

Tecnologia e Desempenho Escolar: Uma Avaliação de Impacto do Programa Um Computador por Aluno

Caio Cordeiro de Resende¹

Ana Carolina Zoghbi²

Resumo

Este trabalho analisa os efeitos da inserção de tecnologias de informação e comunicação (TIC) no ambiente escolar no desempenho acadêmico de estudantes. Para isso, realizamos a primeira avaliação de impacto rigorosa do Programa Um Computador por Aluno – Prouca, que forneceu um *laptop* para cada estudante, além de 120 horas de treinamento para docentes, em mais de 300 escolas brasileiras em 2010. Os resultados indicam que, embora o programa tenha impactado positivamente a razão computador por aluno e a utilização de computadores e da internet para fins pedagógicos, não há evidência de efeitos significativos no desempenho acadêmico dos estudantes em testes padronizados de matemática e português e nas taxas de abandono. Estimativas de efeitos heterogêneos mostram que a ausência de impacto do Prouca é independente do desempenho acadêmico prévio à implementação do programa. Esses resultados mostram-se coerentes com a literatura recente de avaliação de impacto de programas 1:1 em países em desenvolvimento.

Palavras-chave: Educação; Tecnologia; Desempenho Escolar; Avaliação de Impacto.

JEL: I21, I28

Technology and Student Achievement: An Impact Evaluation of the One Laptop Per Child Program in Brazil

Abstract

This paper investigates the effects of information and communication technologies (ICT) in the school environment on student achievement. To this end, we conducted the first rigorous impact evaluation of the One Laptop Per Child – OLPC Brazilian program, which provided a laptop for each student, in addition to 120 hours of training for teachers, in more than 300 schools in 2010. Our results indicate that the program has had a significant impact on the computer-to-student ratio and the use of computers and internet for teaching purposes. Nevertheless, no evidence is found of effects on dropout rates and students' academic performance in Math and Language standardized tests. Estimates of heterogeneous effects also indicate that these results are independent of the previous academic performance. These findings are consistent with recent literature on the effects of 1:1 programs in developing countries.

Key words: Education; Technology; Student Achievement; Impact Evaluation

JEL: I21, I28

¹ Mestre em Economia pela Universidade de Brasília (2012) e doutorando em Economia pela mesma Universidade. Atualmente, é Consultor Legislativo de Políticas Microeconômicas no Senado Federal. Contato do autor: caioocr@gmail.com

² Professora no Departamento de Economia da Universidade de Brasília. Possui mestrado em Economia Aplicada pela Universidade de São Paulo (2006) e doutorado Administração Pública e Governo EAESP-FGV (2011). Contato da autora: acpzoghbi@yahoo.com

1. Introdução

Nos últimos anos, vem ganhando grande relevância o debate acerca da utilização de tecnologias da informação e comunicação (TICs) no ambiente escolar como forma de aumentar a produtividade da educação. Os computadores e a internet já podem ser considerados importantes componentes da educação moderna. A título de exemplo, todas as salas de aulas de escolas públicas dos Estados Unidos possuem, atualmente, computadores com acesso à internet (U.S. Department of Education, 2013). O mesmo ocorre na Europa, onde a maioria dos países também possui altos índices de acesso a computadores e internet nas escolas (European Commission, 2013). Países da América Latina e do Caribe, embora não tenham alcançado patamares semelhantes ao de países desenvolvidos, têm se esforçado nesse sentido: segundo a UNESCO (2012), 31 países da região tinham políticas de inserção das TICs no ambiente escolar em 2012.

O grande entusiasmo com o qual atores políticos e gestores públicos encaram a inserção de TICs no ambiente escolar não parece encontrar, contudo, respaldo na literatura sobre o tema. Como destacam Bulman & Fairlie (2016), em recente revisão da literatura, a evidência de estudos empiricamente rigorosos sobre a utilização da tecnologia na educação é mista, com uma predominância de resultados nulos, principalmente em países em desenvolvimento.

Este trabalho pretende contribuir para esta literatura, por meio da realização da primeira avaliação de impacto rigorosa do Programa Um Computador por Aluno – Prouca. O Prouca se insere na categoria de políticas 1:1, caracterizadas pela distribuição de um *laptop* para cada estudante e professor da escola. Em 2010, o programa distribuiu cerca de 150 mil *laptops* a 367 escolas públicas brasileiras. Além disso, o programa forneceu cerca de 120 horas de treinamento para os professores das escolas beneficiárias. Chama a atenção o fato de que não se tenha conduzido, até o presente momento, nenhum estudo rigoroso sobre o impacto do Prouca no desempenho acadêmico dos estudantes. Ainda que não sejam poucos os estudos realizados com o intuito de analisar o programa, todos os trabalhos revisados apoiam-se em metodologias qualitativas, em grande medida baseados em estudos de caso e questionários. Trata-se do que Penuel (2006) consideraria “estudos de implementação” e não de resultados. Assim, nenhum dos trabalhos produzidos permite uma interpretação causal dos impactos do programa³.

Avaliamos o impacto do Prouca no desempenho acadêmico dos estudantes em português e matemática (medido por meio dos exames do Sistema de Avaliação da Educação Básica - SAEB), nas taxas de abandono e na utilização do computador e da internet por docentes para fins pedagógicos. Em linha com a literatura sobre o tema, a avaliação mostrou que o programa, embora tenha impactado positivamente no número de computadores nas escolas tratadas e na utilização do computador e da internet para fins pedagógicos pelos docentes, não apresentou impacto significativo no desempenho acadêmico dos estudantes e nas taxas de abandono. Trata-se de resultado consistente com diversas outras avaliações de impacto de programas 1:1 em outros países, como veremos a seguir.

O restante deste artigo está organizado em 5 seções. Inicialmente, na seção 2, revisaremos brevemente a literatura acerca da utilização de TICs no ambiente escolar, com foco em avaliações de impacto empíricas. Na seção 3, apresentaremos as principais características do Programa Um Computador por Aluno e de sua implementação. A seção 4 discutirá a estratégia empírica e os modelos econômétricos utilizados. Na seção 5, apresentaremos as bases de dados, analisaremos os principais resultados e exploraremos possíveis efeitos heterogêneos. Finalmente, a seção 6 traz a conclusão deste artigo.

2. Revisão da Literatura

A utilização da tecnologia pelas escolas pode ocorrer de diversas maneiras. Para melhorar compreender o resultado dessas iniciativas, convém classificarmos as políticas de “informatização” das escolas em dois tipos : i) investimento em TICs (*hardwares*), tal como a compra de computadores e a instalação de conexão para acesso à internet; ii) investimentos em *softwares* específicos para o ensino auxiliado pelo computador – *computer aided instruction* – CAI (Bulman & Fairlie, 2016).

³ Para revisões de literatura sobre artigos, dissertações e teses produzidas sobre o Prouca, vide Santos (2014), Gomes (2015) e Andriola et al. (2017).

Intervenções baseadas em *hardware*, em sua maioria, não apresentam impacto positivo no aprendizado. Angrist & Lavy (2002), em uma das primeiras avaliações rigorosas de impacto sobre o tema, analisaram um programa israelense que forneceu computadores e treinamentos para professores em escolas de ensino fundamental e médio. Empregando técnicas distintas de estimação, os autores encontram um impacto negativo e marginalmente significante nas notas de matemática para alunos da 4^a série e insignificante para as demais séries e disciplinas. Em linha com Angrist & Lavy (2002), Leuven et al. (2007) avaliaram, por meio de uma regressão com descontinuidade, política holandesa que forneceu financiamento para aquisição de computadores em escolas com mais de 70% de estudantes em condições de desvantagem. Também nesse caso, os autores encontraram efeitos negativos, mas insignificantes no desempenho em testes escolares. Em ambos os casos, os autores conjecturam que esse efeito pode advir do fato de o ensino por computadores ser menos efetivo do que o ensino tradicional.

Programas do tipo 1:1, que se baseiam na distribuição de *laptops* e *tablets* para professores e alunos são exemplos de intervenções baseadas em *hardware*. Nos últimos dez anos, observou-se um crescimento significativo de programas do tipo em todo mundo, particularmente em países em desenvolvimento. Este crescimento foi, certamente, influenciado pela iniciativa Um Computador por Criança (*One Laptop per Child - OLPC*), lançada em 2005. Após poucos anos, o projeto logrou alcance mundial, incluindo diversos países na América Latina, África, Ásia e América do Sul. Países como o Peru (580 mil *laptops*), Uruguai (420 mil) e Ruanda (110 mil) são somente alguns exemplos de adoção de larga escala do projeto (Hansen et al., 2012). Em 2011, mais de 2 milhões de *laptops* OLPC já haviam sido distribuídos em mais de 40 países⁴. Infelizmente, contudo, a implementação dessas iniciativas não foi precedida de estudos empíricos que comprovassem a eficácia da estratégia (Nugroho & Lonsdale, 2010). Avaliações de impacto de programas 1:1 mostram evidências inconclusivas, com uma prevalência de resultados nulos, principalmente em países em desenvolvimento.

Cristia et al (2012), por exemplo, avaliaram a implantação do OLPC em 319 escolas primárias rurais no Peru. Os autores lançaram mão de um experimento aleatório e os resultados indicam que, apesar de o programa ter aumentado a razão de computador por aluno de 0,12 para 1,18 nas escolas de tratamento, essa expansão não teve qualquer efeito no número de matrículas e no desempenho acadêmico em testes de Linguagem e de Matemática⁵. Avaliações de impacto de programas de distribuição de *laptops* na Colômbia, no Uruguai, na Argentina e em Honduras chegaram a conclusões semelhantes (Linden & Barrera-Osorio, 2009; De Melo et al., 2014b; Alderete & Formichella, 2017; Bando et al., 2017).

