



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ECONOMIA DO SETOR PÚBLICO**

**Fábio Lira Santos**

**Impacto do uso da banda larga nas escolas públicas rurais do  
Brasil de 2009 a 2019**

**JOÃO PESSOA**

**2024**

**Fábio Lira Santos**

**Impacto do uso de banda larga nas escolas públicas rurais do Brasil de 2009 a  
2019**

Trabalho de Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Economia do Setor Público (PESP) do Centro de Ciências Sociais Aplicadas (CCSA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), como requisito para a obtenção de título de Mestre em Economia do Setor Público.

Orientadora: Profa. Dra. Liédje Bettizaide  
Oliveira de Siqueira  
Coorientador: Prof. Dr. Antônio Vinicius  
Barros Barbosa

**JOÃO PESSOA**

**2024**

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

S237i Santos, Fábio Lira.

Impacto do uso da banda larga nas escolas públicas rurais do Brasil de 2009 a 2019 / Fábio Lira Santos. - João Pessoa, 2024.

67 f. : il.

Orientação: Liédje Bettizaide Oliveira de Siqueira.

Coorientação: Antônio Vinicius Barros Barbosa.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCSA.

1. Banda Larga. 2. PBLE. 3. Escolas rurais. 4. Modelo Callaway e SantAnna. I. Siqueira, Liédje Bettizaide Oliveira de. II. Barbosa, Antônio Vinicius Barros. III. Título.

UFPB/BC

CDU 0041.738.5(043)

# ATA DE APROVAÇÃO



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

ATA Nº 5 / 2024 - CCSA - DE (11.01.13.02)

Nº do Protocolo: 23074.114049/2024-97

João Pessoa-PB, 11 de Dezembro de 2024

Ata da reunião da Banca Examinadora designada para avaliar o trabalho de dissertação do mestrando Fábio Lira Santos submetido para obtenção do grau de mestre em Economia área de concentração em Economia do Setor Público.

Aos nove dias do mês de dezembro do ano dois mil e vinte e quatro, às 14 horas e 00 minutos, na reunião virtual realizada por meio do link <https://meet.google.com/ast-kccv-faq?authuser=0>, reuniu-se em cerimônia pública os membros da Banca Examinadora, constituída pelos professores doutores Liédje Bettizaide Oliveira de Siqueira (Orientadora), Antonio Vinicius Barros Barbosa (Co-orientador), Ignácio Tavares de Araújo Júnior (Examinador Interno) e Ana Cláudia Annegues da Silva (Examinadora Externa), a fim de examinarem o candidato ao grau de mestre em Economia do Setor Público, área de concentração em Economia do Setor Público, Fábio Lira Santos. Além dos examinadores e do examinando, compareceram também, representantes do Corpo Docente e do Corpo Discente. Iniciando a sessão, a professora Liédje Bettizaide Oliveira de Siqueira na qualidade de presidente da Banca Examinadora, comunicou aos presentes qual o fim da reunião e os procedimentos de encaminhamento da mesma. A seguir, concedeu a palavra ao candidato, para que fizesse oralmente a exposição do trabalho, apresentado sob o título: "Impacto do uso da banda larga nas escolas públicas rurais do Brasil de 2009 a 2019". Concluída a exposição, o senhor presidente solicitou que fosse feita a arguição por cada um dos examinadores. Após o que foi concedida a palavra ao candidato para que respondesse e esclarecesse as questões levantadas. Terminadas as arguições, a Banca Examinadora passou a proceder à avaliação e ao julgamento do candidato. Em seguida, o senhor presidente comunicou aos presentes que a Banca Examinadora, por unanimidade, aprovou a dissertação apresentada e defendida com o conceito **APROVADO**, concedendo assim, o grau de **Mestre em Economia do Setor Público** ao mestrando Fábio Lira Santos. E, para constar, eu, Liédje Bettizaide Oliveira de Siqueira laurei a presente ata, que assino junto com os membros da Banca Examinadora.

