subconjuntos de classificadores mais adequados para o sucesso da classificação, isto é, a capacidade de optar pelos classificadores com maiores chances de acerto.

A principal contribuição deste trabalho é a construção de um arcabouço que implementa a abordagem do previsor com base em metaclassificadores e estratégias de investimento. Foi realizada uma revisão sistemática da literatura e não foi encontrada uma solução que apresentasse as características desenvolvidas na presente pesquisa.

Para validar a ferramenta, foram utilizados nove conjuntos de dados reais da Bolsa de Valores de São Paulo (B3). Os resultados obtidos foram comparados com *baselines* da literatura e preditores isolados, e a abordagem proposta demonstrou resultados promissores.

O artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 descreve alguns trabalhos correlatos; a Seção 3 apresenta todo o referencial teórico da pesquisa; a Seção 4 descreve a metodologia que será aplicada na Seção 5; e, finalmente, a Seção 6 apresenta a conclusão e direções futuras para o trabalho.

2 Trabalhos Relacionados

Diante do cenário de incertezas do mercado de ações, diversas pesquisas têm sido desenvolvidas para auxiliar na previsão de tendências.

Para realizar de forma metódica a busca e análise dos trabalhos relacionados, realizou-se uma revisão sistemática da literatura, seguindo a proposta apresentada em KITCHENHAM (2004). As principais vantagens desse método são:

- metodologia bem definida e menos tendenciosa, que fornece informações sobre os efeitos de algum fenômeno dada uma variedade de configurações e métodos empíricos;

- consolidação de evidências e resultados obtidos em estudos anteriores sobre o tema de interesse;
- identificação de lacunas na teoria e levantamento de trabalhos recentes para embasar as pesquisas;
- embasamento e modelos teóricos para posicionar apropriadamente novos temas e oportunidades de pesquisa, para refutar ou validar hipóteses, e criar novas hipóteses sobre um determinado tema de pesquisa.

KITCHENHAM (2004) define a revisão sistemática da literatura como um meio de identificar, avaliar e interpretar pesquisas relevantes para a pesquisa específica, área temática ou fenômeno de interesse de um trabalho. Como resultado da revisão sistemática de literatura, foram selecionadas publicações conforme a metodologia proposta. A Tabela 1 apresenta o resultado final. Nesta seção, serão apresentados os principais trabalhos relacionados ao tema encontrados após a revisão.

Tabela 1: Resultado da revisão sistemática de literatura: quantidade de trabalhos selecionados por área

Técnica	Quantidade
Inteligência computacional em séries temporais financeiras	342
Metaclassificadores	42
Metaclassificador em séries temporais financeiras	4

Para MYSKOVA et al. (2018), há um campo de grandes oportunidades na análise de texto para previsão de indicadores do mercado financeiro, como preço de ações, volume de negociação e volatilidade. Desta forma, para prever a volatilidade do retorno, os autores desenvolveram um modelo de meta-aprendizagem que utiliza indicadores financeiros e artigos de notícias. A abordagem comparou 7 metaclassificadores a 3 classificadores tradicionais com dados de 14 ativos da Bolsa de Valores de Nova Iorque. O resultado foi muito promissor, mostrando melhor performance dos metaclassificadores em grande parte dos conjuntos de dados.

Segundo DUARTE et al. (2018), saber quando comprar ou vender um ativo é uma decisão importante para a obtenção de lucros em mercados financeiros. Entretanto, antes mesmo de se tomar tal decisão, um investidor deve escolher o modelo ideal para estudo e análise de uma série de dados, devido à grande quantidade de modelos disponíveis. Assim, acreditaram que a meta-aprendizagem seria uma ótima ferramenta para auxiliar em tal decisão. Eles buscaram utilizá-la para analisar séries temporais, mais especificamente em dados do mercado euro/dólar, através de um algoritmo de ranqueamento que classifica e ordena os melhores modelos para o usuário. Como resultado, a aplicação de meta-aprendizagem mostrou-se muito promissora na sugestão de modelos para o estudo de séries temporais financeiras.

Como apresentado por BARAK et al. (2017), prever os retornos das ações e seu risco é uma das preocupações mais importantes dos tomadores de decisão de mercado. Muitos estudos têm utilizado classificadores únicos para prever retornos de ativos e métodos de risco. Os métodos de fusão, que só surgiram

recentemente, exigem um estudo mais aprofundado nesta área. Um conjunto de métodos, incluindo *Bagging* BREIMAN (1996), *Boosting* SCHAPIRE (1990) e *AdaBoost* FREUND (1999), foi aplicado para criar diversidade em combinações. Testes com dados da Bolsa de Valores de Teerã do período de 2002 a 2012 demonstraram desempenho superior dos metaclassificadores.

AGAPITOS et al. (2017) desenvolveram um metaclassificador denominado *Regularised Gradient Boosting*, que é uma extensão do *Gradient Boosting*. O objetivo da proposta é diminuir o *overfitting* do classificador, eliminando parâmetros de pouca importância. Para ser validado, o método foi aplicado ao domínio de séries temporais financeiras. Como resultado dos testes, a proposta superou o *Gradient Boosting* e outros dois métodos de aprendizado de máquinas na maioria dos conjuntos de dados utilizados.

De acordo com ARMAKI et al. (2017), praticamente todas as instituições financeiras estão expostas ao risco de crédito ao emitir empréstimos ao consumidor. Portanto, é crucial desenvolver soluções confiáveis de pontuação de crédito. Segundo os autores, diversas técnicas de aprendizado de máquina vêm demonstrando boa aplicabilidade neste cenário. Porém, em diversos estudos, através da fusão de vários algoritmos de aprendizado de máquina, modelos híbridos vêm se destacando frente aos algoritmos isolados. Diante deste cenário de oportunidades, os autores apresentaram um modelo de meta-aprendizado que utiliza três classificadores - base (Nível 0) para treinar o metaclassificador (Nível 1). O classificador utilizado como meta foi o *deep belief networks*, ou seja, uma rede neural profunda. Para validar a solução, foram utilizados quatro conjuntos de dados da *UCI Machine Learning Database Repository*. Os resultados foram muito positivos, pois em praticamente todos os cenários o metaclassificador obteve melhor performance que os classificadores isolados.

Já NAMETALA et al. (2016) construíram uma estratégia automatizada (robô investidor) que combina previsões feitas por redes neurais artificiais e preditores econométricos em uma segunda rede neural, que age como um comitê de decisão. Estas previsões foram utilizadas para gerar sinais de compra ou venda por meio de um modelo de negociação incorporado ao algoritmo. Os experimentos foram conduzidos com séries reais referentes a três ativos de alta liquidez, uma *commodity* e um índice de mercado. Os resultados foram comparados financeiramente frente à aplicação individual de cada preditor e as técnicas clássicas de mercado. Os resultados mostraram que, para a maioria dos ativos, na média da carteira e nos retornos percentuais totais, os lucros obtidos pela combinação dos preditores foram melhores do que quando cada um dos preditores foi aplicado individualmente.

Segundo GIACOMEL et al. (2015), embora muitos estudos de previsão de séries temporais estejam focados em prever valores exatos no futuro, evidências mostram que esse tipo de problema é mais bem resolvido quando o transformamos em um problema de classificação. Portanto, os autores propuseram um agente de negociação baseado em um *ensemble* de redes neurais artificiais que prevê se uma ação vai aumentar ou cair em vez de prever seus valores futuros. Para validar a eficiência do método proposto em diferentes situações, o algoritmo foi avaliado em dois conjuntos de dados diferentes: os mercados de ações norte-americano e brasileiro. Operações reais foram simuladas nesses mercados e a solução demonstrou capacidade de lucrar em todas as séries temporais testadas.

De acordo com KAMPOURIDIS & OTERO (2015), a previsão financeira é uma área muito importante nas finanças computacionais. Os autores desen-

volveram o *Evolutionary Dynamic Data Investment Evaluator* (EDDIE), um algoritmo de programação financeira que utiliza a programação genética como base. A solução foi aplicada com sucesso em vários conjuntos de dados financeiros internacionais. Segundo os autores, o objetivo principal do trabalho foi melhorar ainda mais o desempenho preditivo do algoritmo, incorporando heurísticas na busca. Para examinar a eficácia de seu desempenho preditivo, a solução foi comparada com os algoritmos (C4.5)¹ QUINLAN (1993) e (RIPPER)² COHEN (1995). Os resultados mostraram que a introdução de heurísticas foi muito bem-sucedida, permitindo que o (EDDIE) superasse o (C4.5) e o (RIPPER). O algoritmo também foi capaz de ter ganhos financeiros na maioria dos conjuntos de dados.

CRUZ et al. (2015) desenvolveram um *ensemble* dinâmico denominado (Meta-DES), apresentando uma nova estrutura de meta-aprendizagem. Os autores propuseram cinco conjuntos distintos de metacaracterísticas, cada uma correspondente a um critério para medir o nível de qualidade de um classificador. As metacaracterísticas foram extraídas dos dados de treinamento e usadas para treinar um metaclassificador. Trinta conjuntos de dados extraídos do repositório (UCI), foram utilizados. Em sua maioria, os resultados apresentados foram promissores e obtiveram ganhos de acurácia em comparação ao *Bagging* e o *AdaBoost*.

PATEL et al. (2015) propuseram um algoritmo que combina três algoritmos em dois estágios: a regressão vetorial de suporte (SVR) DRUCKER et al. (1997) na primeira etapa e, na segunda, uma abordagem de rede neural artificial (RNA), *random forest* (RF) BREIMAN (2001) e (SVR), resultando em modelos de predição de fusão (SVR-ANN, SVR-RF e SVR-SVR). O algoritmo foi testado com dados reais da Bolsa de Valores de Bombaim (BSE), utilizando 10 anos de dados históricos. O desempenho da predição destes modelos híbridos foi comparado com os classificadores isolados (RNA, RF e SVR). Os resultados híbridos mostraram melhor performance.

Em outro trabalho, PIMENTA et al. (2014) apresentaram implementações de algoritmos mono-objetivo e multiobjetivo para a tomada decisão e negociação de ações para a bolsa de valores, denominados *GoldMiner*. Esses algoritmos combinaram a programação genética com os indicadores de análise técnica (médias móveis e índice de força relativa, entre outros), com o intuito de identificar o momento adequado para comprar e vender. Os testes foram realizados com dados históricos da Bolsa de Valores de São Paulo, com quatro ativos, (BOVA11, PETR4, VALE5 e BBAS3). Os resultados mostraram-se promissores, tanto na versão mono quanto na multiobjetivo. Os autores ressaltaram que, mesmo com o mercado em queda, foi possível obter lucro.

Já SEKER et al. (2013) aplicaram um *ensemble* em dados históricos financeiros a fim de encontrar correlação entre séries temporais financeiras e notícias da economia. Os algoritmos combinados foram (C4.5), máquinas de vetores de suporte (SVM) e (KNN). Os resultados mostraram ganhos de 3% na taxa de acerto em comparação com os algoritmos individuais.

Nos diversos trabalhos sobre o tema, muitos direcionados para algoritmos de inteligência computacional, vislumbram-se diversas oportunidades em mercado financeiro, abrindo espaço para explorar tal proposta, trazendo inovação e novas contribuições. O trabalho que mais se assemelha à aborda-

¹(C4.5) é um algoritmo utilizado para criar uma árvore de decisão.

²(RIPPER) é um algoritmo de extração de regras.

gem proposta é o metaclassificador desenvolvido por ARMAKI et al. (2017). Tal trabalho, porém, foi aplicado a conjuntos de dados de análise de crédito, o que difere da abordagem aqui proposta. Além disso, os dados utilizados, extraídos do repositório da (UCI), não pertenciam a um cenário real. Por fim, o metaclassificador utilizado por ARMAKI et al. (2017) foi um *deep belief networks*, cuja escolha não foi justificada pelos autores. Em nosso trabalho, foram analisados sete metaclassificadores, comparados entre eles e com seis classificadores isolados.

Concluimos que avançamos a literatura pois não foram encontrados trabalhos que aplicassem metaclassificadores baseados em inteligência computacional para prever séries temporais financeiras com as características apresentadas e que ainda utilizassem como validação ativos da Bolsa de Valores de São Paulo.

3 Fundamentação Teórica

Nesta seção serão detalhadas abordagens de fundamental importância para o nosso tema de pesquisa, principalmente conceitos básicos em relação a séries temporais financeiras, mercado financeiro e finanças computacionais. Também serão apresentados os algoritmos utilizados em nosso projeto de metaclassificador.

3.1 Séries Temporais

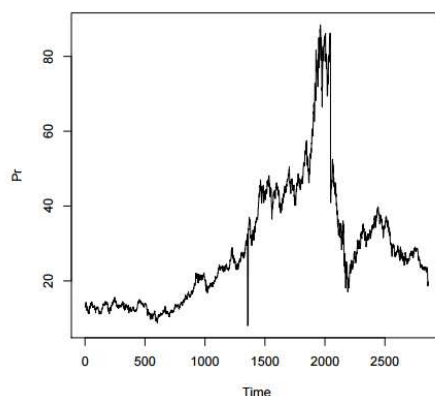
Uma série temporal é uma coleção de observações feitas sequencialmente ao longo do tempo. Esse tipo de dado tem algumas características particulares, dentre elas a dependência das observações vizinhas. As observações correlacionadas são mais difíceis de analisar e requerem técnicas específicas, sendo necessário levar em conta a ordem temporal das observações. Fatores complicadores, como presença de tendências e variação sazonal ou cíclica, podem ser difíceis de estimar ou remover; além disso, a seleção de modelos pode ser bastante complicada, e as ferramentas podem ser de difícil interpretação BOX & JENKINS (1976).

A grande maioria das já tradicionais técnicas de análise de séries temporais é aplicável em diversas áreas, como economia, astronomia, meteorologia etc. Porém, há uma característica fundamental que distingue a análise de séries temporais financeiras: de outra análise de séries temporais: a teoria financeira e suas séries temporais empíricas contêm um elemento de incerteza. A esse elemento convencionou-se chamar de "volatilidade", que pode ser definida de diversas maneiras, mas que não é claramente observada, já que a volatilidade de um ativo financeiro é o potencial de variação dos retornos e, em geral, é quantificada através do desvio-padrão ou variância da série, conforme TSAY (2005). A Figura 1 mostra um exemplo de série temporal financeira.

3.2 Mercado Financeiro

O mercado financeiro é o local onde podem ser negociados (comprados ou vendidos) bens como valores mobiliários, mercadorias e câmbio. A função do mercado é reunir diversos vendedores em um único lugar, tornando seus produtos acessíveis aos compradores interessados. Mercados são considerados como parte vital de qualquer economia, pois, quanto maior a movimentação

Figura 1: Série de preços



destes, mais oportunidades haverá para que compradores apliquem seus recursos e contribuam para o aquecimento da economia ASSAF NETO (2009).

A bolsa de valores é o ambiente de negociação onde os investidores podem comprar e vender títulos por meio da negociação direta, com auxílio ou não de correspondentes de negociação. No caso da bolsa brasileira, a negociação é feita por meio de corretoras BÚSSOLA DO INVESTIDOR (2017)³. No Brasil, a figura da bolsa de valores é representada pela BOLSA BRASIL BALCÃO (2017), dona de duas bolsas: a BM&F, com foco na negociação de produtos agropecuários e instrumentos financeiros; e a BOVESPA, com foco na negociação em ações e opções de ações.

No mercado acionário, o investidor obtém ganhos comprando ações subvalorizadas e vendendo-as em momentos de maior valorização. O lucro do investimento é determinado pela diferença entre o preço de compra e o preço de venda, somado a benefícios, como os dividendos, e descontadas as taxas referentes à transação BÚSSOLA DO INVESTIDOR (2017).

Normalmente, para prever se uma ação se valorizará ou não, os analistas utilizam dois mecanismos de diagnóstico, a análise fundamentalista ou a análise técnica ANGHEL (2013):

- **Análise fundamentalista:** o investidor tem como referência parâmetros que definem a situação financeira da empresa, como lucro líquido, grau de endividamento e distribuição de dividendos, entre outros. Em síntese, a análise fundamentalista parte do princípio de que as ações têm um valor intrínseco, que corresponderia a um preço justo. Esse preço, por sua vez, seria determinado pelo fluxo de rendimentos auferidos pela ação e efetivamente distribuídos em um dado intervalo de tempo, descontando o valor presente.
- **Análise técnica:** concentra-se em informações referentes ao valor da ação e à movimentação de compra e venda em um determinado período. Esse fato permite projetar uma trajetória ou movimentos oscilatórios prováveis do preço das ações. Dar-se-á maior foco a esta abordagem, uma vez que ela é aplicada no trabalho proposto.

³Instituições financeiras que fazem o intermédio de negociação entre os investidores e a bolsa.

Os investidores que utilizam a análise técnica buscam detectar possíveis tendências, uma vez que a análise técnica assume que estas seguem um padrão cíclico NORONHA (2003). Essa detecção geralmente se dá por meio de padrões gráficos.

Com o passar do tempo, esses padrões gráficos foram traduzidos em indicadores numéricos ou lógicos, que facilitam o processamento automático das séries temporais para a identificação de oportunidades. Geralmente, dividem-se os indicadores de análise técnica em BÚSSOLA DO INVESTIDOR (2017):

- **Indicadores de momento:** normalmente indicam os momentos de entrada ou saída de mercado (exemplo: índice de força relativa, taxa de variação).
- **Indicadores de tendência:** fornecem a direção do mercado - subindo ou descendo (exemplo: médias móveis, índice de direção do movimento, convergência e divergência de médias móveis).
- **Indicadores de volatilidade:** mostram se os preços estão muito voláteis, ou seja, sem tendência definida (exemplo: bandas de *Bollinger*, canal de preço, média de amplitude de variação).
- **Indicadores de volume:** são baseados no fato de que o volume normalmente precede o movimento do preço (exemplo: saldo de volume, oscilador de volume).

Em relação a previsões no mercado financeiro, dada a sua complexidade e dinamismo, há um constante debate quanto à possibilidade de prever mudanças de preços em ações. Segundo DE MOURA (2006), os métodos tradicionais de análise (técnica e fundamentalista) não se mostram capazes de identificar as relações não lineares entre as diversas variáveis que compõem o preço de uma ação e os seus movimentos de alta e baixa, sendo necessário o uso de técnicas mais avançadas.

3.3 Ferramentas e Algoritmos

Durante o desenvolvimento deste trabalho, foi utilizada a ferramenta (Weka), agregando diversas técnicas de inteligência computacional que serão detalhadas nas próximas subseções.

(Weka)

Waikato Environment for Knowledge Analysis (Weka) WITTEN et al. (1999) é uma suíte de mineração de dados muito popular no meio acadêmico. Criada nas dependências da Universidade de Waikato, Nova Zelândia, atualmente é mantida por uma comunidade de entusiastas, por ser um software livre disponível sob licença aberta. A ferramenta tem como objetivo agregar algoritmos provenientes de diferentes abordagens/paradigmas da inteligência computacional.

O (Weka) está implementado na linguagem Java, que tem como principal característica a portabilidade. Desta forma, é possível utilizá-lo em diferentes sistemas operacionais, além de aproveitar os principais benefícios da orientação a objetos. A ferramenta também possui quatro tipos de método de aprendizado, como: agrupamento, associação, predição numérica e classificação. Nosso trabalho tem foco em classificação.

Redes Neurais Artificiais

O algoritmo de redes neurais artificiais WIDROW & HOFF (1960), MC CULLOCH & PITTS (1943), HEBB (1949), ASHBY (1960), WIDROW & HOFF (1962), ROSENBLATT (1958), WERBOS (1994) mais utilizado atualmente é o *multilayer perceptron*, que se baseia na aprendizagem por correção de erros RAMOS (2003). Este algoritmo utiliza um tipo de aprendizado supervisionado; quando o valor de saída é gerado, o erro é calculado e seus valores são retro-propagados para entrada, os pesos são ajustados, e os valores são novamente calculados.

Árvore de Decisão (J48) (C4.5)

A árvore de decisão (J48) (C4.5) QUINLAN (1993) é um dos mais clássicos algoritmos de árvore de decisão. Este algoritmo utiliza o método de divisão e conquista para aumentar a capacidade de predição. Assim, sempre usa o melhor passo avaliado localmente, sem se preocupar se esse passo vai produzir a melhor solução. Um problema é dividido em vários subproblemas, sendo criadas subárvores entre a raiz e as folhas.

Máquinas de Vetores de Suporte

As máquinas de vetores de suporte são embasadas pela teoria de aprendizado estatístico, desenvolvida por VAPNIK (1995) a partir de estudos iniciados em VAPNIK & CHERVONENKIS (1971). Esse estudo estabelece uma série de princípios que devem ser seguidos na obtenção de classificadores com boa generalização, que é definida como a capacidade de prever corretamente a classe de novos dados do mesmo domínio em que o aprendizado ocorreu.

Otimização Mínima Sequencial

Proposto por PLATT (1998), o algoritmo de otimização mínima sequencial implementa as máquinas de vetores de suporte e encontra seus vetores resolvendo dois multiplicadores de Lagrange a cada passo. O diferencial da otimização mínima sequencial em relação a outros algoritmos de máquinas de vetores de suporte está em resolver o problema de programação quadrática sem usar métodos numéricos e sem precisar de grande espaço para armazenar uma matriz. O método decompõe o problema em subproblemas e busca resolver o menor problema de otimização possível.

Florestas Aleatórias

Florestas aleatórias (do inglês, *random forest*) é uma técnica de aprendizado de máquina desenvolvida por BREIMAN (2001). Uma floresta aleatória é uma combinação de árvores de decisão em que cada árvore depende dos valores de vetores aleatórios amostrados de forma independente e distribuídos igualmente para todas as árvores na floresta. Nesse método, depois que um determinado número de árvores é gerado, cada uma lança um voto para uma classe do problema, considerando um vetor de entrada. Então, a classe mais votada será escolhida na predição do classificador BREIMAN (2001). Essa técnica permite que se obtenha modelos muito eficazes sem preparação de dados ou conhecimento de modelagem GISLASON et al. (2006).

Redes Bayesianas

Redes *bayesianas* (do inglês, *Bayesian networks*) são modelos de representação do conhecimento que trabalham com o conhecimento incerto e incompleto por meio do teorema de Bayes, publicado pelo matemático em 1763 BAYES (1763) e desenvolvido no início dos anos 1980 por PEARL (1988). Uma rede *bayesianas* também chamada de "rede probabilística" ou "rede causal", pode ser vista como um modelo que utiliza a teoria dos grafos, condições de *Markov* e distribuição de probabilidades para representar uma situação, suas variáveis e estados, e então fazer inferências. A condição de *Markov* afirma que as variáveis não-descendentes não fornecem informações adicionais sobre a variável em questão NEAPOLITAN (2003).

Programação Genética

A programação genética é um método de inteligência computacional que aplica os conceitos da biologia genética, baseados na teoria da seleção natural. Seu paradigma foi desenvolvido por KOZA (1992), com base na técnica de algoritmos genéticos desenvolvida por HOLLAND (1975) e aplicada por GOLDBERG (1989) e BANZHAF et al. (1998). Segundo KOZA (1992), a diferença principal entre algoritmos genéticos e a programação genética está na representação dos indivíduos: enquanto os primeiros codificam os indivíduos em código binário ou real, a segunda codifica os indivíduos na forma de uma árvore. Essa codificação dos indivíduos gera alterações significativas nos operadores genéticos, além de possibilitar grandes benefícios, contendo não somente valores de variáveis, mas também funções.

Multiclassificadores

Sistemas multiclassificadores podem ser definidos como um conjunto de classificadores cujas decisões individuais são combinadas de modo a classificar novas instâncias KUNCHEVA (2004). Entende-se por multiclassificadores: *ensembles*, classificador múltiplo ou comitê.

Estudos como o de DIETTERICH (2000) mostram como multiclassificadores possibilitam um desempenho significativamente superior ao de classificadores individuais. A ideia da multiclassificação é que nenhum método ou sistema pode ser uniformemente superior a outro, e que a integração de diversos métodos individuais melhora o desempenho do classificador final. Em geral, a utilização de multiclassificadores tem a tendência de diminuir a taxa de erro, tornando o classificador final mais preciso DŽEROSKI & ŽENKO (2004). Por esta razão, os métodos inovadores de multiclassificação têm sido cada vez mais pesquisados TAN & GILBERT (2003).

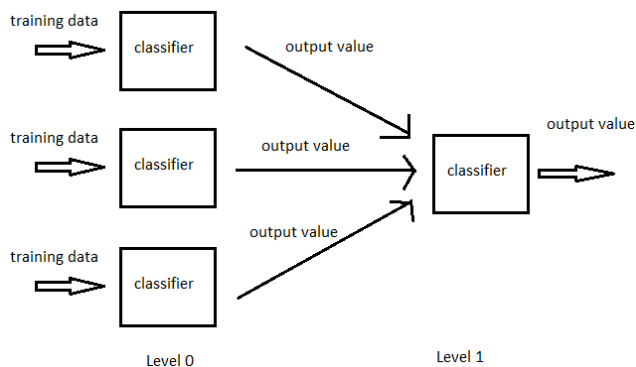
O bom desempenho do sistema baseado em múltiplos classificadores depende dos elementos do conjunto, ou seja, dos componentes do sistema. Um dos problemas citados por HO (2001) é o desafio em recursos computacionais em termos de treinamento.

O conjunto de multiclassificadores pode ser homogêneo ou heterogêneo. No caso de sistemas baseados em múltiplos classificadores homogêneos, são utilizadas as mesmas técnicas para gerar todos os classificadores, com variação de alguns parâmetros do modelo, como o vetor de características. São exemplos: *bagging* por BREIMAN (1996) e *boosting* por SCHAPIRE (1990).

Os sistemas baseados em múltiplos classificadores heterogêneos utilizam algoritmos de aprendizado diferentes para gerar uma combinação. Alguns métodos que se destacam são listados a seguir: *stacking* WOLPERT (1992) e *stackingC* SEEWALD (2002). Iremos detalhar um pouco mais estes dois métodos, uma vez que possuem maior relação com o nosso trabalho:

- **Stacking**: também conhecido em inglês como *stacked generalization* ("generalização empilhada"), considera que um classificador é mais confiável que outro. O método *stacking* tenta aprender qual é o classificador mais confiável e qual a melhor maneira para combinar as suas saídas. *stacking* combina a saída de vários classificadores, que são formados por diferentes algoritmos de aprendizado de máquina, e estas saídas são combinadas por um metaclassificador que gera as saídas com um melhor desempenho. A Figura 2 ilustra a representação deste algoritmo.
- **StackingC**: é uma variação do algoritmo *stacking*. O método *stackingC* (*stacking with Confidences*) remove os atributos que não são relevantes e reduz a dimensão da base de dados antes de utilizá-la como entrada para o metaclassificador. No algoritmo *stackingC*, durante o treinamento e o teste, utiliza-se somente a distribuição parcial de probabilidade da classe associada a cada modelo linear. Quando a base de dados tem atributos irrelevantes, tende a ser melhor que o *stacking* em termos de precisão e de tempo de treinamento.

Figura 2: Representação do algoritmo *stacking*



Embora desenvolvido há alguns anos, o *stacking* e sua variação são menos utilizados do que *bagging* e *boosting*; em parte porque é difícil analisá-lo teoricamente e também porque não há um padrão de algoritmo para implementá-lo. A sua ideia básica pode ser aplicada em muitas variações diferentes. Resumindo, o algoritmo *stacking* tem dificuldades para definir qual metaclassificador é mais apropriado, e quais e quantos classificadores-base devem ser utilizados WITTEN & FRANK (2005). WOLPERT (1992) denomina esta característica como *black art*.

Outros trabalhos na literatura, como o de CAFFÉ et al. (2012), utilizam um número variável de algoritmos-base e, para gerar o metaclassificador, utilizam o algoritmo *naive Bayes* HAND & YU (2001). Visto que, além de simples,

naive Bayes é conhecido por ganhar de métodos de classificação altamente sofisticados, DŽEROSKI & ŽENKO (2004) também recomendam a utilização de algoritmos simples para compor o metaclassificador.

Métricas de Avaliação

Nesta seção serão apresentadas as métricas de avaliação de desempenho dos modelos de inteligência computacional e as métricas de avaliação de risco das estratégias de negociação.

Medidas de Desempenho

As medidas de desempenho têm o objetivo de avaliar a qualidade dos classificadores (preditores) com base em modelos de aprendizado de máquina, sendo constituídas de fórmulas matemáticas e estatísticas ZHANG & ZHOU (2014). Com as predições dos classificadores, é possível extrair a matriz de confusão e gerar as métricas de desempenho e risco.

A matriz de confusão é frequentemente utilizada para organizar e exibir informações que avaliam o desempenho de um algoritmo. Cada coluna da matriz representa as instâncias de uma classe prevista, enquanto cada linha representa os casos em uma classe real. Verdadeiros positivos são exemplos rotulados corretamente como positivos, falsos positivos referem-se a exemplos negativos incorretamente rotulados como positivos; verdadeiros negativos correspondem a negativos rotulados corretamente como negativos e falsos negativos referem-se a exemplos positivos incorretamente rotulados como negativos DAVIS & GOADRIC (2006). A Figura 3 ilustra a matriz de confusão para duas classes.

Figura 3: Matriz de confusão

		Valor Previsto		Total
		p	n	
Valor Real	p'	Verdadeiro Positivo	Falso Negativo	p'
	n'	Falso Positivo	Verdadeiro Negativo	N'
Total		P	N	

As métricas mais utilizadas são a acurácia, a revocação, a precisão, o *F1-score* e a especificidade, detalhadas a seguir:

- **Acurácia:** é a quantidade de amostras positivas e negativas classificadas corretamente dividida pelo total de amostras da série avaliada em percentual, representada pela Equação (1).

$$acuracia = \frac{VP + VN}{VP + FP + VN + FN} \quad (1)$$

- **Precisão:** é a quantidade de amostras positivas classificadas corretamente sobre o total de amostras classificadas como falsas positivas, acrescida das amostras positivas em percentual, representada pela Equação (2).

$$precisao = \frac{VP}{VP + FP} \quad (2)$$

- **Revocação:** é a quantidade de amostras positivas (VP) classificadas corretamente sobre o total de amostras classificadas como falsas negativas mais (VP) em percentual, representada pela Equação (3).

$$revocacao = \frac{VP}{VP + FN} \quad (3)$$

- **F1-score:** é a média harmônica entre a precisão e a revocação, representada pela Equação (4).

$$F1 - score = \frac{2 * precisao * revocacao}{precisao + revocacao} \quad (4)$$

Além das métricas de performance já apresentadas, foram utilizadas também algumas métricas financeiras para a análise dos resultados, visto que em problemas de investimento é importante validar modelos do ponto de vista financeiro, pois estes nem sempre se correlacionam com a qualidade preditiva do modelo. Assim, entende-se que, por vezes, modelos com precisão baixa são capazes de apresentar lucros superiores, desde que sejam capazes de detectar mudanças mais agudas nos preços.

Medidas Financeiras

As métricas financeiras utilizadas serão: o retorno financeiro, o ganho médio, a perda média, e a quantidade de gatilhos de ganho e gatilhos de perda. Também serão apresentadas algumas medidas de risco, que têm a finalidade de avaliar o risco versus o retorno das estratégias de negociação A ERNST (2014) e VARGA (2001) utilizando os indicadores: volatilidade e índice *Sharpe*.

- **Retorno financeiro:** é o percentual de ganho financeiro de um ativo durante um período.
- **Ganho médio:** é o percentual médio de ganho por gatilho.
- **Perda média:** é o percentual médio de perda por gatilho.
- **Volatilidade:** é a medida da taxa de variação de um ativo em um determinado período de tempo, ou seja, é quanto este ativo variou em porcentagem nesse período de tempo. Em resumo, é o desvio-padrão dos retornos dos ativos, conforme a Equação (5).

$$DP = \sqrt{\frac{\sum |x - \bar{x}|^2}{n}} \quad (5)$$

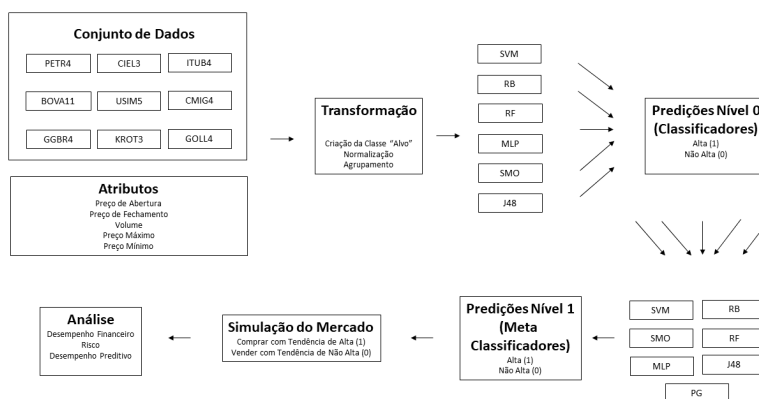
- **Índice Sharpe:** é uma medida de eficiência da relação do risco versus retorno, ou seja, quanto maior é o valor do índice *Sharpe*, mais eficiente é o retorno financeiro (RF) encontrado na estratégia de operação. Para o cálculo deste índice, é subtraído do (RF) o valor da taxa do Certificado de Depósitos Interbancários (CDI)⁴ do período avaliado, e o resultado é dividido pela volatilidade, conforme a Equação (6).

$$Sharpe = \frac{RF - CDI}{Volatilidade} \quad (6)$$

4 Metodologia

Esta seção descreve o método proposto para prever tendências em séries temporais financeiras. Resumidamente, as etapas da metodologia são: a) coleta dos conjuntos de dados históricos de ativos de bolsa de valores da Bolsa de Valores de São Paulo; b) tratamento dos dados; c) treinamento dos classificadores e metaclassificadores; e d) simulação do mercado e análise dos resultados. A Figura 4 ilustra a metodologia proposta.

Figura 4: Metodologia proposta



4.1 Coleta de Dados

Para a coleta das séries temporais financeiras foi utilizado o software *MetaTrader*. METATRADER (2017), que realiza negociações *on-line*, faz análise técnica e utiliza sistemas de *trading* automatizados nos mercados financeiros. O *MetaTrader 5* possui um conjunto de indicadores técnicos que cobrem a maioria das necessidades do *trader* moderno e tem acesso a todo o histórico de cotizações do instrumento financeiro (moedas e ações). O ambiente de desenvolvimento possui como linguagem o *MetaQuotes Language* (MQL), possui diversas funcionalidades e, além disso, é amigável para os desenvolvedores METATRADER (2017). As suas vantagens incluem: uma arquitetura orientada a objetos,

⁴Certificado de Depósitos Interbancários é um valor médio dos juros praticados entre os bancos e serve como uma referência para a economia.

maior velocidade de cálculo, e uma sintaxe semelhante à da linguagem de programação C++ STROUSTRUP (2000).

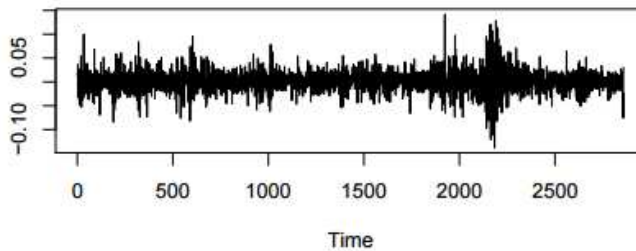
Assim, foi desenvolvido um código, ou *script* (MQL), capaz de capturar os *candles* dos ativos a serem avaliados. Um *script* (MQL) é um programa destinado a uma execução única de qualquer ação. Estes programas também têm acesso a todas as funções analíticas e de negociação. Este *script* possibilita a extração de *candles* de granularidade diária. Os dados extraídos contêm os preços de abertura, fechamento, máximo, mínimo e o volume negociado.

4.2 Pré-Processamento

Séries temporais de preços de ações são sujeitas a uma quantidade considerável de ruído e variação aleatória, o que dificulta a tarefa de previsão. A Figura 1 mostra uma série de preços com nível alto de ruídos.

Segundo TSAY (2005), a maioria dos estudos financeiros, ao invés de utilizar os preços dos ativos, opta por utilizar os retornos financeiros gerados, justificando de dois modos essa utilização: primeiro, as informações de retorno atendem aos interesses de investidores; segundo, as séries de retorno são mais fáceis de manusear do que a série de preços porque possuem propriedades estatísticas mais atraentes. A Figura 5 ilustra uma série de retornos financeiros.

Figura 5: Série de retornos financeiros



THORSTENSEN (1976) atribui a preferência por trabalhar com retornos calculados à diferença dos logaritmos dos ativos, pois a variação no logaritmo do preço pode ser considerada como rendimento produzido pelo ativo em uma capitalização contínua, ao se manter o ativo por um dia; o uso do logaritmo anula o efeito dos níveis de preço, além de produzir uma distribuição estacionária e, para variações menores do que 15%, a variação dos logaritmos dos preços está muito próxima da variação percentual.

Após a coleta dos dados, houve duas etapas de tratamento dos dados. Na primeira, transformamos a série de preços em série de retorno *log*; a Equação (7) mostra este cálculo. A segunda visa retirar os ruídos (*outliers*). Normalizamos a série subtraindo de cada observação a sua média e dividindo pelo seu desvio-padrão, produzindo o *z-score* (Equação (8)), e colocando todos os dados em uma mesma escala.

$$retorno_{log} = \log(p_i) - \log(p_{i-1}) \quad (7)$$

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (8)$$

Conforme apresentado, as séries temporais financeiras passam por constantes mudanças, e seu comportamento é muito influenciado por fatores externos de toda espécie (por exemplo, políticos, locais, ou macroeconômicos); por isso, dificilmente modelos serão capazes de generalizar tal comportamento. Prima-se, portanto, pelo uso de dados recentes na modelagem. Assim, utilizamos o conceito de janela deslizante, segundo o qual a massa de dados de treinamento e teste se move conforme o tempo.

4.3 Classificação e Técnicas de Aprendizado

O metaclassificador proposto (Algoritmo 6) possui em seu conjunto de classificadores seis técnicas de aprendizado de máquina como entrada do algoritmo, a saber: florestas aleatórias (RF), máquinas de vetor de suporte (SVM), redes neurais (MLP), árvore de decisão (J48), otimização mínima sequencial (SMO), e redes bayesianas (BN).

A primeira etapa do algoritmo consistiu em trabalhar os dados. Através de testes preliminares mostrou-se que o *candle* puro (somente com dados de preço), ou seja, sem tratamento, não possui informação que possa contribuir para que os classificadores tenham boa performance. Assim, foi proposta uma fase de qualificação dos dados denominada "etapa de pré-processamento".

No próximo passo, cada classificador isolado é treinado utilizando o conjunto de dados A.

Uma vez que todos os modelos tenham sido treinados, aplicam-se os conjuntos B e C nos modelos, gerando assim dois novos conjuntos B' e C'. Esses conjuntos serão compostos de previsões de cada técnica, gerando cada matriz de 1 (alta) e 0 (não alta).

O próximo passo é treinar novamente todas as técnicas já citadas, mais a programação genética, utilizando o conjunto B' e testando no conjunto C', formando assim nosso conjunto de metaclassificações.

4.4 Simulação do Mercado

Foi desenvolvido um módulo capaz de avaliar a qualidade das estratégias de negociação do tipo *swing trade*⁵. Outra característica do sistema de negociação desenvolvido é a granularidade, uma vez que foram utilizados *candles* diários. A proposta é simples, comprar com previsão de alta e vender com previsão de não alta.

Para maior clareza do funcionamento básico da abordagem, segue o pseudocódigo da estratégia no Algoritmo 6.

4.5 Análise dos Resultados

A etapa da análise de resultados apresenta três análises distintas, consolidadas para cada código de ativo avaliado: análise de estatísticas, de desempenho, e de operação/risco.

⁵É um método de investimento em que as suas aplicações se iniciam e se encerram em poucos dias ou semanas. O objetivo é aproveitar as variações de preços dos ativos negociados no curto prazo.

Figura 6: Algoritmo 1 - Metaclassificador

Entrada: Lista de *candles*, Vetor de *classificadores*, *A*, *B*, *C*
Saída: *ListaMetaPredicoes*

início

```

    para i < classificadores.size() faça
        para j < candles.size() faça
            candles ← preprocessamento(candles);
            A ← candles.get(j, A.size());
            B ← candles.get(j + A.size(), B.size());
            C ← candles.get(j + A.size() + B.size(), C.size());
            modelo ← treinar(classificadores[i], A);
            B' ← classificar (modelo, B);
            C' ← classificar (modelo, C);
            metaModelo ← treinar(classificadores[i], B');
            metaPredicoes ← classificar (metaModelo, C');
            ListaMetaPredicoes.add(metaPredicoes);
            j ← j + A.size() + B.size() + C.size();
        fim
    fim
fim
retorna ListaMetaPredicoes

```

Figura 7: Algoritmo 2 - Pseudocódigo da estratégia “sem stops”

Entrada: *ListaMetaPredicoes*, Lista de *candles*, Vetor de *classificadores*
Saída: Arquivo *LogOperacao* de todos os meta-classificadores.

posicao ← *vendido*;

início

```

    para i < classificadores.size() faça
        sinaisPredicao ← obterPredicoes(classificadores.get(i));
        para j < sinaisPredicao faça
            se posicao = vendido então
                se sinaisPredicao[j] = 1 então
                    comprar (candles.getPrecoFechamento(D + 1));
                    posicao ← comprado;
                fim
            fim
            senão
                se sinaisPredicao[j] = 0 então
                    vender (candles.getPrecoFechamento(D + 1));
                    posicao ← vendido;
                fim
            fim
            calcular(LogOperacao[i, j]);
        fim
        gravar (LogOperacao[i, j]);
    fim
fim
retorna LogOperacao

```

A análise estatística apresenta a caracterização da amostra de cada código de ativo e é composta pela distribuição dos dados em relação aos períodos de treino e teste da série temporal avaliada, contemplando os seguintes indicadores:

- quantidades de dias avaliados da série;
- preço inicial do código de ativo;
- preço final do código de ativo; e
- percentual de dias em que ocorreram altas e não altas.

A análise de desempenho avalia os modelos de aprendizado de máquina através das métricas com a finalidade de medir as taxas de desempenho dos modelos de previsão (classificadores) durante a simulação realizada:

- **Acurácia** (Equação (1));
- **Precisão** (Equação (2));
- **Revocação** (Equação (3));
- **F1-score** (Equação (4)); e

Para análise financeira foram utilizadas as seguintes métricas:

- **Percentuais de:** dias positivos, dias negativos, perda, ganho e retorno total;
- **Índice Sharpe:** avalia a rentabilidade e o risco de um investimento, sendo fundamental para mensurar o quanto de retorno excedente em relação a um ativo livre de risco é compensado através de seu nível de risco.
- **Drawdown:** é o percentual de queda a partir do ponto máximo de retorno financeiro cumulativo, *drawdown* máximo é o percentual máximo de queda em uma determinada série de dados.

Todas as métricas, sejam elas de performance ou financeiras, são comparadas entre os classificadores isolados, os metaclassificadores, alguns *baselines* e *benchmarks* do período.

Dentre os *baselines* estão:

- **Buy-and-hold:** assumir posição de compra no período t_1 e fechar a posição em t_n .
- **Random:** modelo que sorteia a operação de compra ou venda aleatoriamente.
- **Estratégia inversa:** operar realizando a ação contrária ao que o modelo previsor indica.

Já os *benchmarks* são:

- **Certificados de Depósitos Interbancários (CDI):** é uma média dos juros praticados entre os bancos e serve como uma referência para o preço do dinheiro na economia, pois é utilizada como *benchmark* em muitos investimentos ELEVEN FINANCIAL (2017);
- **Índice Geral de Preços do Mercado (IGP-M):** é o indicador de movimento dos preços calculado mensalmente pela Fundação Getúlio Vargas e divulgado no final de cada mês de referência, sendo utilizado para o reajuste dos aumentos da energia elétrica e dos contratos de aluguel ADVFN (2010);
- **Dólar:** é a moeda oficial dos Estados Unidos e utilizada no mundo inteiro, tanto em reservas internacionais, como em livre circulação em alguns países.

Combinando algoritmos de aprendizado de máquina, o propósito desta etapa é avaliar a viabilidade e o grau de risco de investimento das estratégias de operação, bem como a possibilidade de aplicar estas estratégias em um cenário real no mercado financeiro.

5 Experimentos e Resultados

Como visto anteriormente, neste trabalho investiga-se o uso de metaclassificadores para a previsão de séries temporais financeiras. Nesta seção serão apresentados os conjuntos de dados, as parametrizações utilizadas na instânciação dos testes e, por fim, os resultados. Para a aplicação e validação da metodologia, foram utilizados nove conjuntos de dados históricos da Bolsa de Valores de São Paulo.

Os códigos de ativos analisados nos experimentos são de empresas que compõem o Índice Bovespa (Ibovespa). Esses ativos foram escolhidos por possuírem uma maior representatividade em relação ao volume negociado, representando diferentes setores da economia, como petróleo e gás, mineração, bancos, siderurgia, aviação e educação:

- **Petrobrás (PETR4):** ações da Petróleo Brasileiro S.A. A empresa de capital aberto cujo acionista majoritário é o Governo Federal, sendo, portanto, uma empresa estatal de economia mista⁶.
- **Cielo (CIEL3):** ações da Cielo (antiga Visanet Brasil), empresa brasileira que atua como adquirente multibandeira. É uma das responsáveis pela captura, transmissão e liquidação financeira de transações com cartões de crédito e débito⁷.
- **Itaú Unibanco (ITUB4):** ações da empresa Itaú Unibanco, banco brasileiro fundado em 4 de novembro de 2008 mediante a fusão de duas das maiores instituições financeiras do país, o *holding* Itaú Bancos e Unibanco⁸.