Trabalhos realizados em países asiáticos e africanos igualmente, em sua maioria, não encontraram impacto de programas 1:1 no desempenho acadêmico dos estudantes. Mo et al. (2013) avaliaram o impacto de uma intervenção inspirada no OLCP em 13 escolas de migrantes em Pequim. Os autores encontraram efeitos positivos em matemática (somente significativo a 10%) e nenhum efeito em leitura. Sharma, Sharma & Uttam (2014), em avaliação de um programa implementado em 26 escolas do Nepal, e Hansen et al. (2012), em avaliação da implementação da iniciativa OLPC na Etiópia, tampouco encontraram evidência significativa de impacto dos programas no desempenho acadêmico dos estudante em linguagem em matemática.

Isso não significa, contudo, que não haja na literatura exemplos de impactos positivos de programas de inserção de *laptops* em escolas. Alguns estudos encontraram efeitos positivos e significativos desses programas no “engajamento dos estudantes”, em habilidades relacionadas à tecnologia, no desempenho acadêmico em linguagem e em matemática⁶.

Políticas que se baseiam em *softwares* específicos para o ensino auxiliado pelo computador (*computer aided instruction - CAI*), por outro lado, têm apresentado evidências mais consistentes de impactos positivos. Esses programas, em geral, baseiam-se em metodologias de ensino que permite o acompanhamento e a progressão individualizados como forma de se lidar com as diferenças entre os estudantes.

⁴Para mais exemplos, vide <http://one.laptop.org/about/contries>.

⁵Os autores encontraram impacto positivo somente em “testes cognitivos”.

⁶ Para engajamento nos estudantes e habilidades relacionadas à tecnologia, vide, Trimmel & Bachmann (2004) e Kozma et al. (2004). Para impacto no desempenho acadêmico, vide Machin, McNally, & Silva (2006) e Suhr et al. (2010).

Um dos estudos mais conhecidos do impacto de uma intervenção baseada em CAI foi conduzido por Banerjee et al. (2007), que avaliaram um programa indiano no qual instrutores auxiliavam estudantes na utilização de softwares educacionais durante duas horas por semana (sendo uma delas fora do horário tradicional da escola). Os autores encontraram um efeito positivo e estatisticamente significante nas notas de matemática a curto prazo. O impacto, contudo, desapareceu ao longo dos anos. Em linha com esses resultados, Muralidharan et al. (2016) avaliaram, com base em um experimento aleatório, um programa de CAI chamado *Mindspark* implementado em estudante da 6^a a 9^a série em Nova Deli, Índia. Os autores encontraram um impacto positivo e significativo tanto em português quanto em linguagem. Os efeitos foram consistentes mesmo considerando os diferentes níveis de desempenho inicial dos estudantes, mas os ganhos relativos foram maiores para alunos com pior desempenho acadêmico inicial.

A compreensão sobre como a inserção da tecnologia nas salas de aula afeta o ensino e o aprendizado é de fundamental importância. Como vimos, diversos países vêm investindo somas significativas de recursos em programas que visam ampliar o acesso a computadores e a internet em sala de aula. Não encontramos evidências sólidas, contudo, de que as TICs sejam, por si só, insumos importantes na função de produção da educação. Pelo contrário, a evidência existente, principalmente no tocante a programas focados em *hardware*, é que essas intervenções tenham impacto nulo no desempenho acadêmico dos estudantes.

O Prouca é um exemplo típico de programa baseado em *hardware*. Nesse caso, como veremos, muita atenção foi dada à disponibilização de *laptops* para os estudantes, enquanto a forma de inserção desses aparelhos no dia-a-dia escolar foi relegada a um segundo plano (ainda que não tenha sido de todo desconsiderada). Não surpreende, portanto, que o investimento de quase R\$ 100 milhões realizado no programa não tenha tido qualquer impacto no desempenho acadêmico dos estudantes.

3. O Programa Um Computador por Aluno – Prouca

O Prouca foi implementado em 2010 e abrangeu mais de 350 escolas, em todos os estados da federação⁷. No total, foram distribuídos aproximadamente 150 mil *laptops* (cerca de 400 *laptops* por escola). Em média, foram contempladas 10 escolas por estado (exceto no caso de estado com municípios no Programa UCA-Total⁸). A seleção das escolas participantes foi feita pelas Secretarias de Educação (estadual ou municipal), com base em alguns critérios: número de professores e alunos; estrutura da escola; localização; e adesão e anuência do corpo docente (BRASIL, 2013). Como se nota no Gráfico 1, o programa foi bem distribuído entre as diversas regiões e estados do país.

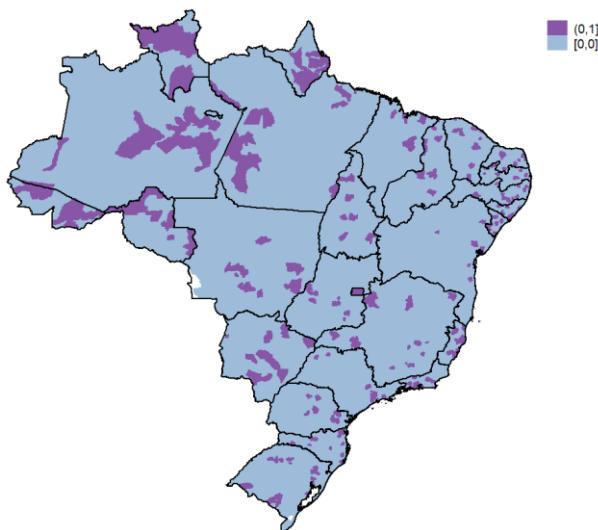
O programa não se limitou à distribuição dos *laptops*, mas também previu um processo de capacitação de recursos humanos (professores e alunos-monitores) e de acompanhamento e avaliação do programa. Nesse sentido, a intervenção realizada no âmbito do Prouca inclui tanto a distribuição dos *laptops* quanto um treinamento de 150-180 horas para os docentes das escolas contempladas pelo programa, que teve início juntamente com a distribuição de computadores, em meados de 2010.

Uma característica fundamental de programas 1:1 diz respeito à possibilidade de os estudantes levarem os *laptops* para casa. Nesse aspecto, apesar de a orientação oficial dar a entender a possibilidade de utilização do laptop em “ambientes dentro e fora da escola (SEED/MEC, 2007), a implementação do programa pode ser considerada bastante heterogênea, cabendo a cada escola e/ou secretaria de educação essa definição. Em avaliação qualitativa da implantação do Prouca em seis escolas no Pará, Costa (2013) cita que apenas uma das seis escolas permitia que o *laptop* fosse levado para casa. Santos (2014), ao avaliar a implementação em escolas de Goiânia, descreve cenário semelhante, assim como Lavinas & Veiga (2013) ao avaliar a implementação do Programa Uca Total.

⁷ O programa foi precedido por um piloto, que teve início em 2007, e contemplou cinco escolas nas seguintes cidades: Piraí (RJ), Porto Alegre (RS), Palmas (TO), Brasília (DF) e São Paulo (SP).

⁸ O Programa teve, ainda, uma versão intitulada UCA-Total , em que todas as escolas de seis municípios foram selecionadas para o Prouca: Barra dos Coqueiros (SE), Caetés (PE), Santa Cecília do Pavão (PR), São João da Ponta (PA), Terrenos (MS) e Tiradentes (MG) . Fora essa característica, esse experimento em nada difere do Prouca.

Gráfico 1 – Distribuição Nacional do Programa Um Computador por Aluno



Fonte: Elaboração própria com base em dados fornecidos pela Secretaria de Educação Básica do MEC.

Finalmente, é importante destacar que parece ter havido uma espécie de “descontinuidade silente” do Programa. Embora não haja manifestação oficial do Governo Federal a respeito, não parece existir mais qualquer forma de auxílio - financeiro, técnico ou de qualquer outra forma - para escolas do programa. É simbólico dessa descontinuidade o fato de o portal do programa ter sido retirado do ar em 2015, sem qualquer tipo de comunicado oficial⁹. Segundo Schneider (2012), o site do programa não vinha sendo atualizado desde dezembro de 2010, o que indica que o relativo “abandono” do programa pelo Governo Federal pode ter ocorrido muito antes de 2015, logo após a distribuição dos *laptops*.

4. Estratégia Empírica

Um dos maiores desafios de uma avaliação de impacto bem-sucedida é, justamente, o estabelecimento de um contrafactual robusto, ou seja, de uma base de comparação que demonstre o que teria acontecido com os participantes do programa caso o tratamento não tivesse ocorrido. Na maior parte dos programas na área de educação, a distribuição do tratamento não é aleatória, o que dificulta sua avaliação. Esse é justamente o caso do Prouca. Nesse sentido, a simples comparação entre escolas que implementaram o programa e escolas que não o implementaram tende a gerar uma estimativa enviesada do impacto do programa (viés de autosseleção). Essa é a razão pela qual lançaremos mão de técnicas de avaliação não-experimentais para estimar o impacto do Prouca. Especificamente, utilizaremos o método de pareamento por escore de propensão com diferenças em diferenças.

4.1. Métodos de Pareamento – *Propensity Score Matching* (PSM)

Na ausência de aleatorização, uma das formas mais comuns de se tentar eliminar o viés de seleção é construindo um grupo controle que seja bastante parecido com o grupo de tratamento. Para isso, selecionamos um conjunto de características observáveis e, a partir dessas características, tentamos encontrar para cada unidade tratada uma unidade não-tratada que apresente exatamente as mesmas características. Esses métodos são conhecidos como pareamento (*matching*). Note que quanto maior o número de variáveis de controle - principalmente se forem contínuas e/ou multidimensionais -, maior será a dificuldade em se encontrar uma escola no grupo de controle que possua as mesmas características de uma escola do grupo de tratamento. Essa dificuldade, contudo, foi contornada por meio do método de “pareamento por escore de propensão” (PSM) (Rosenbaum & Rubin, 1983)¹⁰.