Profa. Dra. Liédje Bettizaide Oliveira de Siqueira

Orientador

Prof. Dr. Antonio Vinicius Barros Barbosa

Examinador Interno (Co-orientador)

Prof. Dr. Ignácio Tavares de Araújo Júnior

Examinador Interno

Profa. Dra. Ana Cláudia Annegues da Silva

Examinador Externo

(Assinado digitalmente em 11/12/2024 09:46 )  
ANA CLAUDIA ANNEGUES DA SILVA  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
Matricula: 3339014

(Assinado digitalmente em 16/12/2024 08:46 )  
ANTONIO VINICIUS BARROS BARBOSA  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
Matricula: 3007591

(Assinado digitalmente em 17/12/2024 16:24 )  
IGNACIO TAVARES DE ARAUJO JUNIOR  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
Matricula: 1487310

(Assinado digitalmente em 11/12/2024 09:30 )  
LIEDJE BETTIZAIDE OLIVEIRA DE SIQUEIRA  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
Matricula: 1466441

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sipac.ufpb.br/documentos/> informando seu número: 5, ano: 2024, documento(espécie): ATA, data de emissão: 11/12/2024 e o código de verificação: b153031717

## **DEDICATÓRIA**

A todos que se dedicam com afinco à causa da educação no Brasil; à minha família querida, cujo amor e suporte me deram a força necessária para enfrentar cada desafio desta trajetória; e, com carinho especial, ao meu filho Júlio Ricardo, meu parceiro e amigo de vida, inspiração para sempre me superar e fazer melhor.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, pela dádiva da vida e por me guiar nas adversidades;

Aos meus pais, pelos sacrifícios feitos, por garantir meu acesso à educação e pelo exemplo de vida com esforço e retidão;

À família, por serem meu porto seguro, oferecendo o carinho e apoio emocional necessários para enfrentar os desafios acadêmicos;

Aos amigos, por estarem ao meu lado nos momentos de dificuldades e superação, com palavras de apoio e encorajamento;

Aos orientadores, professora doutora Liédje Siqueira e ao professor doutor Antônio Vinicius Barbosa, pela sábia orientação e paciência, guiando-me no caminho certo e incentivando na busca pela excelência;

Ao professor Doutor Ignácio pelos seus comentários perspicazes que enriqueceram meu estudo, como professor e como membro da banca;

Aos professores do curso, especialmente professor Aléssio Almeida e professor Alejandro Cintado, por compartilharem conhecimento valioso e estimularem meu pensamento crítico ao longo desta jornada;

À UFPB e ao CCSA, estas instituições que vêm há muitos anos contribuindo para o crescimento do nosso estado e do nosso país, proporcionando uma formação de qualidade;

Ao MESP, em especial à professora Conceição Sousa, por sua resolução, dedicação e exemplo de vida;

Ao coordenador do curso, professor Bruno Frascaroli, pelo suporte oferecidos durante o programa, facilitando o caminho para o sucesso do curso;

Aos colegas de turma, em especial Adriano, Jorge e Pedro Furuyama, pela parceria e pelo apoio mútuo, que tornaram a experiência acadêmica mais rica e significativa;

Aos monitores, Cássio e Tereza, pela assistência e paciência na resolução de dúvidas, contribuindo grandemente para um aprendizado eficaz;

Aos profissionais do MESP, cujo suporte administrativo e logístico foi indispensável para a realização desta pesquisa;

À Secretaria das Finanças e à ESAT, que vêm trabalhando pela melhoria e qualificação do corpo da auditoria, especialmente à auditora Edna Maria, pelo seu exemplo de amor pela vida superação e resiliência;

A todos que contribuíram com a concretização dessa pesquisa, direta ou indiretamente, o meu profundo agradecimento pela generosidade e colaboração.