⁶<http://www.petrobras.com.br/>

⁷<http://www.cielo.com.br/>

⁸<http://www.itaubancos.com.br/>

- **Índice Bovespa (BOVA11)**: o objetivo do fundo é obter uma performance próxima à do próprio Índice Bovespa. Vários investidores unidos investem nesse fundo, que utiliza todo o recurso para comprar ações exatamente nas mesmas proporções do índice.
- **Usiminas (USIM5)**: empresa do setor siderúrgico, líder na produção e comercialização de aços planos laminados a frio e a quente, bobinas, placas e revestidos, destinados principalmente aos setores de bens de capital e bens de consumo da linha branca, além da indústria automotiva⁹.
- **Companhia Energética de Minas Gerais (CMIG4)**: uma das principais concessionárias de energia elétrica do Brasil. Tem sede na cidade de Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais¹⁰.
- **Gerdau (GGBR4)**: também referida como Grupo Gerdau, é uma empresa siderúrgica brasileira regida sob a forma jurídica de sociedade anônima. Possui operações industriais em 11 países nas Américas, na Europa e na Ásia, as quais somam uma capacidade instalada superior a 25 milhões de toneladas de aço bruto por ano¹¹.
- **Kroton Educacional (KROT3)**: a maior empresa privada do mundo no ramo da educação. É a maior empresa brasileira no segmento de ensino superior para o número de alunos e de receita¹².
- **Gol Linhas Aéreas Inteligentes (GOLL4)**: maior companhia aérea do Brasil em número de passageiros, tendo 36% de participação do mercado doméstico¹³.

Além dos experimentos mencionados nesta seção, foram realizados diversos outros, utilizando configurações e parametrizações diferentes nos algoritmos, com o intuito de testar diferentes variantes até chegar ao modelo atual, que é resultado da melhor configuração encontrada.

5.1 Caracterização e Análise dos Dados

Foram coletados dados de *candles* diários de agosto de 2015 a agosto de 2016. A Tabela 2 detalha informações de preço dos ativos utilizados. A Figura 8 mostra a evolução dos preços durante este período. Em geral, as séries de preços apresentam uma alta volatilidade. É interessante observar que em quase todos os ativos, entre o 100º dia e o 150º dia da série, houve pontos de menor preço. Segundo Almeida (2016), este fato aconteceu devido ao caos político e econômico, que fez o país perder a confiança dos investidores nacionais e internacionais.

Avaliando a proporção das classes (Figura 9), é possível verificar que a distribuição é bastante balanceada para os ativos selecionados. Na maioria dos casos, o número de instâncias de classe de alta é ligeiramente superior ao de não alta.

⁹<http://www.usiminas.com.br/>

¹⁰<http://www.cemig.com.br/>

¹¹<http://www.gerdau.com.br/>

¹²<http://www.kroton.com.br/>

¹³<http://www.voegol.com.br/>

Figura 8: Série de preços de fechamento original

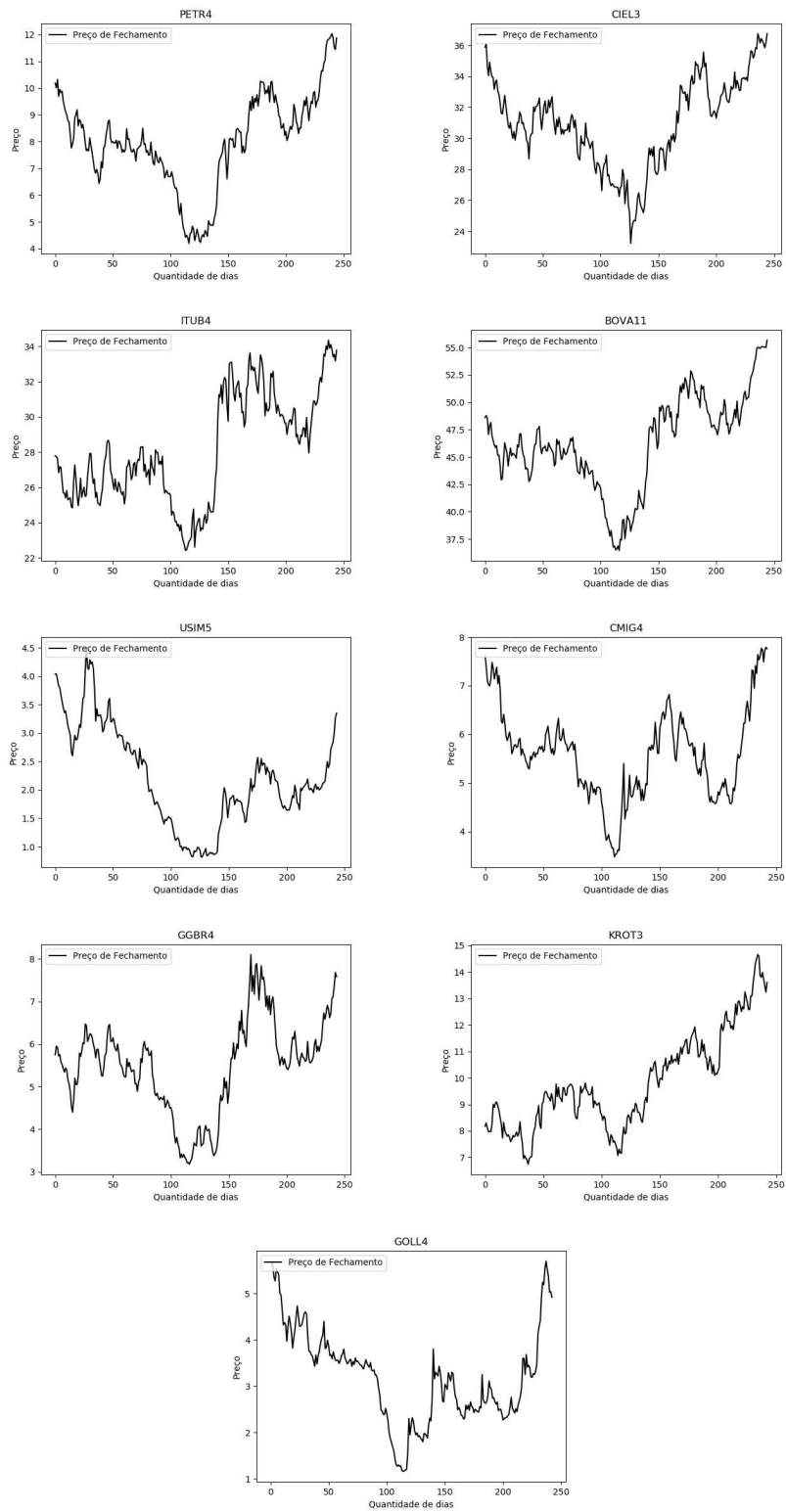
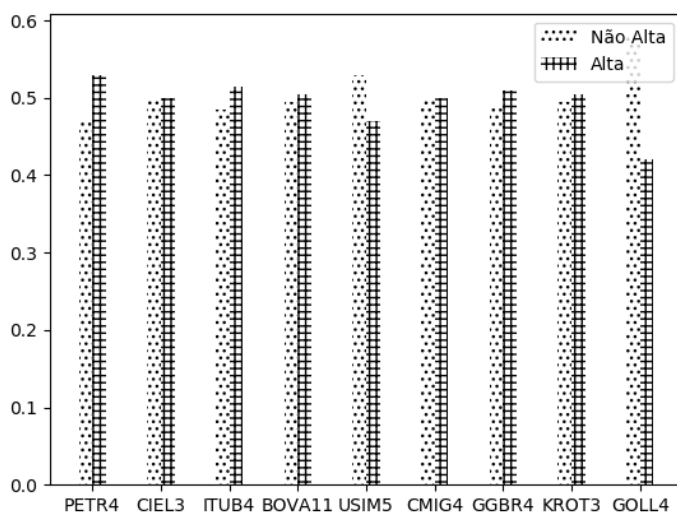


Tabela 2: Valor de mercado de ativos entre agosto de 2015 e agosto de 2016

Ativo	Quantidade de Dias	Preço Inicial	Preço Final	% Não Alta	% Alta
PETR4	244	R\$ 10,18	R\$ 11,87	47%	53%
CIEL3	244	R\$ 35,88	R\$ 36,75	50%	50%
ITUB4	244	R\$ 27,79	R\$ 33,78	48%	52%
BOVA11	244	R\$ 48,59	R\$ 55,68	49%	51%
USIM5	244	R\$ 4,04	R\$ 3,35	53%	47%
CMIG4	244	R\$ 7,62	R\$ 7,76	50%	50%
GGBR4	244	R\$ 5,75	R\$ 7,58	49%	51%
KROT3	244	R\$ 8,17	R\$ 13,61	49%	51%
GOLL4	244	R\$ 5,67	R\$ 4,92	58%	42%

Figura 9: Distribuição das classes por ativo

Com o intuito de comparar os resultados financeiros, também foram coletados alguns indicadores de mercado (*benchmarks*). A Tabela 3 apresenta os *benchmarks* do período avaliado, contendo: CDI, IGP-M, dólar e ouro.

Tabela 3: *Benchmarks*

CDI	IGP-M	Dólar	Ouro
19,27%	11,60%	29,70%	17,83%

5.2 Instanciação dos Algoritmos

Para executar a solução proposta, foi necessário instanciar todos os classificadores e o metaclassificador. Os algoritmos (SVM), (RF), (MLP), (J48), (SMO) e (BN) foram utilizados com a parametrização-padrão do (Weka).

Para a programação genética, foram aplicados os seguintes parâmetros: tamanho da população de 500 indivíduos, seleção por torneio. Os operadores genéticos de cruzamento e mutação apresentaram taxas de 85% e 15%, respectivamente. Os nós não terminais foram formados pelo operador *AND* e na função de *fitness* utilizamos a acurácia.

Após várias simulações com alternância de diversos parâmetros com o objetivo de melhorar a performance do arcabouço, os dados foram calibrados de acordo com a Tabela 4, onde a coluna “Resultado” apresenta a configuração final utilizada nos experimentos. Foram realizadas 30 execuções por ativo.

Em resumo, o metaclassificador foi inicializado com os sete algoritmos já citados. Os conjuntos de treinamento e testes foram divididos em três subconjuntos em uma janela deslizante: o conjunto *A* tem tamanho de 20 *candles*; o conjunto *B*, de 10; e o conjunto *C*, também 10.

Para as estratégias de negociação, aquelas que possuem *stops*, utilizamos os percentuais de 2% e 3% para *gain* e *loss*, respectivamente.

Tabela 4: Intervalo de parâmetros de calibração do metaclassificador

Parâmetros	Variação	Resultado
Quantidade de conjuntos	[2; 3]	3
Conjunto A	[5; 50]	20
Conjunto B	[5; 50]	10
Conjunto C	[1; 30]	10
<i>Stop Loss</i>	[1; 5]	2%
<i>Stop Gain</i>	[1; 5]	3%
Estratégia	[1; 7]	1

5.3 Avaliação dos Modelos e Estratégias

Diante do grande volume de informações, é muito importante selecionar os resultados de quais modelos e de quais estratégias apresentar. Desta forma,

após a calibração dos parâmetros do metaclassificador e sua execução, os resultados gerados como saída do arcabouço são a combinação dos seguintes dados:

- Ativos: nove ativos da Bolsa de Valores de São Paulo;
- Modelos: treze modelos preditivos (seis classificadores isolados + sete metaclassificadores);
- Estratégias: sete estratégias de simulação do mercado;
- Medidas: onze medidas de desempenho.

Assim, através da Equação (9), é possível apresentar a quantidade total de indicadores gerados para avaliar os resultados. Neste caso, são gerados 9009 indicadores, o que torna a análise impraticável caso não sejam definidos critérios e filtros de avaliação.

$$\text{indicadores} = \text{ativos} \times \text{modelos} \times \text{estrategias} \times \text{medidas} \quad (9)$$

Para filtrar e diminuir as possibilidades de combinações com os modelos de previsão de tendências propostos na apresentação dos resultados, foram definidos quatro filtros macro:

- **Estratégia:** o objetivo deste filtro é utilizar a melhor estratégia de simulação do mercado do arcabouço.
- **Percentual médio de retorno financeiro:** entre todas as informações de um investimento, uma das mais relevantes para qualquer investidor é o retorno financeiro. Este filtro tem como objetivo selecionar os modelos que possuem percentual positivo médio de retorno para todos os ativos e com retornos financeiros superiores ao CDI, IGP-M, dólar e ouro, conforme a Tabela 3
- **Acurácia média:** este filtro permite selecionar os modelos que apresentem resultados de acurácia acima dos 50%. Esta métrica foi utilizada como filtro, pois as estratégias de simulação apresentadas utilizam os sinais de compra e venda dos modelos, ou seja, é necessário utilizar a predição tanto de “alta” quanto de “não alta”. Além disso, os conjuntos de dados utilizados são balanceados, o que permite utilizar esta medida como desempenho geral do modelo.
- **Percentual médio de retorno financeiro entre o melhor classificador isolado e o melhor metaclassificador:** o intuito deste critério é demonstrar e selecionar o melhor classificador isolado e o melhor metaclassificador com o objetivo de explorar e aprofundar com mais detalhes apenas os resultados deste filtro.

A Tabela 5 apresenta os resultados simulados de retorno financeiro de todos os modelos para todos os ativos. Os resultados foram agrupados por classificador com o intuito de facilitar a visualização. Cada classificador possui também um metaclassificador, com exceção da programação genética, cujos resultados podem ser visualizados na Tabela 7.

Com o objetivo de facilitar também a identificação do melhor modelo para cada ativo entre os grupos, as colunas com melhor resultado por ativo foram destacadas em negrito; e para identificar o melhor modelo entre todos os ativos, a coluna com o melhor modelo foi sublinhada. A Tabela 6 apresenta os resultados de acurácia com as mesmas características de visualização, porém, neste caso, os resultados sublinhados são aqueles superiores a 50% de acordo com o filtro definido na etapa de seleção dos classificadores.

Ao verificar individualmente os resultados de cada ativo, é visivelmente clara certa superioridade em retornos financeiros dos metaclassificadores em grande parte dos ativos. Outro resultado interessante é que os metaclassificadores são superiores em todos os retornos financeiros médios. Também é possível visualizar o mesmo comportamento na acurácia.

Após a apresentação destes resultados, foi realizada cada etapa dos filtros elaborados. O primeiro filtro foi definido durante a etapa de calibragem do arcabouço; assim, identificou-se que, apesar de sua simplicidade, a Estratégia 1 demonstrou melhores retornos financeiros em todos os ativos quando comparada às demais estratégias. O segundo filtro mostrou-se arrojado e proporcionou uma seleção rigorosa; foram selecionados somente os modelos com percentuais de retorno financeiro positivos e com retornos acima dos índices de mercado CDI, IGP-M, ouro, dólar. Foram selecionados todos os metaclassificadores e apenas um classificador isolado, no caso, a (MLP) com retorno financeiro médio de 30,87% no período. Ao aplicar o quarto filtro, temos como resultado os melhores modelos de cada grupo. Representando os classificadores isolados, selecionou-se a (MLP); e representando os metaclassificadores, o (Meta-RF) obteve melhor performance. A Tabela 8 compara os resultados desse último filtro.

Com a execução dos filtros, o objetivo de trabalhar com um conjunto de resultados reduzido foi cumprido, sem perder informação e qualidade para uma análise mais criteriosa dos resultados. Nas próximas seções serão apresentados de forma mais substancial e com mais profundidade os resultados desses dois modelos selecionados.

5.4 Avaliação da Viabilidade dos Custos Operacionais

Na simulação de estratégias de negociação, um ponto muito importante são os custos operacionais, visto que um modelo de previsão pode até ter retornos financeiros positivos. Porém, caso o custo operacional seja maior do que o ganho bruto, toda uma estratégia de operação pode ser inviabilizada.

Assim, para todas as simulações realizadas neste trabalho foram contabilizados os custos das operações, contemplando o Imposto de Renda recolhido na fonte pela Bovespa, o Imposto de Renda recolhido pelo investidor sobre o lucro, a taxa de corretagem sobre as ordens de compra e venda, o Imposto Sobre Serviços sobre o valor da taxa de corretagem e os emolumentos sobre o valor investido. Devido ao fato de muitas corretoras isentarem seus clientes da taxa de custódia, esta não foi acrescentada nos custos das transações.

A Tabela 9 apresenta os custos operacionais de forma detalhada, acrescidos de três exemplos de lucro bruto (R\$100,00, R\$1.000,00 e R\$10.000,00), o que torna evidente o fato de que, quanto maior for o valor investido, menor será o custo operacional relativo, com exceção da tributação do Imposto de Renda, que é um valor fixo de 20,00% sobre o ganho de capital para transações de

Tabela 5: Comparação de retorno financeiro entre pares de classificadores e metaclassificadores

Algoritmo	BOVA11	CIEL3	ITUB4	PETR4	USIM5	CMIG4	GGBR4	KROT3	GOLL4	Média
SVM	-6,42%	7,69%	27,31%	-9,82%	14,53%	12,19%	29,00%	47,52%	-3,03%	13,22%
Meta-SVM	58,89%	35,41%	45,74%	28,47%	74,23%	49,63%	61,41%	37,97%	67,28%	51,00%
RF	-5,14%	-1,60%	15,17%	13,24%	71,17%	33,82%	32,19%	84,54%	-12,15%	25,70%
Meta-RF	29,24%	41,23%	56,42%	55,49%	139,84%	86,38%	50,22%	60,93%	57,24%	64,11%
MLP	3,78%	-12,02%	7,29%	21,58%	79,01%	0,84%	17,55%	64,78%	71,13%	28,21%
Meta-MLP	18,67%	30,77%	37,28%	48,37%	90,77%	31,38%	-3,90%	23,07%	37,22%	34,85%
J48	-2,78%	-26,92%	27,15%	42,79%	74,09%	53,46%	9,30%	10,78%	17,00%	22,77%
Meta-J48	19,85%	25,98%	47,74%	17,43%	138,73%	9,04%	34,23%	26,10%	128,42%	49,73%
SMO	5,57%	9,36%	34,81%	16,51%	19,98%	15,17%	26,07%	25,98%	-5,85%	16,40%
Meta-SMO	22,24%	34,28%	32,00%	21,13%	165,00%	55,62%	13,89%	95,32%	79,99%	57,72%
BN	-11,18%	-6,22%	42,16%	-5,57%	35,80%	-6,79%	37,78%	47,20%	15,65%	16,54%
Meta-BN	17,58%	55,06%	19,65%	11,52%	48,74%	17,38%	33,97%	28,60%	70,06%	33,62%

Tabela 6: Comparação da acurácia dos modelos preditivos

Algoritmo	Acurácia									
	BOVA11	CIEL3	ITUB4	PETR4	USIM5	CMIG4	GGBR4	KROT3	GOLL4	Média
SVM	47,50%	45,00%	45,50%	48,50%	52,00%	49,00%	51,50%	53,00%	56,50%	49,83%
RF	44,00%	43,00%	50,50%	55,50%	57,50%	47,50%	53,00%	54,00%	53,50%	50,94%
MLP	45,00%	44,50%	51,00%	54,50%	55,00%	49,00%	50,00%	56,50%	52,00%	50,83%
J48	44,50%	42,50%	51,50%	49,50%	51,00%	46,00%	47,00%	47,50%	55,00%	48,28%
SMO	49,50%	48,50%	50,00%	54,50%	52,50%	50,00%	51,00%	49,50%	52,00%	50,83%
BN	45,00%	44,50%	50,50%	50,50%	51,50%	51,00%	52,50%	51,50%	57,00%	50,44%
Meta-GP	56,60%	51,22%	46,92%	48,30%	50,98%	49,74%	49,79%	53,71%	57,84%	51,68%
Meta-SVM	56,00%	54,00%	51,50%	50,50%	56,50%	53,50%	54,00%	56,00%	57,00%	54,33%
Meta-RF	56,50%	53,00%	53,50%	48,00%	56,50%	54,00%	53,50%	56,00%	53,50%	53,83%
Meta-MLP	50,50%	51,00%	51,50%	51,00%	54,50%	53,50%	50,00%	52,00%	52,00%	51,78%
Meta-J48	49,50%	50,50%	53,50%	47,50%	55,00%	50,00%	52,00%	54,50%	58,00%	52,28%
Meta-SMO	49,00%	52,00%	50,00%	56,50%	58,00%	54,00%	50,00%	56,50%	54,50%	53,39%
Meta-BN	47,00%	55,00%	49,00%	55,50%	56,00%	47,00%	49,50%	53,50%	57,00%	52,17%

Tabela 7: Comparação de retorno financeiro entre melhor classificador com Meta-GP

Algoritmo	BOVA11	CIEL3	ITUB4	PETR4	USIM5	CMIG4	GGBR4	KROT3	GOLL4	Média
MLP	3,78%	-12,02%	7,29%	21,58%	79,01%	0,84%	17,55%	64,78%	71,13%	28,21%
Meta-GP	36,18%	23,04%	32,61%	42,77%	51,20%	-0,07%	37,03%	52,76%	141,84%	<u>46,37%</u>

Tabela 8: Comparação de retorno financeiro entre melhor classificador com metaclassificador

Algoritmo	BOVA11	CIEL3	ITUB4	PETR4	USIM5	CMIG4	GGBR4	KROT3	GOLL4	Média
MLP	3,78%	-12,02%	7,29%	21,58%	79,01%	0,84%	17,55%	64,78%	71,13%	28,21%
Meta-RF	29,24%	41,23%	56,42%	55,49%	139,84%	86,38%	50,22%	60,93%	57,24%	<u>64,11%</u>

compra e venda no mesmo dia, e 15% sobre os lucros de operações de mais de um dia.

Segundo o site da Bolsa de Valores de São Paulo, no Brasil há 87 corretoras ativas. Contudo, cada uma utiliza uma taxa de corretagem diferente, e há corretoras que não cobram essas taxas¹⁴. Desta forma, como os custos operacionais não são padronizados, optou-se por utilizar o custo operacional de 20,59% apresentado na Tabela 9, visto que o capital inicial das simulações foi de R\$10.000,00. Entende-se desta forma que o arcabouço demonstra certa compatibilidade com o mercado real sobre os custos para este cenário, com uma margem de erro prevista.

Tabela 9: Exemplos de custos operacionais

	Lucro Bruto		
	R\$ 100,00	R\$ 1.000,00	R\$ 10.000,00
IR na fonte (0,50%)	R\$ 0,50	R\$ 5,00	R\$ 50,00
IR recolhido pelo investidor (20,00%)	R\$ 20,00	R\$ 200,00	R\$ 2.000,00
Corretagem por ordem (2,50)	R\$ 5,00	R\$ 5,00	R\$ 5,00
ISS sobre a corretagem (12,00%)	R\$ 0,60	R\$ 1,20	R\$ 1,20
Emolumentos (0,025%)	R\$ 0,03	R\$ 0,25	R\$ 2,50
Custo da operação (R\$)	R\$ 26,13	R\$ 211,45	R\$ 2.058,70
Custo da operação (%)	26,13%	21,15%	20,59%
Custo da operação sem IR (%)	6,13%	1,15%	0,59%
Lucro líquido sem IR (%)	93,88%	98,86%	99,41%
Lucro líquido (%)	73,88%	78,86%	79,41%
Lucro líquido (R\$)	R\$ 73,88	R\$ 788,55	R\$ 7.941,30

5.5 Resultados Experimentais

Nesta seção serão apresentados os resultados experimentais detalhados das duas técnicas selecionadas para avaliação e comparação: (MLP) e (Meta-RF). Os resultados dizem respeito a simulações realizadas levando-se em conta 244 dias de pregão dentro do período de agosto de 2015 a agosto de 2016, em nove conjuntos de dados de nove ativos distintos da Bolsa de Valores de São Paulo. Em todos os experimentos foram utilizados investimentos iniciais de R\$ 10.000,00, com todos os custos operacionais já considerados nos retornos financeiros.

A Tabela 11 apresenta os resultados simulados do melhor metaclassificador (Meta-RF); já a Tabela 12 apresenta os resultados simulados do melhor classificador isolado (MLP). Entende-se que com essas duas tabelas é possível compará-los e demonstrar características relevantes dos dois modelos de previsão.

Ao avaliar os nove ativos selecionados e comparar os retornos financeiros acumulados, o metaclassificador teve melhor performance em sete oportuni-

¹⁴<https://www.clear.com.br/>

dades, perdendo somente nos ativos KROT3 e GOLL4. Com grande destaque para os ativos BOVA11, CIEL, ITUB4, USIM5, CMIG4. Os resultados são interessantes, visto que, dentre os destaques, o metaclassificador supera o classificador isolado em mais de 100% de média. Nota-se que para o ativo ITUB4 o metaclassificador foi superior em 611%.

Para cada um dos ativos, os resultados são apresentados também nas Figuras 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19; nos Apêndices, onde são comparados os retornos financeiros acumulados, os *drawdowns* e o *boxplot* dos retornos.

Nesta mesma métrica de retorno financeiro, o metaclassificador e o classificador isolado foram comparados com três *baselines*: *buy-and-hold*, aleatório e estratégia inversa, conforme a Tabela 13. Ao avaliar a estratégia *buy-and-hold* dos nove ativos, apenas para KROT3 o metaclassificador não foi superior. Neste caso, a série de preços possui uma característica de forte tendência de alta, conforme a Figura 8. Logo, é mais frequente encontrar este comportamento em cenários de tendência de grandes altas, quando a estratégia *buy-and-hold* demonstra-se superior aos modelos de previsão. Já para os demais *baselines*, o metaclassificador foi melhor em todos os ativos.

O classificador isolado não obteve resultados satisfatórios nesta comparação; por diversas vezes foi pior que os *baselines*, como no caso dos ativos BOVA11, CIEL3, ITUB4 e PETR4.

Nas demais métricas financeiras também é possível verificar certa superioridade do metaclassificador, como é no caso do ganho médio, da perda média e *drawdown*. Nota-se que quando o metaclassificador ganha, ganha-se mais, e quando perde, perde-se menos do que no classificador isolado. É muito importante considerar também o *drawdown*; a Tabela 10 demonstra bem o quanto é difícil recuperar perdas. Neste aspecto o metaclassificador apresentou melhor performance também com um *drawdown* médio dos ativos de -18,98%, enquanto o classificador isolado obteve -22,13%.

A predominância do metaclassificador também é caracterizada nas medidas de desempenho dos modelos (acurácia, revocação, especificidade, *F1-score* e precisão).

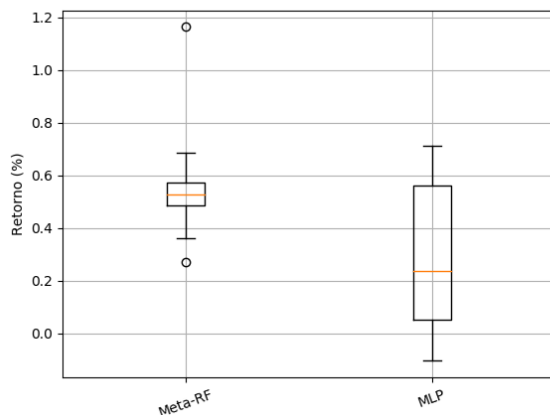
Tabela 10: Referência de *drawdown*

% Capital Perdido	% Capital Requerido para Recuperar
10%	11.11%
20%	25.00%
30%	42.85%
40%	66.66%
50%	100%
60%	150%
70%	233%
80%	400%
90%	900%
100%	Falência

Por fim, dentro da análise das métricas financeiras, foi feita uma comparação da dispersão de todos os retornos financeiros acumulados, conforme a Figura 10, que mostra o melhor desempenho do metaclassificador. Também foi aplicado o teste *t* de STUDENT (1908) e através do p-valor de 0,04015,

o metaclassificador mostrou diferença estatística significativa, possibilitando concluir que o metaclassificador é melhor que o classificador isolado.

Figura 10: Comparação de dispersão geral dos retornos financeiros



6 Conclusão

Este artigo apresentou uma pesquisa que teve por objetivo principal desenvolver um método para prever séries temporais financeiras utilizando um metaclassificador que apresentasse boa performance financeira a partir de suas previsões. O objetivo proposto foi alcançado, uma vez que, de forma geral, o metaclassificador apresentou melhores resultados que os *baselines* e os métodos concorrentes.

Todo o arcabouço projetado foi implementado na plataforma (Weka). Durante o desenvolvimento, diversas versões foram criadas e algumas das informações produzidas acabaram por não figurar no texto final, visto que várias destas não faziam parte diretamente do escopo final do projeto. No entanto, todas estas etapas influenciaram positivamente em diversos momentos quanto às decisões de implementação.

Inicialmente, foram investigados diversos trabalhos relacionados ao tema da previsão de séries temporais financeiras. Através de uma Revisão Sistemática da Literatura, percebeu-se que o tema em questão é de grande interesse não só para a área acadêmica, mas também para o mercado financeiro. Não foram encontrados trabalhos que utilizassem metaclassificadores com as características implementadas para este cenário proposto, o que motivou ainda mais o desenvolvimento desta pesquisa.

Desta forma, foi desenvolvido um metaclassificador baseado em sete técnicas de inteligência computacional para descobrir tendências em séries financeiras: programação genética, máquinas de vetor de suporte, florestas aleatórias, redes neurais, árvore de decisão, otimização mínima sequencial e redes bayesianas, o que percebemos como um grande diferencial deste trabalho.

Tabela 11: Resultados metaclassificador - Meta-RF

Técnica	Meta-RF								
Ativo	BOVA11	CIEL3	ITUB4	PETR4	USIM5	CMIG4	GGBR4	KROT3	GOLL4
% Retorno Financeiro	27,20%	36,13%	52,62%	52,98%	116,37%	68,62%	48,51%	50,57%	57,12%
Max Drawdown	-11,54%	-10,26%	-14,82%	-22,40%	-29,59%	-18,62%	-28,80%	-9,69%	-25,06%
Volatilidade	2,52%	2,94%	7,85%	6,26%	14,18%	5,29%	6,72%	3,26%	6,59%
Índice Sharpe	6,83	8,87	5,42	6,86	7,5	11,07	5,73	12,43	7,14
% Perda Média	-1,52%	-2,08%	-2,17%	-4,14%	-5,15%	-3,21%	-4,08%	-2,33%	-3,67%
% Ganho Médio	3,41%	2,44%	4,26%	6,28%	11,90%	5,31%	6,22%	3,61%	7,97%
% Dias Positivo	8,00%	12,50%	10,00%	9,50%	9,00%	11,00%	8,50%	12,50%	7,50%
% Dias Negativo	9,00%	6,00%	7,50%	8,00%	9,50%	7,50%	7,00%	8,50%	8,50%
% Gatilhos Positivos	23,53%	33,78%	28,57%	26,39%	23,68%	29,73%	27,42%	29,76%	22,73%
% Gatilhos Negativos	26,47%	16,22%	21,43%	22,22%	25,00%	20,27%	22,58%	20,24%	25,76%
Acurácia	56,50%	53,00%	53,50%	48,00%	56,50%	54,00%	53,50%	56,00%	53,50%
Precisão	56,36%	52,88%	54,39%	51,06%	53,68%	54,26%	55,42%	56,57%	41,51%
Revocação	61,39%	55,00%	60,19%	45,28%	54,26%	51,00%	45,10%	55,45%	26,19%
Especificidade	51,52%	51,00%	46,39%	51,06%	58,49%	57,00%	62,24%	56,57%	73,28%
F1	58,77%	53,92%	57,14%	48,00%	53,97%	52,58%	49,73%	56,00%	32,12%

Tabela 12: Resultados classificador - MLP

Técnica	MLP								
Ativo	BOVA11	CIEL3	ITUB4	PETR4	USIM5	CMIG4	GGBR4	KROT3	GOLL4
% Retorno Financeiro	4,90%	-10,44%	8,60%	28,47%	63,37%	5,33%	23,67%	56,10%	71,13%
Max Drawdown	-10,95%	-20,70%	-12,39%	-30,03%	-14,61%	-25,77%	-29,78%	-18,50%	-36,40%
Volatilidade	2,23%	3,26%	2,58%	6,39%	4,93%	4,62%	5,98%	5,54%	14,10%
Índice Sharpe	-2,28	-6,26	-0,54	2,89	10,82	-1,008	2,28	8,32	5,75
% Perda Média	-1,50%	-2,20%	-2,28%	-4,57%	-4,03%	-3,57%	-3,50%	-2,95%	-3,71%
% Ganho Médio	2,08%	2,22%	1,71%	5,21%	5,13%	4,04%	5,60%	5,20%	12,72%
% Dias Positivo	9,50%	10,00%	14,50%	11,50%	10,50%	9,50%	9,00%	10,50%	6,50%
% Dias Negativo	11,50%	12,50%	9,00%	10,00%	5,50%	10,00%	11,00%	9,00%	10,00%
% Gatilhos Positivos	22,62%	21,74%	30,85%	26,74%	29,17%	24,36%	22,50%	26,92%	19,12%
% Gatilhos Negativos	27,38%	27,17%	19,15%	23,26%	15,28%	25,64%	27,50%	23,08%	29,41%
Acurácia	45,00%	44,50%	51,00%	54,50%	55,00%	49,00%	50,00%	56,50%	52,00%
Precisão	44,71%	44,95%	52,87%	57,73%	52,50%	49,02%	51,25%	57,61%	43,48%
Revocação	37,62%	49,00%	44,66%	52,83%	44,68%	50,00%	40,20%	52,48%	47,62%
Especificidade	52,53%	40,00%	57,73%	56,38%	64,15%	48,00%	60,20%	60,61%	55,17%
F1	40,86%	46,89%	48,42%	55,17%	48,28%	49,50%	45,05%	54,92%	45,45%

Tabela 13: Resultado de % retorno financeiro dos *baselines*

Ativo	<i>Baseline</i>		
	<i>Buy-and-hold</i>	Aleatório	Inversa
BOVA11	21,10%	5,30%	-71,40%
CIEL3	12,71%	8,52%	-80,54%
ITUB4	23,92%	14,03%	-82,16%
PETR4	52,90%	27,47%	-95,35%
USIM5	-1,63%	3,66%	-98,93%
CMIG4	38,12%	14,16%	-94,82%
GGBR4	35,23%	24,47%	-96,43%
KROT3	65,29%	33,21%	-88,64%
GOLL4	34,40%	26,56%	-98,97%

Para validar a metodologia, realizaram-se uma série de experimentos utilizando dados reais da Bolsa de Valores de São Paulo. Foram utilizados nove conjuntos de dados de ativos: BOVA11, CIEL3, ITUB4, PETR4, USIM5, CMIG4, GGBR4, KROT3 e GOLL4. Todos os dados de entrada dos algoritmos foram tratados; utilizou-se a série de retorno na escala logarítmica dos preços e volume em uma janela deslizante.

Os resultados foram promissores, visto que é possível mostrar que, em geral, os metaclassificadores possibilitaram melhores ganhos, apresentando boa acurácia na classificação, com até 57%, além de resultados financeiros satisfatórios, com ganhos de até 100% acima do valor de capital inicialmente investido, já descontando custos operacionais.

Foi possível observar que o modelo proposto nesse trabalho tem resultados melhores que os classificadores individuais e os *baselines*, com raras exceções. Os resultados podem ser considerados promissores com indicativos, inclusive, de seu potencial de aplicação em cenários reais de investimentos.

7 Trabalhos Futuros

O campo de estudos de previsões em bolsas de valores oferece uma infinidade de possibilidades. Desta maneira, esse trabalho pode ser estendido de diversas formas. Outros atributos que ajudem a melhorar os resultados podem ser estudados, por exemplo, indicadores de sentimento de notícias relacionadas a ativos, volumes de dados relacionados em redes sociais ou mesmo dados sobre buscas na *web*. Do ponto de vista financeiro, é notório que a estratégia de investimento é tão importante quanto prever corretamente o comportamento do mercado. Desta forma, entende-se que a avaliação de estratégias mais robustas de negociação levaria a resultados melhores. Por fim, é preciso avaliar o arcabouço em um cenário real.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer aos revisores e editores da Revista Economia Aplicada.

Referências Bibliográficas

A ERNST (2014), 'Find the right people, processes and technology to manage record-to-report risks', *Managing Operational Tax Risk*.

ADVFN (2010), 'Entenda o que é o IGPM'. Acesso em: 6 jan. 2019.

URL: Disponível em: <https://br.advfn.com/indicadores/igpm>

AGAPITOS, A., BRABAZON, A. & O'NEILL, M. (2017), 'Regularised gradient boosting for financial time-series modelling', *Computational Management Science* v. 14(n. 3), p. 367–391.

Almeida, C. (2016), 'Os 10 fatos mais marcantes de 2015', Disponível em: <https://super.abril.com.br/sociedade/os-10-fatos-mais-marcantes-de-2015/>. Acesso em: 6 jan. 2019.

ANGHEL, M. G. (2013), 'Technical analysis versus fundamental analysis of securities', *Romanian Statistical Review Supplement* v. 61(n. 2), p. 257–262.

ARMAKI, A. G., FALLAH, M. F., ALBORZI, M. & MOHAMMADZADEH, A. (2017), 'A hybrid meta-learner technique for credit scoring of banks customers', *Int J Res Appl Sci Eng Technol* v. 7(n. 5), p. 2073–2082.

ASHBY, W. R. (1960), *Design for a brain: the origin of adaptive behavior*, 2nd ed. edn, Wiley, New Jersey.

ASSAF NETO, A. (2009), *Mercado financeiro*, 9. ed. edn, Atlas, São Paulo.

BANZHAF, W., FRANCONI, F. D., KELLER, R. E. & NORDIN, P. (1998), *Genetic programming: an introduction on the automatic evolution of computer programs and its applications*, Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco.

BARAK, S., ARJMAND, A. & ORTOBELLI, S. (2017), 'Fusion of multiple diverse predictors in stock market', *Inf Fusion* v. 36(n. 1), p. 90–102.

BARRYMORE, J. (2017), 'Como funcionam as tendências do mercado de ações', Disponível em: <http://empresasefinancas.hsw.uol.com.br/tendencias-mercado-de-acoes.htm>. Acesso em: 6 fev. 2017.

BAYES, T. (1763), 'An essay towards solving a problem in the doctrine of chances', *Philos Trans R Soc Lond A* v. 53(n. 1), p. 370–418.

BOLSA BRASIL BALCÃO (2017), 'Site da B3'. Acesso em: 6 fev. 2017.

URL: Disponível em: <http://www.b3.com.br>

BOX, G. E. P. & JENKINS, G. M. (1976), *Time series analysis: forecasting and control*, 2nd ed. edn, Holden-Day, San Francisco.

BREIMAN, L. (1996), 'Bagging predictors', *Mach Learn* v. 24(n. 2), p. 123–140.

BREIMAN, L. (2001), 'Random Forests', *Mach Learn* v. 45(n. 1), p. 5–32.

BÚSSOLA DO INVESTIDOR (2017), 'Site do Bússola do Investidor'. Acesso em: 31 jan. 2017.

URL: Disponível em: <https://www.bussoladoinvestidor.com.br/>

- CAFFÉ, M. I. R., PEREZ, P. S. & BARANAUSKAS, J. A. (2012), 'Evaluation of stacking on biomedical data', *Journal of Health Informatics* v. 4(n. 3), p. 67–72.
- CAVALCANTE, R. C., BRASILEIRO, R. C., SOUZA, V. L. F., NOBREGA, J. P. & OLIVEIRA, A. L. I. (2016), 'Computational intelligence and financial markets: a survey and future directions', *Expert Syst Appl* v. 55(n. 15), p. 194–211.
- COHEN, W. W. (1995), Fast effective rule induction, in 'In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MACHINE LEARNING, 12', San Francisco, pp. p. 115–123.
- CRUZ, R. M. O., SABOURIN, R., CAVALCANTI, G. D. C. & ING-REN, T. (2015), 'META-DES: a dynamic ensemble selection framework using meta-learning', *Pattern Recognit* v. 48(n. 5), p. 1925–1935.
- DAVIS, J. & GOADRIC, M. (2006), The relationship between precision-recall and ROC curves, in 'In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MACHINE LEARNING, 23', New York, pp. p. 233–240.
- DE MOURA, F. A. (2006), O uso de redes neurais artificiais na previsão de tendências no mercado de ações, PhD thesis, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.
- DI PERSIO, L. & HONCHAR, O. (2016), 'Artificial neural networks approach to the forecast of stock market price movements', *International Journal of Economics and Management Systems* v. 1(n. 1), p. 158–162.
- DIETTERICH, T. G. (2000), Ensemble methods in machine learning, in 'In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON MULTIPLE CLASSIFIER SYSTEMS, 1', Berlin, pp. p. 1–15.
- DRUCKER, H., BURGESS, C. J. C., KAUFMAN, L., SMOLA, A. & VAPNIK, V. (1997), Support vector regression machines, in 'In: ADVANCES IN NEURAL INFORMATION PROCESSING SYSTEMS, 10', Cambridge, pp. p. 155–161.
- DUARTE, F. A., SATO, R. S. & LORENA, A. C. (2018), Uma Aplicação de meta-aprendizagem no mercado euro/dólar, in 'In: WORKSHOP OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLIED TO FINANCE, WAIAF 2019', São José dos Campos.
- DŽEROSKI, S. & ŽENKO, B. (2004), 'Is combining classifiers with stacking better than selecting the best one?', *Mach Learn* v. 54(n. 3), p. 255–273.
- ELEVEN FINANCIAL (2017), 'O que é taxa CDI e como ela funciona?', Disponível em: <https://elevenfinancial.com/o-que-e-taxa-cdi-e-como-ela-funciona>. Acesso em: 6 jan. 2019.
- FREUND, Y. (1999), An adaptive version of the boost by majority algorithm, in 'In: ANNUAL CONFERENCE ON COMPUTATIONAL LEARNING THEORY, 12', Santa Cruz, pp. p. 102–113.
- GIACOMEL, F., GALANTE, R. & PEREIRA, A. (2015), An algorithmic trading agent based on a neural network ensemble: a case of study in North American and Brazilian stock markets, in 'In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON WEB INTELLIGENCE AND INTELLIGENT AGENT TECHNOLOGY, 2015', Singapore, pp. p. 230–233.

- GISLASON, P. O., BENEDIKTSSON, J. A. & SVEINSSON, J. R. (2006), 'Random forests for land cover classification', *Pattern Recognit Lett* v. 27(n. 4), p. 294–300.
- GOLDBERG, D. E. (1989), *Genetic algorithms in search, optimization and machine learning*, 1st ed. edn, Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., New York.
- HAND, D. J. & YU, K. (2001), 'Idiots Bayes not so stupid after all?', *Int Stat Rev* v. 69(n. 3), p. 385–398.
- HEBB, D. O. (1949), *The organization of behavior: a neuropsychological theory*, Psychology Press, New York.
- HO, T. K. (2001), *Multiple classifier combination: lessons and next steps*, Vol. v. 47 of *Series in machine perception and artificial intelligence*, World Scientific, chapter c. 7, pp. p. 171–198.
- HOLLAND, J. H. (1975), *Adaptation in natural and artificial systems*, University of Michigan Press, Ann Arbor.
- KAMPOURIDIS, M. & OTERO, F. E. B. (2015), 'Heuristic procedures for improving the predictability of a genetic programming financial forecasting algorithm', *Soft comput* v. 21(n. 1), p. 295–310.
- KITCHENHAM, B. (2004), *Procedures for performing systematic reviews*, Technical report, Keele University and NICTA.
- KOZA, J. R. (1992), *Genetic programming: on the programming of computers by means of natural selection*, MIT Press, Cambridge.
- KUNCHEVA, L. I. (2004), *Combining pattern classifiers: methods and algorithms*, 2nd ed. edn, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken.
- MC CULLOCH, W. S. & PITTS, W. (1943), 'A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity', *Bull Math Biol* v. 5(n. 4), p. 115–133.
- METATRADER (2017), 'Plataforma de Negociação MetaTrader 5'. Acesso em: 6 fev. 2017.
URL: Disponível em: <https://www.metatrader5.com/>
- MYSKOVA, R., HAJEK, P. & OLEJ, V. (2018), 'Predicting abnormal stock return volatility using textual analysis of news a meta-learning approach', *Amfiteatru Economic* v. 20(n. 47), p. 185–201.
- NAMETALA, C. A. L., PIMENTA, A., PEREIRA, A. C. M. & CARRANO, E. G. (2016), An automated investment strategy using artificial neural networks and econometric predictors, in 'In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON INFORMATION, XII, SYSTEMS ON BRAZILIAN SYMPOSIUM ON INFORMATION SYSTEM, 2016', Vol. v. 1, Porto Alegre, pp. p. 152–159.
- NEAPOLITAN, R. E. (2003), *Learning bayesian networks*, Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River.
- NORONHA, M. (2003), *Análise técnica: teorias ferramentas estratégias*, 5. ed. edn, Editec, Rio de Janeiro.

PATEL, J., SHAH, S., THAKKAR, P. & KOTTECHA, K. (2015), 'Predicting stock market index using fusion of machine learning techniques', *Expert Syst Appl* v. 42(n. 4), p. 2162–2172.

PEARL, J. (1988), *Probabilistic reasoning in intelligent systems: networks of plausible inference*, Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco.

PIMENTA, A., GUIMARÃES, F. G., CARRANO, E. G., NAMETALA, C. A. L. & TAKAHASHI, R. H. C. (2014), Gold miner: a genetic programming based algorithm applied to Brazilian stock market, in 'In: SYMPOSIUM ON COMPUTATIONAL INTELLIGENCE AND DATA MINING, 2014', Orlando, pp. p. 397–402.