⁹ Vide o site: <http://www.uca.gov.br>. Tentativa de acesso realizada entre os meses de março e junho de 2017.

¹⁰ Para uma apresentação formal e completa do método, vide Rosenbaum & Rubin (1983) e Becker & Ichino (2002).

Em termos simples, para implementação do método, calculamos, inicialmente, a probabilidade de uma escola receber o tratamento com base em características observáveis (que serão detalhadas na seção seguinte) por meio de um modelo *probit*. O escore de propensão é, então, definido por Rosenbaum & Rubin (1983) como a probabilidade condicional de se receber o tratamento, dada a existência de determinadas características pré-tratamento:

$$p(X) \equiv \Pr(D = 1|X) = E(D|X) \quad (3)$$

Em seguida, dividimos o grupo de escolas em dois grupos (tratamento e controle) e para cada escola no grupo tratamento buscaremos uma ou mais escolas no grupo controle com um escore de propensão bastante próximo. Em outras palavras, paremos cada escola tratada com uma ou mais escolas no grupo de controle que apresentem características bastante similares.

São duas as hipóteses de identificação, ou seja, as premissas que garantem que por meio da adoção do método o viés será eliminado. Conjuntamente, essas hipóteses são conhecidas na literatura como “ignorabilidade forte”¹¹. Atendidas as hipóteses, podemos adotar como contrafactual do grupo de tratamento os resultados observados do grupo de controle pareado (ou seja, os resultados do conjunto de escolas não tratadas que possuem escore de propensão próximos ao das escolas do grupo de tratamento).

Como $p(x)$ é uma variável contínua, quando utilizamos um grande número de controles, a probabilidade de encontrarmos duas observações com dois escores de propensão idênticos é, no limite, zero. Nesse contexto, existem vários métodos para superar esse problema e realizar o pareamento, dentre os quais se destacam: pareamento pelo vizinho mais próximo (*nearest-neighbor matching*), pelos 5 vizinhos mais próximos (*nearest 5-neighbor matching*), por raio (*radius matching*) e *kernel* (*kernel matching*). De forma a aumentar a robustez dos resultados, nesse trabalho apresentaremos as estimativas por dois métodos: vizinho mais próximo e *kernel* – que são os dois mais utilizados pela literatura ¹².

4.1.1. Escolha das Variáveis - o Vtor de Características X

A estratégia de *matching* está fortemente amparada na hipótese de independência condicional. Em outras palavras, as variáveis de interesse devem ser independentes do tratamento condicional no escore de propensão. A escolha das variáveis de controle (X) deve, portanto, satisfazer essa condição. Somente variáveis que influenciam simultaneamente a decisão de participar e as variáveis de interesse devem ser incluídas. Utilizaremos cinco grupos de variáveis como controles do pareamento, a saber: variáveis relativas a características acadêmicas da escola (ex. Ideb¹³, taxa de aprovação, etc.), características físicas da escola (ex. existência de internet, biblioteca, laboratório de ciências, número de alunos, número de computadores, número de funcionários, etc.), participação em outros programas do MEC (ex. programa mais educação, programa de banda larga na escola, etc.), características do prefeito (alinhamento com o governo federal, estadual, se tem nível superior, etc.) e características do município (ex. PIB *per capita*, população, etc.)¹⁴. As variáveis de controle foram observadas no ano imediatamente anterior ao tratamento (2009).

4.2. Diferenças-em-Diferenças (DD)

A ideia fundamental do método de diferenças-em-diferenças é comparar amostras de tratados e não tratados antes e depois da intervenção. Sabemos que a simples comparação entre o desempenho acadêmico antes e depois de cada escola tratada pelo Prouca não permite a inferência quanto ao impacto causal, uma vez que outros fatores podem ter influenciado o desempenho nesse período (variável omitida).

¹¹ Para uma descrição detalhada dessas hipóteses, vide Rosenbaum & Rubin (1983).

¹² Becker e Ichino (2002) destacam que a escolha por cada um dos métodos envolve um trade-off entre qualidade e quantidade de pareamentos. Nenhum deles pode ser apontado a priori como um método superior. Os autores aconselham considerá-los conjuntamente na análise, de forma a avaliar a robustez das estimativas. Trata-se da abordagem que adotaremos neste trabalho. Por outro lado, Caliendo & Kopeinig (2008) destacam a menor variância obtida por meio do método *kernel*, apontando-o como um método mais vantajoso.

¹³ O Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb) foi criado pelo Inep em 2007 e é resultado da combinação de dois outros indicadores: i) pontuação média dos estudantes em exames padronizados ao final de cada etapa do ensino fundamental (5º e 9º anos); e ii) taxa de aprovação dos estudantes em cada etapa de ensino.

¹⁴ A descrição detalhada de todas as variáveis utilizadas estão disponíveis mediante consulta aos autores.

Além disso, não podemos simplesmente comparar o desempenho pós-tratamento de alunos em escolas que aderiram ao Prouca e escolas que não aderiram, por conta do viés de autosseleção. Contudo, podemos combinar essas duas técnicas: comparar os resultados antes e depois de um grupo que se inscreveu e de um grupo que não se inscreveu no programa.

Assim, pelo método DD¹⁵, construímos o contrafactual assumindo que o viés de seleção não varia com o tempo. Nesse caso, as mudanças na variável de interesse dos não-participantes no tratamento revelam as mudanças na variável de interesse dos participantes caso não houvesse tratamento. Em outras palavras, a variação do resultado no grupo de controle revela a variação contrafactual:

$$E(Y_1^T - Y_0^T | T_1 = 0) = E(Y_1^C - Y_0^C | T_1 = 0) \quad (11)$$

Note que no período 0 nenhum grupo foi tratado. Assim, $T_{0i}=0$ e $Y_{0i} = Y_{0i}^C$ para todo i . Assim, o estimador de DD, que mensura os efeitos do tratamento nos tratados no período 1, será dado por:

$$DD = E(Y_1^T - Y_0^T | T_1 = 1) - E(Y_1^C - Y_0^C | T_1 = 0) = E(I_1 | T_1 = 1) \quad (13)$$

É importante notar que o método não exige que os dois grupos (tratamento e controle) sejam iguais – ou seja, os grupos não precisam ter as mesmas condições no momento pré-intervenção. É possível que o grupo de tratamento e de controle tenham não só características, como um desempenho de partida inferior/superior ao grupo de controle. A única exigência é que essas diferenças permaneçam constantes ao longo do tempo (na ausência do tratamento), ou seja, que se verifique a mesma tendência temporal, de forma a que as diferenças possam ser “controladas” ou “diferenciadas” (hipótese das tendências paralelas).

A combinação do PSM com o DD gera uma estratégia mais robusta do que a utilização em separado de cada um desses métodos. O PSM possui uma limitação relevante: não é capaz de lidar com diferenças em características não observáveis. A técnica de diferença-em-diferença, por sua vez, não é capaz de controlar para mudanças nas características que afetem de forma desigual os grupos de tratamento e de controle. Uma combinação dos dois métodos permite, assim, um desenho de avaliação superior: é capaz de lidar com características não observáveis que são constantes ao longo do tempo, ao mesmo tempo em que diminui as chances de existência de fatores que afetam desigualmente os dois grupos, ao criar, por meio do pareamento, um grupo de controle com características semelhantes ao grupo de tratamento. Em outras palavras, o método de PSM com DD é capaz de lidar, simultaneamente, com o viés de seleção nas características observáveis e não observáveis fixas no tempo, relaxando a hipótese de seleção em observáveis do PSM¹⁶.

5. Resultados

5.1. Bases de Dados

Para construção das estimativas desse trabalho, lançamos mão de duas bases de dados principais: Prova Brasil¹⁷ e o Censo Escolar. Utilizamos os dados da Prova Brasil para mensuração de quatro variáveis de interesse: desempenho acadêmico dos alunos do 5º e 9º anos em Português e Matemática e percentual de professores que utilizam o computador e a internet para fins pedagógicos. Os dados foram analisados para o período entre 2007 e 2015. Medimos, ainda, os resultados do Prouca por meio de outras duas variáveis: o Ideb, as taxas de abandono. Os dados foram obtidos diretamente no site do Inep. Analisamos, ademais, os dados do Censo Escolar entre 2007 e 2016 para construção das nossas principais variáveis de controle e para avaliação da evolução do número de computadores das escolas.

¹⁵ Para a apresentação formal do método e sua aplicação, vide Card & Krueger (1994).

¹⁶ Como destacam Hirano, Imbens, & Ridder (2003), o uso conjunto do DD com o PSM possibilita a estimativa por meio de uma regressão ponderada pelo escore de propensão de cada observação. A ponderação busca corrigir distorções do modelo DD, produzindo um estimador eficiente.

¹⁷ A Prova Brasil consiste em uma avaliação censitária da rede pública realizada pelo Inep. As provas são aplicadas para estudantes do 5º e do 9º ano do Ensino Fundamental a cada dois anos

Adicionalmente, utilizamos dados obtidos junto à Secretaria de Educação Básica do Ministério da Educação. Essa base de dados é focada em escolas participantes do Prouca em 2010 e traz informações relativas a: i) escolas que participaram do programa; e ii) número de *laptops* entregues por escola¹⁸. Finalmente, lançamos mão de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE para os dados de PIB *per capita* municipal, população do município e para informações a respeito do prefeito, e do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD para os dados relativos ao Índice de Desenvolvimento Humano Municipal.