## RESUMO

A presente dissertação investiga o impacto da implementação da banda larga nas escolas rurais brasileiras entre 2009 e 2019, com o objetivo de analisar o efeito do Programa Banda Larga nas Escolas (PBLE) no desempenho escolar, utilizando indicadores do IDEB, como taxas de aprovação e distorção idade-série. Lançado em 2008 pelo governo federal, o programa visa conectar todas as escolas públicas à internet de alta velocidade. Com cerca de 15% da população brasileira vivendo no meio rural, mais de cinquenta mil escolas públicas, predominantemente municipais, enfrentam desafios na conectividade. Em 2020, enquanto 95% das escolas urbanas estavam conectadas, as rurais ainda lidavam com problemas estruturais, como baixa qualidade da conexão. A metodologia adotada envolveu econometria aplicada a dados em painel, com informações da Prova Brasil e do Censo Escolar do Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB), provenientes de fontes oficiais, como o INEP e dados da ANATEL. O modelo econométrico utilizado foi o de Callaway e Sant'Anna, uma extensão do método Diferenças em Diferenças (DiD), que permite uma análise mais robusta da heterogeneidade e considera tratamentos implementados em diferentes períodos. Os resultados mostram um impacto positivo no desempenho acadêmico das escolas rurais conectadas, especialmente nos anos finais do ensino fundamental. Observou-se um aumento de 3,83% no IDEB em relação ao grupo de controle, com melhorias em Língua Portuguesa e Matemática. A taxa de aprovação cresceu significativamente, especialmente no fundamental final, com um aumento de 1,49%. A pesquisa também identificou uma redução nas taxas de distorção idade-série de 2,41% no fundamental inicial e 6,28% no final. Foi identificado um efeito retardado, sugerindo que os benefícios da banda larga se manifestam ao longo do tempo, e ainda, um efeito cumulativo, intensificando o impacto conforme a implementação avança. No entanto, limitações existem, como o período de análise restrito devido à implementação tardia. Pesquisas futuras podem ampliar o período estudado e realizar análises mais detalhadas, considerando níveis regionais para um entendimento mais completo dos impactos da banda larga nas escolas rurais.

Palavras-chave: Banda Larga; PBLE, escolas rurais, desempenho escolar, diferença em diferença, DID com múltiplos períodos, modelo Callaway e Sant'Anna.

## ABSTRACT

This dissertation investigates the impact of implementing broadband in Brazilian rural schools from 2009 to 2019, aiming to analyze the effect of the Broadband in Schools Program (PBLE) on school performance using IDEB indicators, such as approval rates and age-grade distortion. Launched in 2008 by the federal government, the program aims to connect all public schools to high-speed internet. With around 15% of the Brazilian population living in rural areas, over fifty thousand public schools, predominantly municipal, face connectivity challenges. In 2020, while 95% of urban schools were connected, rural schools still dealt with structural issues, such as low connection quality. The methodology adopted involved applied econometrics on panel data, using information from the Prova Brasil and the School Census from the Basic Education Assessment System (SAEB), collected from official sources like INEP and data from ANATEL. The econometric model used was Callaway and Sant'Anna, an extension of the Differences in Differences (DiD) method, which allows for a more robust analysis of heterogeneity and considers treatments implemented in different periods. The results show a positive impact on the academic performance of connected rural schools, especially in the final years of elementary education. There was a 3.83% increase in IDEB compared to the control group, with improvements in Portuguese and Mathematics. The approval rate increased significantly, particularly in the final years, with a rise of 1.49%. The research also identified a reduction in age-grade distortion rates of 2.41% in the initial years and 6.28% in the final years. A lagged effect was identified, suggesting that the benefits of broadband manifest over time, along with a cumulative effect, intensifying the impact as implementation progresses. However, there are limitations, such as the restricted analysis period due to late implementation. Future research can expand the study period and conduct more detailed analyses, considering regional levels for a more comprehensive understanding of broadband impacts in rural schools.

Keywords: PBLE, DiD with multiple periods, Difference-in-Differences, Callaway and Sant'Anna.

## INDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição dos dados amostrais – 2019.....	41
Tabela 2 – Resumo das estatísticas descritivas.....	42
Tabela 3 – Resultados das estimativas de impacto do PBLE no desempenho no IDEB.....	47
Tabela 4 - Efeito dinâmico para as avaliações da Nota IDEB. ....	48
Tabela 5 - Resultados das estimativas de impacto do PBLE no desempenho no SAEB de Matemática.....	50
Tabela 6 – Resultados das estimativas de impacto do PBLE no desempenho no SAEB em Português. ....	52
Tabela 7 - Efeito dinâmico para as avaliações da notaSAEB Português.....	53
Tabela 8– Resultados das estimativas de impacto do PBLE no desempenho no SAEB Padronizada.....	54
Tabela 9 - Efeito dinâmico para as avaliações da nota SAEB Padronizada. ....	54
Tabela 10 - Resultados das estimativas de impacto do PBLE no desempenho na TDI Inicial x Final.....	56
Tabela 11 – Resultados das estimativas de impacto do PBLE no Taxa de aprovação..	59