PLATT, J. C. (1998), Fast training of support vector machines using sequential minimal optimization, in 'Advances in Kernel methods - support vector learning', In: Schoelkopf B., Burges C.J.C., Smola, A.J. (eds.), MIT Press, Cambridge.

QUINLAN, J. R. (1993), *C4.5: programs for machine learning*, 5th ed. edn, Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco.

RAMOS, J. P. S. (2003), 'Fruit sorting using artificial neural networks: bidimensional case', *Ciênc Agrotec* v. 27(n. 2), p. 356–362.

ROSENBLATT, F. (1958), 'The perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the brain', *Psychol Rev* v. 65(n. 6), p. 386–408.

SCHAPIRE, R. E. (1990), 'The strength of weak learnability', *Mach Learn* v. 5(n. 2), p. 197–227.

SEEWALD, A. K. (2002), How to make stacking better and faster while also taking care of an unknown weakness, in 'In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MACHINE LEARNING, 19', San Francisco, pp. p. 554–561.

SEKER, S. E., MERT, C., AL NAAMI, K., AYAN, U. & ÖZALP, N. (2013), Ensemble classification over stock market time series and economy news, in 'In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENCE AND SECURITY INFORMATICS, 2013', Seattle, pp. p. 272–273.

STROUSTRUP, B. (2000), *The C++ programming language*, 3rd ed. edn, Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., Boston.

STUDENT (1908), 'The probable error of a mean', *Biometrika* v. 6(n. 1), p. 1–25.

TAN, A. C. & GILBERT, D. (2003), 'Ensemble machine learning on gene expression data for cancer classification', *Appl Bioinformatics* v. 2(n. 3), p. 75–83.

THORSTENSEN, V. H. (1976), A teoria da eficiência no mercado de capitais. Uma revisão da literatura e dos trabalhos empíricos. O modelo de Random walk aplicado ao índice de mercado de ações Bovespa, PhD thesis, Dissertação (Mestre em Administração de Empresas), Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 1976.

TKÁČ, M. & VERNER, R. (2016), 'Artificial neural networks in business: two decades of research', *Appl Soft Comput* v. 38(n. 1), p. 788–804.

TSAY, R. S. (2005), *Analysis of financial time series*, 2nd ed. edn, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken.

VAPNIK, V. N. (1995), *The nature of statistical learning theory*, 1st ed. edn, Springer-Verlag New York, Inc., New York.

VAPNIK, V. N. & CHERVONENKIS, A. Y. (1971), 'On the uniform convergence of relative frequencies of events to their probabilities', *Theory Probab Appl* v. 16(n. 2), p. 264–280.

VARGA, G. (2001), 'Índice de sharpe e outros indicadores de performance aplicados a fundos de ações brasileiros', *Revista de Administração Contemporânea* v. 5(n. 3), p. 215–245.

WERBOS, P. J. (1994), *The roots of backpropagation: from ordered derivatives to neural networks and political forecasting*, 1st ed. edn, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken.

WIDROW, B. & HOFF, M. E. (1960), Adaptive switching circuits, in 'In: IRE WESCON CONVENTION RECORD, PART 4', New York, pp. p. 96–104.

WIDROW, B. & HOFF, M. E. (1962), *Associative storage and retrieval of digital information in networks of adaptive "neurons"*, Springer, Boston, pp. p. 160–160.

WITTEN, I. H. & FRANK, E. (2005), *Data mining: practical machine learning tools and techniques*, 2nd ed. edn, Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco.

WITTEN, I. H., FRANK, E., TRIGG, L., HALL, M., HOLMES, G. & CUNNINGHAM, S. J. (1999), 'Weka: practical machine learning tools and techniques with java implementations'.

WOLPERT, D. H. (1992), 'Stacked generalization', *Neural Netw* v. 5(n. 2), p. 241–259.

ZHANG, M. & ZHOU, Z. (2014), 'A review on multi-label learning algorithms', *IEEE Trans Knowl Data Eng* v. 26(n. 8), p. 1819–1837.

8 Apêndices

Figura 11: Comparação *drawdown* e % retornos financeiros - BOVA11

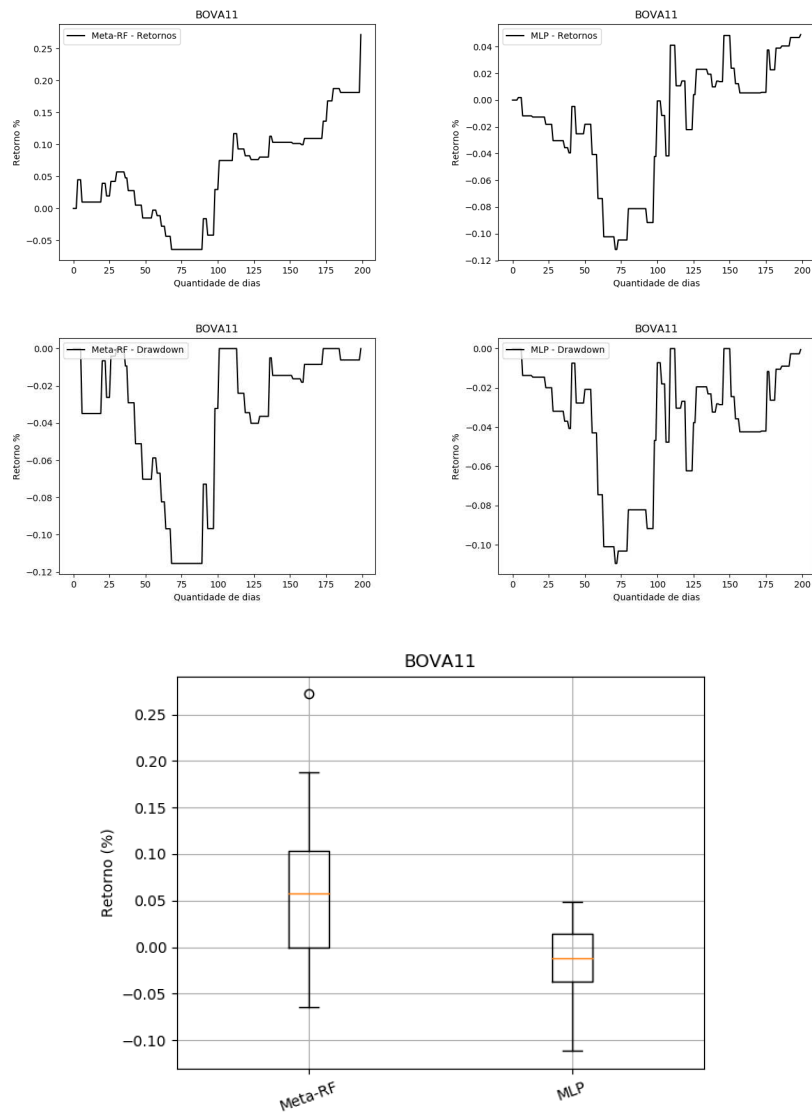


Figura 12: Comparação drawdown e % retornos financeiros - CIEL3

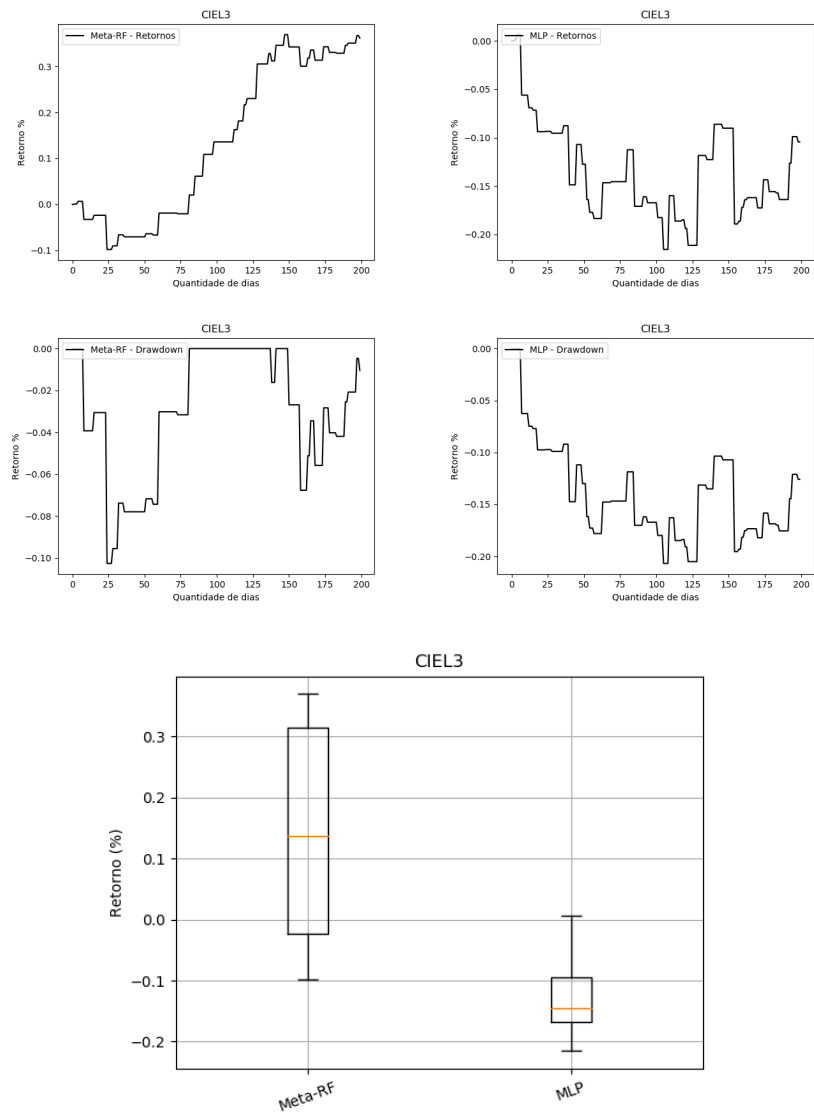


Figura 13: Comparação *drawdown* e % retornos financeiros - ITUB4

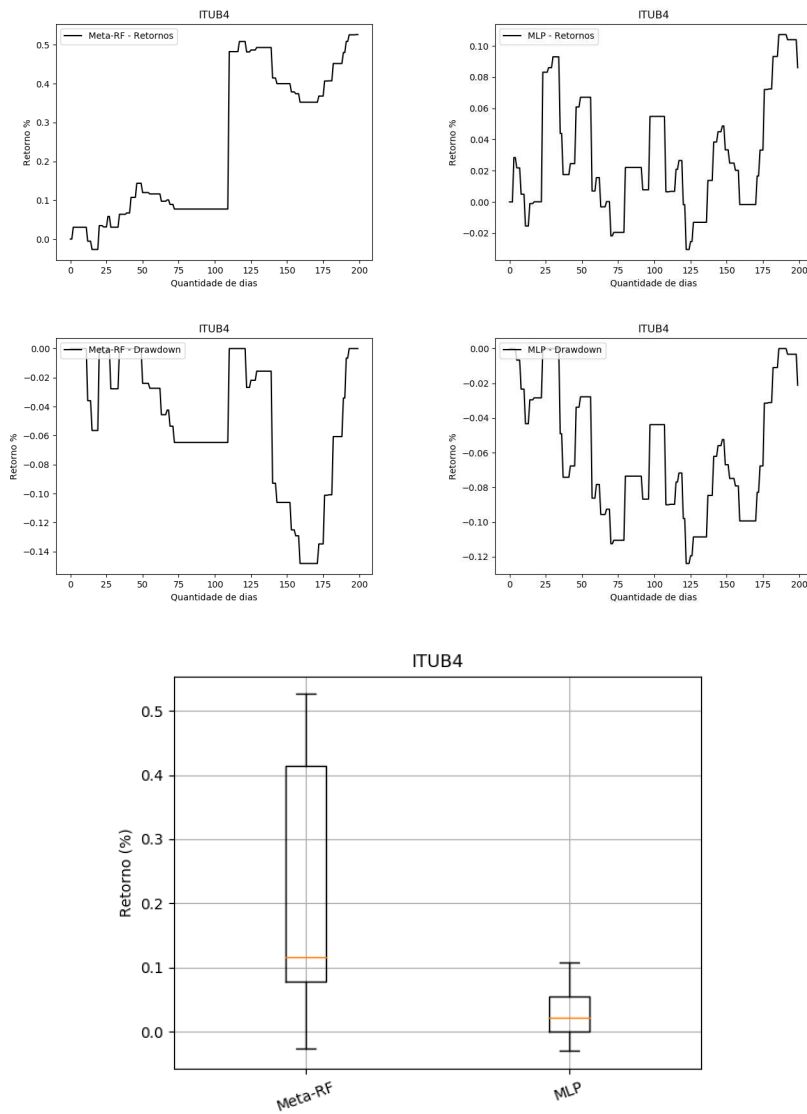


Figura 14: Comparação *drawdown* e % retornos financeiros - PETR4

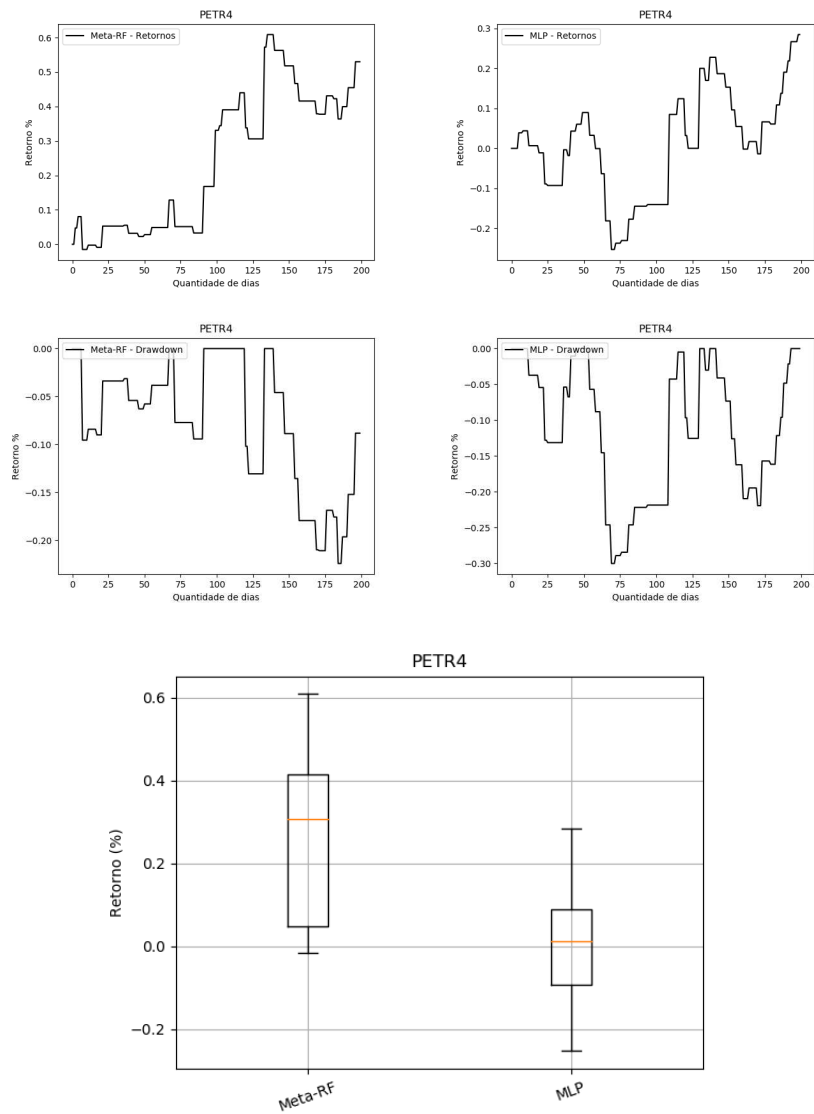


Figura 15: Comparação *drawdown* e % retornos financeiros - USIM5

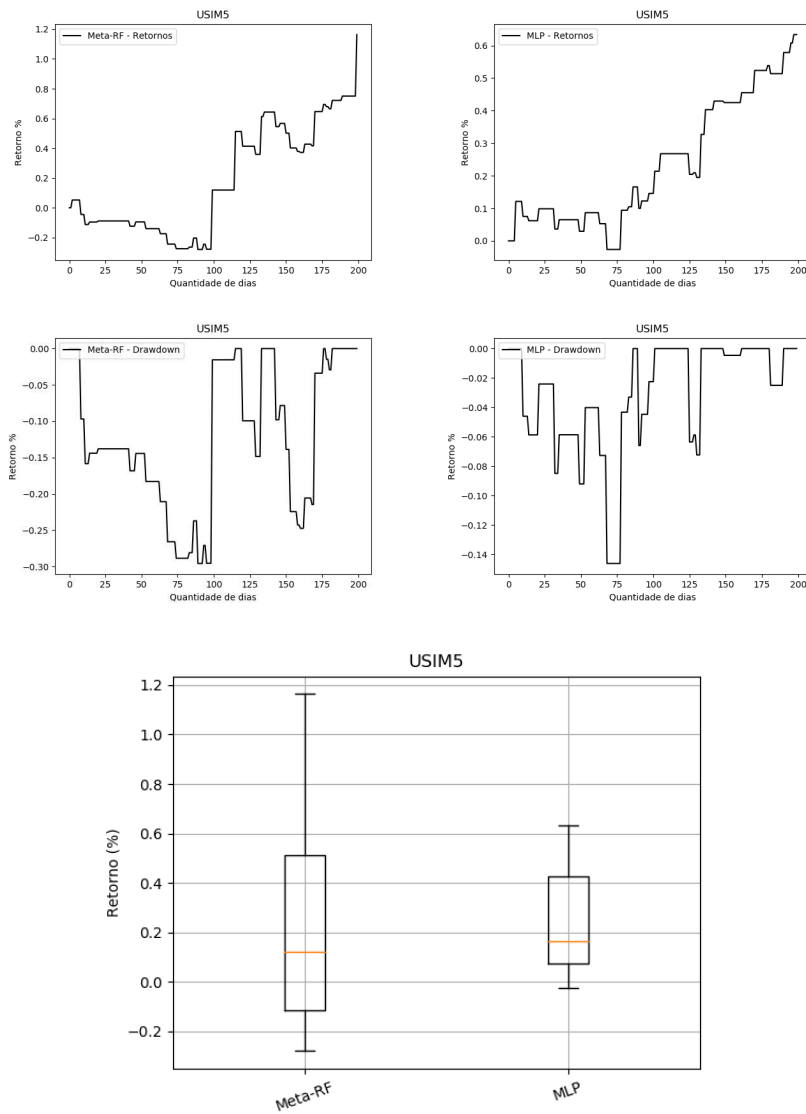


Figura 16: Comparação drawdown e % retornos financeiros - CMIG4

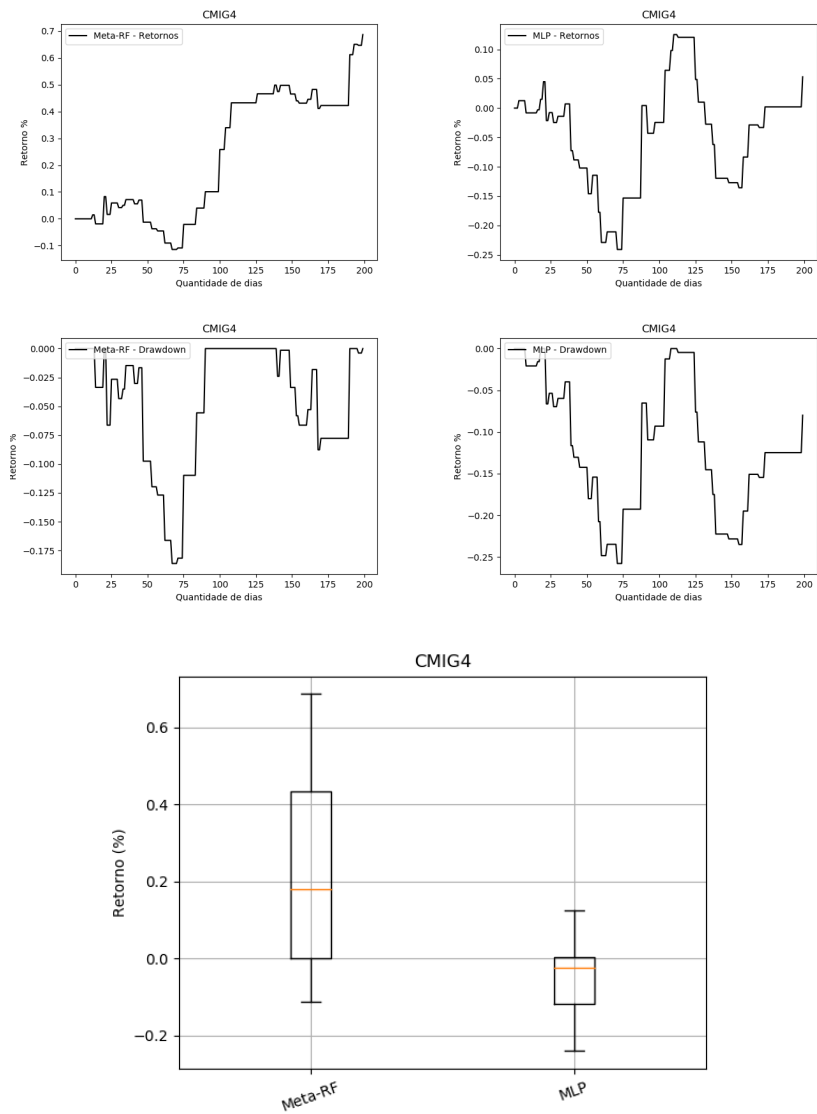
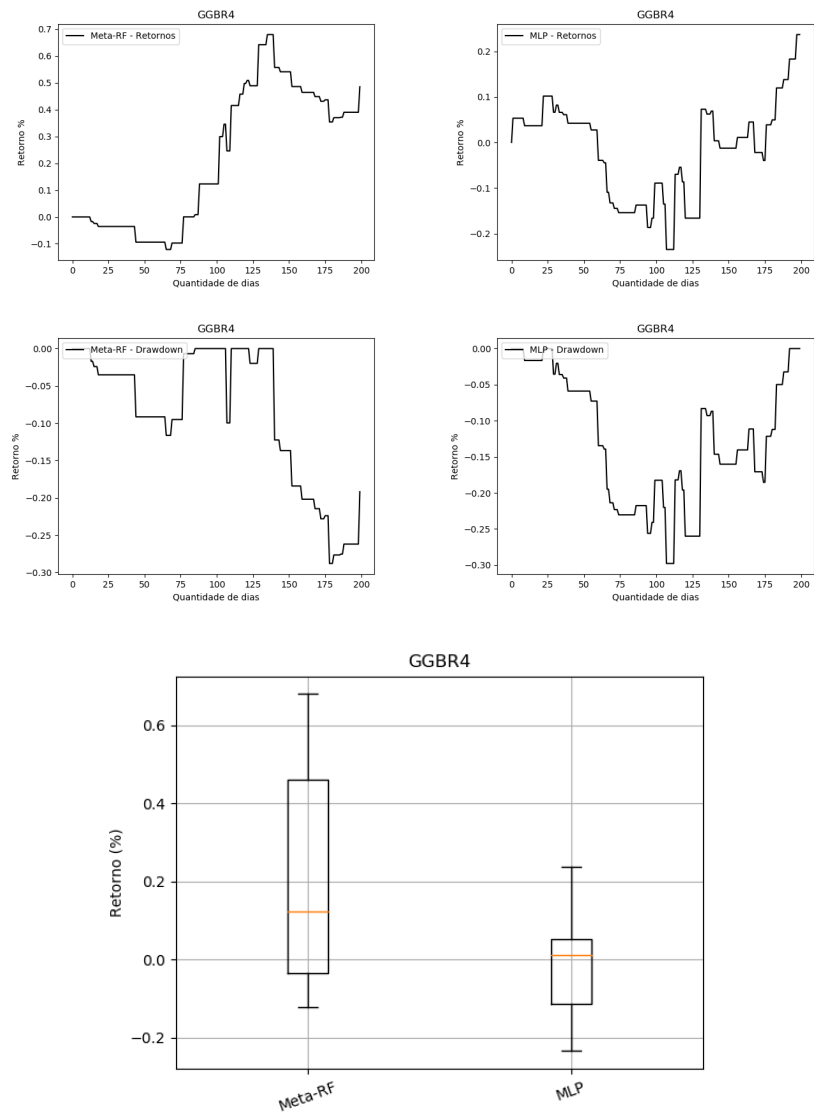


Figura 17: Comparação *drawdown* e % retornos financeiros - GGBR4



...

Figura 18: Comparação drawdown e % retornos financeiros - KROT3

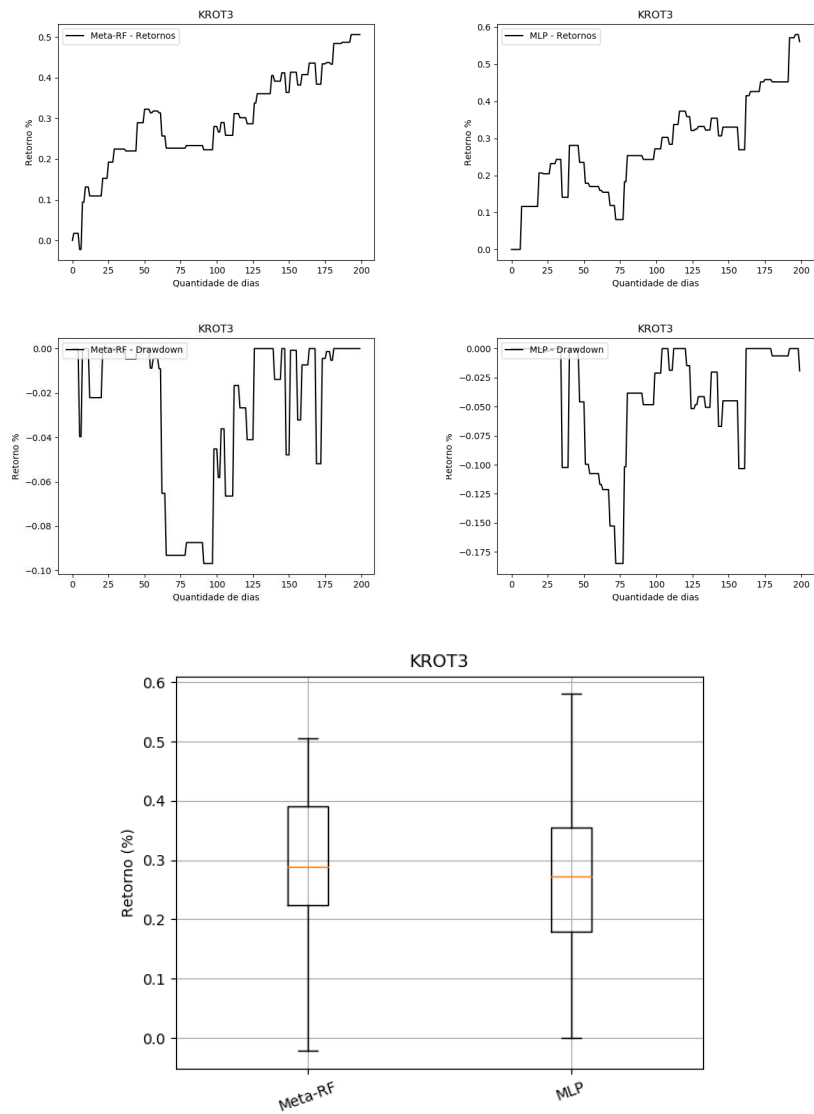
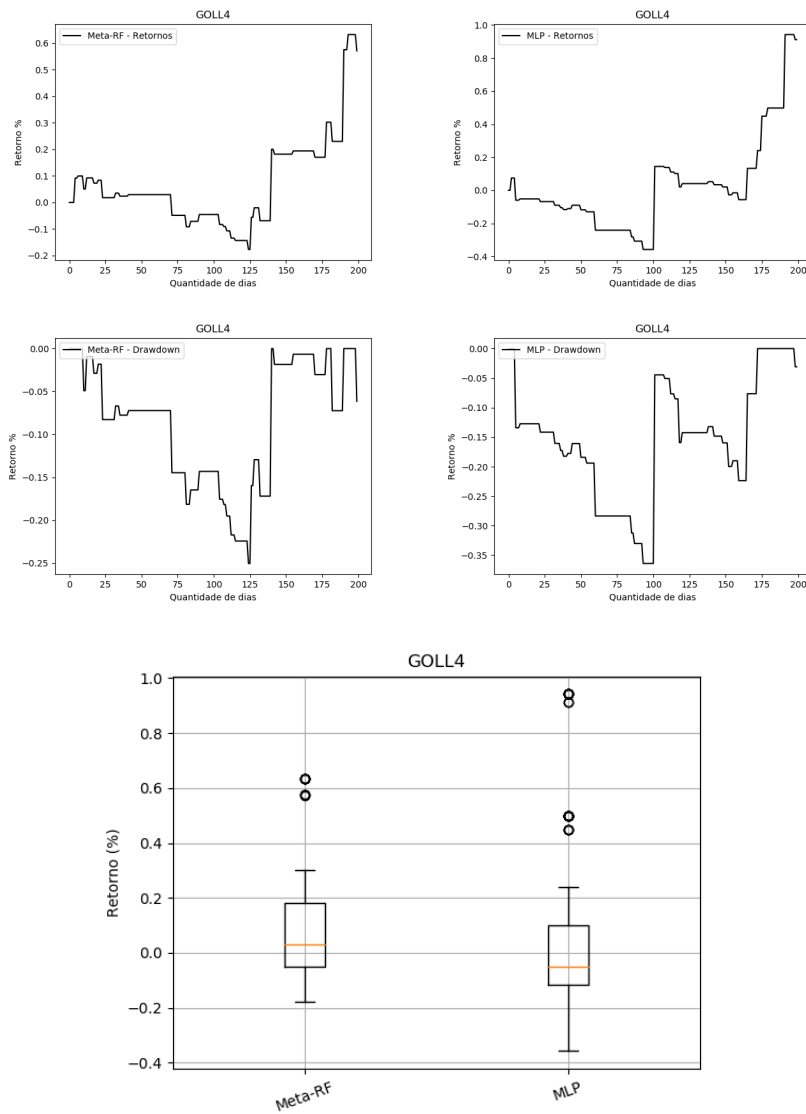


Figura 19: Comparação *drawdown* e % retornos financeiros - GOLL4



TRANSFERÊNCIAS INTERGOVERNAMENTAIS: O PAPEL DO CONTEXTO INSTITUCIONAL PARA A SUSTENTABILIDADE DAS DÍVIDAS ESTADUAIS

LEANDRO MENDES BARBOSA *

FABIANA ROCHA †

Resumo

O objetivo deste artigo é verificar se a sustentabilidade fiscal dos estados brasileiros durante o período de 2001 a 2015 é afetada pelo sistema de transferências intergovernamentais. Os resultados indicam que a dívida pública não é sustentável e que ausência de sustentabilidade independe da inclusão/exclusão das transferências. Os efeitos, contudo, são heterogêneos. Os estados das regiões Sul e Sudeste, geralmente pagadores líquidos de transferências, não atendem a condição de sustentabilidade quando o saldo primário usual é utilizado, passando a atendê-la quando é avaliado o saldo primário exclusive as transferências. Já os demais estados demonstram grande fragilidade fiscal, não atendendo a condição de sustentabilidade sob nenhuma circunstância. Eles não mostram desempenho fiscal adequado nem mesmo quando são incluídas as transferências, apesar de serem beneficiários líquidos de recursos.

Palavras-chave: transferências, sustentabilidade, estados.

Abstract

The purpose of this paper is to verify if Brazilian states' fiscal sustainability during the period 2001 to 2015 depends on the system of intergovernmental transfers. The results indicate that the public debt is not sustainable, regardless the inclusion/exclusion of grants. The effects are, however, heterogeneous. States in the South and Southeast regions, which are liquid donors of grants, do not attend the sustainability condition for the usual primary balance, the reverse occurring when the primary balance excludes the intergovernmental transfers. The remaining states, however, show great fiscal fragility, since they do not attend the sustainability condition under no circumstance. They do not show an adequate fiscal performance even when transfers are included, although they are beneficiaries of resources.

Keywords: transfers, sustainability, states.

JEL classification: H72, H74, H77.

DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/1980-5330/ea151089>

* IPE-USP

† FEA-USP

1 Introdução

A sustentabilidade fiscal, tanto em nível federal quanto das unidades federativas, sempre foi uma questão importante, embora esta última tenha recebido menos atenção da literatura¹.

Para o Brasil, Mora & Giambiagi (2007) utilizam simulações para examinar a sustentabilidade das dívidas estaduais e municipais durante o período de 1998 a 2004. Mello (2008), por sua vez, estima funções de reação fiscal para diferentes níveis de governo para o período de 1995 a 2004, enquanto Pereira (2008) utiliza técnicas de séries temporais (testes de raiz unitária, cointegração e vetores autoregressivos) para avaliar o comportamento da dívida dos estados de 1986 a 2005. Finalmente, Tabosa et. al. (2016) analisam a função de reação fiscal dos estados brasileiros entre 2006 e 2011 permitindo a possibilidade de não linearidades, ou seja, permitindo que as reações por parte das unidades federativas com maiores níveis de dívida sejam diferentes das reações das unidades com menores níveis de dívida.

Um aspecto potencialmente importante que é negligenciado na avaliação da sustentabilidade da dívida em federações é o papel desempenhado pelo sistema de transferências. Transferências fiscais entre os diferentes níveis de governo afetam seus orçamentos, com o pagamento de transferências prejudicando o desempenho fiscal e o recebimento de transferências melhorando o desempenho fiscal. Se este é de fato o caso, deixar de levar em consideração os pagamentos/recebimentos de transferências nos testes empíricos de sustentabilidade da dívida pode comprometer as conclusões.

Como é sabido, as transferências intergovernamentais representam uma importante fonte de receita para os estados brasileiros. Esse percentual gira em torno de 10% a 20% para os estados com maior PIB e chega a representar até 70% das receitas dos estados mais pobres do país. Dado isso, o contexto institucional em que ocorre a condução da política fiscal pode afetar os resultados dos testes de sustentabilidade, pois o pagamento e recebimento de transferências por parte dos estados pode alterar a restrição orçamentária intertemporal dos mesmos, modificando, por consequência, os resultados de solvência ou insolvência obtidos.

Diante disso, o objetivo deste artigo é analisar a sustentabilidade da dívida dos estados brasileiros durante o período 2001 a 2015 e verificar o papel das transferências intergovernamentais para o resultado. Para tanto são estimadas funções de reação fiscal (Bohn 1998, 2008), em que o superávit primário responde à dívida pública, sendo o saldo primário medido de duas maneiras distintas, uma incluindo e outra excluindo as receitas e despesas com transferências entre os diferentes níveis de governo².

¹Hamilton & Flavin (1986), Trehan & Walsh (1988, 1991), Wilcox (1989), Quintos (1995), Ahmed & Rogers (1995), Bohn (1998, 2007, 2008), Mendoza & Ostry (2008), Prohl & Westerlund (2009), Byrne et al. (2011), Fincke & Greiner (2011), Hakkio & Rush (1991), Koester & Priesmeier (2013), Ghosh et al. (2013). Para o Brasil, Pastore (1995), Rocha (1997), Issler & Lima (2000), Luporini (2002), Simonassi (2007), Mendonça et. al. (2009), Bicalho & Issler (2011), Luporini (2015), Chicoli (2015).

²A literatura empírica inicialmente usou testes de raiz unitária da dívida pública e testes de cointegração de receitas e despesas para analisar a sustentabilidade da dívida. Mais recentemente, passaram a preponderar as estimações de funções de reação fiscal como proposto por (Bohn 1998, 2008). Bohn (2007) critica os testes tradicionais que usam séries temporais mostrando que eles não são capazes de rejeitar a hipótese de sustentabilidade.

Até onde sabemos, não existe outro trabalho que leva explicitamente em conta o papel das transferências na avaliação da sustentabilidade fiscal dos estados ou mesmo dos municípios brasileiros. Na verdade, encontramos somente dois artigos na literatura internacional que tratam desta questão. Madhavi & Westlund (2011) avaliam o papel das regras fiscais para o equilíbrio intertemporal do orçamento dos estados e governos locais americanos. Eles encontram evidência de que as transferências são fundamentais para garantir a sustentabilidade fiscal. Potrafke & Reischmann (2015) também concluem que as transferências são críticas para garantir a sustentabilidade dos governos estaduais da Alemanha e Estados Unidos. A política fiscal é sustentável somente quando as transferências são incluídas no superávit primário, implicando que estas estão implicitamente subsidiando as dívidas dos estados.

O sistema de transferências no Brasil é diferente e certamente mais complexo que o de outras federações. O Brasil, assim, é um bom laboratório para verificar se o que ocorre com outras federações é um resultado geral, ou se o contexto institucional é tão importante que não é possível fazer qualquer generalização sobre como ele afeta a condução da política fiscal.

Procuramos ainda por heterogeneidades nos efeitos encontrados. Como é sabido, os estados recebem, por exemplo, transferências do governo federal através do Fundo de Participação dos Estados (FPE), mas também repassam recursos aos municípios via transferências de ICMS. Os estados podem então ser classificados em dois grupos, um que é beneficiário líquido de transferências (recebe mais transferências da União do que paga de transferências aos municípios) e outro que é pagador líquido de transferências (transfere mais aos municípios do que recebe da União). Esperamos que o sistema de transferências atue no sentido de melhorar o desempenho fiscal dos estados que fazem parte do primeiro grupo, o oposto ocorrendo com os estados que compõem o segundo grupo.

O artigo está organizado em 4 Seções, além desta introdução. A Seção 2 apresenta o contexto institucional da política fiscal no Brasil e mostra como o sistema de transferências intergovernamentais pode eventualmente afetar o comportamento fiscal dos estados. A Seção 3 traz a análise empírica, discutindo o modelo econométrico, os dados e os resultados para os estados como um todo. A Seção 4 verifica a possibilidade de efeitos heterogêneos. Finalmente, a Seção 5 resume as principais conclusões.

2 Contexto Institucional

O federalismo fiscal brasileiro é caracterizado pela ampla utilização das transferências intergovernamentais como mecanismo de repartição de recursos entre União, estados e municípios. De acordo com o Ministério da Fazenda e o Banco Mundial, as transferências intergovernamentais representavam 1,8% do PIB em 1980, 4,5% do PIB em 1990, 5,8% do PIB em 2000, 8,2% do PIB em 2006 até atingir 11,1% do PIB em 2014.

A Tabela 1 apresenta as transferências da União para os estados, da União para os municípios, dos estados para os municípios e as transferências dos Fundos de Desenvolvimento do Norte (FNO), do Nordeste (FNE) e do Centro-Oeste (FCO) e mostra como ocorre o compartilhamento das receitas entre os entes da federação.³

³Para uma discussão cuidadosa das transferências intergovernamentais no Brasil ver Mendes

Tabela 1: Transferências intergovernamentais via compartilhamento de receitas

Transferência	União para os Estados	União para os Municípios	Estados para os Municípios
FPE	21,5% do IPI e do IR		
FPEX	7,5% para os Estados exportadores		
CIDE	21% da arrecadação		
IOF-Ouro	30% da arrecadação		
Salário-Educação	60% da arrecadação		
FNO, FNE e FCO	3% do IPI e do IR		
Royalties	Entre 40% e 50% da arrecadação		
FPM		23,5% do IPI e do IR	
FPEX		2,5% do IPI nos Municípios dos Estados exportadores	
ITR		50% da arrecadação	
IOF-Ouro		70% da arrecadação	
CIDE		7,25% da arrecadação	
Royalties		Entre 30% e 40% da arrecadação	
ICMS			25% da arrecadação
IPVA			50% da arrecadação

Fonte: Secretaria de Política Econômica (SPE) do Ministério da Fazenda (MF).

Percebe-se que de um lado os estados recebem diferentes transferências do governo federal, como o FPE, as transferências advindas de recursos naturais, entre outras. De outro são obrigados constitucionalmente a pagar aos municípios transferências do ICMS e transferências do IPVA.

A Tabela 2 mostra os recebimentos pelos estados das transferências feitas pelo governo federal e os pagamentos de transferências feitos pelos estados aos municípios. Percebe-se que embora o saldo seja positivo, este fica bastante comprometido pelo montante de pagamentos realizados pelos estados aos municípios. A relação entre pagamentos e recebimentos mostra que o montante de pagamentos dos estados em transferências representa cerca de 85% do montante recebido por estes, ultrapassando a casa dos 90% em 2003 e 2013.

Para se ter uma dimensão da importância das transferências para as receitas municipais, a Figura 1 mostra o saldo primário agregado dos 26 estados e do Distrito Federal de 2001 a 2015, enquanto a Figura 2 mostra o saldo primário ajustado pelas transferências, ou seja, o saldo primário excluindo-se as transferências.

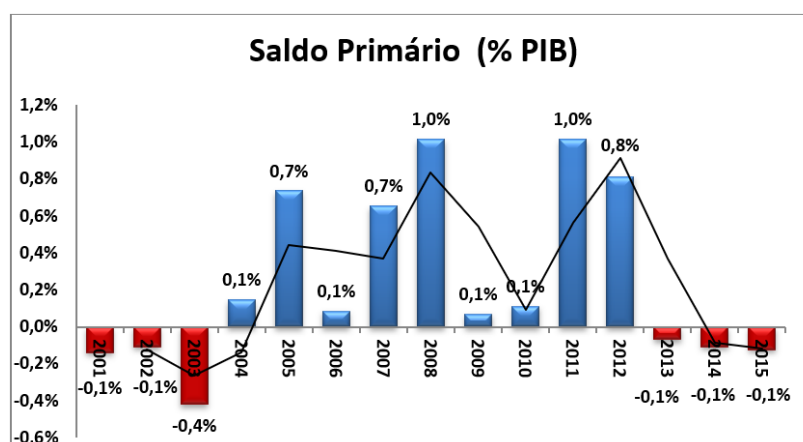
et. al. (2008). O texto não só apresenta com detalhes cada uma das transferências, como discute as características desejáveis que estas devem ter e o que fazer para que a repartição de receitas entre os diferentes níveis da federação seja melhorada, ou seja, assuma características mais próximas às definidas inicialmente como desejáveis.

Tabela 2: Transferências do governo federal para os estados x transferências dos estados para os municípios (em R\$ milhões)

Ano	Recebimentos do Governo Federal	Pagamentos aos Municípios	Saldo	Pagamentos/Recebimentos
2002	35.787	30.000	5.787	83,8%
2003	34.464	33.340	1.124	96,7%
2004	43.205	37.767	5.438	87,4%
2005	52.655	45.485	7.170	86,4%
2006	61.781	46.694	15.087	75,6%
2007	61.878	54.075	7.803	87,4%
2008	80.931	64.004	16.927	79,1%
2009	73.520	62.028	11.492	84,4%
2010	82.642	72.864	9.779	88,2%
2011	95.240	82.973	12.268	87,1%
2012	98.908	88.564	10.343	89,5%
2013	105.159	95.867	9.293	91,2%
2014	116.131	103.254	12.876	88,9%
2015	126.537	97.041	29.496	76,7%

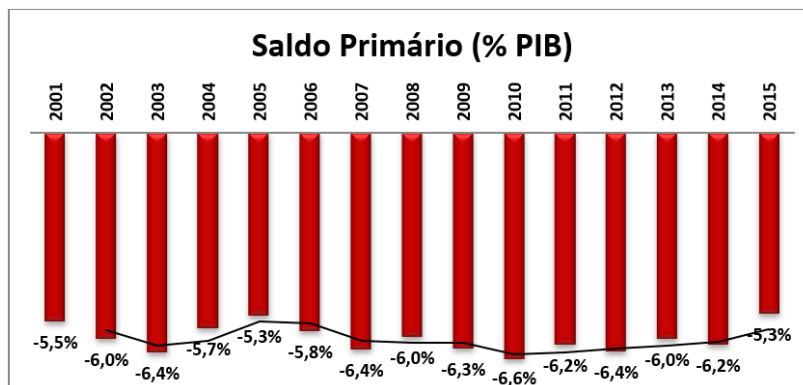
Fonte: Secretaria do Tesouro Nacional. Elaborada pelos autores.

Figura 1: Saldo primário médio dos estados brasileiros



Fonte: Secretaria do Tesouro Nacional e IBGE. Elaborada pelos autores.

Figura 2: Saldo primário dos estados, desconsiderando as transferências intergovernamentais



Fonte: Secretaria do Tesouro Nacional e IBGE. Elaborada pelos autores.

Quando são desconsideradas as transferências, há um déficit primário em todos os períodos, oscilando em torno de $-6,0\%$ do PIB, ao passo que quando as transferências são levadas em conta são observados déficits em 6 dos 15 anos. Assim, pode ser o caso de que os testes empíricos indiquem que a política fiscal é sustentável somente devido às transferências.

O cenário apresentado anteriormente esconde, no entanto, a elevada heterogeneidade no grau de dependência das transferências intergovernamentais por parte dos estados brasileiros⁴.

A Tabela 3 mostra o percentual de receitas de transferências sobre as receitas totais para cada um dos estados das regiões Sul e Sudeste do Brasil. Os dados mostram que o percentual médio de transferências recebidas ao longo do período entre 2000 e 2015 foi de $17,2\%$, ficando abaixo dos 10% em vários anos para os estados mais ricos do país, como Rio de Janeiro e São Paulo. A média nacional de transferências recebidas como percentual da receita dos estados no mesmo período foi de $36,9\%$, valor bastante superior ao registrado nas unidades federativas das regiões Sul e Sudeste.