5.2. Análise dos Resultados

5.2.1. Estatísticas Descritivas e Balanceamento do Escore de Propensão

Conforme dados obtidos junto ao Ministério da Educação, 367 escolas receberam computadores do Prouca em 2010. Desses, 346 foram identificadas no Censo Escolar 2009. Excluímos da amostra as escolas que não possuíam alunos matriculados nos anos iniciais do Ensino Fundamental regular e escolas que não possuíam dados relativos ao SAEB nos anos analisados. Dessa forma, nossa base de dados principal para os anos iniciais é composta por 26.180 escolas no grupo de controle e 149 escolas no grupo tratamento. Para os anos finais, foi adotado procedimento semelhante, o que resultou em um grupo de controle formado por 21.744 escolas e um grupo tratamento constituído por 95 escolas.

As estatísticas descritivas, antes e após o pareamento, para o grupo de escolas dos anos iniciais¹⁹ podem ser consultadas na Tabela A.1 do Apêndice. Como se nota, há diferenças significativas nas médias e nas distribuições de diversas variáveis entre o grupo controle e o grupo tratamento antes da implementação do Prouca, o que indica que as escolas dos dois grupos são diferentes entre si e demonstra as vantagens de se proceder o pareamento. Após o pareamento, não se verifica mais diferença significativa entre as escolas do grupo tratamento e do grupo controle pareado em nenhuma das variáveis analisadas. Logo, o pareamento foi realizado com êxito. O mesmo ocorreu para os anos finais²⁰.

Um indício importante do sucesso do pareamento pode ser obtido pela comparação entre as tendências pré-tratamento dos grupos tratamento e controle, que pode ser observada para as principais variáveis nos Gráficos 8 a 13. Como se nota, tanto para os anos iniciais quanto para os anos finais, os dois grupos de escola seguiram trajetórias não apenas paralelas, mas virtualmente iguais no período pré-Prouca. Esses Gráficos serão analisados com maior detalhe nas seções seguintes.

5.2.2. Impacto no número de computadores e de computadores por aluno

Inicialmente, avaliamos o impacto do Prouca no número de computadores por escola e por aluno medidos a partir dos dados do Censo Escolar²¹. A Tabela 1 traz os resultados dessas estimativas.

As variáveis na forma “D.2009_(ano)” referem-se às diferenças na evolução da variável de interesse entre 2009 (pré-tratamento) e o ano de referência para os dois grupos de escolas (tratadas e controles pareadas) – ou seja, é o estimador DD após o pareamento. Adotaremos esta notação ao longo de todo o trabalho.

A Tabela 1 reporta, assim, os resultados do impacto do Prouca no número de computadores e no número de computadores por aluno de 2010 a 2016 utilizando três métodos: diferenças-em-diferenças (DD) sem pareamento, diferenças-em-diferenças com pareamento *kernel* (PSM + DD – *kernel*) e com pareamento pelo método do vizinho mais próximo – *nearest neighbour* (PSM + DD – NN).

¹⁸ Além disso, obtivemos junto a Secretaria bases relativas a participação de escolas em quatro outros programas do Ministério: Programa Nacional de Tecnologia Educacional (ProInfo), Programa Nacional de Banda Larga (PNBL), Programa Governo Eletrônico - Serviço de Atendimento ao Cidadão (Gesac) e Programa Mais Educação (PME). As quatro bases foram utilizadas para mensuração de variáveis de controle (se as escolas participaram ou participavam desses programas antes do Prouca).

¹⁹ Os anos iniciais correspondem ao período entre o 1º e o 5º ano. A avaliação dos anos iniciais é feita por meio da aplicação da Prova Brasil aos alunos do 5º ano das escolas. Os anos finais correspondem ao período entre o 6º e o 9º ano. A avaliação dos anos iniciais é feita por meio da aplicação da Prova Brasil aos alunos do 9º ano das escolas.

²⁰ As estatísticas descritivas e de pareamento para os anos finais estão disponíveis mediante consulta aos autores.

²¹ A cada ano, as escolas devem preencher o questionário do Censo referente ao ano anterior. Uma das perguntas a serem respondidas é relativa a “quantidade de computadores na escola”.

Como se nota, os resultados do programa aparecem já em 2010, com uma diferença de crescimento de 22 -24 computadores por escola em relação a 2009 nos anos iniciais e de 35-45 nos anos finais. Já a partir de 2011, essa diferença torna-se ainda mais significativa, de 161-165 computadores nos anos iniciais e de 97-111 computadores nos anos finais. Os resultados indicam, assim, que os computadores foram realmente inseridos na rotina escolar da maioria das escolas somente a partir de 2011.

Chama a atenção o fato de que, a partir de 2014, essa diferença começar a cair significativamente, ao ponto de, em 2015, para os anos finais, e em 2016, para os anos iniciais, não se verificar qualquer diferença significativa entre o número de computadores por escola no grupo tratado e no grupo controle. Essa evolução fica mais explícita quando analisamos os Gráficos 4 e 5. Como se nota, após um período de dois anos (2011 e 2012) nos quais a diferença no número de computadores atinge seu auge, observa-se uma forte redução. Os dados indicam, assim, a rápida inutilização (seja por furto ou roubo, seja por problemas técnicos) dos computadores Prouca – que tem início após 2 anos de utilização.

Os dados relativos ao número de computadores por aluno apresentam quadro semelhante. Nesse caso, chama a atenção o fato de a razão computador por aluno reportada no Censo Escolar não ter ultrapassado, em nenhum momento, 0,39 (anos iniciais) e 0,29 (anos finais). Uma análise da base de dados mostra que mais de 50% das escolas tratadas não reportaram aumento expressivo na quantidade de computadores na escola no Censo Escolar em nenhum dos anos entre 2010 e 2016. Uma hipótese é que esses computadores, apesar de enviados pelo MEC, nunca tenham chegado nas escolas ou nunca tenham sido, de fato, utilizados. Uma explicação alternativa – que julgamos mais provável²² – é que os *laptops* Prouca não fossem compreendidos por aqueles que preenchem o Censo Escolar como “computadores da Escola”, seja pelo fato de estarem vinculados aos alunos seja por uma visão mais tradicional do que seria um computador (*desktop*).

5.2.3. Impacto na utilização de computadores e internet para fins pedagógicos

Avaliamos, em seguida, o impacto do Prouca no percentual do corpo docente da escola que declarou utilizar computador e internet para fins pedagógicos. Os dados foram retirados do questionário da Prova Brasil. Em virtude de falhas no preenchimento do questionário, para essa variável nossos grupos de tratamento são menores: 116 para os anos iniciais e 73 para os anos finais. O número de escolas no grupo controle também diminui, mas permanece bastante expressivo (21.221 escolas nos anos iniciais e 17.659 nos anos finais).

Como se nota na Tabela 2, o programa teve impacto positivo e estatisticamente significativo nos anos imediatamente posteriores a sua implementação para os anos iniciais. De 2009 para 2011, verificamos um aumento de 19-22 pontos percentuais no total de professores que declararam utilizar o computador para fins pedagógicos. Movimento semelhante ocorre com a utilização da internet. Nesse caso, verificou-se um aumento de 16-18 pontos percentuais.

Nos dois casos, contudo, há indícios de que esse impacto foi de curto prazo, tendo sido revertido nos anos seguintes. Já em 2015, não se verifica qualquer diferença estatisticamente significante no uso do computador e da internet para fins pedagógicos entre escolas tratadas e escolas do grupo de controle.

Já para os anos finais, o quadro é ligeiramente distinto. De 2009 a 2011, verificamos uma diferença de evolução de 11-14 pontos percentuais entre escolas tratadas e controle nos professores que declararam utilizar o computador para fins pedagógicos. Esse efeito foi também de curto prazo: já em 2013 não se verifica qualquer diferença na evolução entre os dois grupos de escolas. No caso da internet, não se verificou qualquer impacto significativo no curto prazo em nenhuma das estimativas. Em 2015, observou-se um impacto negativo do programa nas estimativas sem pareamento e com pareamento *kernel*, mas não significativo na estimativa por vizinho mais próximo.

Os efeitos do programa na utilização pelos docentes de computadores e da internet para fins pedagógicos podem ser observados, ainda, nos Gráficos 6 e 7.

²² A razão de julgarmos mais provável é que, em nenhum dos estudos de caso do Prouca analisados, encontramos exemplos em que as escolas não tenham recebido os *laptops* previstos.