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – IDEB.....	48
Gráfico 2 - Nota SAEB Matemática.....	51
Gráfico 3 - Nota SAEB padronizada.....	55
Gráfico 4 - Taxa Distorção Idade-Série (TDI).....	58
Gráfico 5 - Taxa de aprovação.....	60

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- Abcar – Associação Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural
- ADSL – Asymmetric Digital Subscriber Line (Linha Digital Assimétrica por Assinante)
- Anatel – Agência Nacional de Telecomunicações
- ATT – Average Treatment Effect on the Treated (Efeito Médio do Tratamento)
- (PBLE) - Programa Banda Larga nas Escolas
- (CCPR) - Casa Civil da Presidência da República
- CCSA – Centro de Ciências Sociais Aplicadas
- CNBB – Conferência Nacional dos Bispos do Brasil.
- CS – Callaway e Sant’Anna (modelo econométrico).
- cvs – (Comma Separated Values).
- DB – Double Robust (método econométrico robusto).
- DID – Difference-in-Differences (Diferença em Diferença).
- FNDE – Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação.
- Fundeb – Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação
- Fundef – Fundo de Manutenção e Desenvolvimento do Ensino Fundamental e Valorização do Magistério (substituído pelo Fundeb)
- IDEB – Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
- INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
- LDB – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
- LOCF – Last Observation Carried Forward (Método estatístico)
- MCTIC – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
- MCOM – Ministério das Comunicações
- MEC – Ministério da Educação
- MPDG – Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão
- NETP – National Educational Technology Plan (Plano Nacional de Tecnologia Educacional dos EUA)
- PESP – Programa de Pós-Graduação em Economia do Setor Público
- PNAE – Programa Nacional de Alimentação Escolar
- PNATE – Programa Nacional de Apoio ao Transporte Escolar
- PNTE – Programa Nacional de Transporte Escolar

Pronera – Programa Nacional de Educação na Reforma Agrária

ProFormação – Programa de Formação de Professores em Exercício

PSM – Propensity Score Matching (Método de pareamento por escore de propensão)

SAEB – Sistema de Avaliação da Educação Básica

TAC – Termo de Ajustamento de Conduta

TDI – Taxa de Distorção Idade-Série

TI – Tecnologias da Informação

TIC – Tecnologias da Informação e Comunicação

UFPB – Universidade Federal da Paraíba

UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

UNICEF – Fundo das Nações Unidas para a Infância

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	13
1.1 Formulação do Problema	14
1.2 Objetivo Geral	15
1.3 Objetivos Específicos	15
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b>	16
2.1 Avaliação de Impacto de Políticas Públicas de Tecnologias Digitais sobre o Desempenho Escolar	16
<b>3. A CARACTERIZAÇÃO DAS ESCOLAS RURAIS NO BRASIL E A IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA DE BANDA LARGA NAS ESCOLAS.</b>	21
3.1 Caracterização das Escolas rurais no Brasil	21
3.2 Programa Banda Larga nas Escolas (PBLE)	25
<b>4. METODOLOGIA</b>	29
4.1 Delineamento: tipologia e população	29
4.2 - Avaliação e tratamento dos dados	35
4.3. Modelo Callaway e Sant'Anna	36
<b>5. RESULTADOS</b>	41
5.1 Estatísticas descritivas	42
5.2 Tratamento dos Dados	45
5.3 Discussão	46
5.4 Nota IDEB inicial x final	47
5.5 Nota SAEB Matemática inicial x final	49
5.6 Nota SAEB Português inicial x final	52
5.7 Nota SAEB padronizada inicial x final	53
5.8 Taxa Distorção Idade-Série (TDI)	56
5.9 Taxa de aprovação inicial x final	59
<b>6. CONCLUSÃO</b>	62
REFERÊNCIAS	65

## 1. INTRODUÇÃO

A defasagem entre os indicadores educacionais brasileiros e os padrões internacionais é significativa, com um destaque para a disparidade entre as escolas rurais e urbanas. No Brasil, as escolas rurais enfrentam desafios duplos: melhorar sua posição em relação ao desempenho escolar global e se aproximar dos níveis de qualidade das escolas urbanas, que apresentam índices de desempenho consideravelmente mais altos (Damasceno; Beserra, 2004). Esse cenário reforça a importância de políticas públicas focadas em reduzir essas disparidades.