A Tabela 4 mostra, por outro lado, o percentual de transferências pago pelos estados do Sul e Sudeste no mesmo período. A média desses pagamentos foi de $16,2\%$ das despesas dos estados, sendo São Paulo e Rio de Janeiro os maiores pagadores (os pagamentos de transferências respondem por $20,4\%$ e $21,5\%$ de suas despesas). Esses valores são ainda bastante superiores à média nacional de despesas com transferências como percentual das despesas totais, que é de $11,8\%$.

Os valores absolutos são apresentados na Tabela 5 em que aparece o saldo de transferências, ou seja, o total de pagamentos menos os recebimentos de transferências intergovernamentais. É possível observar que as regiões Sul

⁴Mendes et. al. (2008) e Ter-Minassian (2012) apresentam alguns dados sobre a dependência de estados e municípios das transferências. Os estados são menos dependentes do que os municípios, com sua receita própria representando cerca de 70% aproximadamente da receita total. Há, contudo, grande heterogeneidade. No caso dos municípios, a dependência é muito alta e generalizada, ou seja, a grande maioria dos municípios conta basicamente com as transferências como receita. Além disso, comentam que quando são consideradas todas as transferências alguns municípios/estados aparecem como beneficiários líquidos e outros como pagadores líquidos de transferências.

Tabela 3: Receita de transferências intergovernamentais dos estados do Sul e Sudeste (% das receitas totais)

Ano	ES	MG	PR	RJ	RS	SC	SP	Média
2000	17,0	18,2	15,8	9,0	15,5	14,9	9,5	14,3
2001	23,4	14,7	24,3	7,9	14,8	18,5	9,8	16,2
2002	15,9	14,8	22,3	7,7	16,0	18,1	8,1	14,7
2003	13,4	13,1	21,1	6,3	16,8	21,0	9,1	14,4
2004	11,6	18,8	21,6	18,4	19,3	20,4	10,1	17,2
2005	11,4	18,8	22,5	21,8	19,4	19,1	10,1	17,6
2006	15,6	18,5	23,0	23,5	20,4	24,4	9,9	19,3
2007	15,4	19,8	24,8	8,3	19,8	19,4	9,1	16,6
2008	17,9	20,9	25,8	24,9	20,4	20,3	8,1	19,8
2009	20,9	21,2	26,2	10,4	18,3	23,4	7,7	18,3
2010	22,5	21,0	25,4	9,6	17,0	25,3	7,7	18,4
2011	23,5	19,8	25,6	9,7	18,0	24,1	8,0	18,4
2012	28,7	17,7	24,1	8,7	16,5	20,7	7,3	17,7
2013	30,1	16,7	22,2	7,9	15,2	22,3	7,5	17,4
2014	33,0	19,0	18,4	7,6	17,0	18,7	9,0	17,5
2015	31,5	18,3	18,8	9,1	18,0	18,3	9,3	17,6
Média	20,8	18,2	22,6	11,9	17,6	20,6	8,8	17,2

Fonte: Secretaria do Tesouro Nacional. Elaborada pelos autores.

Tabela 4: Despesas com transferências intergovernamentais dos estados do Sul e Sudeste (% das despesas totais)

Ano	ES	MG	PR	RJ	RS	SC	SP	Média
2000	17,1	14,0	0,8	17,7	19,6	17,9	23,1	15,7
2001	26,6	21,0	12,4	23,4	22,4	25,2	18,3	21,3
2002	18,0	14,3	0,5	20,4	20,0	16,3	22,2	16,0
2003	18,3	19,9	0,5	25,9	17,3	19,7	21,8	17,6
2004	19,0	19,0	0,4	26,2	16,7	20,6	22,6	17,8
2005	19,7	18,8	19,7	25,4	19,8	20,0	20,7	20,6
2006	19,2	18,2	18,8	23,8	19,0	0,6	18,7	16,9
2007	19,1	18,7	19,9	24,5	18,5	0,8	20,8	17,5
2008	20,2	18,4	20,5	24,6	18,9	1,1	19,7	17,6
2009	17,4	17,7	0,4	25,3	16,8	1,7	19,0	14,0
2010	17,1	18,8	0,4	24,7	16,1	1,5	19,4	14,0
2011	18,4	17,4	20,6	24,6	17,1	1,5	19,9	17,1
2012	1,0	17,1	20,1	23,4	17,1	1,7	19,7	14,3
2013	0,8	16,4	20,6	15,5	15,9	1,0	19,0	12,8
2014	0,8	19,3	16,4	15,9	20,2	1,1	20,9	13,5
2015	0,6	18,5	19,2	2,0	19,9	0,9	20,8	11,7
Média	14,6	18,0	11,9	21,5	18,5	8,2	20,4	16,2

Fonte: Secretaria do Tesouro Nacional. Elaborada pelos autores.

e Sudeste e, em particular, os estados de São Paulo e do Rio de Janeiro são pagadores líquidos de recursos de transferências intergovernamentais. Dessa maneira, o sistema de transferências atua no sentido de piorar os orçamentos desses estados.

Tabela 5: Saldo de transferências dos estados das regiões Sul e Sudeste (em R\$ milhões)

Ano	ES	MG	PR	RJ	RS	SC	SP	Total
2002	-77	-236	2.170	-2.691	-571	88	-7.366	-8.684
2003	-175	-1.335	2.232	-4.760	-140	-80	-7.294	-11.552
2004	-385	-47	2.585	-2.108	217	-40	-8.253	-8.031
2005	-520	45	410	-1.077	-240	-83	-7.977	-9.441
2006	-261	110	592	-139	79	1.673	-7.384	-5.329
2007	-279	403	786	-5.731	380	1.730	-11.225	-13.935
2008	-75	1.124	1.091	644	460	2.226	-13.997	-8.527
2009	332	1.459	5.060	-6.479	445	2.495	-14.702	-11.389
2010	498	1.198	5.562	-7.709	282	3.126	-17.138	-14.181
2011	733	1.338	1.358	-8.359	213	3.459	-18.944	-20.202
2012	3.811	787	983	-9.369	-362	3.382	-21.444	-22.212
2013	3.946	27	521	-5.496	-517	4.179	-22.775	-20.115
2014	4.227	-662	-407	-5.886	-1.554	3.604	-22.177	-22.855
2015	3.970	-1.540	-542	4.056	-1.693	3.722	-22.426	-14.453

Fonte: Secretaria do Tesouro Nacional. Elaborada pelos autores.

Nos estados do Norte, Nordeste e Centro-Oeste a situação é bem diferente da observada nos estados do Sul e Sudeste.

A Tabela 6 apresenta os dados do percentual de receitas advindo de transferências intergovernamentais recebidas pelos estados que fazem parte dessas regiões, com exceção do Distrito Federal⁵. Esses estados tiveram uma média de transferências de 45% das receitas totais obtidas no período analisado, valor consideravelmente superior à média de 17% dos estados do Sul e Sudeste.

Os dados mostram que, entretanto, há estados cujo grau de dependência do sistema de transferências é enorme. No caso do Acre, Amapá e Roraima, as transferências representam mais de 70% das receitas totais em vários períodos.

A Tabela 7 apresenta os dados referentes ao pagamento de transferências intergovernamentais como percentual das despesas dos estados das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. O valor médio é de 10,8% entre os anos 2000 e 2015, resultado inferior à média de 16,2% dos estados das Regiões Sul e Sudeste.

A mesma situação observada nas receitas de transferências ocorre nos pagamentos das transferências. Assim, o Acre, Amapá e Roraima, além de serem os estados que mais receberam transferências, também tiveram menor média de despesas com transferências no período (5,2%, 6,2% e 4,6%, respectivamente).

⁵O Distrito Federal é extremamente privilegiado no recebimento de transferências. Além dos repasses usuais, se beneficia do FCDF (Fundo de Desenvolvimento do Distrito Federal). Entre 2000 e 2015, o Distrito Federal recebeu em média 24% de suas receitas totais via transferências intergovernamentais e gastou apenas 0,04% de suas despesas totais com transferências.

Tabela 6: Receita de transferências intergovernamentais dos estados do Norte, Nordeste e Centro-Oeste (% das receitas totais)

Ano	AC	AL	AM	AP	BA	CE	GO	MA	MS	MT	PA	PB	PE	PI	RN	RO	RR	SE	TO	Média
2000	71	45	24	76	29	33	20	52	26	27	50	53	22	52	47	44	74	48	54	45
2001	71	50	23	70	26	38	19	57	21	29	44	42	24	56	41	42	67	48	51	43
2002	70	38	26	73	29	35	24	56	20	23	46	54	30	57	46	40	78	54	57	45
2003	71	41	27	89	28	32	21	55	19	18	43	48	31	69	44	45	85	50	53	46
2004	70	44	28	77	25	29	20	63	18	24	44	49	31	51	43	43	85	46	54	44
2005	68	54	29	82	33	33	21	63	21	27	46	49	33	57	48	45	82	52	64	48
2006	67	54	31	79	33	30	21	60	21	26	43	48	31	55	46	46	78	50	61	46
2007	70	55	31	80	34	35	23	60	19	27	44	50	35	60	46	48	80	54	57	48
2008	67	68	32	81	36	36	25	63	20	29	46	51	36	60	49	47	66	55	66	49
2009	55	51	26	78	36	32	25	59	20	27	43	51	34	52	44	46	66	53	58	45
2010	56	48	28	82	35	30	23	57	20	25	42	53	30	54	44	43	66	48	57	44
2011	68	58	29	78	37	34	23	61	19	28	46	55	34	60	46	44	80	56	61	48
2012	57	56	26	65	34	38	22	57	19	23	41	53	30	49	44	43	56	56	53	43
2013	61	50	27	65	32	36	22	49	17	25	39	50	28	54	41	43	55	52	56	42
2014	51	43	25	58	30	31	20	47	17	26	34	44	30	52	47	39	59	49	44	39
2015	62	45	29	63	30	32	22	49	16	27	33	46	32	49	39	45	62	50	49	41
Média	65	49	28	75	32	34	22	57	20	26	43	50	31	55	45	44	71	51	56	45

Fonte: Secretaria do Tesouro Nacional. Elaborada pelos autores.

Tabela 7: Transferências intergovernamentais nos estados das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste (% das despesas totais)

Ano	AC	AL	AM	AP	BA	CE	GO	MA	MS	MT	PA	PB	PE	PI	RN	RO	RR	SE	TO	Média
2000	7,3	9,5	16,9	5,1	19,7	13,7	19,3	7,9	14,2	16,8	0,6	10,3	13,6	15,5	11,5	12,2	3,9	9,3	6,7	11,3
2001	7,3	15,2	2,1	12,7	1,4	17,8	1,9	0,0	0,0	0,0	13,4	25,0	14,3	13,9	31,5	0,0	0,0	15,7	0,0	9,1
2002	4,0	13,5	14,8	5,3	14,3	10,9	17,5	17,6	17,0	17,1	13,6	9,9	11,5	0,0	12,5	11,1	5,2	9,7	6,5	11,1
2003	4,8	15,2	16,9	4,8	14,1	17,6	19,4	17,9	16,6	21,2	14,8	9,9	13,1	7,8	13,5	14,8	4,6	12,8	7,9	13,0
2004	5,5	15,7	16,5	4,8	15,0	18,5	16,8	10,4	16,8	19,6	14,1	10,2	13,1	8,0	12,8	14,6	5,8	10,1	8,0	12,4
2005	5,8	9,5	16,5	5,6	15,0	18,7	15,9	11,9	18,4	17,3	14,6	10,3	13,1	8,8	12,8	14,2	5,2	10,5	8,5	12,2
2006	5,0	11,0	16,9	5,6	14,8	16,6	16,4	12,2	18,6	17,3	14,1	10,3	14,8	8,9	12,7	14,5	5,3	9,9	8,4	12,3
2007	5,4	11,9	17,0	5,7	14,8	19,6	16,1	12,3	19,3	17,2	14,0	10,7	13,8	2,9	11,6	14,6	5,5	11,5	8,4	12,2
2008	5,2	12,2	16,8	5,8	14,3	19,4	17,1	12,0	19,0	16,9	13,2	10,5	13,4	0,2	11,8	14,6	5,1	10,6	8,1	11,9
2009	4,2	10,8	14,5	6,7	13,2	17,3	16,5	10,2	17,5	15,3	13,2	0,4	12,5	0,3	11,2	13,1	5,4	9,7	7,9	10,5
2010	4,5	12,8	16,2	5,8	13,7	17,5	15,4	11,2	17,0	15,6	13,1	0,5	13,0	0,3	12,2	14,7	5,8	10,1	8,0	11,0
2011	4,9	13,1	16,0	5,4	13,9	18,5	1,6	11,0	17,5	15,4	14,1	1,4	13,4	0,1	12,6	15,2	0,0	1,2	8,8	9,7
2012	4,9	12,5	15,5	5,6	13,4	13,0	1,1	11,6	17,6	14,2	14,2	0,8	12,6	0,2	12,9	14,4	5,1	1,6	8,8	9,5
2013	4,6	12,6	14,6	5,3	14,2	13,8	1,1	8,7	17,0	1,7	14,3	1,0	12,6	0,4	12,2	13,3	3,9	1,3	7,9	8,5
2014	4,7	11,6	15,2	6,2	14,8	13,9	0,7	11,6	18,1	1,7	15,0	0,7	14,4	0,8	14,0	15,2	5,6	1,2	8,5	9,2
2015	5,7	12,7	15,6	8,5	14,7	14,8	0,8	11,0	18,7	2,0	14,7	0,8	14,9	1,4	13,0	2,6	6,4	1,2	9,5	8,9
Média	5,2	12,5	15,1	6,2	13,8	16,4	11,2	11,1	16,5	13,1	13,2	7,0	13,4	4,3	13,7	12,4	4,6	7,9	7,6	10,8

Fonte: Secretaria do Tesouro Nacional. Elaborada pelos autores.

Finalmente, a Tabela 8 mostra o saldo de transferências dos estados do Norte, Nordeste e Centro-Oeste. Os dados indicam que esses estados foram recebedores líquidos de transferências em todo o período entre 2002 e 2015, exceções feitas ao estado de Mato Grosso no ano de 2003 e ao Mato Grosso do Sul entre 2013 e 2015.

Tabela 8: Saldo de transferências dos estados das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste (em R\$ milhões)

Ano	AC	AL	AM	AP	BA	CE	DF	GO	MA	MS	TOTAL
2002	769	612	407	654	1.531	1.403	3.221	326	1.292	83	10.298
2003	793	582	367	839	1.440	917	757	96	1.246	60	7.097
2004	875	744	508	932	1.282	746	749	178	1.884	46	7.944
2005	1.155	1.301	650	1.182	2.571	1.134	1.268	400	2.316	78	12.054
2006	1.272	1.416	851	1.284	2.885	1.134	1.535	373	2.426	70	13.246
2007	1.484	1.653	990	1.522	3.445	1.582	1.684	635	2.855	49	15.899
2008	1.855	1.980	1.255	1.874	4.258	2.094	2.113	896	3.615	90	20.030
2009	1.848	1.947	982	1.810	4.821	1.962	2.265	898	3.697	162	20.391
2010	1.998	2.064	1.100	2.003	5.291	1.907	2.374	765	3.887	161	21.549
2011	2.438	2.550	1.333	2.400	6.225	2.656	2.630	3.408	4.939	198	28.778
2012	2.533	2.634	1.448	2.496	6.773	4.129	2.912	3.647	4.977	165	31.713
2013	2.748	2.766	1.834	2.688	6.481	4.224	3.070	3.758	5.260	-11	32.819
2014	2.472	2.427	1.558	2.395	5.511	3.368	1.618	3.758	4.485	-212	27.380
2015	2.575	2.513	1.764	2.431	5.388	3.551	7.828	3.988	4.691	-242	34.488
Ano	MT	PA	PB	PE	PI	RN	RO	RR	SE	TO	TOTAL
2002	120	1.292	979	1.146	982	809	453	589	920	952	8.241
2003	-118	1.231	973	1.171	958	794	549	607	782	952	7.900
2004	234	1.503	1.103	1.411	933	944	617	686	920	1.076	9.428
2005	499	1.865	1.447	1.937	1.344	1.416	781	862	1.251	1.546	12.947
2006	507	2.000	1.586	2.105	1.462	1.529	868	941	1.351	1.608	13.956
2007	615	2.427	1.819	2.537	1.990	1.741	1.055	1.100	1.588	1.781	16.653
2008	979	3.232	2.287	3.317	2.586	2.205	1.299	1.351	2.034	2.443	21.733
2009	926	3.190	2.863	3.444	2.703	2.069	1.282	1.323	2.059	2.226	22.084
2010	1.028	3.568	3.082	3.458	3.003	2.364	1.338	1.442	2.271	2.537	24.091
2011	1.262	4.269	3.713	4.307	3.505	2.643	1.679	4.301	3.286	2.997	31.961
2012	1.206	4.366	3.840	4.433	3.660	2.751	1.686	1.767	3.466	3.047	30.222
2013	2.952	4.438	4.142	4.574	3.824	2.911	1.844	1.908	3.686	3.359	33.639
2014	3.064	3.744	3.842	3.907	3.387	3.141	1.617	1.689	3.318	2.689	30.398
2015	3.081	3.772	4.019	4.228	3.498	2.456	2.612	1.769	3.317	3.062	31.813

Fonte: Secretaria do Tesouro Nacional. Elaborada pelos autores.

Dessa maneira, ao contrário do que ocorre com os estados das regiões Sul e Sudeste, o sistema de transferências intergovernamentais amplia sensivelmente o saldo fiscal dos estados das Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, atuando como uma importante fonte de recursos para os mesmos.

3 Análise Empírica

3.1 Modelo econométrico e dados

Estimamos a função de reação fiscal desenvolvida por Bohn (1998, 2008), que assume a seguinte forma:

$$\text{Superávit primário PIB}_{ijt} = \alpha_j \text{dívida pública PIB}_{it-1} + \sum_1 \beta_{j1} Z_{it} + \eta_i + \varepsilon_t + u_{ijt} \quad (1)$$

Em que a variável dependente é a razão superávit primário/PIB j do estado i no período t ; *dívida pública* é a dívida pública/PIB do estado i no período $t-1$; o vetor Z_{it} inclui as variáveis que medem as flutuações do ciclo econômico e as despesas governamentais temporárias; η_i são os efeitos fixos para os estados; ε_t são os efeitos fixos de tempo e u_{ijt} é o termo de erro.

Usamos duas medidas de saldo primário ($j=2$). A primeira é a medida de saldo primário padrão (SP1), enquanto a segunda medida corresponde ao saldo primário padrão desconsiderando-se os pagamentos e recebimentos de transferências (SP2).

O parâmetro de interesse é α_j . Bohn (1998, 2008) argumenta que quando o superávit primário no período t responde positivamente à razão dívida/PIB no período $t-1$ o governo adota uma política fiscal sustentável. Um sinal positivo de α_j indica que o governo toma medidas corretivas, aumentando receitas e/ou reduzindo despesas, a fim de neutralizar a acumulação da dívida pública.

As variáveis que medem as flutuações ciclo econômico e as despesas temporárias do governo são⁶:

1. Indicadores do ciclo de negócios e do nível de gastos temporários do governo, representados por YVAR e GVAR. Barro (1986) define $YVAR = (1 - y_t/y_{tT}) * (g_{tT}/y_t)$ e $GVAR = (g_t - g_{tT})/y_t$, em que y_t e g_t descrevem os valores do PIB real e das despesas reais e y_{tT} e G_{tT} descrevem os valores de tendência do PIB real e das despesas reais.

A variável YVAR mede o desvio relativo do produto real com relação à sua tendência ponderado por (g_{tT}/y_t) . A variável GVAR mede os gastos acima da sua tendência. Valores positivos de YVAR indicam que o produto real está abaixo da sua tendência, enquanto valores positivos de GVAR indicam despesas reais acima da tendência.

2. Hiato do Produto definido como a diferença entre o logaritmo do valor efetivo do PIB real e a tendência do logaritmo do PIB real e o hiato das despesas definido como a diferença entre o logaritmo do valor efetivo das despesas e o valor de tendência do logaritmo das despesas. Um valor positivo do hiato do produto indica que o produto está acima da tendência, enquanto um valor positivo do hiato das despesas indica que as despesas estão acima da tendência.

O hiato das despesas deve ter um efeito negativo sobre o superávit primário, assim como YVAR e GVAR. Se o produto está abaixo da sua tendência, o superávit primário deve cair, ocorrendo o oposto quando o produto está acima da sua tendência. Assim, o hiato do produto deve influenciar positivamente o superávit primário.

⁶O modelo de suavização de impostos de Barro (1979) implica que, além da dívida, o superávit primário é determinado por um indicador do ciclo econômico e pelos gastos temporários do governo. Bohn (2008), por sua vez, usa o hiato do produto e o hiato das despesas.

As estimações são feitas usando como amostra todos os estados brasileiros no período de 2001 a 2015⁷. A análise começa em 2001 porque a ideia é verificar o comportamento mais recente das dívidas estaduais, depois de promovidos os ajustes representados pela renegociação das dívidas em 1997 e pela implementação da Lei de Responsabilidade Fiscal em 2000.

No site da STN, são divulgadas diversas informações sobre os relatórios de gestão fiscal dos estados. Por meio deles, foram obtidos dados anuais sobre a Dívida Consolidada Líquida (DCL) dos estados e do Distrito Federal, além das informações sobre a execução orçamentária, como as receitas e despesas anuais totais e sua composição (próprias e de transferências).

Por fim, junto ao site do IBGE foram obtidos os dados anuais sobre o PIB de cada uma das 27 unidades federativas.

3.2 Resultados

Como explicitado anteriormente, o artigo tem como objetivo verificar se a razão dívida/PIB no período $t - 1$ tem um efeito positivo sobre o superávit primário/PIB no período t usando uma função de reação fiscal.

A Tabela 9 mostra os resultados das regressões quando a variável dependente é o saldo primário padrão (Saldo Primário 1 - SP1). O Modelo 1 usa como medidas das flutuações do ciclo econômico e do gasto temporário do governo as variáveis YVAR e GVAR, enquanto o Modelo 2 usa as variáveis hiato do produto e hiato das despesas.

Os resultados mostram que a razão superávit primário/PIB no período t cai cerca de 0,003 pontos percentuais quando a razão dívida/PIB no período $t - 1$ aumenta em 1 ponto percentual em ambos os modelos. O coeficiente estimado, entretanto, não é estatisticamente significativo.

A relação negativa e não significativa entre a dívida pública no período $t - 1$ e o saldo primário (medida usual) no período t no Modelo 1 e no Modelo 2 indica a ausência de sustentabilidade fiscal no período analisado.

De acordo com o esperado, YVAR e GVAR têm uma influência negativa (estatisticamente significativa) sobre o superávit primário, implicando que o superávit cai quando a produção está abaixo da sua tendência, o mesmo ocorrendo quando o gasto público está acima da sua tendência.

As variáveis hiato do produto e hiato da despesa são estatisticamente significantes e apresentam os sinais corretos (o hiato do produto possui influência positiva sobre o superávit primário e o hiato das despesas influência negativa).

A Tabela 10 mostra os resultados das regressões quando a variável dependente é o saldo primário, excluindo-se as receitas e as despesas dos estados com transferências intergovernamentais (Saldo Primário 2 - SP2).

O Modelo 1 mostra que a variável dívida/ PIB_{t-1} não possui significância estatística, embora seu sinal tenha mudado de negativo para positivo. As variáveis YVAR e GVAR são estatisticamente significantes ao nível de 1% e apresentam os sinais esperados.

O Modelo 2 também não apresenta evidências de sustentabilidade da dívida pública, ainda que as variáveis hiato do produto e hiato das despesas sejam estatisticamente significantes ao nível de 1% e tenham os sinais corretos.

⁷Dados anuais captando anos orçamentários são mais adequados do que dados de frequência mais alta quando se quer avaliar respostas à política fiscal.

Tabela 9: Resultados das regressões para a variável dependente SP1

Variáveis	Modelo 1	Modelo 2
C	0,006* (0,003)	0,006* (0,003)
Dívida Pública/ PIB_{t-1}	-0,033 (0,027)	-0,032 (0,026)
YVAR	-0,737* (0,301)	
GVAR	-1,527** (0,483)	
Hiato do Produto		0,028* (0,011)
Hiato das Despesas		-0,061** (0,020)
Efeito-Fixo de Tempo	Sim	Sim
Efeito-Fixo de Estado	Sim	Sim
R-Quadrado	0,469	0,467
Número de Estados	27	27
Número de Observações	405	405

Nota: Erros-padrão robustos a autocorrelação e heterocedasticidade entre parênteses.

** e * denotam significância estatística aos níveis de 1% e 5%, respectivamente.

Tabela 10: Resultados das regressões para a variável dependente SP2

Variáveis	Modelo 1	Modelo 2
C	-0,061** (0,003)	-0,061** (0,003)
Dívida Pública/ PIB_{t-1}	0,014 (0,031)	0,014 (0,031)
YVAR	-3,054** (0,636)	
GVAR	-1,762** (0,545)	
Hiato do Produto		0,113** (0,024)
Hiato das Despesas		-0,068** (0,023)
Efeito-Fixo de Tempo	Sim	Sim
Efeito-Fixo de Estado	Sim	Sim
R-Quadrado	0,958	0,957
Número de Estados	27	27
Número de Observações	405	405

Nota: Erros-padrão robustos a autocorrelação e heterocedasticidade entre parênteses.

** e * denotam significância estatística aos níveis de 1% e 5%, respectivamente.

As transferências fiscais, assim, não parecem ser importantes para garantir a sustentabilidade fiscal dos estados brasileiros. Esse resultado difere dos encontrados por Madhavi & Westlund (2011) e Potrafke & Reischmann (2015), que apontam que as transferências são fundamentais para o equilíbrio intertemporal do orçamento nos Estados Unidos e na Alemanha.

O uso dos gastos totais para calcular a variável hiato da despesa, assim como a presença do hiato do produto nas regressões, pode levar a suspeita de endogeneidade que comprometeria as estimações. Diante disso, são feitas novas estimações excluindo-se as variáveis YVAR e GVAR, ou o hiato do produto e o hiato das despesas. Os resultados são apresentados na Tabela 11 e revelam que incluir/excluir as variáveis que medem o ciclo econômico e os gastos temporários do governo não afeta os resultados.

Tabela 11: Resultados das regressões para as variáveis SP1 e SP2, excluindo as variáveis de controle

Variáveis	SP1	SP2
C	0,005** (0,003)	-0,062** (0,004)
Dívida Pública/ PIB_{t-1}	-0,024 (0,024)	0,018 (0,034)
Efeito-Fixo de Tempo	Sim	Sim
Efeito-Fxo de Estado	Sim	Sim
R-Quadrado	0,417	0,954
Número de Estados	27	27
Número de Observações	405	405

Nota: Erros-padrão robustos a autocorrelação e heterocedasticidade entre parênteses.

** e * denotam significância estatística aos níveis de 1% e 5%, respectivamente.

Na ausência de instrumentos adequados, outra possibilidade para lidar com o potencial problema de endogeneidade envolve usar como instrumentos variáveis internas ao painel, ou seja, as defasagens temporais das supostas variáveis endógenas. Assim, estimamos novamente o painel usando o método generalizado dos momentos (GMM - *Generalized Method of Moments*). Os resultados não se alteram⁸.

4 Heterogeneidade

Os resultados apresentados anteriormente podem esconder eventuais heterogeneidades. Como visto na Seção 2, os estados das regiões Sudeste e Sul são em geral pagadores líquidos de transferências, ou seja, pagam mais transferências do que recebem. O oposto ocorre com os estados das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste que se beneficiam liquidamente de transferências.

Diante disso, reestimamos todos os modelos para os dois grupos de estados.

⁸A avaliação da presença de efeitos heterogêneos envolve, obviamente, a estimação de painéis com menos unidades de *cross-section*. Com isso não é possível fazer as estimações usando GMM. Para homogeneizar a apresentação dos resultados, não são então apresentadas as estimativas para o conjunto de todos os estados. Os resultados podem, contudo, ser obtidos diretamente com os autores.

Os resultados das estimações para os estados das regiões Sul e Sudeste são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12: Resultados das regressões para a variável SP1 - Estados do Sul e Sudeste

Variáveis	Modelo 1	Modelo 2
C	-0,002 (0,002)	-0,003 (0,003)
Dívida Pública/ PIB_{t-1}	0,017 (0,023)	0,018 (0,023)
YVAR	-1,063** (0,294)	
GVAR	-0,750** (0,218)	
Hiato do Produto		0,038** (0,010)
Hiato das Despesas		-0,028** (0,008)
Efeito-Fixo de Tempo	Sim	Sim
Efeito-Fixo de Estado	Sim	Sim
R-Quadrado	0,489	0,489
Número de Estados	7	7
Número de Observações	105	105

Nota: Erros-padrão robustos a autocorrelação e heterocedasticidade entre parênteses.

** e * denotam significância estatística aos níveis de 1% e 5%, respectivamente.

A variável dívida/PIB em $t - 1$ não aparece como estatisticamente significativa, evidenciando ausência de sustentabilidade fiscal. A variável YVAR e a variável GVAR são estatisticamente significantes ao nível de 1% e apresentam o sinal correto. O Modelo 2 indica também que a dívida dos estados não é sustentável. As variáveis do hiato do produto e do hiato do gasto aparecem com os sinais esperados e são estatisticamente significantes.

A Tabela 13 apresenta os resultados para o saldo primário excluindo as transferências intergovernamentais.

Os resultados contrastam com os obtidos quando a variável dependente é o superávit primário usual. A variável dívida/PIB em $t - 1$ afeta positiva e significativamente o saldo primário em t , indicando sustentabilidade da dívida. Os resultados mostram que se a razão dívida/PIB no período $t - 1$ aumenta em 1 ponto percentual a razão saldo primário (exclusive transferências)/PIB no período aumenta aproximadamente 0,13 pontos percentuais. É possível concluir, assim, que uma vez que os estados das regiões Sul e Sudeste pagam mais transferências do que recebem, os seus orçamentos são prejudicados pelo sistema de transferências.

A Tabela 14 apresenta os resultados das estimações para os estados das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste quando a variável dependente é o resultado primário usual.

Tanto no Modelo 1 quanto no Modelo 2, a variável dívida/ PIB_{t-1} não se mostra estatisticamente significativa, ou seja, a condição de sustentabilidade não é aceita. A variável YVAR e a variável GVAR apresentam os sinais corretos e são estatisticamente significantes aos níveis de 5% e 1%, respectivamente.

Tabela 13: Resultados das regressões para a variável SP2 - Estados do Sul e Sudeste

Variáveis	Modelo 1	Modelo 2
C	-0,017* (0,007)	-0,017* (0,007)
Dívida Pública/ PIB_{t-1}	0,129* (0,057)	0,128* (0,057)
YVAR	-0,115 (0,421)	
GVAR	0,813 (0,439)	
Hiato do Produto		0,004 (0,015)
Hiato das Despesas		0,031 (0,017)
Efeito-Fixo de Tempo	Sim	Sim
Efeito-Fixo de Estado	Sim	Sim
R-Quadrado	0,611	0,612
Número de Estados	7	7
Número de Observações	105	105

Nota: Erros-padrão robustos a autocorrelação e heterocedasticidade entre parênteses.

** e * denotam significância estatística aos níveis de 1% e 5%, respectivamente.

Tabela 14: Resultados das regressões para a variável SP1 - Estados do Norte, Nordeste e Centro-Oeste

Variáveis	Modelo 1	Modelo 2
C	0,007 (0,003)	0,006 (0,003)
Dívida Pública/ PIB_{t-1}	-0,026 (0,029)	-0,026 (0,029)
YVAR	-1,024* (0,398)	
GVAR	-2,160** (0,575)	
Hiato do Produto		0,040** (0,015)
Hiato das Despesas		-0,092** (0,025)
Efeito-Fixo de Tempo	Sim	Sim
Efeito-Fixo de Estado	Sim	Sim
R-Quadrado	0,493	0,492
Número de Estados	19	19
Número de Observações	285	285

Nota: Erros-padrão robustos a autocorrelação e heterocedasticidade entre parênteses.

** e * denotam significância estatística aos níveis de 1% e 5%, respectivamente.

O hiato do produto e o hiato das despesas são ambos estatisticamente significantes ao nível de 1% e apresentam o sinal esperado.

A Tabela 15 mostra os resultados quando são desconsideradas as transferências intergovernamentais.

Tabela 15: Resultados das regressões para a variável SP2 - Estados do Norte, Nordeste e Centro-Oeste

Variáveis	Modelo 1	Modelo 2
C	-0,085** (0,004)	-0,085** (0,004)
Dívida Pública/ PIB_{t-1}	0,017 (0,034)	0,017 (0,034)
YVAR	-3,694** (0,774)	
GVAR	-2,096** (0,595)	
Hiato do Produto		0,140** (0,030)
Hiato das Despesas		-0,085** (0,026)
Efeito-Fixo de Tempo	Sim	Sim
Efeito-Fixo de Estado	Sim	Sim
R-Quadrado	0,954	0,954
Número de Estados	19	19
Número de Observações	285	285

Nota: Erros-padrão robustos a autocorrelação e heterocedasticidade entre parênteses.

** e * denotam significância estatística aos níveis de 1% e 5%, respectivamente.

Novamente, a condição de sustentabilidade fiscal não é aceita. No Modelo 1 e no Modelo 2, a relação dívida/PIB em $t - 1$ não apresenta significância estatística. As variáveis YVAR e GVAR são estatisticamente significantes, assim como o hiato do produto e o hiato das despesas. Tanto as variáveis que descrevem as flutuações do ciclo econômico quanto as que captam os gastos temporários do governo apresentam os sinais esperados.

Para completar a análise, são apresentados na Tabela 16 os resultados das regressões sem as variáveis de controle para os estados das regiões Sul e Sudeste.

Os resultados mostram uma influência positiva da razão dívida/PIB no período $t - 1$ sobre o superávit primário inclusive transferências, embora esta não seja estatisticamente significativa. No entanto, depois que são excluídas as transferências, o efeito passa a ser estatisticamente significativo.

Na Tabela 17, temos as regressões sem as variáveis de controle para os estados das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste.

Os resultados das regressões para os Estados do Norte, Nordeste e Centro-Oeste indicam que quando a variável dependente é o superávit tradicional, o coeficiente da variável razão dívida/PIB é negativo e estatisticamente insignificante. Quando a variável dependente é o superávit primário exclusive as transferências, o coeficiente passa a ser positivo, de magnitude pequena, mas ainda estatisticamente insignificante.

Tabela 16: Resultados das regressões para as variáveis SP1 e SP2, excluindo as variáveis de controle - Estados do Sul e Sudeste

Variáveis	SP1	SP2
C	-0,005 (0,005)	-0,013 (0,006)
Dívida Pública/ PIB_{t-1}	0,033 (0,038)	0,095* (0,045)
Efeito-Fixo de Tempo	Sim	Sim
Efeito-Fixo de Estado	Sim	Sim
R-Quadrado	0,394	0,595
Número de Estados	7	7
Número de Observações	105	105

Nota: Erros-padrão robustos a autocorrelação e heterocedasticidade entre parênteses.

** e * denotam significância estatística aos níveis de 1% e 5%, respectivamente.

Tabela 17: Resultados das regressões para as variáveis SP1 e SP2, excluindo as variáveis de controle - Estados do Norte, Nordeste e Centro-Oeste

Variáveis	SP1	SP2
C	0,006* (0,003)	-0,085** (0,004)
Dívida Pública/ PIB_{t-1}	-0,018 (0,024)	0,017 (0,036)
Efeito-Fixo de Tempo	Sim	Sim
Efeito-Fixo de Estado	Sim	Sim
R-Quadrado	0,424	0,948
Número de Estados	19	19
Número de Observações	285	285

Nota: Erros-padrão robustos a autocorrelação e heterocedasticidade entre parênteses.

** e * denotam significância estatística aos níveis de 1% e 5%, respectivamente.

5 Conclusão

O objetivo deste artigo é verificar se a sustentabilidade fiscal dos estados brasileiros durante o período 2001 a 2015 é afetada pelo sistema de transferências intergovernamentais. Para avaliar a questão, é usado o modelo de Bohn, ou seja, é estimada uma função de reação fiscal em que uma resposta negativa da razão superávit primário/PIB à razão dívida/PIB indica fragilidade fiscal. São usadas duas medidas de saldo primário, uma incluindo e outra excluindo as receitas e despesas advindas das transferências entre os diferentes níveis de governo.

Quando se olha para o conjunto dos estados, o sistema de transferências não atua no sentido de subsidiar de forma implícita as dívidas estaduais. As evidências indicam que os governos estaduais não perseguem políticas fiscais sustentáveis, quer sejam incluídas ou excluídas as transferências fiscais.

Há, contudo, heterogeneidade na resposta da razão superávit primário/PIB à razão dívida/PIB, dependendo da importância líquida das transferências

para o orçamento. Como os estados recebem transferências da União, mas também transferem recursos para os municípios, é possível dividi-los em dois grupos: estados das regiões Sul e Sudeste, que em geral transferem mais recursos do que recebem, e estados das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, que recebem mais recursos do que transferem. Diante disso, espera-se que para o primeiro grupo, o sistema de transferências prejudique o desempenho fiscal, enquanto para o segundo grupo melhore.

A evidência empírica obtida indica que o sistema de transferências dificulta a avaliação da sustentabilidade fiscal dos estados das regiões Sul e Sudeste, uma vez que quando as transferências são incluídas, a política fiscal aparece como insustentável, ao passo que, quando as transferências são excluídas, a política fiscal passa a ser sustentável. No caso dos estados das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, o sistema de transferências não afeta os resultados. Os estados apresentam situação fiscal bastante preocupante, uma vez que nem mesmo se beneficiando liquidamente de transferências conseguem apresentar um desempenho fiscal adequado.

Esses resultados diferem dos encontrados na escassa literatura que trata da mesma questão para outras federações (Madhavi & Westlund 2011, Potrafke & Reischmann 2015). Somente quando as transferências são incluídas, as políticas fiscal dos estados americanos e alemão são sustentáveis, o que implica que o sistema de transferências faz com que os orçamentos estaduais pareçam melhores do que realmente são.

Postali & Rocha (2003) indicam que o sistema de transferências intergovernamentais tem direcionado recursos dos estados mais ricos para os mais pobres, atuando como um esquema de seguro regional contra o risco. Aqui observa-se que esse esquema de seguro, no entanto, parece vir à custa da não sustentabilidade da política fiscal dos estados mais ricos sem que, contudo, seja garantida a sustentabilidade da política fiscal dos estados mais pobres. Esse resultado é mais um que coloca dúvidas sobre o atual desenho do sistema de transferências intergovernamentais no Brasil e chama a atenção para a necessidade de mecanismos que alinhem corretamente os incentivos dos diferentes entes federativos.

Referências Bibliográficas

- Ahmed, S. & Rogers, J. H. (1995), 'Government budget deficits and trade deficits: are present value constraints satisfied in long-term data?', *Journal of Monetary Economics* **36**, 351–374.
- Barro, R. J. (1979), 'On the determination of the public debt', *Journal of Political Economy* **87**, 940–971.
- Barro, R. J. (1986), 'U.S. deficits since World War I', *Scandinavian Journal of Economics* **88**, 195–222.
- Bicalho, A. & Issler, J. (2011), 'Teste de sustentabilidade da dívida, ajuste fiscal no Brasil e consequências para o produto', *Departamento de Pesquisa Macroeconômica Itaú Unibanco*. Textos para Discussão.
- Bohn, H. (1998), 'The behavior of U.S. public debt and deficits', *Quarterly Journal of Economics* **113**, 949–963.

Bohn, H. (2007), 'Are stationarity and cointegration restrictions really necessary for the intertemporal budget constraint?', *Journal of Monetary Economics* 54(7), 1837–1847.

Bohn, H. (2008), *The sustainability of fiscal policy in the United States*, in: R. Neck and J. Sturm, Sustainability of public debt, MIT Press.

Byrne, J. P., Fiess, N. & MacDonald, R. (2011), 'The global dimension to fiscal sustainability', *Journal of Macroeconomics* 33, 137–150.

Chicoli, R. S. (2015), *Sustentabilidade da dívida pública brasileira: uma análise sob diversos conceitos de superávit primário e endividamento*, PhD thesis, Dissertação de Mestrado. IPE-USP. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da USP.

Fincke, B. & Greiner, A. (2011), 'Debt sustainability in Germany: empirical evidence for federal states', *International Journal of Sustainable Economy* 3, 235–254.

Ghosh, A. R., Kim, J. I., Mendoza, E. G., Ostry, J. D. & Qureshi, M. S. (2013), 'Fiscal fatigue, fiscal space and debt sustainability in advanced economies', *Economic Journal* 123, F4–F30.

Hakkio, C. & Rush, M. (1991), 'Is the budget deficit too large?', *Economic Inquiry* 29, 429–445.

Hamilton, J. D. & Flavin, M. A. (1986), 'On the limitations of government borrowing: a framework for empirical testing', *American Economic Review* 76(4), 808–819.

Issler, J. V. & Lima, L. R. (2000), 'Public debt sustainability and endogenous seigniorage in Brazil: Time-series evidence from 1947–92', *Journal of Development Economics* 62(1), 131–147.

Koester, G. B. & Priesmeier, C. (2013), 'Does Wagner's Law ruin the sustainability of German public finances? ', *Finanz Archiv: Public Finance Analysis* 69, 256–288.

Luporini, V. (2002), 'The behavior of the Brazilian federal domestic deficit', *Economia Aplicada* pp. 713–733.

Luporini, V. (2015), 'Sustainability of Brazilian fiscal policy, once again: corrective policy response over time', *Estudos Econômicos* 45(2), 437–458.

Madhavi, S. & Westlund, J. (2011), 'Fiscal stringency and fiscal sustainability: panel evidence from the American state and local governments', *Journal of Policy Modeling* 33, 953–969.

Mello, L. (2008), 'Estimating a fiscal reaction function: the case of debt sustainability in Brazil', *Applied Economics* 40, 271–284.

Mendes et. al., M. (2008), 'Transferências intergovernamentais no Brasil: Diagnóstico e proposta de reforma', *Consultoria Legislativa do Senado Federal*. Textos para discussão: nº 40.

- Mendonça et. al., M. (2009), 'Revisitando a função de reação fiscal no Brasil pós Real: Uma abordagem de mudanças de regime', *Estudos Econômicos* 39(4).
- Mendoza, E. G. & Ostry, J. D. (2008), 'International evidence on fiscal solvency: is fiscal policy 'responsible'?', *Journal of Monetary Economics* 55, 1081–1093.
- Mora, M. & Giambiagi, F. (2007), 'Federalismo e endividamento subnacional: uma discussão sobre a sustentabilidade da dívida estadual', *Revista de Economia Política* 27(3), 472–494.
- Pastore, A. C. (1995), 'Déficit público, a sustentabilidade do crescimento das dívidas interna e externa, senhoriação e inflação: Uma análise do regime monetário brasileiro', *Revista de Econometria* 14(2), 177–234.
- Pereira, J. (2008), Sustentabilidade da dívida pública dos estados brasileiros, PhD thesis, Dissertação de Mestrado. UFMG/CEDEPLAR.
- Postali, F. & Rocha, F. (2003), 'Federalismo fiscal enquanto esquema de seguro regional: uma avaliação do caso brasileiro', *Pesquisa e Planejamento Econômico* 33(3).
- Potrafke, M. & Reischmann, M. (2015), 'Fiscal transfers and fiscal sustainability', *Journal of Money, Credit and Banking* 47(5), 975–1005.
- Prohl, S. & Westerlund, J. (2009), 'Using panel data to test for fiscal sustainability within the European Union', *Finanz Archiv: Public Finance Analysis* 65, 246–269.
- Quintos, C. E. (1995), 'Sustainability of the deficit process with structural shifts', *Journal of Business & Economics Statistics* 13, 409–417.
- Rocha, F. (1997), 'Long-run limits on the Brazilian government debt', *Revista Brasileira de Economia* 51, 447–470.
- Simonassi, A. (2007), Função de resposta fiscal, múltiplas quebras estruturais e a sustentabilidade da dívida pública no Brasil, XXXV encontro da ANPEC, Recife-PE.
- Tabosa et. al., F. (2016), 'Reação fiscal ao aumento da dívida pública: uma análise para os estados brasileiros', *Economia Aplicada* 20(1), 57–71.
- Ter-Minassian, T. (2012), 'Reform priorities for sub-national revenues in Brazil'. IDB Working Paper, IDB-PB-157.
- Trehan, B. & Walsh, C. (1988), 'Common trends, the government budget constraint, and revenue smoothing', *Journal of Economic Dynamic and Control* 12, 425–444.
- Trehan, B. & Walsh, C. (1991), 'Testing intertemporal budget constraints: Theory and applications to US federal budget and current account deficits', *Journal of Money, Credit and Banking* 23, 206–223.
- Wilcox, D. (1989), 'The sustainability of government deficits: implications of the present-value borrowing constraints', *Journal of Money, Credit and Banking*, Columbus 21(3), 291–306.