Tabela 1 – Estimativas de Impacto do Prouca no número de computadores por escola e por aluno – Anos Iniciais

Variável	Anos Iniciais			Anos Iniciais			Anos Finais			Anos Finais		
	Computadores por Escola			Computador por Aluno			Computadores por Escola			Computador por Aluno		
	DD (sem pareamento)	PSM + DD (kernel)	PSM + DD (NN)	DD (sem pareamento)	PSM + DD (kernel)	PSM + DD (NN)	DD (sem pareamento)	PSM + DD (kernel)	PSM + DD (NN)	DD (sem pareamento)	PSM + DD (kernel)	PSM + DD (NN)
D.2009_2010	25.37*	22.05**	24.16*	0.05*	0.04**	0.05*	39.83*	34.99**	45.77**	0.05*	0.05**	0.06**
	(1.48)	(9.08)	(9.71)	(0)	(0.02)	(0.02)	(2.15)	(18.82)	(19.93)	(0)	(0.02)	(0.02)
D.2009_2011	164.36*	161.46*	165.1*	0.35*	0.34*	0.35*	104.78*	97.1*	110.52*	0.19*	0.18*	0.2*
	(2.02)	(18.89)	(18.95)	(0)	(0.04)	(0.04)	(2.43)	(23.85)	(24.57)	(0)	(0.04)	(0.04)
D.2009_2012	163.35*	160.79*	164.18*	0.33*	0.33*	0.34*	128.84*	122*	135.4*	0.23*	0.23*	0.24*
	(2.3)	(18.67)	(18.73)	(0)	(0.04)	(0.04)	(2.93)	(25)	(25.49)	(0)	(0.04)	(0.04)
D.2009_2013	119.36*	122.95*	119.88*	0.25*	0.25*	0.25*	73.6*	76.05*	79.6*	0.14*	0.14*	0.14*
	(2.7)	(17.54)	(17.85)	(0.01)	(0.04)	(0.04)	(2.53)	(22.17)	(23.1)	(0)	(0.04)	(0.04)
D.2009_2014	51.53*	55.4*	54.93*	0.11*	0.12*	0.12*	12.73*	19.68	19.57	0.03*	0.04	0.04
	(1.77)	(12.74)	(13.14)	(0)	(0.03)	(0.03)	(1.99)	(10.51)	(12.6)	(0)	(0.02)	(0.02)
D.2009_2015	9.76*	13.17**	12.7**	0.02*	0.03**	0.03	-0.93	5.76	4.97	0.01**	0.02	0.02
	(2.3)	(6.15)	(6.89)	(0)	(0.01)	(0.02)	(3.05)	(6.3)	(9.44)	(0.05)	(0.02)	(0.02)
D.2009_2016	1.30	5.23	2.47	0.00	0.01	0.01	-5.8**	0.80	1.17	0.00	0.01	0.00
	(1.87)	(4.14)	(5.33)	(0)	(0.01)	(0.01)	(2.45)	(4.21)	(8.32)	(0)	(0.01)	(0.02)
Total de Observações	26.329	26.329	26.329	26.329	26.329	26.329	21.839	21.839	21.839	21.839	21.839	21.839

* Significativo a 1%. ** Significativo a 5%.

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados pesquisados.

Gráfico 4 – Número de Computadores por Escola (Anos Iniciais)

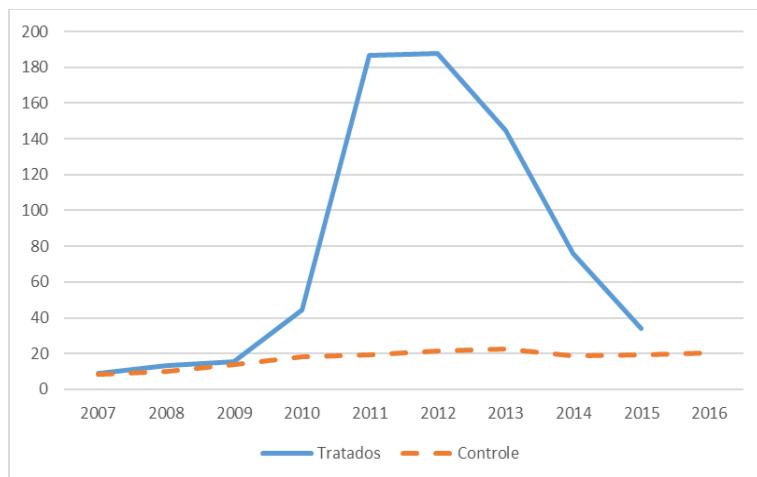


Gráfico 6 – Uso do Computador para fins pedagógicos (Anos Iniciais)

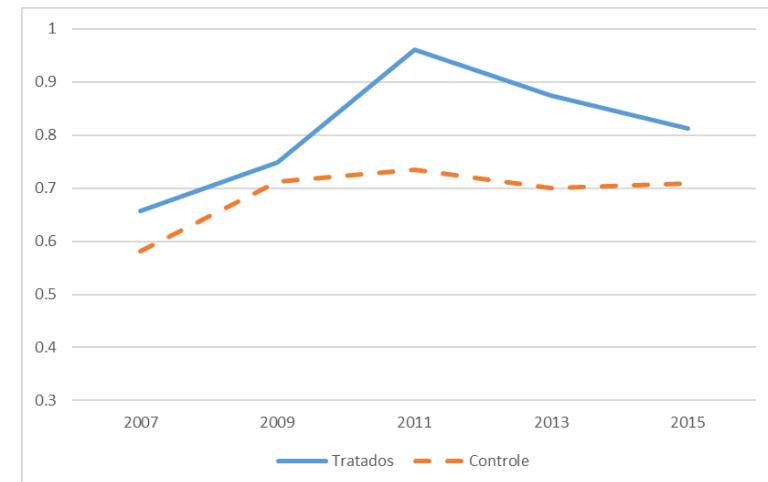


Gráfico 5 – Número de Computadores por Aluno (Anos Iniciais)

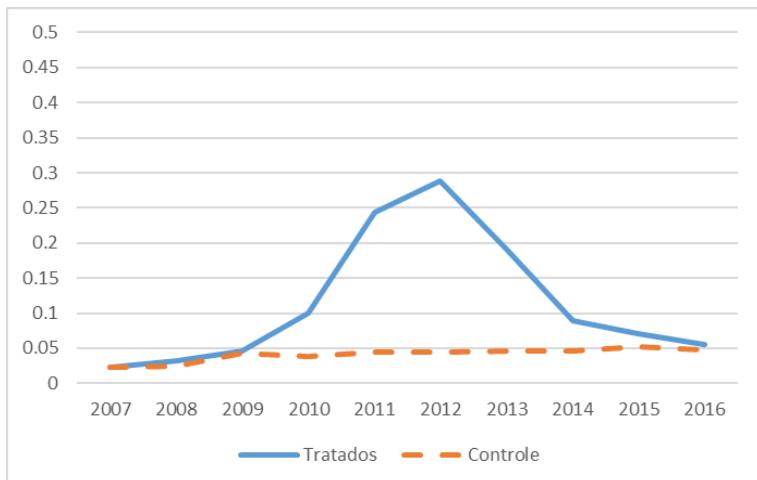


Gráfico 7 – Uso do Computador para fins pedagógicos (Anos Iniciais)

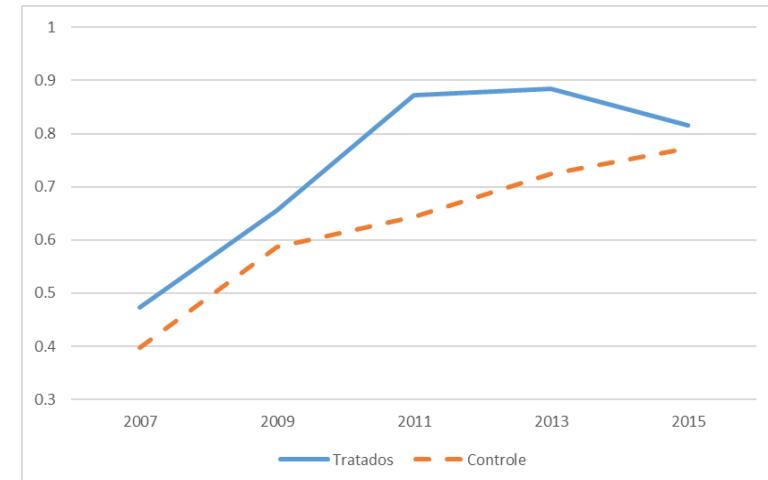


Tabela 2 – Estimativas de Impacto do Prouca no uso de computadores e internet para fins pedagógicos – Anos Iniciais

Variável	Anos Iniciais					
	Usa Computador			Usa Internet		
	DD (sem pareamento)	PSM + DD (kernel)	PSM + DD (NN)	DD (sem pareamento)	PSM + DD (kernel)	PSM + DD (NN)
D.2009_2011	0.19* (0.04)	0.19* (0.04)	0.22* (0.06)	0.16* (0.05)	0.16* (0.04)	0.18* (0.06)
D.2009_2013	0.14* (0.05)	0.14* (0.04)	0.10 (0.06)	0.09 (0.05)	0.09** (0.04)	0.06 (0.06)
D.2009_2015	0.07 (0.05)	0.07 (0.04)	0.10 (0.06)	-0.03 (0.05)	-0.03 (0.05)	-0.04 (0.07)
Total de Observações:	21.337	21.337	21.337	21.337	21.337	21.337
Anos Finais						
Variável	Usa Computador			Usa Internet		
	DD (sem pareamento)	PSM + DD (kernel)	PSM + DD (NN)	DD (sem pareamento)	PSM + DD (kernel)	PSM + DD (NN)
D.2009_2011	0.11** (0.05)	0.11* (0.04)	0.14** (0.07)	0.05 (0.05)	0.05 (0.05)	0.08 (0.07)
D.2009_2013	-0.05 (0.05)	-0.05 (0.05)	-0.01 (0.08)	-0.02 (0.05)	-0.02 (0.05)	0.03 (0.07)
D.2009_2015	-0.06 (0.05)	-0.06 (0.05)	-0.02 (0.08)	-0.14* (0.05)	-0.13* (0.05)	-0.05 (0.08)
Total de Observações:	17.732	17.732	17.732	17.732	17.732	17.732

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados pesquisados.

* Significativo a 1%. ** Significativo a 5%.

5.2.4. Impacto no desempenho acadêmico dos estudantes e nas taxas de abandono

Nesta seção, iremos analisar o impacto do Prouca no desempenho acadêmico dos estudantes, medido por meio das provas de matemática e português do SAEB. Avaliaremos, ainda, o impacto no Ideb das escolas e nas taxas de abandono. Como vimos na seção 2, a literatura sobre o impacto dos programas 1:1 no desempenho acadêmico dos estudantes pode ser considerada mista, com uma prevalência de efeitos nulos, principalmente em países em desenvolvimento. Esse é justamente o caso do Prouca.