ESTUDO SOBRE RIGIDEZ DE PREÇOS NO BRASIL: UMA ABORDAGEM SETORIAL COM INFORMAÇÕES AGREGADAS*

JOCILDO FERNANDES BEZERRA[†]
IGOR ÉZIO MACIEL SILVA[‡]

Resumo

Utilizando os componentes não observados dos produtos real e nominal estima-se modelo DSGE semi-estrutural de rigidez de preços que varia entre os setores. Exercício Monte Carlo testa a similitude da estrutura de preços do Brasil versus Estados Unidos e um modelo de Markov analisa a estabilidade da política monetária no período de 1996:1 a 2015:4. Revelam-se distribuições de rigidez de preços e graus de complementaridade estratégica e comparam-se as persistências dos efeitos dos choques nominais no produto e na inflação entre os cenários de homogeneidade e heterogeneidade estrutural. Neste último caso há vantagem substancial para identificar as propriedades dinâmicas dessas variáveis.

Palavras-chave: heterogeneidade, rigidez de preços, DSGE semi-estrutural.

Abstract

Using unobserved components of real and nominal products, we estimated a semi-structural DSGE model of price rigidity with structural heterogeneity. We tested the similarity of the price structure in Brazil compared to that of the United States and analyzed the stability of monetary policy from 1996:Q1 until 2015:Q4. Price rigidity distributions and degrees of strategic complementarities were verified and the persistence of the effects of nominal shocks on product and inflation are compared between scenarios of homogeneity and structural heterogeneity. The latter case showed a substantial advantage in identifying the dynamic properties of these variables.

Keywords: heterogeneity, price rigidity, semi-structural DSGE.

JEL classification: E10, E30.

DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/1980-5330/ea151245>

* Extraído do segundo capítulo da Tese de Professor Titular do 1º autor.

† Universidade Federal de Pernambuco. E-mail: jocildo.bezerra@gmail.com

‡ Universidade Federal do Rio Grande do Norte. E-mail: igormacielsilva@gmail.com

1 Introdução

A hipótese sobre rigidez de preços, embora antiga (LUCAS JUNIOR 1996), ganhou força no pensamento econômico a partir de KEYNES (1936) e adquiriu um caráter dinâmico com os trabalhos de FISCHER (1977), TAYLOR (1979), TAYLOR (1980) e CALVO (1983), os quais contribuíram não só para suportar a evidência empírica sobre os impactos reais dos choques nominais, mas, também, para permitir a avaliação dos efeitos de políticas monetárias alternativas.

A literatura recente tem apontado, no entanto, que esses trabalhos pioneiros não refletem um aspecto instigante, presente nos microdados, qual seja, que existe heterogeneidade setorial na frequência de ajustamento de preços e que isso, do ponto de vista macroeconômico, tem implicações consideráveis para os efeitos da política monetária.

Entre os trabalhos mais importantes que trataram sobre a questão em nível de microdados, destacam-se BILS & KLENOW (2004), KLENOW & KRYVTSOV (2008), NAKAMURA & STEINSSON (2008), para os Estados Unidos, enquanto DHYNE et al. (2006), VERMEULEN et al. (2007) e ÁLVAREZ et al. (2005) estudaram o assunto para diversos países da Europa.

TAYLOR (1998), revendo a evidência sobre fixação de preços em nível micro, chega à conclusão de que algum nível de heterogeneidade na forma como os preços são estabelecidos é necessário para descrever a realidade de modo mais acurado.

As implicações macroeconômicas da heterogeneidade setorial na fixação de preços foram contempladas, entre outros, por CARVALHO (2006), CARLSTROM et al. (2009), DIXON & KARA (2005), DIXON & KARA (2011), CARVALHO & DAM (2010), IMBS et al. (2011), FLAMINI (2014), CARVALHO et al. (2015).

O objetivo deste trabalho é contribuir para o debate por meio da estimação, para o Brasil, de um modelo de Equilíbrio Geral Dinâmico e Estocástico (*Dynamic Stochastic General Equilibrium* – DSGE) semi-estrutural de rigidez de preços, em que o grau de rigidez varia entre os setores, examinando a dinâmica conjunta do produto e da inflação, em reposta a choques nominais e comparando-a com o cenário, dito homogêneo, em que todas as empresas da economia adotam a mesma duração de preços. Os recursos usados neste trabalho para acessar o comportamento dinâmico das variáveis são: as funções impulso-resposta (FIR), no caso do produto real, e o grau de reversão à média (MARQUES 2004) no caso da inflação. A variável inflação será simulada por meio do modelo DSGE.

Ademais, realiza-se um exercício Monte Carlo para testar a similitude da estrutura de preços do Brasil com a dos Estados Unidos e, através de um modelo de Markov, analisa-se a estabilidade da política monetária no período abrangido pelo estudo, 1996:1 a 2015:4.

O modelo aqui estimado segue CARVALHO & DAM (2010) e CARVALHO et al. (2015), mas incorpora as seguintes diferenças: primeiro, aqueles autores usaram uma abordagem Bayesiana e aqui se usa máxima verossimilhança; em segundo lugar, aqui serão usados os componentes não observados das séries (HARVEY 2011, COMMANDEUR & KOOPMAN 2007, KOOPMANS & OOMS 2010). Também, será verificada a estabilidade do regime de política monetária e, finalmente, para testar se a dinâmica setorial torna mais persistentes os efeitos dos choques nominais sobre a inflação, do que no caso da economia

homogênea, será usada a técnica de identificar a reversão da inflação à sua média.

O trabalho se relaciona a vários ramos da literatura, entre eles o que trata de identificar distribuições de durações de preços a partir de dados agregados (JADRESIC 1999, TAYLOR 1993, CARVALHO & DAM 2010); à literatura que trata dos modelos semi-estruturais (CARVALHO & DAM 2010, KICHIAN et al. 2010, CHARRY et al. 2014, SBORDONE 2002); e, também, aos modelos que tratam sobre complementaridade estratégica (ALVI 1993, AMITI et al. 2016, WOODFORD 2003, ROMER 2012).

Entre os resultados obtidos, observa-se que 28% dos preços duram um trimestre e 46% duram dois trimestres, ou seja, 46% das firmas mudam os preços pelo menos uma vez ao ano. Por outro lado, a estimação do modelo de heterogeneidade estrutural considerando-se seis setores, gera valor do parâmetro de complementaridade estratégica de aproximadamente 0,13, o qual se situa entre 0,10 e 0,15, intervalo que, segundo WOODFORD (2003), é consistente com modelos de especificação completa.

O restante deste trabalho se estrutura da seguinte forma: na segunda parte, apresentam-se breves informações sobre a literatura; na terceira parte, apresentam-se os dados e a metodologia; na quarta parte, analisam-se os resultados e, finalmente, são oferecidas algumas conclusões.

2 Literatura

Considera-se, em primeiro plano, a questão da rigidez de preços causada pelo ajustamento escalonado, em que se destaca a obra de TAYLOR (1979, 1980, 1998, 2016), da qual se origina o modelo utilizado neste trabalho, qual seja, CARVALHO & DAM (2010).

TAYLOR (1979) parte da percepção de que o componente representativo da inflação esperada, na equação da curva de Phillips aceleracionista, é independente do comportamento dos agentes e, portanto, não reflete à dinâmica dos contratos de preços e salários, sendo essa dinâmica indispensável na explicação da persistência da inflação¹. Necessário, pois, dedicar atenção à curva de Phillips de curto prazo, e à sua dinâmica, para uma compreensão correta dos efeitos dos choques nominais, levando em conta que nesse contexto há dois fenômenos em causa, a saber: as expectativas racionais e os contratos; e a persistência, ou não, decorrente da rigidez de preços, depende de qual das duas forças é dominante.

Mais tarde, apareceram os modelos setoriais enfatizando o papel dos preços relativos na propagação dos choques, predominantemente choques nominais. AOKI (2001) propõe um modelo de dois setores com, respectivamente, preço flexível e preço rígido e analisa a relação entre as mudanças nos preços relativos e as flutuações da inflação.

CARLSTROM et al. (2009) usam um modelo de dois setores com diferentes graus de rigidez de preços, com imobilidade do fator trabalho, e associam o efeito autorregressivo da razão de preços relativos à persistência do produto e da inflação.

¹ROMER (2012) diz que essa independência da inflação esperada em relação ao ambiente econômico acaba por implicar na instabilidade da curva de Phillips tanto quanto na sua versão antiga.

DIXON & KARA (2005, 2011) com um modelo de equilíbrio geral dinâmico, equilíbrio geral dinâmico (DGE), propõem uma abordagem que generaliza o modelo original de TAYLOR (1980) para incorporar os efeitos de diferentes setores com contratos de diferentes durações. Esse modelo engloba a economia original de Taylor como um caso especial onde há apenas uma duração de preços para todos os contratos.

Em CARVALHO (2006), revive-se o papel dos preços relativos destacando-se suas diferentes distribuições durante o processo de ajustamento, a um choque nominal, em um contexto de contratos setoriais com diferentes durações. Para esse autor, as mudanças nas distribuições de preços relativos são a razão de “efeitos não triviais” na dinâmica agregada. As distribuições, por sua vez, são geradas por dois tipos de reações dos agentes, que se manifestam em presença de heterogeneidade setorial: (i) efeito composição de frequência; e (ii) complementaridade estratégica.

Na literatura que emprega modelos semi-estruturais, destacam-se KICHIAN et al. (2010), que propõem equações únicas para prever o comportamento futuro da inflação no Canadá, no curto e no médio prazos. Os modelos combinam aspectos estruturais da Curva de Phillips Novo Keynesiana (NKPC), incluindo, alternativamente, economia fechada e aberta, com as características das séries temporais presentes nos dados.

CHARRY et al. (2014) desenvolvem e aplicam um modelo semi-estrutural para analisar a política monetária em Ruanda e a introdução das séries temporais (dados observados) no modelo permite ilustrar as contribuições de vários fatores para a dinâmica da inflação daquele país, bem como os seus desvios da meta.

Na literatura brasileira, os trabalhos mais recentes nessa área, ao que parece, são: MINELLA & SOUZA SOBRINHO (2009) e KRZNAR & MATHESON (2017). No primeiro, o objetivo dos autores é estudar os canais de transmissão da política monetária. O modelo é constituído de cinco blocos de equações compreendendo a demanda agregada, a oferta agregada, o setor financeiro, a política monetária e o resto do mundo. Este último bloco é constituído por processos estocásticos exógenos representados por $ARMA(p,q)$ e $AR(p)$. No segundo trabalho, os autores exploram a relação entre ciclo econômico e ciclo financeiro no Brasil, o que fazem com o emprego de métodos estatísticos comumente utilizados e com um modelo semi-estrutural da economia brasileira, empregando uma abordagem Bayesiana.

3 Dados e Metodologia

3.1 Dados

Os dados empregados neste trabalho são as séries temporais, de periodicidade trimestral, representativas do PIB real e do PIB nominal, obtidas nas Contas Nacionais Trimestrais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e a taxa Selic-over obtida na base de dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). Das séries temporais do PIB, lhes são extraídos os seus componentes não observados, usando a metodologia proposta em: HARVEY (1989), COMMANDEUR & KOOPMAN (2007), KOOPMANS & OOMS (2010) e esses são usados no processo de estimação do modelo. A taxa Selic-over, nas suas versões nominal e real, é usada para estimar o modelo de Markov como

forma de avaliar a estabilidade da política monetária no período estudado, 1996:1 a 2015:4.

Esta parte do trabalho se inicia com a aplicação do modelo de Markov para testar a estabilidade do regime de política monetária, no Brasil, no período em estudo, isto é, 1996:1 a 2015:4. A hipótese de estabilidade é fundamental para a confiabilidade dos resultados, conforme CARVALHO & DAM (2010), DAVIG & DOH (2014), COENEN & LEVIN (2004).

Há na literatura muitos trabalhos demonstrando os efeitos de mudanças no regime de política monetária sobre a taxa real de juro (RESCHREITER 2011, CAPORALE & GRIER 2005, HUIZINGA & MISHKIN 1985, WU & ZENG 2006) e sobre a taxa nominal de juro (FUJIWARA 2006). Por outro lado, um instrumental de econometria muito usado por esses autores para analisar o fenômeno é o modelo de mudança de regime de Markov (DUPASQUIER & RICKETTS 1998, EVANS & LEWIS 1995, WU & ZENG 2006, GARCIA & PERRON 1996, FUJIWARA 2006).

A forma mais simples de especificar tal modelo estabelece que s_t é o evento de uma corrente de Markov de dois estados. Assim,

$$P_r(s_t = j | s_{t-1} = i) = P_{ij}$$

Tendo em vista que s_t não é observado diretamente, mas apenas objeto de inferência através do comportamento da série y_t , os parâmetros necessários para descrever completamente a lei de probabilidade que governa y_t são: $\sigma^2, \phi, \mu_1, \mu_2, P_{11}, P_{12}$, nessa ordem, representando a variância dos erros, a inclinação, os interceptos, antes e depois da mudança de regime, e as probabilidades dos dois estados de transição². Se a mudança é permanente, ela é representada por $P_{12} = 1$.

As Figuras 1 e 2 apresentam os resultados dos testes de estabilidade do regime de política monetária no Brasil, usando as taxas de juro real e nominal. Observa-se, em conformidade com as estimativas do modelo de Markov, que a mudança de regime ocorrida em 1999 foi permanente. A Figura 1, considerando a taxa de juro real, parece constatar uma mudança de regime. Na Figura 2, considerando a taxa de juro nominal, há indícios de que mesmo antes de 1999 o Brasil já adotava procedimento equivalente àquele vigente a partir de 2000. Como há um debate na literatura³ sobre qual a taxa de juro é mais adequada para o exercício aqui realizado, optou-se por utilizar, nas estimações do modelo DSGE, os dados do período completo, 1996:1 a 2015:4 e a qualidade dos resultados das estimações parece confirmar o acerto dessa decisão.

3.2 O Modelo DSGE Semi-Estrutural

Especificação do Modelo Semi-Estrutural⁴

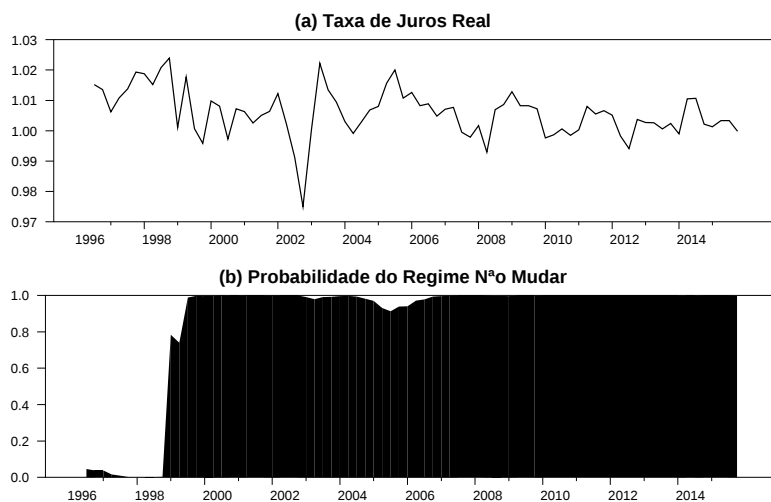
Dada a natureza novo Keynesiana do modelo, a sua hipótese central pressupõe um *continuum* de firmas em concorrência monopolística. Para destacar a questão de interesse neste trabalho, isto é, a heterogeneidade setorial, supõe-se, ademais, que as firmas estão distribuídas em K setores da economia, sendo

²Seguindo a anotação de DOAN (2010). Por limitação de espaço, não se apresentam as regressões.

³Ver HUIZINGA & MISHKIN (1985) e GARCIA & PERRON (1996).

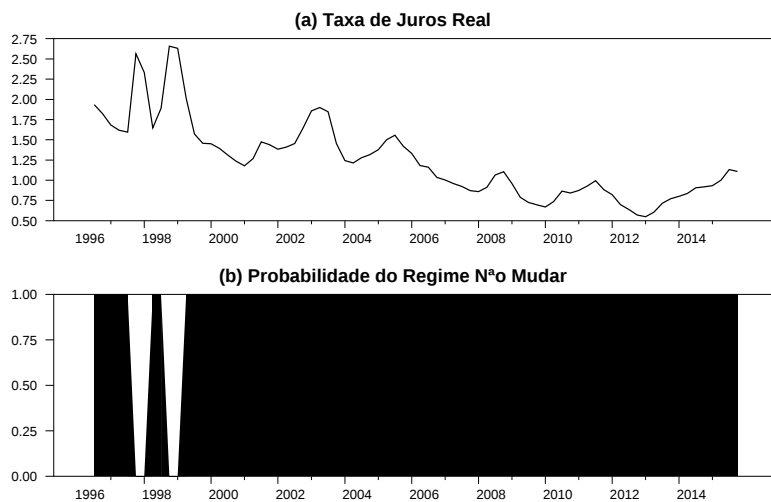
⁴Baseado em CARVALHO & DAM (2009, 2010)

Figura 1: Evolução da taxa de juro real e probabilidade de não mudança do regime de política monetária



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 2: Evolução da taxa de juro nominal e probabilidade de não mudança do regime de política monetária



Fonte: Elaborado pelos autores.

que diferentes setores implicam diferentes frequências de mudanças de preços. As firmas são indexadas por $k \in (1, \dots, K)$, e por $j \in (0, \dots, 1)$. A densidade de firmas em cada setor é representada por $(\omega_1, \dots, \omega_K)$, com $\omega_K \geq 0$ e $\sum_{k=1}^K \omega_k = 1$, onde ω_k é a densidade de firmas no setor k . Cada firma produz um único bem e enfrenta uma demanda que depende, negativamente, do seu preço relativo.

O lucro da firma j pertencente ao setor k , é representado por:

$$\Pi(k, j) = P_{t(k,j)} Y_{t(k,j)} - C(Y_{t(k,j)}, Y_t, \xi_t)$$

onde $P_{t(k,j)}$ é o preço cobrado pela firma j do setor k , $Y_{t(k,j)}$ é a quantidade vendida pela firma j do setor k , $C(Y_{t(k,j)}, Y_t, \xi_t)$ é o custo em que a firma incorre para produzir, que depende tanto da quantidade que ela produz, como também do produto total da economia, Y_t , e está sujeito ao choque ξ_t . O preço relativo da firma é:

$$\frac{P_{t(k,j)}}{P_t},$$

em que P_t é o nível geral de preços (NGP).

Assim, a função lucro, $\Pi(k, j)(P_{t(k,j)}, Y_{t(k,j)}, Y_t, \xi_t)$, é homogênea de grau 1 nos seus dois primeiros argumentos, tem um único ponto de máximo que depende de $P_{t(k,j)}$ independentemente dos valores das demais variáveis.

O NGP é uma média representada por $\Gamma(P_{t(k)}, W_{k(k=1, \dots, K)})$, onde Γ é um operador de agregação homogêneo em $P_{t(k)}$, e $P_{t(k)} = \Lambda(P_{t(k,j)})$, $j \in (0, 1)$.

Com base em TAYLOR (1979, 1980), supõe-se que a firma contratará um preço que permanecerá fixo por um dado número de períodos que vale para todas as firmas do setor, de modo que os preços contratados são específicos dos setores. Assim, no setor 1 o preço durará 1 período, no setor 2, durará 2 períodos, e assim sucessivamente, contando, ainda, que no corte setorial os preços são escalonados. Dessa forma, o conjunto $\omega = (\omega_1, \dots, \omega_K)$ é suficiente para caracterizar a distribuição *cross-section* de rigidez de preços que se objetiva estimar.

Considerando uma firma que contrate um preço $X_{t(k,j)}$ para k períodos, pode-se escrever como a seguir a equação que ela precisa maximizar, ou seja:

$$\max E_t \sum_{i=0}^{k-1} Q_{t,t+i} \Pi(X_{t(k,j)}, P_{t+i}, Y_{t+i}, \xi_{t+i}),$$

onde $Q_{t,t+i}$ é um fator de desconto, que pode ser estocástico, implicando uma condição de primeira ordem de maximização de lucro da firma da seguinte forma:

$$E_t \sum_{i=0}^{k-1} Q_{t,t+i} \frac{\partial \Pi(X_{t(k,j)}, P_{t+i}, Y_{t+i}, \xi_{t+i})}{\partial X_{t(k,j)}} = 0. \quad (1)$$

Loglinearizando o Modelo

A Equação (1) é loglinearizada em torno de uma trajetória de equilíbrio determinístico na qual $M_t = \bar{M}$, $\xi_t = \bar{\xi}$, $Y_t = \bar{Y}$, $Q_{t,t+i} = \beta^i$, e $X_{t(k,j)} = P_t = \bar{P}$, para todo (k, j) , de modo a se obter:

$$x_{t(k)} = \frac{1-\beta}{1-\beta^k} E_t \sum_{i=0}^{k-1} \beta^i \left(p_{t,i} + \zeta (y_{t+i} - y_{t+i}^n) \right) \quad (2)$$

Variáveis minúsculas denotam logaritmos dos desvios em relação às suas tendências, o parâmetro ζ representa índice de rigidez real identificado em BALL & ROMER (1990). y_{t+i}^n representa o produto natural e é definido implicitamente em função de ζ quando a firma alcança o seu preço de maximização de lucro. O fato de y_{t+i}^n se mover proporcionalmente a ζ significa que, em presença de um choque, a empresa opta pelo produto de lucro máximo em uma economia de preços flexíveis.

O produto nominal é representado pela equação a seguir:

$$m_t = p_t + y_t \quad (3)$$

As Equações (4) e (5) são aproximações loglineares dos níveis, geral e setorial, de preços:

$$p_t = \sum_{k=1}^K \omega_k p_{t(k)} \quad (4)$$

$$p_{t(k)} = \frac{1}{k} \sum_{j=0}^{k-1} x_{t-k(j)} \quad (5)$$

Agora, substituindo-se a Equação (3) na Equação (2), é possível destacar o papel da rigidez real na influencia dos choques de demanda sobre os reajustes de preços.

$$x_{t(k)} = \frac{1-\beta}{1-\beta^k} E_t \sum_{i=0}^{k-1} \beta^i \left(\zeta (m_{t+i} - y_{t+i}^n) + (1-\zeta) p_{t+i} \right) \quad (6)$$

O parâmetro ζ conta a história sobre a complementaridade estratégica. Aqui, pode-se observar que, quanto menor ele for, mais próximo de p_{t+i} estará o preço contratado em t , $x_{t(k)}$ e, também, mais independente será de choques da demanda, o que aumenta a rigidez nominal e acentua a não neutralidade da moeda.

Os Processos Estocásticos Exógenos

Completa-se o modelo especificando-se os processos estocásticos exógenos que representam as dinâmicas do PIB nominal (m_t) e do PIB natural (y_t^n)⁵. Esses processos estocásticos são responsáveis pela geração dos choques que vão impactar o produto e a inflação nas estimativas do modelo. O procedimento está em conformidade com o que é exigido no processo de estimação

⁵Sempre lembrando que neste trabalho, ao invés das séries brutas obtidas nas bases de dados oficiais, trabalha-se com os componentes não observados dessas séries.

de um DSGE com dados factuais, isto é, que o número de choques seja igual ao número de observáveis (Estima 2014).

Em consonância com CARVALHO & DAM (2009, 2010), assumem-se os dois processos estocásticos, sendo um deles $AR(p1)$ para m_t :

$$m_t = \rho_0 + \rho_1 m_{t-1} + \dots + \rho_{p1} m_{t-p1} + \epsilon_t^m, \quad (7)$$

e outro $AR(p2)$ para y_t^n :

$$y_t^n = \delta_0 + \delta_1 y_{t-1}^n + \dots + \delta_{p2} y_{t-p2}^n + \epsilon_t^n, \quad (8)$$

onde $\epsilon_t = (\epsilon_t^m, \epsilon_t^n)$ e $\epsilon_t \sim N(0_{1 \times 2}, \Omega^2)$, com $\Omega^2 = \begin{bmatrix} \sigma_m^2 & 0 \\ 0 & \sigma_n^2 \end{bmatrix}$.

O Modelo na Forma Estado-Espaço

Uma vez especificado o modelo, o passo seguinte é colocá-lo na forma estado-espço para que possa ser resolvido. A forma estado-espço é constituída por todas as fórmulas geradas pelo modelo original. No presente caso, as Equações (1) a (8) motivaram a construção de 21 fórmulas que serão agrupadas e expressas como um sistema de matrizes. O algoritmo usado é o método QZ de SIMS (2002).

Antes, porém, tem-se que lembrar que há duas classes de elementos que precisam ser explicitados para que o modelo esteja bem informado e possa ser resolvido; ou seja, é necessário classificar o que são as *séries* e o que são os *parâmetros*. O modelo DSGE trabalha simbolicamente com séries e numericamente com *parâmetros*.

Isto posto, a forma estado-espço pode ser representada, em sua expressão reduzida, por

$$Z_t = C(\theta) + G_1(\theta)Z_{t-1} + B(\theta)\epsilon_t \quad (9)$$

onde o vetor θ contém os parâmetros primitivos do modelo, isto é:

$$\theta = (K, p_1, p_2, \beta, \zeta, \sigma_m, \sigma_n, \omega_1, \dots, \omega_K, \rho_1, \dots, \rho_{p1}, \delta_1, \dots, \delta_{p2}).$$

Para modelos que admitem completa descrição dos observáveis, uma das técnicas de estimação é máxima verossimilhança, cuja essência consiste na avaliação do modelo estado-espço⁶.

3.3 A Estratégia Empírica

Tudo o que foi discutido no item anterior tem que passar pelo teste crucial de operacionalidade no que concerne à possibilidade de se extraírem distribuições setoriais de preços para a economia brasileira a partir dos seus dados agregados representados pelas componentes não observadas do produto nominal e do produto real.

⁶Para uma descrição de como se procede com a função likelihood obtida a partir do emprego do filtro de Kalman, veja-se CARVALHO & DAM (2009, 2010) e DOAN (2010).

Neste sentido, este trabalho se orienta por duas importantes evidências existentes na literatura. A primeira delas se deve a KLENOW & MALIN (2010), os quais afirmam que a duração média dos preços em mercados emergentes é próxima da encontrada para os Estados Unidos e região do Euro. A segunda evidência vem de GOUVEA (2007), cujos resultados indicam que a heterogeneidade na fixação de preços entre os diversos setores no Brasil é similar àquela para os Estados Unidos e região do Euro.

O que está em pauta é um problema de identificação, ou seja, como a distribuição *cross-section* de rigidez de preços $\omega = (\omega_1, \dots, \omega_K)$ pode ser revelada a partir do emprego de apenas duas variáveis representando, respectivamente, o PIB nominal e o PIB real da economia brasileira⁷?

Para testar a semelhança entre as estruturas de preços, citadas acima, realiza-se um exercício Monte Carlo, seguindo CARVALHO & DAM (2009, 2010), comparando os resultados desses autores com os obtidos aqui. Esse exercício é sustentado pelos parâmetros dos processos AR(2) obtidos dos componentes não observados do produto nominal e do produto real, do Brasil, e respectivos choques. Com base nos resultados de KLENOW & MALIN (2010) e GOUVEA (2007), os *guesses* de distribuição de preços para a implementação do exercício são os mesmos usados por CARVALHO & DAM (2009, 2010) para a economia americana, isto é, $K = 4$, $\omega = (0, 4; 0, 1; 0, 1; 0, 4)$ e $\beta = 0, 99$.

Em ambos os casos as estimações são feitas através de máxima verossimilhança. A Tabela 1 compara os resultados desse exercício para o Brasil e para os Estados Unidos, em testes para pequenas amostras e para grande amostra, constatando grande similitude das médias obtidas para os parâmetros $\zeta, \omega_1, \omega_2, \omega_3$ e ω_4 . O teste de pequena amostra realizado por CARVALHO & DAM (2009, 2010) simulou 240 amostras de 100 observações; neste trabalho, para o mesmo teste, fizeram-se duas simulações, sendo uma de 240 amostras e 80 observações, e outra de 300 amostras de 80 observações.

Para o teste de grande amostra, 1000 observações foram simuladas 100 vezes, no caso deste trabalho, e 75 vezes em CARVALHO & DAM (2009, 2010). Essas simulações mostram uma aproximação ainda maior. As evidências quanto aos intervalos de confiança repetem o observado anteriormente. Em primeiro lugar, todos os intervalos estimados neste estudo contêm as médias estimadas no estudo de referência⁸; e em segundo lugar, os intervalos de confiança deste trabalho são relativamente mais precisos.

Diante dessas constatações, parece correto afirmar-se que o modelo é aplicável à economia brasileira e que as variáveis agregadas, utilizadas no exercício, contêm informações sobre distribuições setoriais de durações de preços, hipótese à qual será dado conteúdo prático na próxima seção.

Estimações dos Componentes Não Observados

Antes de se iniciarem as estimações, chama-se a atenção para o fato de que há precedentes na literatura sobre a utilização de componentes não observados em regressões que são formas reduzidas de modelos mais gerais, sendo as estimações da curva de Phillips um arquétipo frequente. Assim, por exemplo, WONGWACHARA & MINPHIMAI (2009) extraem o gap do produto como componente não observado do PIB e o empregam na estimação da curva de

⁷ Nesse caso, os componentes não observados dessas duas variáveis.

⁸ Refere-se ao trabalho de CARVALHO & DAM (2010).

Tabela 1: Exercício Monte Carlo comparativo: estimação por máxima verossimilhança

Parâmetros	CARVALHO & DAM (2009, 2010)		Este Trabalho		
	240 Draws e 100 Observações	75 Draws e 1000 Observações	240 Draws e 80 Observações	300 Draws e 80 Observações	100 Draws e 1000 Observações
ζ	0,179 [0,022 0,415]	0,106 [0,059 0,150]	0,154 [0,031 0,398]	0,159 [0,070 0,279]	0,104 [0,057 0,151]
ω_1	0,395 [0,183 0,621]	0,395 [0,183 0,621]	0,347 [0,000 0,767]	0,280 [0,158 0,354]	0,396 [0,269 0,541]
ω_2	0,096 [0,000 0,376]	0,100 [0,000 0,257]	0,110 [0,000 0,286]	0,110 [0,000 0,262]	0,098 [0,062 0,130]
ω_3	0,088 [0,000 0,304]	0,091 [0,000 0,197]	0,100 [0,000 0,290]	0,110 [0,000 0,249]	0,102 [0,064 0,135]
ω_4	0,498 [0,064 0,801]	0,414 [0,233 0,570]	0,440 [0,162 0,719]	0,499 [0,365 0,645]	0,404 [0,295 0,500]
ρ_0	0,000 [-0,002 0,002]	0,000 [0,000 0,000]	0,079 [0,004 0,236]	0,078 [0,000 0,219]	0,011 [0,002 0,022]
ρ_1	1,403 [1,256 1,547]	1,430 [1,388 1,468]	1,580 [1,441 1,738]	1,580 [1,430 1,730]	1,605 [1,550 1,670]
ρ_2	-0,446 [-0,579 -0,302]	-0,450 [-0,499 -0,410]	-0,605 [-0,752 -0,458]	-0,606 [-0,750 -0,461]	-0,608 [-0,670 -0,554]
σ_m	0,005 [0,004 0,006]	0,005 [0,005 0,005]	0,070 [0,061 0,081]	0,071 [0,061 0,080]	0,072 [0,069 0,074]
δ_0	0,000 [-0,004 0,004]	0,000 [-0,001 0,001]	1,935 [0,891 5,160]	2,405 [0,087 5,696]	1,041 [0,810 1,607]
δ_1	0,231 [-0,257 0,616]	0,350 [0,091 0,513]	1,632 [1,613 1,638]	1,628 [1,237 1,636]	1,637 [1,634 1,639]
δ_2	0,133 [-0,073 0,326]	0,150 [0,049 0,258]	-0,646 [-0,650 -0,644]	-0,646 [-0,649 -0,644]	-0,645 [-0,646 -0,644]
σ_n	0,105 [0,020 0,311]	0,050 [0,033 0,083]	0,095 [-0,096 0,160]	0,117 [0,087 0,155]	0,104 [0,103 0,120]

Fonte: Elaborado pelos autores.

Phillips para países da Ásia; O mesmo método, com a mesma finalidade, é usado por MACHADO & PORTUGAL (2014), para a economia brasileira, e por HARVEY (2011), para a economia americana. IRELAND (2007) introduz o componente não observado identificado por BEVERIDGE & NELSON (1981) em um modelo DSGE para estudar o componente dinâmico da inflação americana.

LAFOURCADE & DE WIND (2012) constroem um modelo DSGE para a Holanda e o interpretam como um modelo multivariado de componentes não observados. Há justificativa, do ponto de vista da literatura, e também do ponto de vista da qualidade dos resultados obtidos aqui, para o uso dos componentes não observados das séries do PIB real e do PIB nominal no modelo DSGE⁹.

Neste ponto inicia-se a análise estrutural das séries, para isolar os componentes não observados, e a primeira série a ser usada será a do PIB nominal. Primeiro, retira-se a sazonalidade da série usando o código X11, e faz-se a transformação logarítmica. Em seguida, aplicam-se três tipos de *dummies*: uma *dummy* permanente, que marca uma quebra estrutural em 2009:2; uma *dummy* temporária, marcando o período de 2008:1 a 2008:3; e uma *dummy* para outlier em 1996:4.

Todas as *dummies* se mostraram fortemente significantes em uma regressão da série do PIB nominal contra elas mesmas. O parâmetro de tendência também é fortemente significativo. A *dummy* de quebra estrutural, mostrando um sinal negativo, reflete a queda da atividade econômica desde então¹⁰.

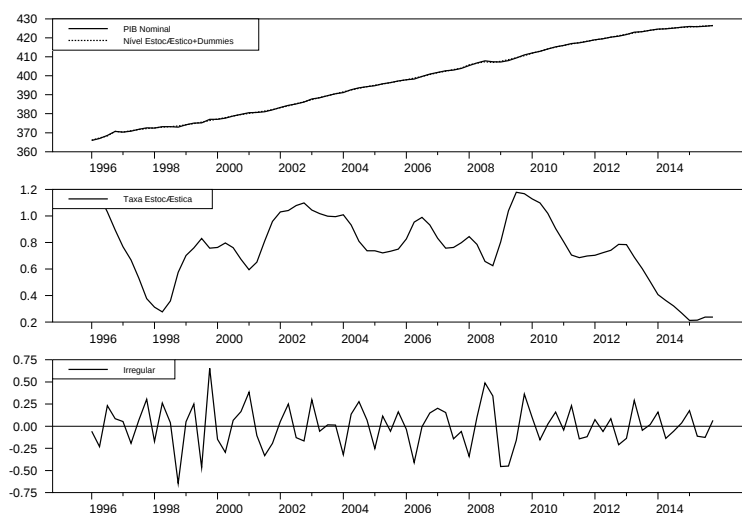
A Figura 3 apresenta a decomposição do PIB nominal em seus componentes não observados. O primeiro painel mostra a comparação entre os dados originais e o nível estocástico mais as *dummies*. O segundo painel mostra a taxa estocástica da tendência, revelando que ela é positiva em todo o período. Isso significa que a tendência é crescente, mas evidencia o seu enfraquecimento a partir de 2010. O componente irregular da série está no terceiro painel.

Os procedimentos para isolar os componentes não observados da série do PIB real, iniciam-se, também, com a retirada do componente sazonal usando o código X11; e faz-se a transformação logarítmica. Em seguida, aplicam-se dois tipos de *dummies*: uma *dummy* permanente, que marca uma quebra estrutural em 2008:4; duas *dummies* para outliers, sendo uma em 2009:1 e outra em 2015:2. Todas as *dummies* são fortemente significantes. O coeficiente da tendência é positivo, porém substancialmente menor do que no caso do PIB nominal.

A Figura 4 contém os componentes não observados do PIB real. No primeiro painel, o PIB trimestral é comparado com o nível estocástico, mais as variáveis de intervenção, mostrando que o componente não observado segue as informações originais, reflexos, ao mesmo tempo, da qualidade do ajustamento e de que o método de decomposição utilizado faz o resultado seguir a dinâmica dos dados. No segundo painel, a taxa de variação da tendência que mostra um crescimento sustentado apenas no período 2003 a 2007 e uma tendência arrefecida de 2010 a 2014 e, daí em diante, um decréscimo mais acentuado. Finalmente, o terceiro painel mostra o componente irregular o

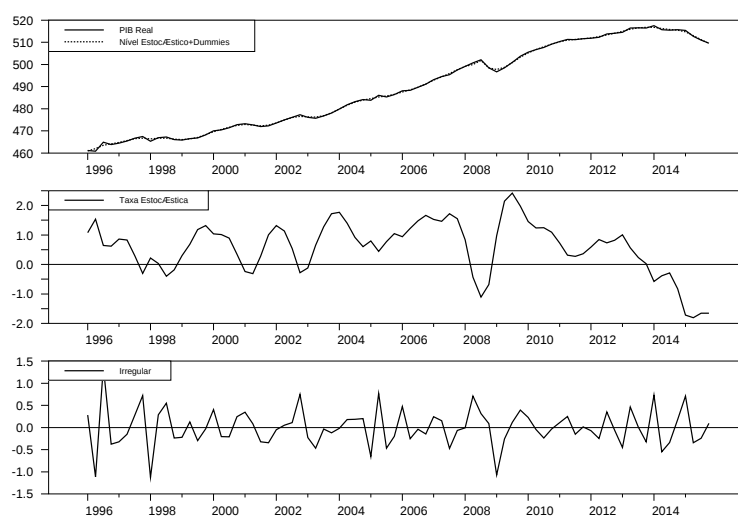
⁹Para uma exposição detalhada de como usar o modelo estado espaço em associação com o filtro de Kalman para extração dos componentes não observados de séries temporais, veja DOAN (2010).

¹⁰Por motivo de limitação de espaço, não são mostradas as tabelas relativas às estimações dos modelos estado-espaço para isolar os componentes não observados.

Figura 3: Componentes não observados do PIB nominal

Fonte: Elaborado pelos autores.

qual revela que a instabilidade da economia se tornou mais pronunciada a partir de 2012.

Figura 4: Componentes não observados do PIB real

Fonte: Elaborado pelos autores.

Estimação do Modelo DSGE

Antes de organizar o modelo na forma estado-espço, especificam-se os valores dos parâmetros que pertencem ao conjunto θ mencionado anteriormente. Há parâmetros que são determinados exogenamente, como, por exemplo, K , que representa o número de setores e, também, a duração máxima de preços, isto é, oito trimestres; assim, também, $\beta = 0,99$ a taxa de desconto aplicada,

no momento em que a firma contrata um novo preço, para atualizar a expectativa de preços e produtos futuros. Os demais parâmetros devem ser buscados em várias outras origens.

Assim, os parâmetros dos processos estocásticos exógenos $AR(2)$, $\rho_1, \rho_2, \delta_1, \delta_2$, são estimados a partir dos componentes não observados das séries temporais e, bem assim, as suas variâncias, σ_m e σ_n . ζ é estimado junto com o modelo. As distribuições de durações de preços que servem de guesses para as diferentes quantidades de setores são obtidas como proporções aproximadas da distribuição empírica calculada por CARVALHO & DAM (2010) para os Estados Unidos. Essa iniciativa se fundamenta nas teses sobre as similitudes das estruturas de preços entre o Brasil e aquele país, citadas em estudos (KLENOW & MALIN 2010, GOUVEA 2007) e constatada através do exercício Monte Carlo realizado neste trabalho.

4 Resultados

4.1 Modelos Heterogêneos

Apresentam-se as estimativas para $K = 4, 6$ e 8 . Nesse caso, cada setor tem sua distribuição específica, o que implica diferentes velocidades de ajustamentos de preços. Também será mostrada uma estimativa para uma economia de oito setores onde os preços se ajustam à mesma velocidade, ou seja, o caso em que há homogeneidade na fixação dos preços. Na comparação entre os dois casos, mais adiante neste trabalho, este será denominado de modelo homogêneo, ou de um setor. Os resultados se iniciam com as estimações em que se destaca a heterogeneidade setorial conforme a Tabela 2. Nessa tabela, $E(K)$ é a média das distribuições de durações de preços; ω_i , $i = 1, \dots, 8$, representa a distribuição de durações de preços em cada caso.

O primeiro ponto a notar é que as estimativas convergem em todos os níveis, mostrando as consistências dos modelos. As distribuições de durações de preços extraídas dos dados agregados se conformam fortemente com a distribuição empírica. No caso de oito setores, único para o qual é possível comparação direta dos resultados com CARVALHO & DAM (2009, 2010), para os Estados Unidos, verifica-se uma correlação de 0,85, sendo que aqui se usou simplesmente máxima verossimilhança, enquanto aqueles autores usaram a metodologia Bayesiana.

Outro ponto importante é a qualidade dos ajustamentos, decorrente, de certo, de se ter aplicado, neste trabalho, os componentes não observados das séries, o que concorda com COMMANDEUR & KOOPMAN (2007) quando dizem que as propriedades dinâmicas das séries não podem ser observadas diretamente dos dados, e com KICHIAN et al. (2010), segundo quem o componente não observado de uma série representa a sua dinâmica fundamental.

Considerando-se, ainda, a estimação com oito trimestres, como dito antes, a única comparável, observa-se que 28% dos preços duram um trimestre e 46% duram dois trimestres, ou seja, 46% das firmas mudam os preços pelo menos uma vez ao ano. Em CARVALHO & DAM (2009, 2010) são, respectivamente, 28% e 43%. Essa proximidade dos resultados confirma o que foi encontrado no exercício Monte Carlo, isto é, a semelhança entre as estruturas de preços do Brasil e dos Estados Unidos.

Também assim se pode dizer quanto à duração média dos preços, aproximadamente 12 meses, e o desvio padrão que é de, aproximadamente, oito

Tabela 2: Distribuição setorial dedurações de preços

Parâmetros	Modelo com 4 Setores	Modelo com 6 Setores	Modelo com 8 Setores	Modelo Homogêneo
ζ	0,206** (0,009)	0,127** (0,004)	0,404** (0,048)	0,360** (0,017)
ω_1	0,378** (0,027)	0,477** (0,006)	0,275** (0,002)	
ω_2	0,133* (0,056)	0,255** (0,001)	0,190** (0,009)	
ω_3	0,137* (0,073)	0,040** (0,000)	0,020** (0,000)	
ω_4	0,352** (0,004)	0,059** (0,000)	0,033** (0,000)	
ω_5		0,077** (0,004)	0,144** (0,000)	
ω_6		0,092** (0,002)	0,123** (0,000)	
ω_7			0,103** (0,010)	
ω_8			0,110** (0,001)	1,000 (-)
ρ_0	2,202** (0,284)	2,817** (0,667)	7,229** (0,107)	0,227 (0,306)
ρ_1	1,225** (0,000)	1,222** (0,001)	1,216** (0,000)	1,225** (0,000)
ρ_2	-0,226** (0,000)	-0,229** (0,001)	-0,234** (0,000)	-0,226** (0,000)
σ_m	0,724** (0,011)	0,702** (0,026)	0,530** (0,004)	0,773** (0,010)
σ_n	1,245** (0,063)	1,951** (0,132)	1,382** (0,061)	3,511** (0,162)
δ_0	0,900** (0,097)	0,849** (0,111)	0,853** (0,081)	0,329* (0,165)
δ_1	1,628** (0,000)	1,629** (0,000)	1,629** (0,000)	1,631 (0,000)
δ_2	-0,635** (0,000)	-0,634** (0,000)	-0,634** (0,000)	-0,633** (0,000)
Iterações para Convergência	83	38	37	57
Log Likelihood	-145,124	-170,179	-209,592	-180,892
$E(K)$	2,463 (1,307)	2,281 (1,686)	3,916 (2,566)	

Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota: Parênteses significam desvio-padrão, (**) significa coeficiente significativo a 1%;

(*) significa coeficiente significativo a 5%.

meses. O parâmetro ζ , representativo da complementaridade estratégica, se apresentou menor do que 1 em todos os modelos estimados.

4.2 Comparação Entre os Modelos Heterogêneo e Homogêneo

Para poupar espaço, só é apresentado aqui o modelo homogêneo que caracteriza uma economia com oito setores na qual a velocidade de ajustamento de preços é a mesma para todos eles. O objetivo neste item é destacar as vantagens do modelo heterogêneo sobre o modelo homogêneo no que concerne às suas implicações para as dinâmicas do produto e da inflação.

Antes, porém, uma rápida visualização da estimativa no caso homogêneo com oito setores (Tabela 2) em que se observam todos os parâmetros fortemente significantes do ponto de vista estatístico, com exceção, apenas, da constante do processo estocástico gerador do choque nominal. Nota-se, ainda, que $\zeta < 1$, implicando complementaridade estratégica, isto é, nas decisões sobre ajustamentos de preços as firmas interagem e está presente, portanto, o multiplicador de contratos.

A estratégia usada aqui é comparar entre si os gráficos das FIR, dois a dois, para o mesmo número de setores em cada modelo. Por exemplo, seja uma economia com seis setores; nesse caso, comparam-se as FIR do modelo em que as velocidades de ajustamentos de preços são diferentes (versão heterogênea) com as funções impulso de uma economia, também de seis setores, em que os ajustamentos de preços são uniformes, isto é, uma economia homogênea.

As Figuras 5 a 7, com painéis (a) e (b), contam a história dos efeitos dos choques nominais sobre o produto e a inflação, e os seus graus de persistência, no Brasil, no período de 1996:1 a 2015:4. Do ponto de vista do produto, a comparação entre as versões homogênea e heterogênea parece revelar o esperado em consequência das teorias discutidas ao longo deste trabalho.

Em todos os gráficos que refletem números de setores menores do que oito, o choque nominal faz o produto real crescer por dois, no máximo três trimestres e depois mantém uma trajetória constante que vai além de trinta e dois trimestres. Nota-se que o maior valor de ζ , a complementaridade estratégica, está associado à estimação com oito setores. Esse valor é 0,40, comparado com 0,21 e 0,13, respectivamente nas estimativas com quatro e seis setores. Na Figura 7, após dois meses de crescimento o produto real declina fortemente embora nunca chegue à sua base anterior.

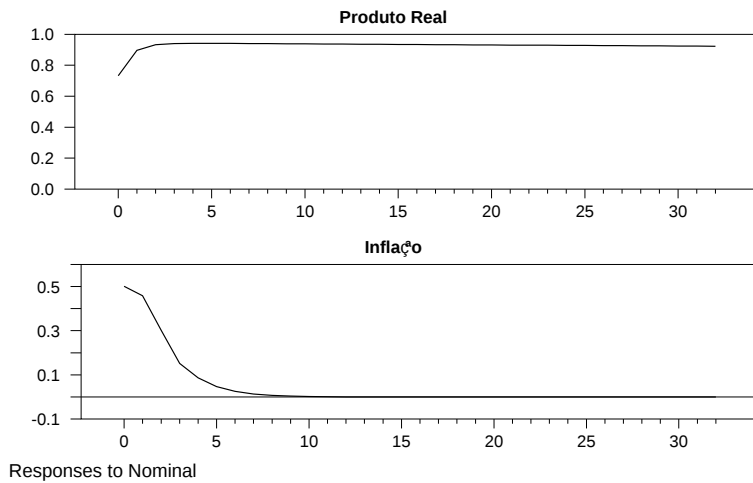
Agora, comparando os gráficos da estimação heterogênea com os da estimação homogênea, não há dúvidas de que os primeiros exibem uma persistência incomparavelmente maior do produto, passando de trinta e dois trimestres, incluindo o de oito setores, o único no qual a trajetória do produto sofre declínio. No caso das estimações homogêneas, o máximo que o produto resiste é doze ou treze trimestres.

Já com respeito às FIR da inflação, não há clareza definitiva sobre qual apresenta mais persistência, isto é, se as do modelo heterogêneo, ou se do modelo homogêneo.

Para se buscar uma melhor aferição desse fenômeno, este trabalho apela para a técnica sugerida por MARQUES (2004), autor que investiga a estreita relação existente entre persistência e reversão à média. Esse procedimento apresenta algumas vantagens interessantes para se estudar o fenômeno. Primeiro, ele permite um melhor entendimento do que a persistência implica em termos da trajetória de qualquer série temporal estacionária; segundo, des-

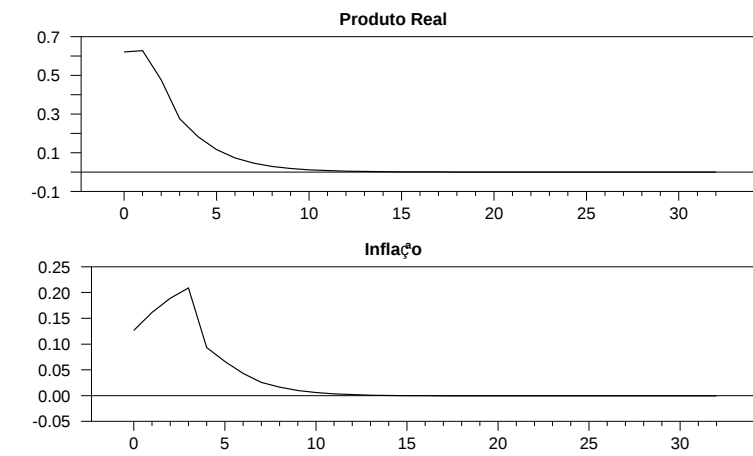
Figura 5: Funções impulso-resposta

(a) Heterogêneo 4 setores



Responses to Nominal

(a) Heterogêneo 4 setores



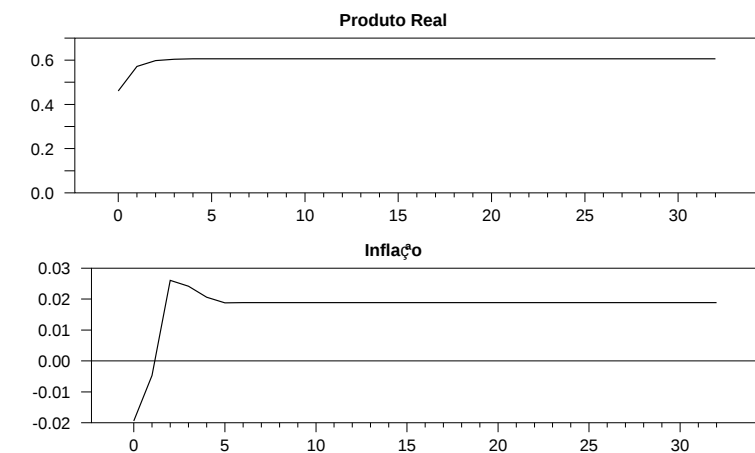
Responses to Nominal

Fonte: Elaborado pelos autores.

taca o fato de que para medir persistência é necessário primeiro saber como se mede a média de uma série; terceiro, produz uma medida simples para avaliar a persistência da inflação.

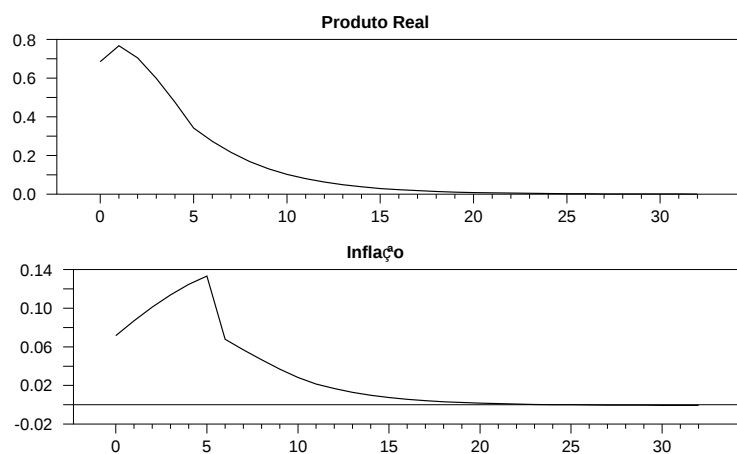
Figura 6: Funções impulso-resposta

(a) Heterogêneo 6 setores



Responses to Nominal

(b) Homogêneo 6 setores



Responses to Nominal

Fonte: Elaborado pelos autores.

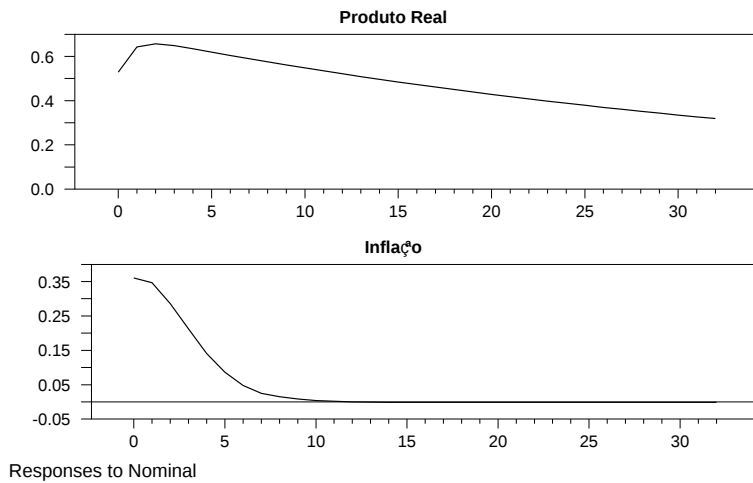
A ideia de MARQUES (2004), a esse respeito, é simples. Suponha a seguinte equação:

$$\Delta y_t = \sum_{j=1}^{p-1} \delta_j \Delta y_{t-j} + (\rho - 1)[y_{t-1} - \mu] + \epsilon_t,$$

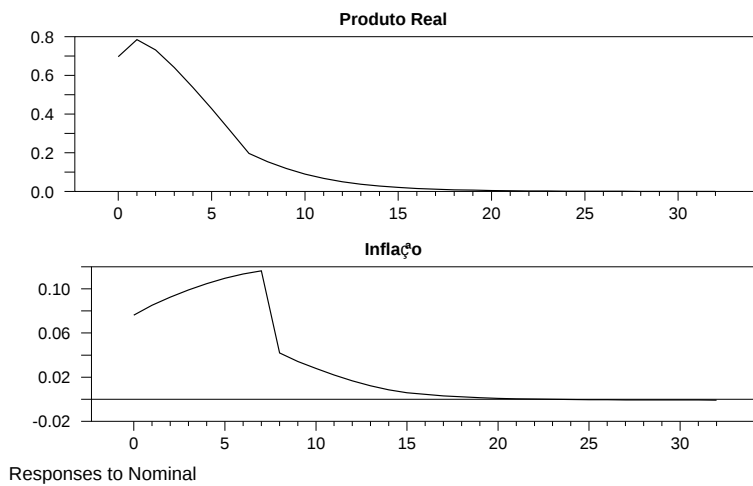
na qual $0 < \rho < 1$. Nessa equação, a presença de reversão à média se expressa em $(\rho - 1)[y_{t-1} - \mu]$.

Figura 7: Funções impulso-resposta

(a) Heterogêneo 8 setores



(b) Homogêneo 8 setores

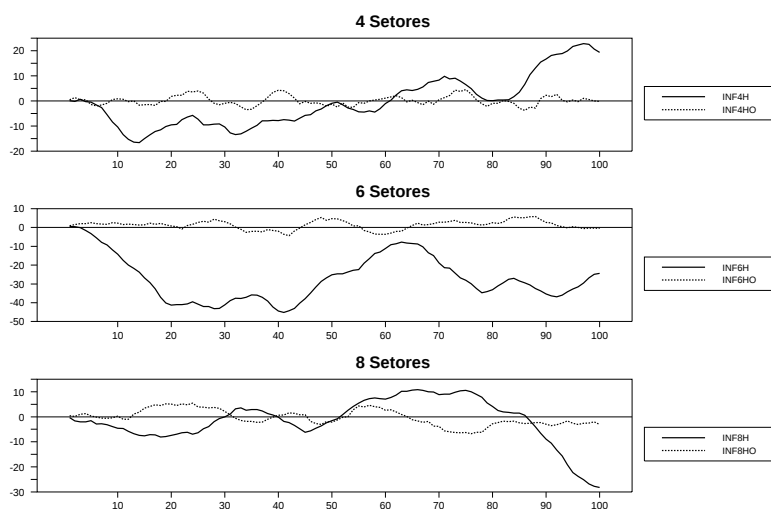


Fonte: Elaborado pelos autores.

Assim, se no período $t - 1$ a série está acima (abaixo) da média, o desvio contribui como uma força que define a variação negativa (positiva) da série no período seguinte, assim conduzindo-a para próximo da média. A dimensão, em termos absolutos de $(\rho - 1)$ é decisiva para esse movimento. Assim, persistência geralmente medida como ρ e reversão à média são inversamente correlacionadas, de modo que para duas séries temporais estacionárias quaisquer, a que cruzar menos vezes a média é a mais persistente.

Para examinar a persistência da inflação, segundo essa interessante ideia de MARQUES (2004), usou-se o modelo DSGE para fazer simulações de amostras com 100 observações, de seis séries de inflação envolvendo estimações de quatro, seis e oito setores para os modelos heterogêneo e homogêneo. A Figura 8 é esclarecedora a esse respeito, validando os resultados dominantes na literatura, isto é, a heterogeneidade setorial de rigidez de preços implica maiores persistências tanto do produto real como da inflação.

Figura 8: Avaliação de persistência com amostras simuladas de inflação



Fonte: Elaborado pelos autores. Nota: $infkH$ significa inflação simulada para o modelo heterogêneo de k setores, $infkHO$ significa inflação simulada para o modelo homogêneo de k setores.

Na Figura 8, o teste para quatro setores indica que a série inflação do modelo heterogêneo cruza a média apenas 2 vezes, enquanto a série do modelo homogêneo cruza a média 11 vezes. Para seis setores, a série do modelo heterogêneo cruza apenas 1 vez contra pelo menos 4 vezes da série do modelo homogêneo. Para oito setores, são, respectivamente, 4 vezes contra 7 vezes. Parece claro, então, que a heterogeneidade setorial de durações de preços revela mais fortemente a persistência da inflação em comparação com o modelo homogêneo.

5 Conclusões

Este trabalho usou componentes não observados de séries temporais representativas dos agregados macroeconômicos produto real e produto nominal para acessar distribuições de durações de preços que lhe são subjacentes.

Foi usado o modelo DSGE, semi-estrutural, proposto por CARVALHO & DAM (2009, 2010) estimado por máxima verossimilhança. Nas estimações das durações *cross-section* de preços o ajustamento se revelou de muito boa qualidade com o uso dos componentes não observados das séries de produto real e de produto nominal. Um indicador dessa boa qualidade do ajustamento é o fato de que na estimação heterogênea com oito setores, e, portanto, com duração de preços até 8 períodos, observa-se uma correlação de 0,85 com os resultados de CARVALHO & DAM (2009, 2010), não obstante esses últimos tenham usado a abordagem Bayesiana.

Quanto aos efeitos dos choques nominais, observa-se, como é comum na literatura, que a persistência do produto é incomparavelmente maior nos modelos heterogêneos de seis, sete e oito setores, do que nos modelos homogêneos correspondentes, o que se conclui das próprias FIR. Do ponto de vista da inflação, as FIRs não são conclusivas. Porém, usando-se o modelo de reversão à média (MARQUES 2004, DIAS & MARQUES 2005) fica bastante clara a superioridade dos modelos heterogêneos.

Referências Bibliográficas

- ALVI, E. (1993), 'Strategic interactions and real rigidity: complementarity between two Keynesian concepts', *South Econ J* v. 59(n. 3), p. 515–517.
- AMITI, M., ITISKHOKI, O. & KONINGS, J. (2016), 'International shocks and domestic prices: how large are strategic complementarities?', *Natl Bur Econ Res* p. 54 p.
- AOKI, K. (2001), 'Optimal monetary policy responses to relative-price changes', *J Monet Econ* v. 48(n. 1), p. 55–80.
- BALL, L. & ROMER, D. (1990), 'Real rigidities and the non-neutrality of money', *Rev Econ Stud* v. 57(n. 2), p. 183–203.
- BEVERIDGE, S. & NELSON, C. R. (1981), 'A new approach to decomposition of economic time series into permanent and transitory components with particular attention to measurement of the business cycle', *J Monet Econ* v. 7(n. 2), p. 151–174.
- BILS, M. & KLENOW, P. J. (2004), 'Some evidence on the importance of sticky prices', *J Polit Econ* v. 112(n. 5), p. 947–985.
- CALVO, G. A. (1983), 'Staggered prices in a utility-maximizing framework', *J Monet Econ* v. 12(n. 3), p. 383–398.
- CAPORALE, T. & GRIER, K. B. (2005), 'Inflation, presidents, fed chairs and regime shifts in the US real interest rate', *J Money Credit Bank* v. 37(n. 6), p. 1153–1163.
- CARLSTROM, C. T., FUERST, T. S. & PAUSTIAN, M. (2009), 'Inflation persistence, monetary policy, and the great moderation', *J Money Credit Bank* v. 41(n. 4), p. 767–786.
- CARVALHO, C. (2006), 'Heterogeneity in price stickiness and the real effects of monetary shocks', *J Macroecon* v. 6(n. 3), p. 1–58.

CARVALHO, C. & DAM, N. A. (2009), 'The cross-sectional distribution of price stickiness implied by aggregate data', *Federal Reserve Bank of New York* p. 54 p.

CARVALHO, C. & DAM, N. A. (2010), 'Estimating the cross-sectional distribution of price stickiness from aggregate data', *Danmarks Nationalbank* p. 42 p.

CARVALHO, C., DAM, N. A. & LEE, J. W. (2015), 'Real rigidities and the cross-sectional distribution of price stickiness: evidence from micro and macro data combined', *Danmarks Nationalbank* p. 55 p.

CHARRY, L., GUPTA, P. & THAKOOR, V. (2014), 'Introducing a semi-structural macroeconomic model for Rwanda', *IMF - International Monetary Fund* p. 37 p.

COENEN, G. & LEVIN, A. T. (2004), 'Identifying the influences of nominal and real rigidities in aggregate price-setting behavior', *ECB - European Central Bank*.

COMMANDEUR, J. J. F. & KOOPMAN, S. J. (2007), *An introduction to state space time series analysis*, 1st ed. edn, Oxford University Press, Oxford.

DAVIG, T. & DOH, T. (2014), 'Monetary policy regime shifts and inflation persistence', *Rev Econ Stat* v. 96(n. 5), p. 862–875.

DHYNE, E., LE BIHAN, H., ÁLVAREZ, L. J., VERONESE, G., DIAS, D., HOFFMANN, J., JONKER, N., LÜNNEMANN, P., RUMLER, F. & VILMUNEN, J. (2006), 'Price setting in the Euro area: some stylized facts from individual consumer price data', *ECB - European Central Bank* p. 50 p.

DIAS, D. & MARQUES, C. R. (2005), 'Using mean reversion as a measure of persistence', *ECB - European Central Bank* p. 54 p.

DIXON, H. & KARA, E. (2005), 'Persistence and nominal inertia in a generalized Taylor economy how longer contracts dominate shorter contracts', *ECB - European Central Bank* p. p. 47.

DIXON, H. & KARA, E. (2011), 'Contract length heterogeneity and the persistence of monetary shocks in a dynamic generalized Taylor economy', *Eur Econ Rev* v. 55(n. 2), p. 280–292.

DOAN, T. A. (2010), *RATS handbook for state-space models*, 1st ed. edn, Estima, Evanston.

DUPASQUIER, C. & RICKETTS, N. (1998), 'Non-linearities in the output-inflation relationship: some empirical results for Canada', *Bank of Canada* p. 23 p.

Estima (2014), *RATS users guide*, 9th ed. edn, Estima, Evanston.

EVANS, M. D. D. & LEWIS, K. K. (1995), 'Do expected shifts in inflation affect estimates of the long-run Fisher relation?', *J Finance* v. 50(n. 1), p. 225–253.

- FISCHER, S. (1977), 'Long-term contracts, rational expectations, and the optimal money supply rule', *J Polit Econ* v. 85(n. 1), p. 191–205.
- FLAMINI, A. (2014), 'Heterogeneity in sectoral price stickiness, aggregate dynamics and monetary policy pitfalls with real shocks', *Università di Pavia, Department of Economics and Management* p. 34 p.
- FUJIWARA, I. (2006), 'Evaluating monetary policy when nominal interest rates are almost zero', *J Jpn Int Econ* v. 20(n. 3), p. 434–453.
- GARCIA, R. & PERRON, P. (1996), 'An analysis of the real interest rate under regime shifts', *Rev Econ Stat* v. 78(n. 1), p. 111–125.
- GOUVEA, S. (2007), 'Price rigidity in Brazil: evidence from CPI micro data', *BCB - Banco Central do Brasil* p. 47 p.
- HARVEY, A. C. (1989), *Forecasting, structural time series models and the Kalman filter*, Cambridge University Press, Cambridge.
- HARVEY, A. C. (2011), 'Modelling the Phillips curve with unobserved components', *Appl Financ Econ* v. 21(n. 1-2), p. 7–17.
- HUIZINGA, J. & MISHKIN, F. S. (1985), 'Monetary policy regime shifts and the unusual behavior of real interest rates', *NBER - National Bureau of Economic Research* p. 52 p.
- IMBS, J., JONDEAU, E. & PELGRIN, F. (2011), 'Sectoral Phillips curves and the aggregate Phillips curve', *J Monet Econ* v. 58(n. 4), p. 328–344.
- IRELAND, P. N. (2007), 'Changes in the Federal Reserve's inflation target: causes and consequences', *J Money Credit Bank* v. 39(n. 8), p. 1851–1882.
- JADRESIC, E. (1999), 'Sticky prices: an empirical assessment of alternative models', *IMF - International Monetary Fund* p. 28 p.
- KEYNES, J. M. (1936), *Teoria geral de emprego, do juro e da moeda*, 1st ed. edn, Fundo de Cultura, São Paulo.
- KICHIAN, M., RUMLER, F. & CORRIGAN, P. (2010), 'Semi-structural models for inflation forecasting', *Bank of Canada* p. 26 p.
- KLENOW, P. J. & KRYVTSOV, O. (2008), 'State-dependent or time-dependent pricing: does It matter for recent U.S. inflation?', *Q J Econ* v. 123(n. 3), p. 863–904.
- KLENOW, P. J. & MALIN, B. A. (2010), 'Microeconomic evidence on price-setting', *NBER - National Bureau of Economic Research* (Working Paper n. 15826), 89 p.
- KOOPMANS, J. S. & OOMS, M. (2010), 'Exponentionally weighted methods for forecasting intraday time series with multiple seasonal cycles: comments', *Int J Forecast* v. 26(n. 4), p. 647–651.
- KRZNAR, I. & MATHESON, T. (2017), 'Financial and business cycles in Brazil', *IMF - International Monetary Fund* .

- LAFOURCADE, P. & DE WIND, J. (2012), 'Taking trends seriously in DSGE models: an application to the Dutch economy', *DNB - De Nederlandsche Bank* p. 86 p.
- LUCAS JUNIOR, R. E. (1996), 'Nobel lecture: monetary neutrality', *J Polit Econ* v. **104**(n. 4), p. 661–682.
- MACHADO, V. G. & PORTUGAL, M. S. (2014), 'Phillips curve in Brazil: an unobserved components approach', *Estud Econ* v. **44**(n. 4), p. 787–814.
- MARQUES, C. R. (2004), 'Inflation persistence: facts or artefacts?', *ECB - European Central Bank* p. 50 p.
- MINELLA, A. & SOUZA SOBRINHO, N. F. (2009), 'Monetary channels in Brazil through the lens of a semi-structural model', *BCB - Banco Central do Brasil* p. 57 p.
- NAKAMURA, E. & STEINSSON, J. (2008), 'Five facts about prices: a reevaluation of menu cost models', *Q J Econ* v. **123**(n. 4), p. 1415–1464.
- RESCHREITER, A. (2011), 'The effects of the monetary policy regime shift to inflation targeting on the real interest rate in the United Kingdom', *Econ Model* v. **28**(n. 1-2), p. 754–759.
- ROMER, D. (2012), *Advanced macroeconomics*, 4th ed. edn, McGraw-Hill, New York.
- SBORDONE, A. M. (2002), 'Prices and unit labor costs: a new test of price stickiness', *J Monet Econ* v. **49**(n. 2), p. 265–292.
- SIMS, C. A. (2002), 'Solving linear rational expectations models', *Comput Econ* v. **20**, p. 1–20.
- TAYLOR, J. B. (1979), 'Staggered wage setting in a macro model', *Am Econ Rev* v. **69**(n. 2), p. 108–113.
- TAYLOR, J. B. (1980), 'Aggregate dynamics and staggered contracts', *J Polit Econ* v. **88**(n. 1), p. 1–23.
- TAYLOR, J. B. (1993), 'The use of new macro econometrics for policy formulation', *Am Econ Rev* v. **83**(n. 2), p. 300–305.
- TAYLOR, J. B. (1998), 'Staggered price and wage setting in macroeconomics', *NBER - National Bureau of Economic Research* p. 99 p.
- TAYLOR, J. B. (2016), 'The staying power of staggered wage and price setting models in macroeconomics', *NBER - National Bureau of Economic Research* .
- VERMEULEN, P., DIAS, D., DOSSCHE, M., GAUTIER, E., HERNANDO, I., SABBATINI, R. & STAHL, H. (2007), 'Price setting in the Euro area: some stylized facts from individual producer price data and producer surveys', *ECB - European Central Bank* .
- WONGWACHARA, W. & MINPHIMAI, A. (2009), 'Unobserved components models of the Phillips relation in the ASEAN economy', *J Econ Manage* v. **5**(n. 2), p. 241–256.

WOODFORD, M. (2003), *Interest and prices: foundations of a theory of monetary policy*, 1st ed. edn, Princeton University Press, Princeton.

WU, S. & ZENG, Y. (2006), 'The term structure of interest rates under regime shifts and jumps', *Econ Lett* v. 93(n. 2), p. 215–221.

ÁLVAREZ, L. J., BURRIEL, P. & HERNANDO, I. (2005), 'Do decreasing hazard functions for price changes make any sense?', *ECB - European Central Bank* p. 40 p.

DEMANDA INDIVIDUAL DE ALIMENTOS E ESTADO NUTRICIONAL INFANTIL: UMA ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO PROGRAMA BOLSA FAMÍLIA

MARIA MICHELIANA DA COSTA SILVA *

Resumo

Este estudo analisou o efeito do Programa Bolsa Família (PBF) sobre o estado nutricional e aquisição individual de alimentos para crianças em situação de pobreza. Para tanto, com os dados da POF/IBGE, estimou-se um modelo que identifica a aquisição individual de calorias, por meio da aquisição agregada domiciliar, seguido pela estimação de uma função de produção de saúde infantil, por regressões quantílicas, que verifica o efeito de um conjunto de variáveis, incluindo a aquisição calórica e a participação no PBF sobre a distribuição do indicador de estado nutricional utilizado (IMC), e por fim, um sistema de demanda para alimentação infantil, que permitiu a obtenção de variações nas quantidades de alimentos alocadas para crianças, dada a participação no programa. De forma geral, a análise proposta foi importante para entender como intervenções políticas específicas podem contribuir para incentivar hábitos saudáveis, dando atenção aos seus impactos sobre indivíduos vulneráveis.

Palavras-chave: estado nutricional infantil, demanda individual de alimentos, transferências de renda.

Abstract

This study proposes to analyze the effect of the Bolsa Família Program (PBF) on the nutritional status and individual acquisition of food for poor children. With data from the POF/IBGE, we estimated a model that identifies the individual acquisition of calories through aggregate household acquisition, followed by the estimation of a child health production function, by quantile regressions, which verifies the effect of a set of variables, including the caloric acquisition and participation in the PBF, on the distribution of the nutritional status indicator used (BMI), and finally, a food demand system, which allows obtaining variations in the quantities of food allocated to children, given the program's participation. In general, the proposed analysis was important to understand how specific policy interventions can contribute to encouraging healthy habits, with attention to their impacts on vulnerable individuals.

Keywords: children nutritional status, individual demand for food, cash transfers.

JEL classification: D12, R22, C34.

DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/1980-5330/ea155212>

* Professora Adjunta do Departamento de Economia Rural e do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada (UFV). E-mail: maria.micheliana@ufv.br

Recebido em 26 de fevereiro de 2019. Aceito em 10 de abril de 2020.

1 Introdução

O padrão alimentar da população também afeta o público infantil, sendo um dos principais responsáveis pelo quadro epidêmico de obesidade infantil em diversas regiões mundiais, inclusive em áreas onde predominavam casos de desnutrição (WHO 2002). Tal quadro também é observado no Brasil, como mostra os inquéritos da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) de 1974/1975 e 2008/2009. Mesmo com a redução significativa nos casos de desnutrição, a prevalência de obesidade em crianças do sexo masculino aumentou de 2,9% para 16,6%, e 1,8% para 11,8% em crianças do sexo feminino. Entre os adolescentes com idade entre 10 e 19 anos, nota-se a mesma tendência. Enquanto no início da década de 70, apenas 3,7% dos meninos e 7,6% das meninas encontrava-se em situação de sobrepeso, no último biênio pesquisado, cerca de 20% estavam nesse estado nutricional, excedendo em seis vezes a frequência de déficit de peso (IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2010a).

A preocupação com o estado nutricional durante a infância decorre do risco de permanência do excesso de peso na fase adulta, além da incidência precoce de doenças crônicas não transmissíveis (DCNTs) e distúrbios psicossociais (Whitaker et al. 1997, Dietz 2006). De acordo com Whitaker et al. (1997), depois dos seis anos de idade, a probabilidade de ser um adulto obeso é equivalente a 50% dos casos, enquanto para indivíduos não obesos, as chances são apenas de 10%. Franks et al. (2010) observam que a dificuldade de reverter a incidência de excesso de peso nessa faixa etária tem consequências para a qualidade de vida e longevidade, ressaltando a prevenção, principalmente por meio de mudanças nos hábitos alimentares. O surgimento precoce de DCNTs, conjuntamente com os casos de obesidade são preocupantes, pois tais doenças constituem-se em um problema de saúde relevante e respondem por mais de 70% das causas de mortes de brasileiros por doenças, além da perda na qualidade de vida. Como consequência, uma parte substancial dos gastos públicos em saúde no Brasil destina-se ao tratamento desses casos. Estima-se que cerca de R\$ 3,5 bilhões/ano são destinados ao tratamento de DCNTs, sendo que 10% desse valor são direcionados ao público com excesso de peso (IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2014).

Uma vez que os desequilíbrios energéticos e os casos de obesidade estão crescendo de forma acelerada, atingindo o público infantil, enfatiza-se a necessidade de políticas específicas para o controle do estado nutricional, tendo em vista a melhoria dos hábitos alimentares. A Organização Mundial de Saúde (OMS) tem reforçado a importância de ações que promova a construção de hábitos mais saudáveis na infância, que vão desde o incentivo à prática de atividades físicas, até o apoio ao consumo de alimentos mais saudáveis (WHO 2002). Os programas voltados para a manutenção do estado nutricional infanto-juvenil em níveis considerados saudáveis podem partir das escolas, visto que é o local onde as crianças e adolescentes passam boa parte do tempo, sendo de responsabilidade dos educadores promover um ambiente que favoreça à prática de exercícios e alimentação equilibrada. No entanto, Birch & Ventura (2009) argumentam que a intervenção em âmbito escolar é pouco efetiva na promoção de hábitos mais saudáveis e, consequentemente, para reverter o número crescente de casos de obesidade nessa fase da vida. Segundo os autores, o estado nutricional de crianças e adolescentes é influenciado pelo seu próprio comportamento, mas está inserido dentro de um padrão

comportamental maior, proveniente do convívio familiar e até mesmo de fatores demográficos. Daí a importância não somente de medidas de educação nutricional na infância, mas também de medidas que promovam mudanças que atinjam os hábitos da população como um todo.

De fato, a mudança no estado nutricional infanto-juvenil acompanha o processo de deterioração do padrão de dieta adotada nos domicílios brasileiros. Segundo o Guia Alimentar para a população brasileira, elaborado pelo Ministério da Saúde, alimentos considerados saudáveis (frutas, legumes e verduras) são menos consumidos em relação a alimentos com alto teor de gorduras, açúcares e produtos industrializados, ressaltando a preferência dos brasileiros por alimentos menos saudáveis (BRASIL. Ministério da Saúde 2005, IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2010b), ressaltando que a mudança no padrão de consumo alimentar infantil também deve ser acompanhada pela mudança no ambiente familiar. Nesse sentido, a intervenção sobre o padrão de consumo alimentar domiciliar pode ser dada por meio de fiscalização da produção de alimentos, políticas informativas, além de medidas que incidem diretamente na restrição orçamentária, como transferências de renda ou mudanças nos preços dos alimentos (Drewnowski et al. 2004, Mazzocchi & Bruce Traill 2005, Flores & Rivas 2017).

Com relação às transferências de renda, alguns programas governamentais são formulados com o objetivo de combater a pobreza e a insuficiência alimentar. No Brasil, a partir de 2003, esses programas foram unificados pelo Programa Bolsa Família (PBF)¹, o qual disponibilizou uma fonte de rendimento extra ao orçamento de famílias beneficiadas (Rocha 2007). Desse recurso, cerca de 90% é destinado para o consumo de alimentos, contribuindo para a sensação de segurança alimentar dessas famílias (IBASE - Instituto Brasileiro de Análises Sociais e Econômicas 2008, Camelo et al. 2009). No estudo de Camelo et al. (2009), verifica-se a influência do programa sobre a percepção dos beneficiários quanto ao nível de segurança alimentar em domicílios com crianças até 6 anos de idade. Segundo os autores, o programa atende ao objetivo de promoção de segurança alimentar, uma vez que eleva em 7,4 pontos percentuais (p.p.) as chances de um domicílio sentir-se seguro em relação ao consumo alimentar. Outra evidência sobre o aumento da aquisição de alimentos é mostrada em Almeida et al. (2013) que, por meio de um índice de concentração de despesas, mostraram a influência na diversificação das despesas com alimentação. No entanto, essa contribuição sobre a aquisição de alimentos não implica em melhoria do tipo de alimentação adquirida por seus beneficiários. Isso porque, de acordo com a pesquisa do Instituto Brasileiro de Análises Sociais e Econômicas (IBASE - Instituto Brasileiro de Análises Sociais e Econômicas 2008), a modificação no consumo alimentar acompanha a tendência de inadequação alimentar nacional. Após o recebimento do benefício, familiares informaram um aumento considerável de açúcares (78%) e industrializados (62%), enquanto o consumo de vegetais foi o que teve menor aumento (40%).

Como forma de verificar a importância do programa sobre a qualidade da alimentação dos beneficiários, Kawamura (2014) avaliou seus efeitos sobre nutrientes, destacando-se sua contribuição sobre o aumento no consumo de

¹ Segundo o Ministério de Desenvolvimento Social e Combate à Fome, o programa de transferência de renda Bolsa Família atendeu às famílias em situação de pobreza e extrema pobreza, caracterizadas pela renda familiar mensal per capita de até R\$137,00 e R\$69,00, respectivamente, de acordo com o artigo 18 do Decreto nº 6.824, de 2009 (Brasil 2009).

fibras alimentares, carboidratos e redução do consumo de açúcar e sódio de adição. No entanto, o consumo de vitaminas também é menor para beneficiários do programa. A participação no PBF pode afetar não somente a alimentação, como também o estado nutricional, uma vez que pode contribuir com a melhoria na saúde dos indivíduos beneficiados. Segundo Camelo et al. (2009), o programa pode elevar indicadores nutricionais, tais como o Índice de Massa Corpórea (IMC), via efeito na renda, que aumenta a aquisição de alimentos. Entretanto, também contribui na redução desses indicadores, devido às exigências de acompanhamento médico, além das orientações e informações dadas sobre melhores padrões de alimentação, inclusive para crianças e adolescentes acima do peso adequado. Com isso, é interessante olhar esses efeitos separadamente. Com relação ao estado nutricional, Camelo et al. (2009), ao avaliar as informações antropométricas de crianças com até 6 anos, mostraram que o PBF eleva os indicadores antropométricos de crianças com déficit de peso, além de reduzir as chances de apresentarem excesso de peso e obesidade. Para crianças com cinco a nove anos de idades, Kawamura (2014) mostrou que o PBF aumenta as chances de não ter excesso de peso em 4,7 p.p. Em adolescentes de até 19 anos, as chances são de 3,8 p.p. Em ambos os estudos, atribui-se esses resultados como um efeito conjunto da diversificação alimentar, conjuntamente com as exigências e acompanhamento dos beneficiários por agentes de saúde.

Apesar das evidências existentes, nenhuma delas observa o impacto do PBF sobre a demanda de alimentos para indivíduos menores de 10 anos. De forma geral, a análise da demanda alimentar dos domicílios brasileiros concentra-se no consumo agregado ou em médias baseadas em escalas de equivalência². Além de não ser possível relacionar a alimentação individual com variáveis que indicam o estado de saúde, o uso da média domiciliar pode não ser informativa, pois a distribuição de recursos entre os indivíduos de um mesmo domicílio não são iguais, devido a diferentes retornos de produtividade ou por relações de poder dentro do domicílio, fazendo com que indivíduos recebam mais recursos que outros (Behrman & Deolalikar 1988, Deaton 1997). Smed et al. (2007) também alertam que ao analisar os efeitos médios, de políticas que influenciam os hábitos alimentares, ignora-se o impacto sobre indivíduos mais vulneráveis, como crianças e idosos, que possuem necessidades dietéticas especiais. No entanto, observar esses efeitos sobre a aquisição alimentar e estado nutricional de crianças não é simples. A única fonte de abrangência nacional que contém informações sobre aquisição de alimentos (POF/IBGE), em seu último inquérito (2008/2009), contém um registro específico ao consumo alimentar individual, que abrange apenas o consumo relatado por indivíduos com idade superior a 10 anos em 10.822 domicílios.

Como forma de desagregar as informações de aquisição de nutrientes em pesquisas realizadas em âmbito domiciliar, Chesher (1997) propôs um método de estimação semiparamétrica, que identifica o consumo individual, com base no gênero, idade e características sociodemográficas, aplicado por vários estudos internacionais, como em Bromage et al. (2018), Eyles et al. (2016) e Bonnet et al. (2014). Ao fornecer estimativas individualizadas das calorias adquiridas e permitir a comparação com os níveis recomendados para cada faixa etária e gênero, a identificação do consumo alimentar durante a infância,

²Ver Silveira et al. (2007), Pereda & Alves (2012), Barbosa et al. (2014), Silva & Coelho (2009), Claro & Monteiro (2010).

bem como sua relação com o estado nutricional, pode contribuir para verificar como intervenções políticas podem reverter e prevenir o quadro de obesidade infanto-juvenil.

Dessa forma, este estudo propõe analisar o efeito do Programa Bolsa Família (PBF) sobre o estado nutricional e aquisição individual de alimentos para indivíduos em situação de pobreza, com idade entre 2 e 9 anos. Para tanto, serão estimados três modelos: um modelo que identifica a aquisição individual de calorias, por meio da aquisição agregada domiciliar, seguido por um modelo de regressão quantílica, que verifica o efeito de um conjunto de variáveis sobre a distribuição do IMC, inclusive controlando pela taxa de consumo calórico infantil, estimada pelo procedimento anterior e por *dummies* indicadoras do consumo alimentar na escola, não consideradas de forma direta pelos estudos existentes sobre os efeitos do PBF³. Isso permite separar o efeito atribuído das condicionalidades do efeito da aquisição alimentar. Este é visto por meio de um sistema de demanda para uma cesta com diversas categorias alimentares, que possibilitou a obtenção da sensibilidade da quantidade de alimentos alocada para as crianças, no âmbito domiciliar, dada a participação no PBF.

Este trabalho está dividido em cinco seções, incluindo essa introdução. Na próxima seção, apresenta-se o referencial teórico, em que se baseiam as estimações dos efeitos do PBF sobre o estado nutricional e demanda de alimentos para o público infantil. A Seção 3 expõe o modelo econométrico, bem como as variáveis e base de dados utilizada. Os resultados obtidos e a discussão dos mesmos são apresentados na quarta seção, seguida pelas principais considerações finais do estudo.

2 Referencial Teórico

Como o estado de saúde não é diretamente observado, os estudos empíricos recorrem a representações que podem ser desde avaliações subjetivas de saúde, até medidas mais objetivas, baseadas em informações antropométricas (Behrman & Deolalikar 1988). Essas últimas caracterizam diretamente o estado nutricional, podendo refletir preocupações com a saúde. A medida mais comum é o Índice de Massa Corpórea (IMC), o qual expressa a quantidade de quilogramas que os indivíduos possuem por metro² (kg/m²), sinalizando a distribuição harmoniosa entre a massa corporal e o comprimento. Embora não permita a distinção entre massa gorda ou magra, esse índice é o mais recomendado internacionalmente para avaliação nutricional, sendo o índice antropométrico mais consistente que pode ser calculado com as informações de pesquisas de orçamento domiciliar. Além disso, está correlacionado com medidas de adiposidade e permite estimar o risco de desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis (DCNTs), sendo que, quanto maior o seu valor, mais vulnerável o indivíduo estará a tais doenças. O ponto de corte que define a incidência de obesidade em adultos é equivalente a 30 kg/m². No entanto, não é adequado para mensurar a obesidade infanto-juvenil, uma vez que, até os 18 anos, o IMC muda substancialmente com a idade e o gênero, necessitando de definições diferenciadas (WHO 2002, Cole et al. 2000, 2007).

O estado nutricional, para ser adequado, dependerá do equilíbrio entre ingestão e gasto de energia, sendo caloria (kcal) “[...] a unidade de medida da

³Somente Kawamura (2014) considera a alimentação em âmbito escolar, mas por meio de uma *proxy*, com base no horário em que a alimentação ocorreu, se corresponde ao horário escolar.

energia gasta pelo corpo humano em suas atividades metabólicas e físicas e do teor de energia encontrado nos alimentos (proteínas e carboidratos: 4kcal/g; gorduras: 9kcal/g). Vitaminas e minerais não fornecem energia.” (BRASIL. Ministério da Saúde 2005, p. 92). Alimentos ricos em gorduras e carboidratos, por serem os nutrientes que mais produzem calorias por grama de alimento, devem ser consumidos com moderação. Caso o excesso de calorias ingeridas exceder o nível requerido pelo organismo, a energia será acumulada na forma de gordura corporal, resultando em obesidade. Caso contrário, o indivíduo se encontrará em estado de subnutrição (BRASIL. Ministério da Saúde 2005).

Apesar de o consumo alimentar suficiente ser imprescindível para que os indivíduos alcancem um nível de segurança nutricional e mantenham-se saudáveis, poderá ser desejável estar acima ou abaixo do nível de peso estabelecido pela comunidade de saúde pública. Assim, o bem-estar derivado do estado nutricional é baseado em uma avaliação subjetiva da aparência física individual. Como não é possível escolhê-lo diretamente, o indivíduo determinará um nível ótimo de consumo e gasto de calorias para alcançá-lo. Assim, o estado de saúde (H_i) de um indivíduo i pode ser expresso por meio de uma função de produção de saúde, relacionando seu consumo calórico (q_i), além do gasto calórico e fatores que compõem a sua dotação de saúde (ξ_i), que geralmente não são observados. O estado nutricional ótimo será resultante das escolhas alimentares e da forma como são gastas as calorias adquiridas (Philipson & Posner 2003, Cawley 2004). Especificamente para crianças, esse processo de maximização de bem-estar dependerá das escolhas de sua mãe e dos cuidados que esta tem com a saúde infantil (Behrman & Deolalikar 1988, Reichman et al. 2009):

$$\max U^M(H^M(q_M, I_M, \xi_M), H^i(q_i, I_M, \xi_i), q_i, q_M, O_M), \quad (1)$$

em que H^M e H^i são as funções de produção de saúde da mãe e da criança, respectivamente; I_M são características da mãe, que podem influenciar tanto no seu estado de saúde, quanto no da criança; O_M representa o consumo de outros bens e serviços não alimentícios.

A maximização de utilidade é condicionada por restrições orçamentárias, biológicas e de tempo (Cawley 2004), sendo a restrição orçamentária a limitação mais relevante percebida pelo indivíduo ao tomar sua decisão de consumo. Supõe-se que os gastos com alimentação são fracamente separados dos gastos com os demais bens, de forma que os indivíduos decidem quanto gastar em alimentação em um estágio separado dos demais bens, e essa decisão irá influenciar seu estado nutricional. O conceito de separabilidade fraca não implica que as quantidades em um grupo sejam independentes dos preços dos bens de outros grupos ou da renda. Isso porque o consumidor poderá realocar os gastos entre diferentes grupos em resposta a mudanças de preços relativos, a fim de atender a sua restrição orçamentária. Logo, o dispêndio em r -ésimo grupo é uma função dos preços e dispêndio total. Assim, deve-se considerar que apenas o dispêndio (m_{ikr}) e os preços dos alimentos (p_{ikl}) constituem a restrição que o indivíduo enfrenta para maximizar sua utilidade (Deaton & Muellbauer 1980a). Supondo que as decisões de consumo de uma i -ésima criança, residente no k -ésimo domicílio sejam dadas pela sua mãe, a quantidade ótima de alimentos destinada a i -ésima criança será determinada por um processo de maximização de utilidade:

$$\begin{aligned} & \max U^M(H^M(q_{Mk}, I_{Mk}, \xi_{Mk}), H^i(q_i, I_{Mk}, \xi_i), y_i, y_M, O_M), \\ & \text{s.a. } \sum_{l=1}^L p_{kl} y_{Mlk} + \sum_{l=1}^L p_{kl} y_{ilk} = m_{Mkr}(p_k, m_k) + m_{ikr}(p_k, m_k), \end{aligned} \quad (2)$$

em que y_{ilk} é a quantidade do l -ésimo alimento destinada para a i -ésima criança, residente no k -ésimo e p_{kl} é o seu preço; I_{Mk} é um vetor com características domiciliares, incluindo características de sua mãe; p_k representa o vetor de preços pagos por outros bens e m_k a renda total.

Ao resolver o problema da Equação (2), pode-se encontrar a quantidade ótima de alimentos destinada a cada membro do domicílio. Supõe-se que as decisões de aquisição são baseadas em quantidades físicas de cada alimento, e não necessariamente nos nutrientes que os compõem. O comportamento de consumo é baseado em bens adquiridos, sendo esta uma boa medida de possibilidade de acesso e variabilidade (FAO 1997, Smed et al. 2007). No entanto, como visto na Equação (1), o estado nutricional dependerá da composição calórica, que é uma função linear da quantidade de alimentos adquiridos. Sendo c_l a quantidade calórica para cada quilograma de y_{ilk} , a quantidade total de alimentos adquiridos convertidos em calorias será $q_{ik} = \sum_{l=1}^L c_l y_{ilk}$.

As condições de primeira ordem para o problema observado na Equação (2) permitem encontrar o nível ótimo de alimentos destinados a i -ésima criança, como função de seus preços e do dispêndio com esses bens. Como a decisão de consumo influencia o estado nutricional da criança, o nível ótimo será:

$$H_i^* = H^*(q_{ik}^*(p_{ikl}, m_{ikr}), I_{ik}, \xi_{ik}), \quad (3)$$

em que e_{H^*q} é a mudança percentual no indicador de estado nutricional, dada a mudança na quantidade do l -ésimo bem, após a mudança nos preços, e_{jj} e e_{lj} são as elasticidades desse bem e do bem j , em relação ao preço p_l , respectivamente e e_{lm} são as elasticidades-dispêndio.