A Tabela 3 traz as estimativas de impacto do Prouca no desempenho acadêmico dos estudantes. No tocante ao desempenho nas provas de português, não foi constatada qualquer evidência de impacto do programa nos anos iniciais. Já nos anos finais, a estimação por meio de diferenças-em-diferenças sem pareamento encontrou evidências de impacto negativo do Prouca em 2011 e 2013, a nível de significância de 5%. Em 2013, também a estimação por kernel encontrou evidências de impacto negativo. Contudo, essas diferenças não se mostraram relevantes na estimativa com o pareamento realizado pelo vizinho mais próximo, que consideramos mais robusta. Assim, nossas estimativas indicam que o programa teve impacto nulo nas notas de português nos anos iniciais e nos anos finais. No caso do desempenho em matemática, não encontramos evidência de impacto significativo do Programa nem nos anos iniciais nem nos anos finais em nenhuma das especificações analisadas, tanto a curto quanto a médio e longo prazo.

Quando avaliamos o impacto no Ideb da escola, o quadro é, naturalmente, parecido. O Prouca não apresentou qualquer impacto nos anos iniciais, em nenhuma das estimativas. Já nos anos finais, encontramos evidência de um pequeno impacto negativo em 2013 a 5% na estimação sem pareamento. Contudo, as estimativas mais robustas, com pareamento, apontam para a ausência de impacto significativo do tratamento.

Como se nota, o cenário é bastante negativo para o programa. O Prouca não impactou, de forma significativa, o desempenho acadêmico dos estudantes em português e em matemática, assim como não teve qualquer efeito no Ideb das escolas contempladas com *laptops* do Programa. A ausência de impacto do programa pode ser observada com clareza nos Gráficos 8 a 13, que apresenta a evolução das variáveis de interesse para o grupo tratamento e para as escolas pareadas do grupo controle entre 2007 e 2015. Pela análise gráfica, fica evidente que o programa não alterou as trajetórias do grupo tratado em nenhuma das variáveis relativas ao desempenho acadêmico e em nenhum dos anos avaliados.

Uma hipótese levantada por alguns estudos (Trimmel & Bachmann (2004); Kozma et al (2004) é que a inserção da tecnologia no ambiente escolar aumentaria a “motivação/emprego” dos alunos. Avaliamos essa assertiva analisando o impacto do Prouca nas taxas de abandono da escola. A hipótese é que a introdução dos *laptops* no ambiente escolar aumentaria a motivação dos alunos e, consequentemente, diminuiria o abandono. Contudo, essa hipótese não é corroborada pelas estimativas. Como se nota nas últimas colunas da Tabela 3, o programa não impactou as taxas de abandono em nenhum dos anos e em nenhuma das especificações avaliadas, tanto nos anos iniciais quanto nos anos finais.

Os resultados estimados nesta seção são, portanto, coerentes com diversos outros artigos revisados na seção 2, tais como Cristia et al. (2012) e De Melo et al. (2014b), no sentido de demonstrar a ausência de impacto significativo de programas de larga escala 1:1 no desempenho acadêmico de estudantes em países em desenvolvimento.

5.3. Hipóteses Paralelas e Teste de Igualdade de Médias antes do Tratamento

De forma a verificar a robustez dos resultados estimados, realizamos um teste de igualdade de médias entre as escolas tratadas e as escolas pareadas do grupo controle antes do tratamento. Nossa objetivo foi assegurar que antes do Prouca as variáveis de interesse de ambos os grupos seguiram as mesmas trajetórias. Este teste mostrou que, tanto para os anos iniciais quanto para os anos finais, as escolas do grupo tratamento e as escolas pareadas do grupo controle pareado seguiram trajetórias não apenas paralelas, mas estatisticamente iguais entre 2007 e 2009, tanto para o grupo tratamento como para o grupo controle, o que sugere uma estimativa sem viés dos impactos do Prouca. Deve-se notar que a hipótese das trajetórias paralelas não exige a ausência de diferença significativa entre as variáveis de interesse antes do tratamento, mas, simplesmente, como o próprio nome permite inferir, que elas sigam trajetórias paralelas. O teste de igualdade de médias pode ser considerado, assim, uma exigência adicional, que contribui para assegurar a robustez dos resultados estimados.

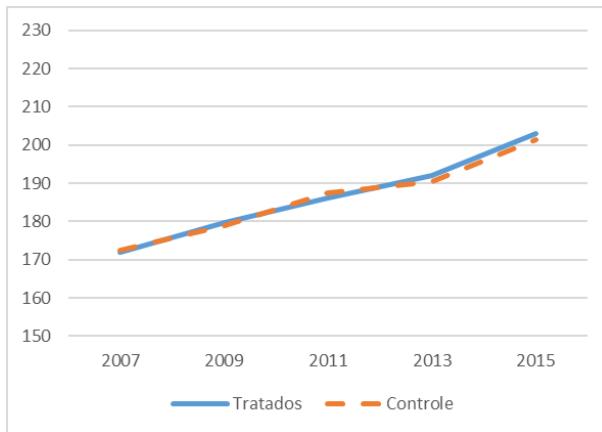
Tabela 3 – Estimativas de Impacto do Prouca no desempenho acadêmico e no abandono – Anos Iniciais e Finais

Variável	Anos Iniciais											
	Português			Matemática			IDEB			Abandono		
	DD (sem pareamento)	PSM + DD (<i>kernel</i>)	PSM + DD (NN)	DD (sem pareamento)	PSM + DD (<i>kernel</i>)	PSM + DD (NN)	DD (sem pareamento)	PSM + DD (<i>kernel</i>)	PSM + DD (NN)	DD (sem pareamento)	PSM + DD (<i>kernel</i>)	PSM + DD (NN)
D.2009_2011	0.19 (1.1)	0.31 (1.2)	-0.07 (1.67)	-0.24 (1.29)	-0.22 (1.34)	-1.05 (1.92)	0.03 (0.05)	0.07 (0.06)	-0.02 (0.07)	-0.14 (0.2)	-0.15 (0.22)	-0.06 (0.3)
D.2009_2013	1.45 (1.3)	1.50 (1.44)	0.60 (1.89)	1.53 (1.49)	1.58 (1.69)	0.05 (2.29)	0.07 (0.05)	0.07 (0.06)	-0.02 (0.08)	-0.14 (0.21)	-0.15 (0.22)	-0.01 (0.33)
D.2009_2015	0.74 (1.34)	0.99 (1.32)	1.33 (2.04)	0.33 (1.53)	0.44 (1.53)	-0.39 (2.38)	0.04 (0.06)	0.04 (0.06)	0.00 (0.09)	-0.16 (0.23)	-0.18 (0.23)	-0.14 (0.36)
Total de Observações:	26.329	26.329	26.329	26.329	26.329	26.329	26.329	26.329	26.329	26.329	26.329	26.329
Anos Finais												
Variável	Português			Matemática			IDEB			Abandono		
	DD (sem pareamento)	PSM + DD (<i>kernel</i>)	PSM + DD (NN)	DD (sem pareamento)	PSM + DD (<i>kernel</i>)	PSM + DD (NN)	DD (sem pareamento)	PSM + DD (<i>kernel</i>)	PSM + DD (NN)	DD (sem pareamento)	PSM + DD (<i>kernel</i>)	PSM + DD (NN)
	-3.09** (1.44)	-2.94 (1.66)	-0.49 (2.23)	-2.56 (1.39)	-2.67 (1.72)	-0.36 (2.1)	-0.07 (0.06)	-0.06 (0.07)	0.02 (0.09)	-0.75 (0.45)	-0.73 (0.5)	-0.73 (0.62)
D.2009_2013	-3.81** (1.62)	-3.48** (1.61)	1.16 (2.47)	-2.58 (1.57)	-2.26 (1.73)	1.42 (2.48)	-0.14** (0.07)	-0.12 (0.07)	-0.07 (0.11)	-0.63 (0.5)	-0.64 (0.6)	-0.07 (0.76)
D.2009_2015	-2.95 (1.76)	-2.20 (1.73)	-1.59 (2.49)	-1.16 (1.64)	-0.64 (1.75)	0.34 (2.47)	-0.09 (0.07)	-0.07 (0.08)	-0.07 (0.11)	-0.19 (0.52)	-0.22 (0.59)	0.23 (0.75)
Total de Observações:	21.839	21.839	21.839	21.839	21.839	21.839	21.839	21.839	21.839	21.839	21.839	21.839

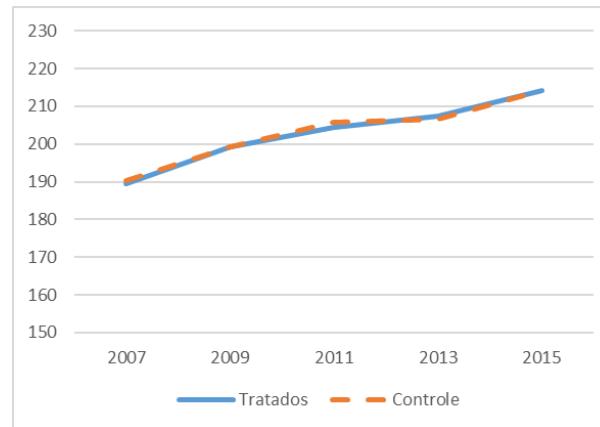
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados pesquisados.

* Significativo a 1%. ** Significativo a 5%.