Além das variáveis econômicas preço e dispêndio, a decisão do consumidor também pode ser influenciada por fatores demográficos. Esses fatores podem ser incorporados na função de demanda via função de translação demográfica (demographic translating), por meio da inclusão de parâmetros que dependem de variáveis demográfica, podendo ser expressos por uma função linear (Pollak & Wales 1981):

$$d_{lk} = \sum_k \theta_{lk} D_{ik} \quad (4)$$

em que D_k é um vetor de variáveis que caracterizam o k -ésimo domicílio e θ_{lk} são os efeitos de cada variável sobre o l -ésimo bem. Nesse vetor, incluem-se características referentes à localização domiciliar, nível de informação do responsável pela criança, além da participação em programas, como o Bolsa Família. A quantidade ótima destinada para a i -ésima criança será dada pela função:

$$y_{ik}^* = y_{ik}^*(p_{ikl}, m_{ikr}, D_{ik}), \quad (5)$$

No caso do Programa Bolsa Família, pode-se dizer que o efeito no estado nutricional infantil é dado pelo impacto direto no IMC, dado pela mudança nos cuidados com a saúde, além do impacto indireto, devido à mudança no consumo calórico (Camelo et al. 2009).

3 Aspectos Metodológicos

3.1 Estimação do consumo calórico individual a partir do consumo domiciliar

Observar o efeito da ingestão de alimentos no IMC pode não ser simples, dado a limitação de informações em algumas pesquisas, como a POF⁴, que fornecem dados de consumo em agregados domiciliares. A distribuição de recursos entre os indivíduos de um mesmo domicílio pode não ser igual, devido a diferentes retornos de produtividade ou por relações de poder dentro do domicílio, fazendo com que indivíduos recebam mais recursos que outros. Dessa forma, a média domiciliar não será informativa sobre o efeito de mudanças em variáveis socioeconômicas sobre a aquisição nutricional (Behrman & Deolalikar 1988).

Uma forma de solucionar esse problema de identificação é considerar o consumo alimentar em termos de unidades de “adultos-equivalentes”, computando-se a média do consumo domiciliar em termos de um indivíduo referencial (Babu & Prabuddha 2009). Como alternativa para analisar a distribuição de alimentos entre membros de um domicílio, Chesher (1997, 1998) propõe um método em que é possível identificar e estimar o consumo de alimentos em âmbito individual a partir das informações disponíveis, em qualquer unidade de medida (calorias, quilogramas ou nutrientes). Baseando-se no modelo proposto pelo autor, obtém-se o valor previsto do consumo individual, por meio da estimação da relação entre o consumo domiciliar per capita e características individuais e domiciliares. Vale ressaltar que, em todas as etapas das estimações, considera-se apenas o valor energético dos alimentos e não a sua composição nutricional. Seja $\bar{q}_k$ a oferta média de alimentos dentro do domicílio k . Como a divisão de recursos intradomiciliar é desigual, pode-se considerar que:

$$\bar{q}_k = q_{ik} + \theta_{ik} = \hat{q}_{ik} + u_{ik} + \theta_{ik}, \quad (6)$$

em que q_{ik} é o consumo real do i -ésimo indivíduo pertencente a k . Se o indivíduo consome além da quantidade per capita de alimentos disponível, então $\theta_{ik} < 0$. Pode-se considerar que a quantidade observada por cada indivíduo, q_{ik} , seja equivalente à taxa média de ingestão por idade-gênero e características que influenciam na distribuição dos recursos intradomiciliares, além de desvios nessa média para cada indivíduo, u_{ik} .

⁴Apenas o inquérito de 2008/2009 contém um registro específico ao consumo alimentar individual, este abrange apenas o consumo de indivíduos com idade superior a 10 anos em 10.822 domicílios (cerca de 20% da amostra).

As características observadas permitem prever um valor $\hat{q}_{ik}$, o qual expressa a quantidade de alimentos destinada ao indivíduo i , ou seja, expressa a taxa média de consumo individual. Já u_{ik} são preferências não observadas que desviam o consumo individual total dessa média.

Para expressar a taxa média de consumo individual, Chesher (1997) assume que $\hat{q}_{ik}$ pode ser representada por uma função $g(\cdot)$, que é separável entre as características domiciliares e individuais, de forma multiplicativa, ou seja: $g(x_{ik}, z_k) = g(x_{ik})z(z_k)$, em que a função $z(\cdot)$ assume a forma paramétrica $z(z_k) = \exp(Z' \tau)$. Assim, a função $g(\cdot)$ pode ser estimada como:

$$g(x_{ik}, z_k) = \left[\sum_{(g=1)}^2 \sum_{(a=1)}^{(A=\max)} 1(x_{ik}^1 = a, x_{ik}^2 = g) b_i \beta_{ag} \right] \exp(Z' \tau), \quad (7)$$

em que x_{ik}^1 e x_{ik}^2 representam a idade e o gênero do i -ésimo indivíduo, residente no k -ésimo domicílio; $1(x_{ik}^1 = a, x_{ik}^2 = g)$ é uma função indicadora, que assume o valor 1 caso o indivíduo tenha a idade a e seja do gênero g . A taxa média de ingestão por idade-gênero será dada por β_{ag} , e como o consumo observado corresponde à oferta de alimentos apenas no domicílio, a taxa estimada será uma parcela b_i do que corresponderia ao valor total. Devido à distribuição discreta da idade, aplica-se a estimação com suavização em todas as idades⁵.

A especificação em Chesher (1997) considera a aquisição domiciliar total. Baseado na Equação (6) e supondo que as heterogeneidades que influenciam na alocação intradomiciliar estejam captadas no vetor de características domiciliares z , estima-se a Equação (7), considerando a aquisição calórica domiciliar per capita, em relação a *dummies* de interações das variáveis idade e gênero de cada indivíduo. Com isso, $\hat{q}_{ik}$ é expresso pelo valor previsto da estimação para cada indivíduo.

3.2 Fatores associados ao estado nutricional infantil

Como visto, o estado nutricional, representado pelo Índice de Massa Corpórea (IMC_{ikt}), dependerá do consumo de calorias (q_{ikt}), além do gasto calórico não observado, cuidados com a saúde, dos choques metabólicos e propensão genética à obesidade, que compõem o vetor de fatores não observados, ξ_{ikt} . Devido à ausência de informações sobre o verdadeiro consumo calórico, tem-se que (Bonnet et al. 2008):

$$IMC_{ik} = \eta + \mu \hat{q}_{ik} + \mu u_{ik} + \xi_{ik}, \quad (8)$$

em que ξ_{ikt} é um choque independente do consumo calórico real; μ mede o real efeito das calorias ingeridas sobre o IMC. Assim:

⁵A demanda por energia e nutrientes varia de forma complexa ao longo do ciclo de vida, aumentando rapidamente entre a infância e a fase adulta e, dependendo do nível de atividade, entra em declínio na velhice. Além disso, preferências alimentares também podem variar ao longo do ciclo de vida. A estimação com suavização da idade é importante para produzir um bom ajuste dos dados e curvas sem muita variação local. Assim, encontra-se um parâmetro de penalização, considerando alguns valores nas estimativas das curvas da aquisição calórica por idade, para cada gênero separadamente e escolhe-se aquele que minimiza a variação local (Chesher 1997, Miquel & Laisney 2001, De Agostini 2005).

$$\hat{\mu} = \frac{cov(IMC_{ikt}, \hat{q}_{ikt})}{var(\hat{q}_{ikt})} = \mu + \frac{cov(\hat{q}_{ikt}, u_{ikt})}{var(\hat{q}_{ikt})} + \frac{cov(\hat{q}_{ikt}, \xi_{ikt})}{var(\hat{q}_{ikt})}, \quad (9)$$

Pode-se dizer que, por u_{ikt} representar preferências pessoais, um indivíduo pode ter hábitos alimentares diferentes daquilo que é consumido por indivíduos com mesma idade-gênero. Assim, essas preferências independem de suas características, não sendo correlacionadas com a taxa de aquisição calórica $\hat{q}_{ikt}$. A aquisição alimentar por indivíduos mais novos depende das escolhas domiciliares, representadas pelas variáveis contidas no vetor z_{ikt} , usadas na estimação da taxa de consumo calórico. No entanto, ξ_{ikt} contém o gasto calórico não observado, que tem uma relação de complementaridade com o consumo calórico, além de ser influenciado por características individuais. Outros fatores relacionados aos cuidados com a saúde também podem influenciar o IMC e a aquisição de alimentos, contribuindo para aumentar o viés na Equação (9). Assim, recorre-se ao uso de *proxies*, relacionadas a hábitos de vida mais saudáveis, que podem caracterizar a dotação de saúde dos indivíduos.

Segundo Behrman & Deolalikar (1988), além da aquisição alimentar, que reflete os hábitos alimentares da criança no período analisado, é importante acrescentar variáveis que reflitam os cuidados e o investimento na sua saúde. Tais variáveis podem ser representadas pelas características da mãe, além da participação no PBF, visto que esse programa exige de seus beneficiários o acompanhamento médico das crianças, além das orientações e informações dadas sobre melhores padrões de alimentação. Além disso, a taxa de aquisição calórica se baseia em dados domiciliares, necessitando-se de uma variável que expresse o consumo extradomiciliar. Essas duas fontes de consumo alimentar têm relação de substituição e, conjuntamente, são determinantes do estado nutricional. Assim, ignorar o efeito do consumo extradomiciliar pode subestimar o efeito do consumo calórico estimado.

O impacto das variáveis sobre o IMC pode ser diferente ao longo da sua distribuição. No caso do PBF, por exemplo, uma vez que a exigência de controle do peso das crianças seja maior sobre aquelas com peso elevado, espera-se que seu impacto seja maior. Assim, a influência dos fatores associados ao estado nutricional será estimada por meio de regressões sobre os quantis da distribuição do IMC. Sendo X_{ik} um vetor de características observadas da i -ésima criança, residente no k -ésimo domicílio, tem-se que (Angrist & Pischke 2008):

$$Q_{\tau}(IMC_{ik} | X_{ik}) = X_{ik}\beta + \Phi(\tau)_{\xi}^{-1} \quad (10)$$

em que $Q_{\tau}(\cdot)$ é o valor do IMC no τ -ésimo quantil de sua distribuição; $\Phi(\tau)_{\xi}^{-1}$ é o inverso da função de distribuição do termo de erro da função de produção de saúde, acumulada até o τ -ésimo quantil. Se a dispersão da distribuição do IMC condicional a qualquer variável do vetor X_{ik} mudar, o impacto dessa variável será diferente, ao longo da distribuição do IMC e, portanto, não se pode dizer que o efeito na média dessa variável é o mesmo para valores mais baixos (déficit de peso) e mais altos (excesso de peso).

3.3 Estimação da demanda individual de alimentos

A distinção entre as elasticidades-preço em âmbito domiciliar e as elasticidades-preço individuais é importante para políticas que tenham como objetivo combater o sobrepeso, uma vez que esse problema pode se diferenciar entre membros de um dado domicílio (Bonnet et al. 2008). Uma análise de demanda individualizada pode gerar resultados mais precisos, uma vez que seguir uma dieta saudável é uma decisão tomada pelo indivíduo. As estimativas das elasticidades individuais são necessárias para mostrar como essas mudanças contribuem para reduzir/aumentar a aquisição de determinados alimentos, levando em consideração como essas mudanças influenciam na alocação intradomiciliar. Para encontrar as elasticidades-preço e dispêndio da demanda de alimentos, recorre-se ao modelo Quadratic Almost Ideal Demand System (QUAIDS), de Banks et al. (1997), com correção para o problema dos gastos nulos, proposta por Shonkwiler & Yen (1999). Assim, propõe-se estimar um sistema de equações para l bens, baseado na seguinte especificação:

$$w_{iklt} = \Phi(z'_{iklt})(\hat{\alpha}_l)[c_l + D_k\theta_l + \sum_j \gamma_{lj} \ln p_{jkt} + \beta_l \ln \left(\frac{m_{iklt}}{a(p)} \right) + \frac{\lambda_i}{b(p)} \left\{ \ln \left(\frac{m_{iklt}}{a(p)} \right) \right\}^2 + u_l \hat{v}_{iklt}] + \varphi_l \phi(z'_{iklt} \hat{\alpha}_l) + \varepsilon_{iklt}, \quad (11)$$

em que, w_{iklt} é a parcela de gasto com o l -ésimo bem, pelo i -ésimo indivíduo; m_{iklt} representa dispêndio total⁶; $a(p)$ um índice de preços⁷; p_{jkt} é o preço do j -ésimo bem.

O modelo QUAIDS é semelhante ao AIDS, porém considera o parâmetro λ_i , referente ao impacto do termo quadrático do dispêndio, além de incorporar um agregador de preços Cobb-Douglas $b(p) = \prod_j p_j^{\beta_j}$, requerido para manter a integrabilidade do sistema; D_k é um vetor de variáveis que podem caracterizar os hábitos alimentares dos indivíduos e θ_l é um vetor de parâmetros associados, que indicam o efeito de cada variável. A função de densidade de $\phi(z'_{iklt} \hat{\alpha}_l)$ e a função de distribuição acumulada $\Phi(z'_{iklt} \hat{\alpha}_l)$ são obtidas por meio da estimação de um modelo de escolha binária (*probit*). A Equação (9) é estimada por meio de um SUR. Utiliza-se os procedimentos de Blundell & Robin (1999) e de Deaton (1988) para corrigir a endogeneidade do dispêndio e dos valores unitários, respectivamente.

Quanto ao impacto do Programa Bolsa Família, incluído no vetor D_k , assim como as demais variáveis domiciliares⁸, a variável indicadora de recebimento do benefício pode ser acrescentada nas equações de demanda por meio de

⁶Opta-se por utilizar nas equações de demanda do 2º estágio o dispêndio total com os n bens, visto que preserva a restrição da aditividade, além de permitir a hipótese de separabilidade do orçamento (Deaton & Muellbauer 1980a).

⁷Como o índice de preços do AIDS não é linear nos parâmetros, Deaton & Muellbauer (1980b) sugerem o índice de Stone, a fim de se obter um modelo linear. No entanto, Moschini (1995) prova que esse índice não é invariante a mudanças de preços e quantidades, sugerindo como substitutos o índice de Stone corrigido e o índice de Laspeyres.

⁸Também foram incluídas como controle as variáveis que representam as características da mãe: se é responsável pelo domicílio, se é obesa e sua escolaridade, bem como se o domicílio é urbano e se o responsável avalia que os alimentos consumidos no domicílio são sempre do tipo preferido.

translação demográfica. Uma vez que o efeito tratamento médio é equivalente ao efeito parcial médio para variáveis *dummy* (Wooldridge 2010), pode-se dizer que:

$$\begin{aligned}\frac{\partial w_l}{\partial BF} &= E(w_l|BF) - E(w_0|BF) \\ &= \Phi(z'_{ik}\hat{\alpha}_l)\theta_{lBF} \Rightarrow \frac{\partial q_l}{\partial BF} = \Phi(z'_{ik}\hat{\alpha}_l)\frac{\theta_{lBF}}{p_l}m,\end{aligned}\quad (12)$$

Como o efeito na média condicional é equivalente ao efeito incondicional, por Lei das Expectativas Iteradas, o resultado encontrado reflete a variação na proporção de beneficiários sobre a demanda de alimentos, podendo ser expresso medido em termos de ‘elasticidade’, que mede a variação percentual na quantidade demandada quando a variável varia de zero para um (Lazaridis 2004, Angrist & Pischke 2008). Assim, a variação na quantidade demandada será expressa por:

$$e_{lBF} = \frac{\partial q_l}{\partial BF} \frac{BF}{q_l} = \Phi(z'_{ik}\hat{\alpha}_l)\frac{\theta_{lBF}}{w_l}m, \quad (13)$$

3.4 Análise de efeitos de tratamento

Em programas de transferência de renda, como o Programa Bolsa Família, cuja seleção para participar do programa é não aleatória, tem-se um viés de seleção na estimação de seus efeitos. No caso do PBF, os critérios de elegibilidade são definidos pela renda familiar e número de crianças menores de 18 anos (Camelo et al. 2009). Para tanto, é necessário identificar um grupo de controle que seja um bom contrafactual para os beneficiários, considerados como grupo de tratamento. Isso porque, como não é possível observar o mesmo indivíduo com e sem tratamento, ao usar os resultados de quem não recebeu como comparação, tem-se (Angrist & Pischke 2008):

$$E(y|BF = 1) - E(y|BF = 0) = ATT + E(y_0|BF = 1) - E(y_0|BF = 0), \quad (14)$$

em que y é a variável de resultado observada, y_1 e y_0 são seus resultados potenciais, com e sem tratamento, respectivamente; BF é a variável indicadora de tratamento; $ATT = E(y_1 - y_0 | BF = 1)$ é o efeito médio do tratamento sobre os tratados (quem recebeu o programa).

Uma vez que os indivíduos atendem a alguns critérios para participar do programa, os resultados potenciais sem o tratamento de quem recebeu serão diferentes dos resultados de quem não recebeu, ou seja, $E(y_0|BF = 1) \neq E(y_0|BF = 0)$. Assim, é preciso garantir que o grupo de comparação seja semelhante ao grupo que recebeu a política. Para tanto, recorre-se à técnica proposta por Rosenbaum & Rubin (1983), que estima um escore de propensão (*Propensity Score Matching* - PSM), para parear unidades semelhantes do grupo de controle com o grupo de tratamento. Pela hipótese de ignorabilidade do tratamento, a participação no programa depende de variáveis observadas (x), que quando controladas, o resultado (y) independe da participação dos indivíduos:

$$E(y_1 | x, BF) = E(y_1 | x) \text{ e } E(y_0 | x, BF) = E(y_0 | x), \quad (15)$$

3.5 Base de dados e variáveis⁹

As informações utilizadas neste estudo são provenientes dos microdados da Pesquisa de Orçamentos Familiares, pesquisa de caráter amostral, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Consideram-se duas pesquisas realizadas em dois pontos no tempo: 2002/2003 e 2008/2009, com uma amostra de 48.568 e 55.970 domicílios, respectivamente, situados em áreas urbanas e rurais de todo o território nacional (BRASIL. Ministério da Saúde 2005, IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2010c). Ambas pesquisas, disponibilizam informações sobre a composição orçamentária doméstica e sobre as condições de vida da população, visando mensurar as estruturas de consumo, dos gastos e fontes de rendimento, além de informações antropométricas. Todas as variáveis utilizadas foram criadas a partir dos seguintes registros da POF: moradores, caderneta de despesas domiciliares e individuais, e consumo alimentar (disponível apenas para 2008/2009). O consumo domiciliar de alimentos foi definido a partir da conversão das quantidades em quilogramas para calorias, de acordo com os valores médios especificados nas Tabelas de Composição de Alimentos do IBGE.

Como se objetiva analisar os efeitos do Programa Bolsa Família (PBF) sobre o estado nutricional e a demanda por alimentos para o público infantil, opta-se por analisar a amostra pertencente à faixa etária 2 a 9 anos, cuja informação sobre consumo calórico não é observada diretamente e pertence à faixa usada como critério para o domicílio participar do programa (até 17 anos), residentes em domicílios pobres¹⁰, apenas para o biênio 2008/2009 (último ano da pesquisa com informação sobre o programa).

Considerando apenas as crianças que têm mãe residente no domicílio, a amostra de interesse tem 6,129 indivíduos. Como o registro da POF sobre o consumo pessoal não inclui indivíduos com menos de 10 anos de idade, recorre-se à desagregação da aquisição domiciliar, sugerida por Chesher (1997).

Ao desconsiderar os indivíduos que não informaram alguma característica ou consumo domiciliar, além de outilers de renda e consumo, a amostra final contém 126.375 indivíduos em 2002/2003 e 142.683 em 2008/2009, correspondendo a uma população de 123.352.543 e 146.499.989 indivíduos, respectivamente. A estimação da taxa de aquisição calórica foi realizada com a amostra completa, para garantir variabilidade dos valores previstos, considerando como variável dependente a oferta de calorias per capita no domicílio e variáveis explicativas de propostas por Chesher (1998). Para caracterizar o consumo extradomiciliar na função de produção de saúde, recorre-se a variáveis indicadoras do consumo em âmbito escolar.

Kawamura (2014) alerta que a alimentação na escola pode contribuir para se alcançar índices antropométricos adequados. Uma vez que as crianças participantes no PBF também recebem esse tipo de alimento, não se pode atribuir apenas ao PBF a mudança em seu estado nutricional. Portanto, o autor propõe

⁹Devido ao limite de espaço, optou-se por não apresentar as estatísticas descritivas, que estão disponíveis sob requisição da autora.

¹⁰A linha de pobreza adotada considera uma renda domiciliar per capita de até $\frac{1}{2}$ salário mínimo, em valores de janeiro de 2009.

uma medida de alimentação escolar, para o público adolescente, uma variável que indica se houve consumo fora de casa em horário escolar. Segundo o autor, essa variável também ajuda a obter um efeito direto do programa. Para tentar captar esses efeitos, no presente estudo, propõe-se usar *dummies* indicadoras que identifica a origem dos alimentos consumidos na escola pela criança menor que 10 anos: se estas são fornecidas pela escola ou se são compradas na cantina, criada com base o item “alimentos consumidos na escola”, do registro de moradores da POF.

A estimação da aquisição individual de calorias no âmbito domiciliar por categorias também segue a especificação na Equação (11). Como na POF o preço do bem p_l não é disponibilizado, calcula-se o valor unitário da despesa (UV_{kl}) com cada bem (y_{lkt}), em termos de quilogramas (R\$/kg), isto é, $UV_{lkt} = \frac{m_{kt}}{y_{lkt}}$. Considera-se que o valor pago pela alimentação domiciliar (UV_{lkt}) é o mesmo para todos os membros do k -ésimo domicílio. Assim, pode-se calcular a despesa individual $\hat{m}_{ikl} = \hat{q}_{ikl} \times UV_{kl}$ e, conseqüentemente, as parcelas de gasto, usadas na estimação do sistema de demanda de alimentos para o público de interesse. Baseando-se na classificação do IBGE, os bens provenientes do consumo domiciliar foram agrupados em 14 categorias (veja na Tabela A.1 no apêndice). A fim de não se criar um número excessivo de equações, categorias alimentares semelhantes foram agregadas e seus valores unitários obtidos pela agregação linear das l categorias, ou seja, $UV_{rkt} = \sum_l^L (w_{lkt} UV_{lkt})$, com $r=1, \dots, 14$. Para garantir a imposição de aditividade das parcelas de gasto, trata-se um dos bens como “residual” e estima-se o sistema de demanda para $n-1$ bens (Yen & Su 2000). O bem residual escolhido foi *Outros alimentos*, que considera os alimentos que não estão incluídos nas categorias de interesse.

Assim, como em Camelo et al. (2009), as variáveis escolhidas para estimar o escore de propensão em participar do PBF representam a renda domiciliar e condições de vida em quatro dimensões: características do chefe do domicílio, composição familiar, localização geográfica do domicílio e infraestrutura familiar. Incluem-se as características do chefe e não de outros membros, pois é o indivíduo que toma a decisão de participar do programa (Kawamura 2014). Para fazer o pareamento, considera-se apenas os domicílios com renda domiciliar per capita inferior a meio salário mínimo e que tenham indivíduos com até 17 anos de idade, totalizando 7.342 domicílios¹¹ (13% da amostra total).

4 Resultados¹²

As médias de consumo calórico domiciliar estimadas são apresentadas na Tabela 1, para o total da amostra, bem como por faixas etárias (devido ao limite de espaço, optou-se por não apresentar as estimativas para as categorias, ver nota de rodapé 13). Para fins de comparação, a 1ª coluna corresponde ao consumo observado, disponível no levantamento sobre consumo pessoal da POF de 2008/2009, que não contém informações de consumo para a faixa etária de interesse. Verifica-se que as estimativas usando a aquisição domiciliar per capita se aproximam do consumo observado, ao passo que usar o consumo domiciliar total, como em Chesher (1997), subestima-se o consumo

¹¹A amostra de domicílios é maior que o número de crianças, pois nem todos têm crianças com menos de 9 anos.

¹²Devido ao limite de espaço, optou-se por não apresentar as estatísticas descritivas, que estão disponíveis sob requisição da autora.

de indivíduos com menos de 18 anos. Vale ressaltar que, além de não fornecer dados sobre o consumo alimentar infantil, os dados contidos no registro de consumo pessoal do inquérito são baseados na declaração individual do que foi consumido em dois dias não consecutivos. Segundo o autor, esse tipo de informação pode conter informações enviesadas fornecidas pelos entrevistados sendo mais suscetível a erros de medida do que uma desagregação do registro de aquisições de alimentos em âmbito domiciliar. Isso pode explicar as diferenças nos desvios-padrão entre as três medidas apresentadas.

Tabela 1: Consumo calórico domiciliar observado e estimado, por faixas etárias, 2008/2009

Faixa Etária	Consumo Observado		Consumo Domiciliar Total		Consumo Domiciliar per Capita	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Total	1473,56	705,41	1583,65	555,23	1495,44	203,80
2 - 9 anos	-	-	898,71	217,62	1306,07	136,82
10 - 17 anos	1581,29	739,02	990,96	251,67	1364,54	139,38
18 - 29 anos	1435,20	676,48	1478,00	286,15	1593,05	189,27
30 - 59 anos	1437,15	694,24	956,20	391,03	1554,84	176,56
60 anos ou +	1424,84	610,70	2102,84	298,14	1733,95	161,18

Fonte: Resultado da pesquisa.

Nota: DP = Desvio-padrão

Como visto na Seção 3.4, a participação no Programa Bolsa Família é não aleatória, necessitando de técnicas quase-experimentais, a fim de se criar bons contrafactuais para as unidades que receberam o benefício. Nesse sentido, aplicou-se a técnica de *Propensity Score Matching*, que consiste em estimar a probabilidade de participação no programa, por meio de um modelo de escolha binária, que contribui para parear unidades tratadas e de comparação. As estimativas do modelo *logit* para obter o escore de propensão de receber o benefício são apresentadas na Tabela 2, que também mostra as estimativas da propensão em participar do programa com a amostra pareada, por Kernel e pelo método vizinho mais próximo. Verifica-se que todas as variáveis escolhidas são significativas para a participação no programa. No entanto, com a amostra pareada pelo método de Kernel, todas elas deixam de ser significativas, já pelo método do vizinho mais próximo, a idade do chefe e seu termo quadrático, bem como a localização do domicílio na região Centro-oeste, ainda explicam de forma significativa a participação.

Com o pareamento pelo método de Kernel, os grupos de tratamento e controle são semelhantes, de forma que suas características não explicam sua propensão em participar do programa. Isso implica que, pós-pareamento, os domicílios passam a ser semelhantes em relação a variáveis que influenciariam sua participação. Logo, pode-se dizer que as características dos domicílios em que as crianças analisadas residem não se diferem estatisticamente, independentemente se receberam ou não o benefício. Os resultados referentes à aquisição alimentar e estado nutricional das crianças que não recebem o recurso do Bolsa Família podem ser contrafactuais daquelas que recebem, pois ambos são semelhantes em termos de chances de participação no programa. Por permitir um balanceamento dessas variáveis, os efeitos do programa serão estimados apenas considerando esse método de pareamento.

Tabela 2: Coeficientes estimados para características domiciliares que influenciam a participação no Programa Bolsa Família, pré e pós-pareamento, 2008/2009

Variáveis	β	β Vizinho	β Kernel
Idade	0,1149*** (0,0132)	0,0506*** (0,0178)	0,0067 (0,0134)
Idade ²	-0,0014*** (0,0001)	-0,0006*** (0,0002)	-0,0001 (0,0001)
Anos de estudo	-0,0780*** (0,0086)	-0,0094 (0,0112)	0,0040 (0,0082)
Total de crianças [0;6]	0,1617*** (0,0371)	0,0090 (0,0462)	-0,0100 (0,0317)
Total de crianças [7;15]	0,3622*** (0,0259)	0,0391 (0,0332)	0,0067 (0,0210)
Total de crianças [16;17]	0,2875*** (0,0571)	-0,0269 (0,0726)	0,0239 (0,0487)
Zona urbana	-0,2637*** (0,0618)	-0,0488 (0,0785)	-0,0373 (0,0547)
N	-0,5235*** (0,0723)	-0,0939 (0,0916)	-0,0382 (0,0664)
S	-0,8620*** (0,1367)	-0,1402 (0,1770)	-0,0706 (0,1400)
SE	-0,7250*** (0,0912)	-0,1631 (0,1219)	-0,0382 (0,0939)
CO	-1,1423*** (0,1023)	-0,2480* (0,1400)	-0,0062 (0,1113)
Água encanada	-0,0680 (0,0712)	-0,0309 (0,0901)	-0,0128 (0,0613)
Nº de banheiros	-0,2318*** (0,0692)	0,0731 (0,0912)	-0,0525 (0,0608)
Esgoto	-0,2421*** (0,0771)	-0,1387 (0,1008)	0,0035 (0,0765)
Energia elétrica	0,1649 (0,1128)	0,0593 (0,1449)	0,0620 (0,0961)
Densidade morador/ cômodo	-0,0542 (0,0413)	-0,0025 (0,0503)	-0,0260 (0,0352)
Constante	-1,6676*** (0,3127)	-0,7905* (0,4205)	-0,0744 (0,3116)
Observações	7040	3802	7040

Fonte: Resultado da pesquisa.

Nota: Erros-padrão entre parênteses; nível de significância: * $p < 0,10$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$.

As estimativas dos efeitos da participação no Programa Bolsa Família sobre o IMC são apresentadas na Tabela 3, para as amostras antes e depois do pareamento. Quem participa do programa espera melhorar o IMC das crianças, em termos de ganho de peso. Isso porque o viés de seleção autosseleção é negativo, implicando que os resultados potenciais do IMC das crianças que recebem poderiam ser piores sem o programa. A inclusão das características da mãe (coluna MQO3) provoca um aumento de 0,03 pontos no efeito negativo do programa, indicando que estas variáveis influenciam também na participação do programa. Ao desconsiderá-las, pode-se atribuir parte do impacto no IMC ao fato dessas mães serem mais preocupadas com o que consideram como estado nutricional ideal para seus filhos.

Ao controlar pelo consumo calórico (coluna MQO4), o impacto estimado reflete o efeito direto do PBF, atribuído pelas condicionalidades referentes aos cuidados com a saúde, retirando-se o efeito renda. Verifica-se que a inclusão da aquisição calórica pouco alterou o impacto do benefício, indicando que as diferenças no estado nutricional entre beneficiários e não beneficiários são devidas somente às exigências de acompanhamento médico e cuidados com o estado nutricional de crianças.

A inclusão da alimentação escolar também alterou o efeito médio do PBF, indicando que a redução no IMC é decorrente também de uma alimentação mais saudável fornecida pela escola. Isso implica em uma interação entre o PBF e as ações do Plano Nacional de Alimentação Escolar (PNAE). Esse efeito também é sinalizado por Kawamura (2014) que, ao incluir a frequência de consumo fora de casa por adolescentes, em horário escolar, conclui que estes podem receber uma alimentação balanceada, não sendo legítimo atribuir somente ao PBF o efeito sobre o estado nutricional. De fato, os resultados apresentados na Tabela 3 mostram que se a alimentação realizada em ambiente escolar for fornecida pela própria escola, o estado nutricional reduz em 0,20 kg/m² em média, enquanto que alimentos comprados na cantina contribuem ainda mais para a obesidade infantil, dado que no último quantil aumenta o diferencial do IMC em 1,8 kg/m². Vale ressaltar que, nos demais quantis, a variável indicadora de aquisição alimentar na cantina escolar não foi significativa, devido à pouca variabilidade dessa variável, dado que os indivíduos analisados podem não ter recursos para obter alimentos em tal fonte. Assim, controlando os efeitos do consumo calórico, características das mães e consumo alimentar na escola, pode-se dizer que a participação no Bolsa Família reduz o IMC em 0,20 kg/m³.

Ao analisar o impacto sobre a distribuição do IMC, verifica-se que o efeito na redução do indicador é maior em quantis mais elevados. Isso ocorre devido ao acompanhamento dado, por meio de orientações e informações sobre melhores padrões de alimentação, inclusive para crianças acima do peso adequado. Crianças cujo IMC está situado no último quartil (Q75) têm um resultado 0,22 kg/m² menor. Para aquelas situadas no último decil (Q90), o programa contribui para a redução de 0,32 kg/m² no IMC. Nos quantis inferiores, que incluem crianças com déficit de peso, o programa não apresentou contribuição significativa. Em Camelo et al. (2009) e Kawamura (2014), também não foi encontrado um efeito significativo sobre o déficit de peso¹³. Camelo

¹³Ressalta-se que os estudos mencionados estimaram o efeito da participação no PBF sobre a probabilidade de crianças e adolescentes estarem com déficit ou sobrepeso. Para obter um efeito direto do programa, Kawamura (2014) usa uma variável *proxy* para merenda escolar, construída

et al. (2009) atribuem os seus resultados ao fato de as crianças investigadas (com até 6 anos) não estarem em grave situação de déficit de peso. Em ambos os estudos, também foi mostrada a importância do PBF sobre a probabilidade de crianças e adolescentes estarem na situação de sobrepeso, corroborando os resultados apresentados na Tabela 2.

Quanto as variáveis que representam o consumo alimentar, verifica-se que um aumento de 100 calorias/dia na taxa de aquisição calórica média para a faixa etária analisada contribui para aumentar o IMC médio em $0,2 \text{ kg/m}^2$. Esse efeito é observado nos quantis mais altos, enquanto que, para o 1º quartil da distribuição do IMC, a variação no consumo calórico aumenta o índice em apenas $0,1 \text{ kg/m}^2$. Em relação às variáveis indicadoras do consumo escolar, apesar de sua contribuição na redução do IMC para aqueles indivíduos com níveis mais altos, também se verifica o efeito negativo em quantis inferiores. Assim, deve-se ter mais atenção ao consumo alimentar escolar de crianças com déficit de peso, fornecendo uma alimentação mais equilibrada, com quantidade suficiente de nutrientes que favoreçam o seu ganho de peso. Outro fato preocupante é o impacto da alimentação comprada na cantina escolar sobre crianças com elevado IMC. Para crianças cujo índice se situa no último decil da distribuição, o fato de consumir alimentos da cantina aumenta em $1,8 \text{ kg/m}^2$, sinalizando que essa é uma fonte de alimentos prejudiciais à saúde infantil.

De forma geral, o impacto no IMC causado pelo PBF é devido às exigências de cuidados com a saúde, incentivo a hábitos alimentares mais saudáveis e controle do peso de crianças. Ao controlar pela aquisição calórica, esse impacto pouco mudou, indicando que a mudança no IMC via efeito renda é reduzido. Ou seja, o programa não aumenta as diferenças de consumo calórico entre beneficiários e não beneficiários, de forma a gerar mudanças no estado nutricional. Como as orientações dadas aos beneficiários incentivam uma alimentação mais equilibrada, espera-se um aumento no consumo alimentar, mas também uma redução no consumo de alimentos com alto teor calórico, anulando o efeito indireto.

Para verificar como o PBF pode contribuir nesse processo de substituição de alimentos pouco saudáveis por uma alimentação mais equilibrada, o indicador de tratamento é incluído em um sistema de demanda para diversas categorias alimentares. Assim como os preços e o dispêndio, a participação em algum programa de transferência de renda pode ser adicionada a um sistema de demanda teoricamente consistente, por meio de translação demográfica, como feito em Pan & Jensen (2008), que analisaram a influência do *Food Stamp Program* sobre a demanda por alimentação dentro e fora do domicílio, incluindo a probabilidade estimada de participação na forma reduzida do dispêndio com alimentação, na estimação da decisão de compra e nas parcelas de gasto. A desagregação proposta por Chesher (1997), por permitir a obtenção de uma medida aproximada do consumo individual, contribuiu a análise dos fatores que influenciam a quantidade de alimentos destinados para crianças, com base nas suas taxas de consumo calórico estimadas.

Ao usar os indivíduos que não receberam o benefício como unidades de comparação, sem que estes residam em domicílios semelhantes daqueles que receberam, isso pode levar a uma interpretação errônea da contribuição do

com base na alimentação fora de casa em horário escolar. Essas informações são encontradas no registro de consumo pessoal da POF 2008/2009, para indivíduos com 10 anos ou mais.

Tabela 3: Efeitos da participação PBF, das características da mãe e alimentação sobre o IMC de crianças pobres, 2008/2009

Variáveis	MQO1	MQO2	MQO3	MQO4	MQO5	Q10	Q25	Q50	Q75	Q90
PBF	-0,352*** (0,078)	-0,186** (0,090)	-0,219** (0,089)	-0,210** (0,090)	-0,196** (0,089)	-0,003 (0,046)	-0,051 (0,042)	-0,153*** (0,047)	-0,218*** (0,074)	-0,323** (0,136)
Mãe é chefe do domicílio			-0,014 (0,094)	0,012 (0,093)	0,006 (0,093)	-0,060 (0,057)	-0,032 (0,052)	-0,095 (0,058)	0,099 (0,091)	0,187 (0,168)
Estudo da mãe			0,041*** (0,012)	0,038*** (0,012)	0,039*** (0,012)	0,014* (0,007)	0,015** (0,006)	0,026*** (0,007)	0,053*** (0,011)	0,070*** (0,021)
Mãe obesa			0,447*** (0,099)	0,433*** (0,098)	0,439*** (0,097)	0,508*** (0,064)	0,499*** (0,058)	0,496*** (0,065)	0,433*** (0,102)	0,458** (0,188)
Domicílio urbano			0,236*** (0,089)	0,220** (0,090)	0,217** (0,089)	-0,025 (0,046)	-0,015 (0,042)	0,046 (0,047)	0,389*** (0,074)	0,800*** (0,136)
Idade			0,054*** (0,016)	0,051*** (0,016)	0,073*** (0,019)	0,032*** (0,012)	0,023** (0,011)	0,015 (0,012)	0,100*** (0,019)	0,187*** (0,034)
Gênero			0,093 (0,077)	0,054 (0,078)	0,051 (0,078)	0,146*** (0,045)	0,165*** (0,040)	0,145*** (0,045)	0,068 (0,071)	-0,071 (0,131)
Consumo calórico estimado				0,002*** (0,001)	0,002*** (0,001)	0,001** (0,000)	0,001*** (0,000)	0,002*** (0,000)	0,002*** (0,000)	0,002** (0,001)
Alimentação escolar fornecida pela escola					-0,200** (0,095)	-0,137** (0,055)	-0,170*** (0,050)	-0,191*** (0,056)	-0,310*** (0,088)	-0,293* (0,162)
Alimentação escolar comprada na cantina					0,412 (0,793)	-0,006 (0,305)	0,683** (0,276)	0,078 (0,308)	-0,446 (0,485)	1,803** (0,896)
Constante	16,617*** (0,062)	16,451*** (0,078)	15,749*** (0,139)	13,806*** (0,642)	13,839*** (0,642)	12,993*** (0,328)	13,388*** (0,297)	13,615*** (0,331)	14,620*** (0,521)	15,331*** (0,962)
Observações	6389	6389	6129	6129	6129	6129	6129	6129	6129	6129

Fonte: Resultado da pesquisa.

Nota: Erros-padrão entre parênteses; nível de significância: * $p < 0,10$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$. Para as estimativas na média, os erros-padrão foram estimados com clusters, considerando o número sequencial para cada um dos setores da amostra (PSU). MQO2, MQO3 e MQO4, além das estimações por quantis, foram pareadas pelo método de Kernel.

PBF sobre a demanda alimentar. Devido a isso, as estimações das próximas etapas também foram realizadas com a ponderação obtida pelo método de Kernel. Para captar a influência do programa sobre a demanda de alimentos, segue-se os procedimentos econométricos expostos na Seção 3.3, para a faixa etária considerada.

Na Tabela 4, expõe-se os efeitos do PBF sobre a propensão de compra e parcela de gastos com cada categoria analisada, obtidos pela estimação do 1º e 2º estágio do procedimento de Shonkwiler & Yen (1999), respectivamente. Além de corrigir o problema do gasto nulo, o primeiro estágio desse procedimento gera as estimativas da propensão à aquisição, sendo que os efeitos marginais indicam o quanto determinada variável influencia na decisão do domicílio em adquirir determinado alimento.

Verifica-se que, em domicílios com crianças de até 9 anos, o PBF não contribui para a decisão de adquirir grande parte das categorias analisadas. Uma vez que os alimentos estão agregados em categorias amplas, é provável que os domicílios já consumissem pelo menos um alimento pertencente a cada categoria que não apresentou diferença estilisticamente significativa. Contudo, dado que o bem foi adquirido, o programa tem sua contribuição em modificar o quanto é gasto e, consequentemente, a quantidade demandada por alguns itens. Vale ressaltar que as variáveis quantidade e parcela de gasto foram construídas com base em uma taxa de consumo, que reflete o quanto do consumo domiciliar é destinado para cada indivíduo, com base em suas características observadas.

Assim, nota-se que receber o benefício contribui para modificar as parcelas de gasto com alimentação destinada ao público infantil para as seguintes categorias: hortaliças, leite, embutidos, massas, refrigerantes e doces. Para as duas primeiras categorias, verifica-se um efeito positivo sobre o total gasto com esse tipo de alimentação. É provável que esse efeito seja atribuído não somente ao recurso financeiro extra dado às famílias beneficiárias, mas também às orientações dadas sobre a importância de uma alimentação mais saudável. Isso porque, de acordo com o Ministério da Saúde, esse tipo de alimentação é importante para essa fase da vida (BRASIL. Ministério da Saúde 2005). Esse último efeito também pode ser atribuído à queda na participação de alimentos que contem nutrientes prejudiciais à saúde e ao desenvolvimento infantil.

No caso dos Embutidos, o programa não somente reduz a probabilidade de um domicílio adquirir esse bem, como também reduz sua participação no total gasto com a alimentação de suas crianças em cerca de 1 ponto percentual (p.p.). Apesar de não evitar que os domicílios adquiram refrigerantes e massas, pelo menos esses alimentos também não são repassados para as crianças, visto que o fato de participar do PBF reduz a parcela de gastos em 0,2 p.p. e 1 p.p., respectivamente. O programa não é eficaz para evitar a aquisição e destinação doces para o público infantil. Isso deve-se ao efeito renda do programa, ou seja, o rendimento extra faz com que os domicílios atendam as preferências por esse tipo de alimento.

Apesar de contribuir para uma substituição na estrutura de gastos com a alimentação infantil, não se pode afirmar que o programa promova uma diversificação na alimentação desses indivíduos. De fato, em Almeida et al. (2013), mostrou-se que a demanda por diversificação no consumo alimentar domiciliar é apenas 2,2% maior para domicílios participantes.

A partir da Equação (13), foram calculadas as “elasticidades” para o efeito do Bolsa Família sobre a quantidade de cada categoria alimentar destinada

Tabela 4: Efeitos do PBF na decisão de compra, participação nos gastos com alimentação infantil e na quantidade demandada

Categorias	Decisão de Compra	Parcela de Gasto	Elasticidade-BF da Demanda
q1. Cereais, leguminosas e tubérculos	0,0167 (0,0161)	-0,0027 (0,0043)	-0,0070 (0,0109)
q2. Hortaliças	0,0350 (0,0251)	0,0039*** (0,0014)	0,0723*** (0,0258)
q3. Frutas e sucos naturais	0,0027 (0,0244)	-0,0017 (0,0015)	-0,0299 (0,0264)
q4. Carnes bovina e suína	0,0139 (0,0242)	-0,0022 (0,0028)	-0,0165 (0,0203)
q5. Frango e ovos	0,0196 (0,0272)	-0,0015 (0,0028)	-0,0099 (0,0178)
q6. Peixes	0,0190 (0,0210)	0,0001 (0,0010)	0,0040 (0,0267)
q7. Embutidos e queijo	-0,0515** (0,0224)	-0,0092*** (0,0017)	-0,1190*** (0,0213)
q8. Leite e iogurtes	0,0377 (0,0235)	0,0137*** (0,0043)	0,0580*** (0,0184)
q9. Massas e panificados	0,0196 (0,0211)	-0,0096*** (0,0030)	-0,0458*** (0,0142)
q10. Alimentos prontos e industrializados	-0,00951 (0,0188)	-0,0007 (0,0005)	-0,0453 (0,0345)
q11. Doces	0,0401* (0,0232)	0,0139*** (0,0023)	0,1459*** (0,0246)
q12. Refrigerantes	0,00713 (0,0209)	-0,0017*** (0,0006)	-0,1328*** (0,0441)
q13. Alimentos diets e lights	0,00934 (0,0105)	0,0000 (0,0009)	0,0012 (0,0312)
q14. Outros alimentos ^a	0,0315 (0,0234)	- -	- -
Observações	6129	6129	6129

Fonte: Resultado da pesquisa.

Notas: Nível de significância: * $p < 0,10$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$.

^a Bem residual. Erros-padrão entre parênteses.

Os erros-padrão dos parâmetros foram estimados com clusters, considerando o número sequencial para cada um dos setores da amostra (PSU).

para crianças, em âmbito domiciliar Tabela 4, que mede a mudança percentual no total adquirido, dado o recebimento do benefício. Esse efeito é significativo apenas para seis categorias, das 13 consideradas no sistema de demanda estimado.