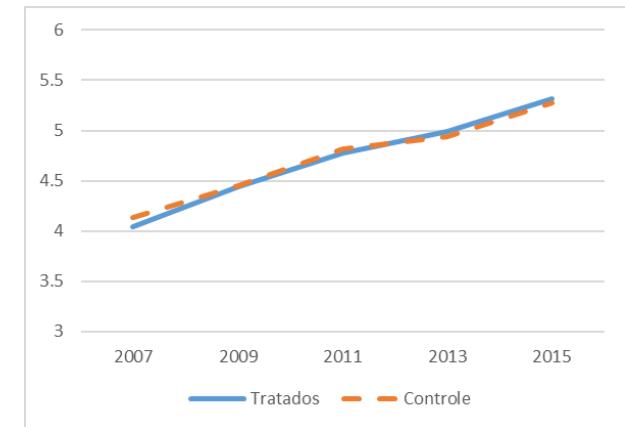
**Gráfico 8 – Nota de Português
(Anos Iniciais)**



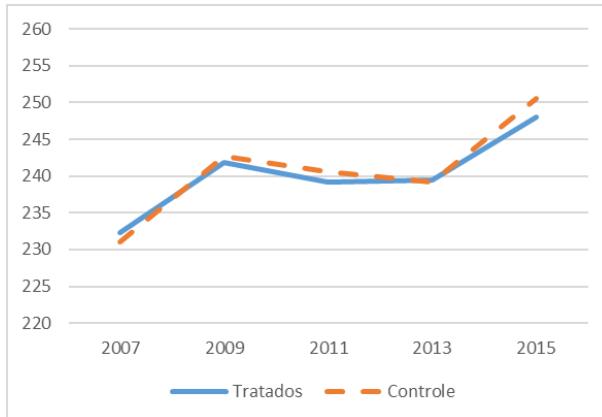
**Gráfico 10 – Nota de Matemática
(Anos Iniciais)**



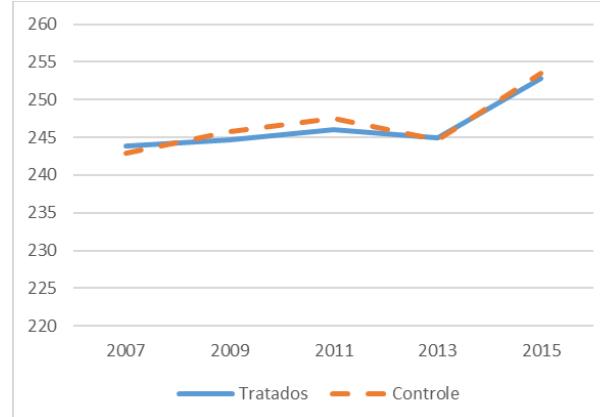
**Gráfico 12 – IDEB
(Anos Iniciais)**



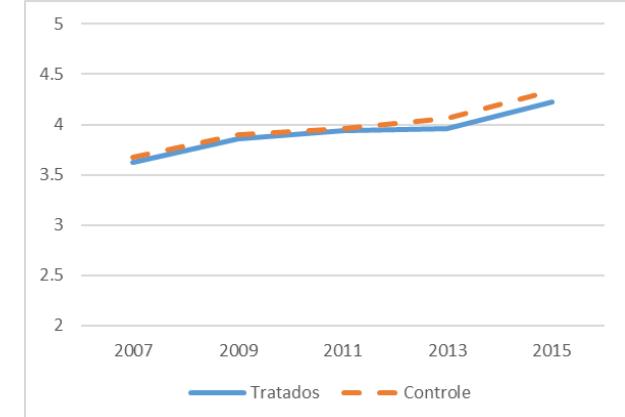
**Gráfico 9 – Nota de Português
(Anos Finais)**



**Gráfico 11 – Nota de Matemática
(Anos Finais)**



**Gráfico 13 – IDEB
(Anos Finais)**



Essa conclusão é corroborada pela análise dos Gráficos 8 a 13, nos quais a trajetória das escolas pareadas, no período pré-tratamento (2007 a 2009), apresentam-se completamente sobrepostas para os anos iniciais e muito próximas - a ponto de as diferenças serem estatisticamente insignificantes - para os anos finais. A análise da evolução das variáveis de interesse antes do tratamento corrobora, assim, a qualidade do pareamento e, consequentemente, contribui para a robustez dos resultados estimados.

5.4. Resultados Heterogêneos e Testes de Robustez

Foram realizadas, ainda, estimativas de efeitos heterogêneos do Prouca conforme o desempenho acadêmico anterior da escola (alto ou baixo Ideb) e segundo as características do município (baixo ou alto PIB *per capita*). Em síntese, o quadro geral de avaliação do Programa não se altera com análise de heterogeneidade. A ausência de impacto do Prouca independe do desempenho acadêmico anterior, bem como do PIB *per capita* dos municípios das escolas contempladas

Realizamos, ainda, diversos outros testes de robustez: i) avaliamos o programa mantendo no grupo de controle somente escolas de municípios em que pelo menos uma escola recebeu o Prouca; ii) retiramos do grupo de tratamento os municípios do Uca-Total; iii) retiramos da amostra as escolas localizadas em capitais dos estados; iv) retiramos da amostra as escolas localizadas em áreas rurais; v) utilizamos como grupo de controle as escolas que receberam o Proinfo, mas não receberam Prouca; vi) avaliamos o impacto somente em escolas que tinham sido contempladas, até 2009, com o programa banda larga na escola; e vii) mantivemos no grupo tratamento apenas escolas que reportaram aumento no número de computadores no Censo Escolar. Em alguns poucos casos, foram constatados impactos negativos e significativos do Prouca. Em nenhum dos casos, foi constatado impacto significativo e positivo²³.

6. Conclusão

Neste trabalho, realizamos a primeira avaliação de impacto rigorosa do Programa Um Computador por Aluno. Como vimos, o Prouca foi implementado em 2010, quando 367 escolas receberam cerca de 150 mil *laptops*. Somente na aquisição dos *laptops*, o Governo Federal investiu quase R\$ 100 milhões. Além disso, foi investida considerável soma de recursos, financeiros e humanos, dos diversos níveis de governo envolvidos, de Universidades parcerias e das próprias escolas.

Os resultados mostraram que o programa teve impacto positivo e significativo no número de computadores por aluno nas escolas tratadas. Chama a atenção, contudo, o fato de a razão computador-aluno das escolas tratadas ter decrescido rapidamente nos anos seguintes à implementação do Programa, ao ponto de quatro (cinco) anos depois, não haver qualquer diferença entre a razão computador-aluno entre as escolas tradadas e as escolas pareadas do grupo controle para os anos finais (anos iniciais) do Ensino Fundamental. O estudo mostra, assim, que houve uma rápida inutilização de computadores do programa.

O Prouca apresentou, ainda, impacto positivo e significativo no uso de computadores e da internet pelos professores como instrumento de apoio pedagógico. Esse impacto, contudo, mostrou-se de curto prazo: já em 2015, não se verifica qualquer diferença entre a utilização dessas ferramentas por professores das escolas que receberam o programa em comparação com professores de escolas que não o receberam.

As estimativas de resultado do Prouca nas taxas de abandono, no desempenho dos alunos em português e matemática e no Ideb das escolas mostram um cenário desolador para o programa. Em síntese, o programa não impactou de forma significativa nenhuma dessas variáveis em nenhum dos cinco anos seguintes a sua implementação.

Os resultados estimados no âmbito deste trabalho reforçam as conclusões da literatura acerca da inserção de TICs no ambiente escolar. Como vimos na seção 2, diversas intervenções de larga escala foram realizadas nos últimos anos focadas na compra e distribuição de *laptops* para escolas públicas de países em desenvolvimento. Avaliações de impacto desses programas no desempenho acadêmico dos estudantes deixam claro o surgimento de um padrão de resultados nulos, do qual, agora, o Prouca passa a fazer parte.

É importante ressaltar que os resultados aqui estimados não, necessariamente, refletem uma crítica geral ao uso da tecnologia nas escolas. Não temos dúvidas que a introdução de novas tecnologias no ambiente escolar pode contribuir para a qualidade da educação no país e, consequentemente, para o

²³ Os resultados dessas estimativas estão disponíveis mediante consulta aos autores.

desempenho acadêmico dos estudantes. Contudo, evidências apresentadas neste trabalho são elucidativas no sentido de que, da forma como essa introdução foi realizada no âmbito do Prouca, a tecnologia não é capaz de contribuir, de forma significativa, para a melhora da qualidade da educação brasileira.

Referências Bibliográficas

- Alderete, M. V., & Formichella, M. M. (2017). The effect of ICTs on academic achievement: The conectar igualdad programme in Argentina. *CEPAL Review*, 2016(119), 83–100. <https://doi.org/10.18356/f23c6662-en>
- Andriola, W. B., Gomes, C. A. S., Andriola, W. B., & Gomes, C. A. S. (2017). Programa Um Computador Por Aluno (PROUCA): uma análise bibliométrica. *Educar Em Revista*, (63), 267–288. <https://doi.org/10.1590/0104-4060.48230>
- Angrist, J., & Lavy, V. (2002). New Evidence on Classroom Computers and Pupil Learning*. *The Economic Journal*, 112(482), 735–765. <https://doi.org/10.1111/1468-0297.00068>
- Bando, R., Gallego, F., Gertler, P., & Fonseca, D. R. (2017). Books or Laptops? The Effect of Shifting from Printed to Digital Delivery of Educational Content on Learning. *Economics of Education Review*. <https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2017.07.005>
- Banerjee, A. V., Cole, S., Duflo, E., & Linden, L. (2007). Remedyng Education: Evidence from Two Randomized Experiments in India. *The Quarterly Journal of Economics*, 122(3), 1235–1264. <https://doi.org/10.1162/qjec.122.3.1235>
- Becker, S., & Ichino, A. (2002). Estimation of average treatment effects based on propensity scores. *The Stata Journal*, 2(4), 358–377. <https://doi.org/The Stata Journal>
- BRASIL. (2013). *Programa Um Computador por Aluno: critérios de seleção das escolas*. Brasília.
- Bulman, G., & Fairlie, R. (2016). *Technology and Education: Computers, Software, and the Internet*. Cambridge, MA. <https://doi.org/10.3386/w22237>
- Card, D., & Krueger, A. (1994). Minimum Wages and Employment: A Case Study of the Fast- Food Industry in New Jersey and Pennsylvania. *The American Economic Review*, 84, 772–793.
- Costa, K. S. D. da. (2013). *Análise da Implantação do Programa Um Computador por Aluno no Estado do Pará*. Universidade Federal do Pará.
- Cristia, J. P., Ibarrarán, P., Cueto, S., Santiago, A., & Severín, E. (2012). Technology and Child Development: Evidence from the One Laptop Per Child Program. Retrieved from <http://repec.iza.org/dp6401.pdf>
- De Melo, G., Machado, A., & Miranda, A. (2014). The Impact of a One Laptop per Child Program on Learning: Evidence from Uruguay. *IZA Discussion Papers*. Retrieved from <https://ideas.repec.org/p/iza/izadps/dp8489.html>
- European Commission. (2013). *Survey of Schools: ICT in Education - Benchmarking Access, Use and Attitudes to Technology in Europe's Schools*.
- Gomes, C. A. S. (2015). Avaliação do Programa Um computador por Aluno (PROUCA) sob a ótica do modelo CIPP. Retrieved from <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/13197>
- Hansen, N., Koudenburg, N., Hiersemann, R., Tellegen, P. J., Kocsev, M., & Postmes, T. (2012). Laptop usage affects abstract reasoning of children in the developing world. *Computers & Education*, 59(3), 989–1000. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.04.013>
- Kozma, R., McGhee, R., Quellmalz, E., & Zalles, D. (2004). Closing the digital divide: evaluation of the World Links program. *International Journal of Educational Development*, 24(4), 361–381.

- <https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2003.11.014>
- Lavinas, L., & Veiga, A. (2013). Desafios do modelo brasileiro de inclusão digital pela escola. *Cadernos de Pesquisa*, 43(149), 542–569. <https://doi.org/10.1590/S0100-15742013000200009>
- Leuven, E., Lindahl, M., Oosterbeek, H., & Webbink, D. (2007). The Effect of Extra Funding for Disadvantaged Pupils on Achievement. *Review of Economics and Statistics*, 89(4), 721–736. <https://doi.org/10.1162/rest.89.4.721>
- Linden, L. L., & Barrera-Osorio, F. (2009). The use and misuse of computers in education : evidence from a randomized experiment in Colombia. Retrieved from <http://documents.worldbank.org/curated/en/346301468022433230/The-use-and-misuse-of-computers-in-education-evidence-from-a-randomized-experiment-in-Colombia>
- Machin, S., McNally, S., & Silva, O. (2006). New Technology in Schools: Is There a Payoff? *CEE Discussion Papers*. Retrieved from <https://ideas.repec.org/p/cep/ceedps/0055.html>
- Mo, D., Swinnen, J., Zhang, L., Yi, H., Qu, Q., Boswell, M., & Rozelle, S. (2013). Can One-to-One Computing Narrow the Digital Divide and the Educational Gap in China? The Case of Beijing Migrant Schools. *World Development*, 46, 14–29. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2012.12.019>
- Muralidharan, K., Singh, A., & Ganimian, A. (2016). *Disrupting Education? Experimental Evidence on Technology-Aided Instruction in India*. Cambridge, MA. <https://doi.org/10.3386/w22923>
- Nugroho, D., & Lonsdale, M. (2010). Evaluation of OLPC programs globally: a literature review. *Australian Council for Educational Research*. Retrieved from http://wiki.laptop.org/images/a/a5/OLPC_Lit_Review_v4_Aug2010.pdf
- Penuel, W. R. (2006). Implementation and Effects Of One-to-One Computing Initiatives. *Journal of Research on Technology in Education*, 38(3), 329–348. <https://doi.org/10.1080/15391523.2006.10782463>
- Rosenbaum, P. R., & Rubin, D. B. (1983). The Central Role of the Propensity Score in Observational Studies for Causal Effects. *Biometrika*, 70(1), 41. <https://doi.org/10.2307/2335942>
- Santos, S. P. dos. (2014). *O programa um computador por aluno na visão dos jovens das escolas públicas de Goiânia*. Universidade Federal de Goiás. Retrieved from <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/3586>
- Schneider, F. C. (2012). *Cidade Um Computador por Aluno - UCA Total Uma totalidade inclusiva em discussão*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- SEED/MEC. (2007). *UCA - Princípios Orientadores para o uso pedagógico do laptop escolar*.
- Sharma, U., Sharma, & Uttam. (2014). Can Computers Increase Human Capital in Developing Countries? An Evaluation of Nepal's One Laptop per Child Program. Retrieved from <http://econpapers.repec.org/paper/agsaea14/169846.htm>
- Suhr, K. A., Hernandez, D. A., Grimes, D., & Warschauer, M. (2010). Laptops and fourth-grade literacy: assisting the jump over the fourth-grade slump. *Journal of Technology, Learning, and Assessment*, 9.
- Trimmel, M., & Bachmann, J. (2004). Cognitive, social, motivational and health aspects of students in laptop classrooms. *Journal of Computer Assisted Learning*, 20(2), 151–158. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2004.00076.x>
- U.S. Department of Education. (2013). *Digest of Education Statistics 2012 (NCES 2014-015)*.
- UNESCO. (2012). *ICT in Education in Latin America and the Caribbean. A Regional Analysis of ECT Integration and E-Readiness*. Retrieved from <http://www.uis.unesco.org/Communication/Documents/ict-regional-survey-lac-2012-en.pdf>

Apêndice

Tabela A.1: Estatísticas Descritivas e Balanceamento do PSM (método do vizinho mais próximo) – Anos Iniciais

Variável	Matching	Média			p>t
		Escolas Tratadas	Escolas Controle		
Prova Brasil					
Nota_5F_Port	Antes	179.65	182.32		0.12
	Depois	179.65	181.24		0.48
Nota_5F_Mat	Antes	199.33	202.66		0.10
	Depois	199.33	200.78		0.58
Ideb_Anos_Iniciais	Antes	4.44	4.59		0.09
	Depois	4.44	4.48		0.72
Abandono_Anos_Iniciais	Antes	1.85	1.91		0.82
	Depois	1.85	2.10		0.51
Aprovação_Anos_Iniciais	Antes	88.03	88.68		0.38
	Depois	88.03	87.82		0.84
TDI_Anos_Iniciais	Antes	19.47	18.27		0.24
	Depois	19.47	19.82		0.80
Censo Escolar 2009					
id_dependencia_adm	Antes	0.30	0.24		0.13
	Depois	0.30	0.32		0.71
id_internet	Antes	0.76	0.74		0.53
	Depois	0.76	0.70		0.30
id_banda_larga	Antes	0.55	0.58		0.46
	Depois	0.55	0.53		0.73
id_biblioteca	Antes	0.66	0.57		0.03
	Depois	0.66	0.68		0.62
id_quadra_esportes	Antes	0.51	0.55		0.29
	Depois	0.51	0.56		0.42
num_salas_existentes	Antes	10.18	11.05		0.06
	Depois	10.18	10.17		0.98
num_computadores	Antes	15.75	10.82		0.00
	Depois	15.75	13.68		0.58
computador_por_aluno	Antes	0.03	0.02		0.00
	Depois	0.03	0.03		0.72
id_laboratorio_ciencias	Antes	0.09	0.10		0.62
	Depois	0.09	0.10		0.69
id_laboratorio_informatica	Antes	0.66	0.58		0.04
	Depois	0.66	0.63		0.63
id_sala_diretoria	Antes	0.89	0.93		0.07
	Depois	0.89	0.93		0.32
id_sala_professor	Antes	0.90	0.84		0.06

	Depois	0.90	0.90	1.00
id_equip_impressora	Antes	0.93	0.93	0.88
	Depois	0.93	0.95	0.63
num_funcionarios	Antes	47.21	48.10	0.69
	Depois	47.21	46.95	0.92
numero_de_alunos	Antes	469.87	576.66	0.00
	Depois	469.87	476.93	0.82
Participantes_5F	Antes	51.40	69.70	0.00
	Depois	51.40	49.67	0.57
tem_ef_finais	Antes	0.68	0.53	0.00
	Depois	0.68	0.74	0.31
tem_em	Antes	0.05	0.09	0.11
	Depois	0.05	0.03	0.24
tem_ed_infantil	Antes	0.42	0.39	0.51
	Depois	0.42	0.42	0.91

Dados_MEC

proinfo	Antes	0.72	0.68	0.27
	Depois	0.72	0.71	0.90
gesac	Antes	0.09	0.04	0.00
	Depois	0.09	0.06	0.38
pnbl	Antes	0.83	0.79	0.18
	Depois	0.83	0.87	0.42
pme	Antes	0.09	0.10	0.71
	Depois	0.09	0.12	0.46

IBGE_Prefeitos

partido_pt_2009	Antes	0.15	0.16	0.92
	Depois	0.15	0.12	0.40
partido_oposicao_2009	Antes	0.17	0.25	0.02
	Depois	0.17	0.15	0.64
prefeito_ensino_superior	Antes	0.57	0.67	0.01
	Depois	0.57	0.56	0.82
alinhamento_governador	Antes	0.23	0.21	0.54
	Depois	0.23	0.21	0.58

IBGE_Municípios

pib_pcapp2009	Antes	14114	15758	0.17
	Depois	14114	13993	0.91
populacao2009	Antes	350000	650000	0.04
	Depois	350000	370000	0.91
idhm	Antes	0.70	0.71	0.09
	Depois	0.70	0.70	0.70

Total de Observações: 149 26,180