Nos domicílios que recebem o benefício, a quantidade adquirida de hortaliças por crianças com até 9 anos é 7,2% maior, em comparação ao consumo daquelas que residem em domicílios sem o benefício. Participar do programa também aumenta a aquisição de Leite em 6%. Pode-se perceber também que a quantidade de embutidos e massas é cerca de 12% e 5% menor, respectivamente. O PBF também influencia negativamente na aquisição de refrigerantes, cuja quantidade adquirida pelas crianças beneficiárias é 13% menor, em comparação a crianças que não participam do programa. Assim, pode-se verificar como o PBF promove a substituição de alimentos pouco saudáveis. No entanto, também está associado a uma maior demanda por doces, sendo cerca de 15% maior. Além disso, o programa não influencia de forma significativa na aquisição de cereais, frutas, e peixes, alimentos importantes para a saúde desses indivíduos e, com exceção dos cereais, tem baixa participação na dieta dos brasileiros.

Os resultados condizem com a percepção das famílias beneficiárias, divulgadas pela IBASE - Instituto Brasileiro de Análises Sociais e Econômicas (2008), principalmente para hortaliças, leite e doces, com exceção para a categoria massas e panificados. Segundo o relatório, mais de 75% dos responsáveis pelo domicílio informaram que passaram a comprar mais cereais e açúcares e 68% passaram a comprar mais leite. Tal mudança no consumo refletiu na quantidade destinada às crianças, mas não suficiente para ser considerado um diferencial no seu padrão alimentar.

De forma geral, o Programa Bolsa Família tem sua importância no combate à obesidade infantil, mas não contribui para a sua diversificação alimentar. O acompanhamento dado às famílias é uma importante ferramenta informacional sobre boas práticas de saúde, que reflete no estado nutricional infantil. Todavia, ao fornecer um rendimento extra para as famílias, o programa não está focalizando na melhoria dos hábitos alimentares saudáveis, uma vez que os beneficiários podem diluí-lo em outras despesas, inclusive alimentos prejudiciais, como é o caso de alimentos doces.

5 Considerações Finais

Dada a inadequação alimentar dos brasileiros e os riscos à saúde, associados a uma alimentação deficiente, reconhece-se a importância de se conhecer os fatores que influenciam esse consumo, especialmente para o público infantil, cujo padrão de consumo segue os hábitos praticados em âmbito domiciliar. Esse padrão é um dos principais responsáveis pela incidência precoce de doenças crônicas não transmissíveis e pelo crescimento de casos de obesidade infantil, tornando necessário análises específicas que aprofundem essa temática, como forma de orientar intervenções políticas para reverter e prevenir esse quadro, além de incentivar novos hábitos e, consequentemente, reduzir o percentual de adultos com sobrepeso e problemas de saúde relacionados a uma dieta desequilibrada.

Uma vez que não é possível observar dados sobre o consumo alimentar de crianças com menos de 10 anos de idade, pode-se dizer que uma das princi-

país contribuições deste estudo para a literatura nacional sobre Economia da Alimentação foi mostrar estimativas individualizadas das calorias adquiridas, a partir de agregados domiciliares. Com isso, pode-se identificar a aquisição de calorias total e por categorias alimentares entre faixas etárias e entre os inquéritos da POF de 2002/2003 e 2008/2009. Além disso, a obtenção de estimativas do consumo alimentar permitiu a estimação de um sistema de demanda individual, específico para crianças com idade entre 2 e 9 anos, cujas quantidades alocadas para esses indivíduos são resultantes de um processo de maximização de bem-estar de seu responsável, o qual toma essa decisão, sob a influência de diversas variáveis socioeconômicas. Ou seja, mudanças nessas variáveis levará o responsável a mudar o quanto de alimentos será alocado para a criança, impactando no seu estado nutricional.

Das variáveis socioeconômicas que influenciam esse processo, destacam-se os preços e a renda, que constituem a restrição orçamentária e limitam o conjunto de possibilidades de consumo. Especialmente para crianças pobres, percebe-se que a insuficiência de renda reduz essas possibilidades a uma cesta alimentar pouco variada e fora dos padrões recomendados. Nesse sentido, optou-se por analisar os efeitos de uma política de transferência de renda, representado pelo Programa Bolsa Família (PBF). Como um dos principais objetivos do PBF é a promoção da segurança alimentar de seus beneficiários, foi estimada a importância da participação nesse programa para o estado nutricional e demanda alimentar infantil, considerando as informações do inquérito da POF disponível após a unificação de programas sociais e criação do PBF (2008/2009).

Após usar técnicas de pareamento para minimizar o viés de autosseleção para o tratamento e controlar por características da mãe, verificou-se que o indicador do estado nutricional (IMC) das crianças que recebem o benefício é, em média, $0,22 \text{ kg/m}^2$ menor, em comparação àquelas que não recebem. Pode-se dizer que esse é o impacto total, que resulta da soma de um efeito direto, dado pelas condicionalidades referentes aos cuidados com a saúde de crianças beneficiárias, e de um indireto, causado pelo acréscimo nos rendimentos familiares, que pode aumentar a aquisição calórica.

Ao controlar pela medida de consumo calórico utilizada, o impacto sobre o IMC sofre uma pequena alteração, indicando que as diferenças entre o estado nutricional de quem recebe e de quem não recebe são devidas a outros fatores relacionados aos benefícios gerados pelo programa, não relacionados ao acréscimo no consumo calórico, mas sim às exigências de cuidados com a saúde, incentivo a hábitos alimentares mais saudáveis e controle do peso de crianças.

Como as orientações dadas aos beneficiários incentivam uma alimentação mais equilibrada, espera-se um aumento no consumo alimentar, mas também uma redução no consumo de alimentos com alto teor calórico, anulando o efeito indireto. Controlando os efeitos do consumo calórico, características das mães e consumo alimentar na escola, pode-se dizer que a participação no Bolsa Família reduz o IMC em $0,20 \text{ kg/m}^3$. Como as exigências de controle de peso incidem sobre crianças que estão acima do ideal, pode-se observar, por meio de regressões quantílicas sobre a distribuição do IMC, que o efeito na redução do indicador é maior em quantis mais elevados, evidenciando o quanto o programa pode ser eficaz para o controle da obesidade infantil. A eficácia do programa pode ser atribuída a uma melhoria no nível de informação sobre cuidados com a saúde infantil, mas tem reduzida contribuição para

o processo de substituição de alimentos pouco saudáveis por uma alimentação mais equilibrada e diversificada. Isso foi verificado, ao incluir o indicador de recebimento do benefício em um sistema de demanda de alimentos, com inclusão de alimentos saudáveis e prejudiciais à saúde. Apenas cinco categorias foram influenciadas de forma estatisticamente significativa. Ressalta-se sua importância para aquisição de leite e hortaliças, que são importantes para essa fase da vida e, mesmo assim, a participação na dieta está abaixo das recomendações para uma vida saudável. Além disso, reduz a aquisição de embutidos, massas e refrigerantes. Essa substituição explica o efeito negativo do programa, uma vez que se usou uma medida de consumo calórico como insumo na função de produção de saúde infantil, a qual não expressa a qualidade das calorias adquiridas.

Assim, a diferença sobre entre tratados e unidades de comparação deve-se também à composição calórica. No entanto, a preferência por doces também é observada, uma vez que o benefício monetário extra dado pelo PBF também contribui positivamente para seu consumo. Vale ressaltar que o consumo de açúcares nas primeiras fases da vida é responsável tanto para a incidência de obesidade, como para o surgimento precoce de diabetes. Com isso, não se pode afirmar que o benefício contribua para uma dieta adequada, visto que esse tipo de alimento ultrapassa os níveis de consumo recomendados. De fato, constata-se que políticas de transferência de renda são pouco efetivas, pois o montante recebido pode ser direcionado para itens de consumo prejudiciais à saúde, mas que fazem parte da estrutura de preferências dos consumidores.

Devido à baixa eficácia do programa em promover uma alimentação mais variada, seria interessante formular uma política que incentive o consumo de alimentos mais saudáveis, de forma mais direta, principalmente porque esses alimentos têm elevados custos, em comparação a alimentos pouco nutritivos, o que dificulta sua aquisição por pessoas mais vulneráveis economicamente. Além das estimativas dos efeitos do PBF, o sistema de demanda estimado também permite a obtenção do grau de sensibilidade da variação dos preços, que podem ser usados para simulação do efeito de subsídios, mas que não foram discutidos na presente análise.

Vale ressaltar que a presente análise é estática, refletindo o impacto do que é consumido no período, em média, sobre o estoque de massa corpórea, o qual é resultante dos hábitos praticados ao longo do tempo. Uma análise dinâmica contribuiria para verificar o papel da política analisada sobre a formação de novos hábitos e sua influência sobre esse estoque. Sugere-se também, como pesquisa futura, a desagregação da oferta domiciliar de alimentos de acordo com sua composição nutricional e verificar como essas intervenções também influenciam a aquisição de nutrientes adquiridos e destinados ao público infantil.

Referências Bibliográficas

Almeida, A. T. C., Mesquita, S. P., Batista, M. V. & Silva, D. (2013), Impactos do Programa Bolsa Família sobre a demanda por diversificação alimentar no Brasil, *in* '41 Encontro Nacional de Economia'.

Angrist, J. D. & Pischke, J. S. (2008), *Mostly harmless econometrics: An empiricist's companion*.

Babu, S. & Prabuddha, S. (2009), *Food Security, Poverty and Nutrition Policy Analysis; Statistical Methods and Applications*.

Banks, J., Blundell, R. & Lewbel, A. (1997), 'Quadratic engel curves and consumer demand', *Review of Economics and Statistics* .

Barbosa, A. L. N. H., Menezes, T. A. & Andrade, B. C. (2014), 'Demanda por produtos alimentares nas áreas rurais e urbanas do Brasil', *Pesquisa e Planejamento Econômico* .

Behrman, J. R. & Deolalikar, A. B. (1988), Chapter 14 Health and nutrition, in N. Holand, ed., 'Chenery, H. Srinivasan, T. N.: Handbook of development economics. Volume 1', 1 edn, New York, NY, chapter 14.

Birch, L. L. & Ventura, A. K. (2009), 'Preventing childhood obesity: What works?', *International Journal of Obesity* .

Blundell, R. & Robin, J. M. (1999), 'Estimation in large and disaggregated demand systems: An estimator for conditionally linear systems', *Journal of Applied Econometrics* .

Bonnet, C., Dubois, P. & Orozco, V. (2008), 'Food Consumption and Obesity in France: Identification of Causal Effects and Price Elasticities'.

URL: http://www.cemmap.ac.uk/resources/scanner_data/sd10_dubois.pdf

Bonnet, C., Dubois, P. & Orozco, V. (2014), 'Household food consumption, individual caloric intake and obesity in France', *Empirical Economics* **46**.

Brasil (2009), 'Decreto nº 6.824, de 16 de abril de 2009', *Diário Oficial da União (D.O.U.)* .

BRASIL. Ministério da Saúde (2005), *Guia alimentar para a população brasileira: promovendo a alimentação saudável*. Brasília: Secretaria de atenção à saúde. . Webpage acessada em: 03 de abril de 2020.

Bromage, S., Rosner, B., Rich-Edwards, J., Ganmaa, D., Tzolmon, S., Tserendejid, Z., Tseye-oidov, O., Traeger, M. & Fawzi, W. (2018), 'Comparison of Methods for Estimating Dietary Food and Nutrient Intakes and Intake Densities from Household Consumption and Expenditure Data in Mongolia', *Nutrients* **10**, 703.

Camelo, R., Tavares, P. & Saiani, C. (2009), 'Alimentação, Nutrição e Saúde em Programas de Transferência de Renda: Evidências para o Programa Bolsa Família', *Economia* .

Cawley, J. (2004), 'An economic framework for understanding physical activity and eating behaviors'.

Chesher, A. (1997), 'Diet Revealed?: Semiparametric Estimation of Nutrient Intake?Age Relationships', *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society)* .

Chesher, A. (1998), 'Individual demands from household aggregates: Time and age variation in the composition of diet', *Journal of Applied Econometrics* .

Claro, R. M. & Monteiro, C. A. (2010), 'Renda familiar, preço de alimentos e aquisição domiciliar de frutas e hortaliças no Brasil', *Revista de Saúde Pública* **44**(6), 1014–1020.

URL: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102010000600005&nrm=iso

Cole, T. J., Bellizzi, M. C., Flegal, K. M. & Dietz, W. H. (2000), 'Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: International survey', *British Medical Journal* .

Cole, T. J., Flegal, K. M., Nicholls, D. & Jackson, A. A. (2007), 'Body mass index cut offs to define thinness in children and adolescents: International survey', *British Medical Journal* .

De Agostini, P. (2005), 'The relationship between food consumption and socio-economic status: evidence among british youths', *Institute for Social and Economic Research, ISER working papers* .

Deaton, A. (1988), 'Quality, Quantity, and Spatial Variation of Price', *American Economic Review* **78**(3), 418–430.

URL: <https://econpapers.repec.org/RePEc:aea:aecrev:v:78:y:1988:i:3:p:418-30>

Deaton, A. (1997), *The analysis of household surveys*.

Deaton, A. & Muellbauer, J. (1980a), 'An Almost Ideal Demand System', *The American Economic Review* .

Deaton, A. & Muellbauer, J. (1980b), *Economics and Consumer Behavior*.

Dietz, W. H. (2006), 'Health Consequences of Obesity in Youth: Childhood Predictors of Adult Disease', *Pediatrics* **101**(Supplement 2), 518–525.

URL: https://pediatrics.aappublications.org/content/101/Supplement_2/518

Drewnowski, A., Darmon, N. & Briend, A. (2004), 'Replacing Fats and Sweets With Vegetables and Fruits—A Question of Cost', *American journal of public health* **94**, 1555–1559.

Eyles, H., Neal, B., Jiang, Y. & Mhurchu, C. (2016), 'Estimating population food and nutrient exposure: A comparison of store survey data with household panel food purchases', *The British journal of nutrition* -**1**, 1–8.

FAO (1997), Implications of economic policy for food security: a training material, Technical report, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma: FAO.

Flores, M. & Rivas, J. (2017), 'CASH INCENTIVES AND UNHEALTHY FOOD CONSUMPTION', *Bulletin of Economic Research* **69**(1), 42–56.

URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/boer.12085>

Franks, P. W., Hanson, R. L., Knowler, W. C., Sievers, M. L., Bennett, P. H. & Looker, H. C. (2010), 'Childhood obesity, other cardiovascular risk factors, and premature death', *New England Journal of Medicine* .

IBASE - Instituto Brasileiro de Análises Sociais e Econômicas (2008), Repercussões do Programa Bolsa Família na segurança alimentar e nutricional das famílias beneficiadas, Technical report.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010a), Antropometria e estado nutricional de crianças, adolescentes e adultos no Brasil, Technical report, IBGE, Brasília.

URL: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv45419.pdf>

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010b), Avaliação nutricional da disponibilidade de alimentos no Brasil., Technical report, IBGE.

URL: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv47310.pdf>

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010c), Análise do consumo alimentar pessoal no Brasil, Technical report, IBGE, Rio de Janeiro:.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2014), Percepção do estado e saúde, estilo de vida e doenças crônicas: Brasil, Grandes Regiões e Unidades de Federação, Technical report, Rio de Janeiro.

Kawamura, H. C. (2014), Efeitos do Programa Bolsa Família no consumo de nutrientes e índices antropométricos, Tesis doctoral en economia aplicada, Universidad de São Paulo.

Lazaridis, P. (2004), 'Demand elasticities derived from consistent estimation of Heckman-type models', *Applied Economics Letters* .

Mazzocchi, M. & Bruce Traill, W. (2005), 'Nutrition, health and economic policies in Europe', *Food Economics - Acta Agriculturae Scandinavica, Section C* .

Miquel, R. & Laisney, F. (2001), 'Consumption and nutrition Age-intake profiles for Czechoslovakia 1989-1992 - OpenGrey', *Economics of Transition* pp. 115-151.

Moschini, G. (1995), 'Units of Measurement and the Stone Index in Demand System Estimation', *American Journal of Agricultural Economics* .

Pan, S. & Jensen, H. H. (2008), 'Does the Food Stamp Program Affect Food Security Status and the Composition of Food Expenditures?', *Journal of Agricultural and Applied Economics* .

Pereda, P. C. & Alves, D. C. O. (2012), 'Qualidade alimentar dos brasileiros: teoria e evidência usando demanda por nutrientes', *Pesquisa e Planejamento Econômico* .

Philipson, T. J. & Posner, R. A. (2003), The long-run growth in obesity as a function of technological change, in 'Perspectives in Biology and Medicine'.

Pollak, R. A. & Wales, T. J. (1981), 'Demographic Variables in Demand Analysis', *Econometrica* .

Reichman, N. E., Corman, H., Noonan, K. & Dave, D. (2009), 'Infant health production functions: What a difference the data make', *Health Economics* .

Rocha, S. (2007), *Desigualdade de renda no Brasil: uma análise da queda recente.*, IPEA, Brasília, chapter Os Novos Programas de Transferência de Renda: impactos possíveis.

- Rosenbaum, P. R. & Rubin, D. B. (1983), 'The central role of the propensity score in observational studies for causal effects', *Biometrika* .
- Shonkwiler, J. S. & Yen, S. T. (1999), 'Two-Step Estimation of a Censored System of Equations', *American Journal of Agricultural Economics* .
- Silva, M. M. C. & Coelho, A. B. (2009), 'Demanda Por Frutas E Hortaliças No Brasil: Uma Análise Da Influência Dos Hábitos De Vida, Localização E Composição Domiciliar', *Pesquisa e planejamento economico* .
- Silveira, F. G., Menezes, T. A., Magalhães, L. C. G. & Diniz, B. P. C. (2007), 'Elasticidade-renda dos produtos alimentares nas regiões metropolitanas brasileiras: uma aplicação da POF 1995/1996', *Estudos Econômicos (São Paulo)* .
- Smed, S., Jensen, J. D. & Denver, S. (2007), 'Socio-economic characteristics and the effect of taxation as a health policy instrument', *Food Policy* .
- Whitaker, R. C., Wright, J. A., Pepe, M. S., Seidel, K. D. & Dietz, W. H. (1997), 'Predicting obesity in young adulthood from childhood and parental obesity', *New England Journal of Medicine* .
- WHO (2002), Reducing risks, promoting healthy life, Technical report, The World Health Organization.
- Wooldridge, J. M. (2010), *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*, Vol. 1 of *MIT Press Books*, The MIT Press.
- Yen, S. T. & Su, S. J. B. (2000), 'A censored system of cigarette and alcohol consumption', *Applied Economics* .

Apêndice A

Tabela A.1: Alimentos pertencentes à cada categoria

1	Cereais	Arroz
		Outros cereais
		Feijão
		Outras leguminosas
		Tubérculos
		Farinhas e féculas
2	Hortaliças	Hortaliças folhosas
		Hortaliças fruto
3	Frutas	Tropicais de clima temperado
		Sucos
4	Carnes	Boi primeira
		Outros bovinos
		Suínos
		Visceras
5	Frango	Frango
		Ovos
6	Peixes	Água doce,
		Água salgada
7	Embutidos e queijo	Embutidos
		Queijos
8	Leite e iogurte	Leite integral
		Leite semidesnatado
		Leite desnatado
		Iogurte
9	Massas	Massas
		Panificados
10	Industrializados	Congelados
		Enlatados
		Conservados
		Sucos artificiais
11	Doces	Doces
		Sobremesas
12	Refrigerantes	Refrigerantes
13	Diet e light	Doces e sobremesas
		Massas e panificados
		Embutidos e queijos
		Refrigerantes
14	Outros alimentos	

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela A.2: Coeficientes estimados da aquisição calórica individual por idade e gênero e das características domiciliares

Idade	Feminino	Masculino	Idade	Feminino	Masculino	Idade	Feminino	Masculino	Idade	Feminino	Masculino
2	1045,92** (23,2072)	1071,26** (22,9125)	22	1123,75** (25,0658)	1147,5331** (25,3954)	42	1210,7968** (27,2709)	1140,6983** (28,3610)	62	1178,8420** (30,8264)	1209,5897** (34,2632)
3	1046,85** (25,1889)	1070,21** (25,2134)	23	1048,25** (25,1901)	1167,0266** (26,1685)	43	1229,5925** (28,1614)	1076,6984** (26,8345)	63	1167,0325** (33,5380)	1266,1975** (36,7252)
4	1039,99** (25,0191)	1039,02** (24,9430)	24	1112,15** (25,9019)	1190,7207** (27,0970)	44	1194,6419** (27,1470)	1185,3769** (28,9176)	64	1137,5529** (33,9187)	1207,5728** (38,4682)
5	1039,44** (25,8247)	1086,08** (24,9804)	25	1080,3046** (25,2439)	1150,0743** (26,5767)	45	1110,5881** (26,3654)	1154,1111** (29,7486)	65	1138,8438** (35,4764)	1292,7892** (38,2865)
6	1059,34** (25,5800)	1025,53** (24,6807)	26	1070,0738** (24,9492)	1195,1430** (26,7955)	46	1211,1705** (27,7880)	1176,7017** (29,2761)	66	1274,5316** (35,6731)	1229,0981** (38,6536)
7	1038,54** (25,1287)	1088,75** (24,5901)	27	1082,1288** (25,1982)	1126,0031** (26,4091)	47	1179,6616** (28,3796)	1250,7851** (29,8750)	67	1142,9771** (34,5459)	1190,1394** (39,4565)
8	1047,66** (24,5830)	1111,05** (24,5534)	28	1041,7852** (24,7664)	1091,1863** (25,9760)	48	1136,8535** (27,6301)	1210,0152** (29,5472)	68	1182,6823** (35,1998)	1110,3630** (37,3662)
9	1037,73** (24,5225)	1091,95** (24,2280)	29	1077,2309** (26,3424)	1099,7135** (25,7551)	49	1152,8497** (27,8341)	1127,5841** (29,6736)	69	1184,0172** (36,4946)	1238,6322** (39,1889)
10	1106,15** (25,2039)	1083,52** (24,8054)	30	1151,2714** (25,9070)	1145,8997** (26,5020)	50	1168,1704** (27,7309)	1222,5754** (30,4244)	70	1312,9046** (38,0673)	1234,4715** (41,0015)
11	1070,35** (24,6968)	1074,57** (24,5972)	31	1037,3553** (25,6066)	1080,4540** (26,5853)	51	1088,7485** (28,2149)	1204,0844** (32,1753)	71	1198,8424** (38,2703)	1177,9774** (43,9664)
12	1126,24** (25,0804)	1109,18** (24,5471)	32	1122,8166** (26,1407)	1179,2635** (27,4200)	52	1178,2734** (29,0488)	1267,1153** (32,4631)	72	1177,3821** (39,3054)	1301,9506** (43,4731)
13	1060,00** (24,4989)	1124,63** (24,7416)	33	1032,6635** (25,1481)	1091,8736** (27,0108)	53	1203,5117** (29,8868)	1144,0153** (30,8401)	73	1205,8863** (39,4006)	1202,6038** (43,0902)
14	1103,4658** (24,7454)	1125,4719** (24,3921)	34	1070,0220** (25,9476)	1172,7917** (27,4795)	54	1216,3813** (30,4754)	1218,7488** (31,8127)	74	1326,1374** (43,3733)	1415,4938** (48,6064)
15	1124,96** (24,7191)	1103,65** (24,5331)	35	1216,0917** (27,1932)	1149,8519** (27,4073)	55	1221,5903** (29,6126)	1200,0750** (33,2715)	75	1261,7121** (45,7070)	1144,017** (45,1443)

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: Erros-padrão entre parênteses; nível de significância: * p<0.10. ** p<0.05. *** p<0.01. ^a Variáveis em logaritmo.

Tabela A.2: Coeficientes estimados da aquisição calórica individual por idade e gênero e das características domiciliares (continuação)

Idade	Feminino	Masculino	Idade	Feminino	Masculino	Idade	Feminino	Masculino	Idade	Feminino	Masculino
16	1049,59*** (24,6525)	1106,62*** (24,8349)	36	1052,3862*** (25,6038)	1082,1519*** (26,8658)	56	1207,7431*** (31,5178)	1188,8672*** (32,0049)	76	1185,9024*** (45,5566)	1118,19*** (47,2135)
17	1071,31*** (24,9191)	1177,64*** (25,3141)	37	1084,1563*** (26,1473)	1159,2772*** (27,6536)	57	1207,2808*** (30,8533)	1262,6548*** (35,4933)	77	1275,1960*** (45,2681)	1178,31*** (53,4027)
18	1091,32*** (25,1818)	1115,06*** (25,3119)	38	1066,5927*** (24,9867)	1183,6073*** (27,4339)	58	1125,8247*** (31,5162)	1312,5137*** (34,3379)	78	1311,8935*** (47,1705)	1202,44*** (52,2290)
19	1115,86*** (25,2634)	1155,36*** (25,7647)	39	1101,9280*** (25,8635)	1081,9263*** (27,4566)	59	1269,5009*** (33,2921)	1163,4087*** (34,6709)	79	1206,9653*** (50,5245)	1382,30*** (63,5201)
20	1065,44*** (24,7077)	1132,63*** (25,2700)	40	1163,9632*** (26,4377)	1164,9794*** (27,7608)	60	1154,8743*** (30,4454)	1143,5362*** (34,5115)	80	1279,3978*** (29,8162)	1178,15*** (29,6525)
21	1115,08*** (25,3962)	1168,39*** (25,8826)	41	1092,4457*** (26,4386)	1175,2902*** (29,2651)	61	1216,8422*** (32,7976)	1192,6727*** (33,8445)			

Variáveis Demográficas						
Estudo do chefe	-0,0049*** (0,0004)	Crianças	-0,0464*** (0,0018)	Adultos	-0,0589*** (0,0016)	Urbano
Renda por AEA	0,1043*** (0,0023)	Adolescentes	-0,0492*** (0,0024)	Idosos	-0,0333*** (0,0031)	2008/2009
						-0,1565* (0,0046)
						-0,0494*** (0,0032)

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Nota: Erros-padrão entre parênteses; nível de significância: * p<0.10. ** p<0.05. *** p<0.01. ^a Variáveis em logaritmo.

Tabela A.3: Estatísticas descritivas das variáveis da estimação das equações demanda (1º e 2º estágio), 2008/2009

Variáveis	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
Renda por AE ^a	244,05	109,09	12,19	830,19
ln índice de preços	1,27	0,22	0,22	1,99
Mãe é chefe do domicílio	0,20	0,40	0	1
Estudo da mãe	4,81	3,36	0	15
Mãe obesa	0,16	0,36	0	1
Total de pessoas	5,56	2,11	2	18
Domicílio urbano	0,58	0,49	0	1
N	0,18	0,38	0	1
NE	0,57	0,49	0	1
S	0,05	0,22	0	1
CO	0,03	0,18	0	1
2008/2009	0,57	0,50	0	1
Total abaixo do peso	0,30	0,58	0	4
Total sobrepeso	0,40	0,70	0	6
Total crianças	2,81	1,41	1	10
Total adolescentes	0,54	0,85	0	7
Total idosos	0,15	0,43	0	4
Avaliação alimentar	0,89	0,31	0	1
p1	2,91	1,25	0,77	12,15
p2	3,36	1,81	0,87	18,22
p3	2,33	0,99	0,60	12,72
p4	8,12	1,75	2,75	24,95
p5	5,02	1,19	1,88	14,95
p6	7,10	2,36	2,22	24,21
p7	7,42	1,95	2,56	21,40
p8				
p9	4,95	1,41	2,11	13,52
p10	11,27	2,33	2,50	35,75
p11	3,53	2,72	0,75	26,40
p12	1,46	0,23	0,65	2,89
p13	9,83	1,76	2,51	26,80
Participação no PBF	0,57	0,49	0	1
Despesa total com alimentação	15,76	15,36	0,12	349,39

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela A.4: Teste de médias para as diferenças entre aquisição calórica por crianças beneficiárias e não beneficiárias do Programa Bolsa Família, 2008/2009

Aquisição Calórica Estimada	Tratamento	Amostra não Pareada			Amostra Pareada		
		Controle	Diferença	EP	Controle	Diferença	EP
Aquisição calórica total/dia	1177,52	1188,14	-10,62***	1,96	1183,79***	-6,27***	1,99
Aquisição calórica/semana por categorias							
Cereais, leguminosas e tubérculos	2310,31	2103,82	206,50***	29,66	2209,51***	100,80***	28,84
Hortaliças	43,72	44,70	-0,98	1,46	36,65***	7,07***	1,36
Frutas e sucos naturais	150,31	174,08	-23,77***	6,01	142,63***	7,68	5,61
Carnes bovina e suína	461,09	513,00	-51,91***	16,61	441,69***	19,40	15,75
Frango e ovos	576,57	574,00	2,57	13,74	548,68***	27,89**	13,22
Peixes	85,54	69,10	16,44***	4,85	77,40**	8,14	4,45
Embutidos e queijo	396,47	461,4331	-64,96***	12,14	410,57***	-14,09	11,49
Leite e iogurtes	382,26	415,72***	-33,46***	9,58	345,70***	36,55***	9,21
Massas e panificados	922,41	1009,16***	-86,75***	12,85	894,96***	27,45**	12,52
Alimentos prontos e industrializados	15,25	18,45***	-3,20**	1,34	16,19***	-0,94	1,27
Doces	1338,71	1171,57***	167,14***	28,25	1162,27***	176,44***	27,38
Refrigerantes	55,87	76,66***	-20,79***	3,18	55,26***	0,61	2,89
Alimentos diets e lights	0,038	0,035***	0,003	0,004	0,035***	0,003	0,004
Outros alimentos	426,28	374,70***	51,58***	9,49	380,24***	46,04***	9,29

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela A.5: Coeficientes estimados das equações de demanda para crianças pobres, 2 a 9 anos, 2008/2009

Variáveis	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10	w11	w12	w13
Constante	0,386*	-0,060*	-0,159*	0,109	0,186*	0,272*	0,235*	-0,420*	-0,065	-0,003	-0,030	-0,123*	0,255*
Dispêndio	0,030*	0,030*	0,023*	0,096*	0,003	0,016	-0,001	-0,013	-0,086*	0,009*	-0,047*	0,036*	-0,006
Dispêndio ²	-0,044*	-0,01*	0,006*	-0,031*	0,007*	0,000	-0,005*	0,031*	0,021*	-0,0028*	0,005*	-0,007*	-0,009*
lnp1	0,0044	-0,039*	-0,018*	-0,04*	-0,008	-0,049*	-0,001	0,061*	0,001	-0,006	-0,026*	0,013*	-0,060*
lnp2	-0,015*	0,022*	0,002	0,000	-0,010*	-0,009*	-0,009	0,019*	-0,001	-0,002	0,005	0,004	0,020
lnp3	0,0263*	-0,028*	-0,079*	-0,003	-0,0145*	-0,009	-0,003	0,006	-0,002	0,005*	0,001	0,007	-0,063*
lnp4	-0,022*	-0,006	-0,013	-0,182*	0,041*	0,0246*	0,010	0,093*	0,024*	-0,010	0,013	0,016*	0,010
lnp5	0,0535*	-0,048*	1E-04	0,051*	-0,032	0,0278*	-0,040*	0,026	0,055*	0,014*	-0,059*	-0,012	-0,007
lnp6	0,0393*	0,038*	-0,022*	0,092*	-0,027*	0,0104	0,026*	-0,081*	0,039*	0,004	0,017*	-0,004	0,029
lnp7	-0,014	-0,002	0,038*	0,024*	-0,0022	0,0199*	-0,083*	0,011	0,020*	-0,002	-0,051*	0,006	0,001
lnp8	0,0042	-0,018*	-0,019*	-0,016*	-0,010*	-0,013*	-0,011*	0,021*	-0,008*	-0,002	0,007*	-0,006*	0,000
lnp9	-0,038*	0,004	0,02*	-0,018	-0,011	-0,025*	-0,031*	-0,008	0,104*	-0,007	0,052*	0,001	0,015
lnp10	-0,039*	-0,022*	0,012	0,004	0,019*	-0,002	-0,010	0,002	-0,013	-0,004	-0,006	-0,001	0,063*
lnp11	-0,07*	-0,003	0,015*	0,039*	0,013*	0,0277*	0,001	0,024*	0,016*	0,001	-0,130*	0,011*	0,011
lnp12	0,0762*	0,024*	-0,049*	0,02	-0,003	0,0084	-0,040*	0,006	-0,013	0,002	-0,067*	-0,113*	0,087*
lnp13	-0,001	0,03*	0,053*	-0,018	-0,017	-0,088*	0,015*	0,025	-0,033*	0,004	0,078*	0,020*	-0,157*
lnp14	-0,018*	-0,006*	-0,007*	0,001	-0,004*	0,001	-0,004*	-0,026*	-0,012*	-0,001	-0,014*	-0,001	-0,004
PBF	-0,003	0,009*	-0,005	-0,006	-0,003	0,001	-0,019*	0,025*	-0,012*	-0,003	0,023*	0,000	-0,026*
Urbano	-0,014*	0,005	-0,017*	-0,009	-0,001	-0,006	0,027*	0,005	-0,008	0,007*	-0,034*	0,003	0,003
EM	-0,007*	0,002*	0,000	0,003*	-0,001	0,002*	0,001*	0,007*	0,002*	0,002*	0,001	0,001*	0,002
MR	0,0019	-0,003	0,009*	-0,011	0,0127*	-0,002	0,012*	0,008	0,005	-0,0048*	-0,015*	0,001	-0,003
MO	-0,001	-0,007	-0,017*	-0,022*	0,003	-0,005	-0,004	0,003	0,011*	-0,002	0,021*	0,012	0,019*
AA	-0,019*	0,011*	0,017*	0,024*	0,001	-0,013	0,000	-0,012	0,008	-0,002	0,007	0,017*	-0,001
RE	0,022*	-0,007	-0,050*	-0,002	-0,062*	-0,066*	-0,005	0,055*	-0,060*	0,009*	0,033*	-0,031*	-0,017
f.d.p,	0,423*	0,171*	0,133*	0,198*	0,035*	-0,002	0,128*	0,445*	-0,052*	0,032*	0,387*	0,077*	0,006

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Nota: * representa as relações estatisticamente significativas a 10%.

Legenda: AA (avaliação alimentar), MR (mãe é responsável), EM (estudo da mãe), MO (mãe é obesa), EC (estudo do chefe), CO (chefe é obeso), lnR (log da renda), Urb (urbano)

Tabela A.6: Efeitos marginais do estágio de decisão de compra em domicílios pobres com crianças de 2 a 9 anos, 2008/2009

Var	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	d8	d9	d10	d11	d12	d13	d14
TAP	-0,013	-0,017	-0,071*	-0,090*	-0,069	0,012	-0,049	0,056	-0,001	-0,034	-0,013	-0,002	0,010	0,018
TSP	-0,001	-0,007	-0,027*	0,016	0,035*	-0,017*	0,027*	-0,024	0,016	-0,018*	-0,028*	0,037*	0,002	-0,001
TCr	0,019*	0,004	0,011*	-0,001	0,002	0,004	0,019*	0,026*	0,007	0,006	0,015*	-0,006	-0,001	0,005
TAd	0,011*	0,017*	-0,004	0,025*	0,003	0,004	0,031*	-0,027*	-0,005	0,006	0,006	-0,005	0,002	0,009
TId	-0,008	0,016	-0,013	0,044*	0,037*	0,017	0,010	0,009	0,016	-0,006	0,001	0,007	0,001	-0,013
MR	0,001	-0,008	0,059*	0,021	0,020	-0,019	0,025	0,001	0,000	0,014	-0,027	-0,028*	-0,001	-0,014
EM	-0,001	0,003	0,007*	0,010*	0,006*	0,003	0,007*	0,005*	0,008*	0,004*	0,002	0,002	-0,001	0,002
MO	-0,001	-0,021	-0,009	0,051*	0,017	0,000	0,004	-0,013	0,000	-0,012	0,032	0,019	-0,005	0,012
EC	-0,007*	-0,004	-0,008*	0,000	-0,008*	-0,006*	0,002	0,010*	0,007*	0,002	-0,009*	0,010*	-0,001	-0,007*
CO	0,007	0,032	0,013	-0,035*	0,025	-0,009	0,029	0,014	0,023	0,030*	0,003	0,004	0,022*	-0,018
AA	0,000	0,016	0,036	0,049*	-0,002	0,015	0,027	0,043*	-0,040	-0,006	0,029	0,065*	0,014	-0,043*
ln R	-0,009	0,113*	0,127*	0,067*	-0,004	0,012	0,026	0,101*	0,029*	0,020	-0,024	0,063*	0,011	0,013
BF	0,026*	0,030*	0,020	0,008	0,022	0,004	-0,034*	0,034*	0,003	-0,001	0,040*	-0,002	0,002	0,016*
Urb	-0,008	0,029	-0,010	0,061*	0,023	-0,027*	0,076*	0,022	0,145*	0,024*	-0,050*	0,057*	-0,006	-0,046*
lnp1	-0,254*	-0,076*	-0,036	-0,024	0,026	0,015	0,076*	0,096	0,059*	0,040*	0,006	0,038*	0,006	-0,014
lnp2	-0,028*	-0,204*	-0,037*	0,029	0,007	0,016	-0,047*	0,014	0,000	0,004	0,011	0,017	-0,018*	-0,002
lnp3	-0,002	-0,103*	-0,497*	-0,033*	-0,099*	0,000	-0,021	0,004	-0,037*	-0,017	0,013	0,025*	-0,011	-0,007
lnp4	-0,072*	-0,093*	-0,071*	-0,742*	-0,037	-0,064*	-0,015	0,012	-0,018	-0,096*	-0,033	0,011	0,002	-0,072*
lnp5	-0,159*	-0,208*	-0,101*	-0,105*	-1,324*	-0,013	-0,296*	-0,115*	-0,101*	-0,081*	-0,208*	-0,110*	-0,055*	-0,111*
lnp6	0,029	0,033	-0,109*	0,062*	-0,323*	-0,497*	0,010	-0,186*	0,026	0,002	0,034	-0,064*	0,020	0,038
lnp7	-0,068*	-0,009	0,113*	0,020	-0,120	-0,007	-0,688*	-0,038	-0,142*	-0,052*	-0,137*	-0,038*	-0,020	-0,075*
lnp8	0,031*	-0,033*	-0,008	-0,026*	0,007	0,023*	0,003	-0,212*	0,000	0,013*	0,016	-0,012*	0,009*	0,028*
lnp9	0,066*	0,082*	0,060*	0,041	0,018	0,035	-0,065*	0,034	-0,356*	0,060*	0,135*	0,058*	-0,017	0,106*
lnp10	-0,030	-0,071*	-0,114*	-0,040	0,033	-0,018	-0,051	-0,039	-0,034	-0,117*	-0,023	0,014	0,009	-0,025
lnp11	-0,142*	-0,032*	0,023*	-0,011	-0,060*	-0,017	-0,057*	-0,063*	0,002	-0,027*	-0,377*	0,041*	-0,016*	-0,130*
lnp12	-0,005	0,083	-0,237*	-0,004	-0,035	0,078	-0,317*	-0,116*	-0,161*	-0,024	-0,179*	-0,394*	-0,098*	-0,032
lnp13	0,049*	0,128*	0,147*	0,149*	-0,109*	0,011	0,114*	0,054	0,077*	0,085*	0,080*	0,051*	-0,135*	0,127*
lnp14	-0,046*	-0,044*	-0,059*	-0,081*	-0,064*	-0,045*	-0,038*	-0,040*	-0,022*	0,001	-0,022*	-0,031*	0,000	-0,041*
Obs	6129	6129	6129	6129	6129	6129	6129	6129	6129	6129	6129	6129	6129	6129

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Nota: * representa as relações estatisticamente significativas a 10%.

Legenda: TAP (total abaixo do peso), TSP (total sobrepeso), TCr (total crianças), TAd (total adolescentes), TId (Total idosos), MR (mãe é responsável), EM (estudo da mãe), MO (mãe é obesa), EC (estudo do chefe), CO (chefe é obeso), AA (avaliação alimentar), ln R (log da renda), Urb (urbano)

Informações aos autores

Objetivo e Escopo

A ECONOMIA APLICADA é uma publicação trimestral do Departamento de Economia da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, com uma linha editorial voltada exclusivamente para artigos científicos em economia aplicada. Tem por foco a publicação de trabalhos de análise econômica aplicada a problemas específicos, tanto de interesse do setor público como privado, e que contenham, particularmente, estudos quantitativos, cujos resultados possam aproximar a teoria da realidade. A interação entre trabalho empírico e teoria, análise e política econômica é, portanto, um importante diferencial da revista. A revista ECONOMIA APLICADA coloca-se como um espaço aberto para toda a comunidade acadêmica, nacional e internacional.

Política Editorial

Os artigos submetidos são avaliados inicialmente pelos Editores quanto a sua adequação à linha editorial da Revista. Uma vez aceita a submissão, o artigo é encaminhado para avaliação por pareceristas designados pelos Editores, no sistema double-blind.

Apresentação de Artigos

Os artigos submetidos para avaliação devem obedecer às seguintes normas:

1. Apresentar ineditismos no país e no exterior
2. Na primeira página devem constar o título do artigo, nome dos autores com endereço para contato e afiliação institucional, resumo com até 100 palavras em português e inglês, palavras chave, em português e inglês e classificação JEL.
3. Na versão para “avaliação”, basta um arquivo no formato pdf com todas as equações, tabelas e figuras no corpo do texto, e referências no final.
4. Caso o artigo venha a ser aceito para publicação, a equipe da revista contatará os editores para as atividades de editoração. Nessa ocasião serão requeridos os seguintes arquivos:
 - Arquivo fonte no formato $\text{\LaTeX}$.
 - Arquivo de referências bibliográficas no padrão $\text{\BibTeX}$.
 - Arquivo com as figuras em formato TIFF ou EPS.
 - Planilha eletrônica com todas as tabelas.

Responsabilidade e Direitos Autorais

Os autores que submeterem ou tiverem o artigo aceito para publicação na Revista ECONOMIA APLICADA declaram:

- Ter participado da concepção do artigo para tornarem públicas suas responsabilidades pelos seus conteúdos, que não omitiram quaisquer ligações ou acordos de financiamento entre autores e companhias que possam ter interesse na publicação deste artigo.
- Que o manuscrito é inédito e que o artigo, em parte ou na íntegra, ou qualquer outro artigo com conteúdo substancialmente similar, de sua autoria, não foi enviado à outra revista e não o será enquanto sua publicação estiver sendo considerada pela revista ECONOMIA APLICADA, que seja no formato impresso ou no eletrônico, exceto o descrito em anexo.
- Que a revista ECONOMIA APLICADA passa a ter os direitos autorais para a veiculação dos artigos, tanto em formato impresso como eletrônico a eles referentes, os quais se tornarão propriedade exclusiva da ECONOMIA APLICADA. É permitida a reprodução total ou parcial dos artigos desta revista, desde que seja explicitamente citada a fonte completa.

ISSN 1980-5330



The Brazilian Journal of Applied Economics is a quarterly publication of the Departments of Economics of the FEA-RP of the University of São Paulo. The published papers are sole responsibility of the author(s). As the author(s) send a manuscript for submission to the Journal they tacitly agree that, if accepted for publication, the copyright of the material will be transferred to the ECONOMIA APLICADA (BRAZILIAN JOURNAL OF APPLIED ECONOMICS). The Journal may then publish the material in paper and electronic formats that will be exclusive property of the ECONOMIA APLICADA (BRAZILIAN JOURNAL OF APPLIED ECONOMICS). The publication of the whole papers or parts of it is permitted as long as the source is explicitly mentioned. The Brazilian Journal of Applied Economics is published with the financial support of the CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. This journal is indexed by Journal of Economic Literature, electronic on line and CD-ROM, and Revistas USP.

Secretary, Sales and Delivery: Marlene Dietrich Cover: Christof Gunkel
Linguistic revision (Portuguese and English): Iulo Feliciano Afonso (Solution Translations Eireli — Epp)
Diagramming: Caio Henrique Montoro de Lucca

Mailing Address

Revista Economia Aplicada, Departamento de Economia, FEA-RP/USP
Avenida dos Bandeirantes, 3900, Ribeirão Preto, SP.
CEP 14040-905
Telefone: (0xx16) 3315-0407
Email: revecap@usp.br
Website: <http://www.usp.br/revecap>

Editor

Eliezer Martins Diniz

Associate Editors

Eliezer Martins Diniz	Edson Zambon Monte
Lízia de Figueirêdo	Fernando Antonio de Barros Júnior
Sergio Naruhiko Sakurai	Reynaldo Fernandes

Editorial Board

Affonso Celso Pastore USP	Antônio Barros de Castro UFRJ
Cássio F. Camargo Rolim UFPR	Cláudio Monteiro Considera UFF
Clélio Campolina Diniz CEDEPLAR	Denisard C. de Oliveira Alves USP
Eleutério F. S. Prado USP	Fernando de Holanda Barbosa FGV-UFF
Francisco Anuatti Neto USP/RP	Geoffrey J. D. Hewings University of Illinois
Geraldo Sant'ana de Camargo Barros ESALQ/USP	Gustavo Maia Gomes IPEA
José Marcelino da Costa NAEA/PA	José A. Scheinkman Princeton University
Marcelo Portugal UFRGS	Maria José Willumsen Florida International University
Márcio Gomes Pinto Garcia PUC/RJ	Mário Luiz Possas UFRJ
Paulo César Coutinho UnB	Paulo Nogueira Batista Júnior FGV/SP
Pierre Perron Boston University	Pedro Cesar Dutra Fonseca UFRGS
Ricardo R. Araújo Lima UnB	Robert E. Evenson Yale University
Roberto Smith UFCE	Rodolfo Hoffmann ESALQ/USP
Rogério Studart UFRJ	Russell E. Smith Washburn University
Sérgio Werlang FGV/RJ	Tomás Málaga FGV/SP
Victor Bulmer-Thomas University of London	Wilson Suzigan Unicamp