Este trabalho avalia o impacto do “Programa Banda Larga nas Escolas” (PBLE) nas escolas rurais brasileiras no período de 2009 a 2019, com ênfase em métricas como o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB), a defasagem idade-série, e as taxas de aprovação e desempenho em disciplinas como Língua Portuguesa e Matemática.

A rápida evolução das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) tem transformado profundamente os setores sociais, econômicos e educacionais (Randolph; De Lima, 2000). Ferramentas como computadores, redes móveis, softwares e internet têm se tornado cada vez mais presentes nas escolas e criado novas oportunidades de aprendizagem, especialmente para as escolas rurais, que historicamente tiveram acesso limitado a esses recursos (Martins, 2017). De Matos, Martins e Amorim (2024) destacam que a implementação de TIC nas escolas rurais pode proporcionar uma mudança significativa nas metodologias e estratégias educacionais, com potencial para melhorar o desempenho acadêmico.

Autores como Cheung e Slavin (2013) argumentam que a falta de acesso a essas tecnologias contribui para uma exclusão digital que perpetua as disparidades no desempenho escolar entre áreas urbanas e rurais. Para mitigar essas disparidades, políticas públicas voltadas à inclusão digital tornam-se fundamentais. A implementação da banda larga nas escolas, por exemplo, é vista como um componente crucial para melhorar o processo de ensino-aprendizagem, para promover eficiência educacional e preparar os estudantes para a economia do conhecimento (De Souza *et al.*, 2021).

Em resposta a essa demanda, o governo federal, por meio do Ministério da Educação (MEC), lançou o PBLE, instituído pelo decreto federal 6.424/2008 e expandido às escolas rurais pelo decreto 7.175/2010, com o objetivo de conectar cerca de 29 mil instituições de ensino e beneficiar 24 milhões de estudantes (Brasil, 2024a). Até 2021, o programa alcançou 93% das escolas urbanas, conectando mais de 64 mil instituições, com um investimento superior a R\$ 400 milhões do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE). Contudo, a

implementação em áreas rurais permanece um desafio, dado o ritmo mais lento de expansão da infraestrutura nessas regiões.

Pesquisas como as de Bielschowsky (2009) e Moura Júnior (2018) destacam que o acesso à banda larga democratiza o aprendizado; tem ampliado o acesso a informações e recursos didáticos. No entanto, a avaliação quantitativa do impacto da banda larga sobre o desempenho escolar, especialmente em áreas rurais, ainda requer estudos aprofundados, particularmente no que se refere às diferentes fases de ensino e indicadores de desempenho.

Estudos de Oreopoulos, Brown e Lavecchia (2017) ressaltam a relevância socioeconômica do acesso à internet nas escolas, mas há uma lacuna significativa no uso de métodos econométricos para analisar o impacto da banda larga em escolas rurais brasileiras. No presente trabalho, utilizamos o modelo de Callaway e Sant'Anna, uma extensão robusta do método Diferenças em Diferenças (DID), que lida melhor com múltiplos períodos e heterogeneidades nos dados.

Este trabalho se justifica pela baixa atenção de pesquisas na área rural e em escolas rurais, onde reside uma parcela significativa da população; que representa em torno de 15% da população brasileira, contanto com mais de cinquenta mil escolas públicas, sendo em sua maioria, com mais de 90%, de administração de âmbito municipal. Este trabalho ainda visa lançar um olhar para as políticas públicas e trazer informação sobre os impactos sobre desempenho escolar.

Portanto, este estudo pretende preencher essa lacuna ao investigar o impacto da conectividade digital via banda largas em escolas rurais, pode contribuir para o debate acadêmico e fornecer sugestões para a formulação de políticas públicas voltadas à melhoria da educação no Brasil.

## 1.1 Formulação do Problema

Como avaliar o impacto do efeito do uso de banda larga em escolas públicas rurais do Brasil sobre o desempenho escolar?

## 1.2 Objetivo Geral

Avaliar o impacto do Programa da banda larga nas Escolas (PBLE) no desempenho acadêmico de escolas públicas do Brasil de 2009 a 2019.

## 1.3 Objetivos Específicos

- Caracterizar as condições estruturais e educacionais das Escolas públicas rurais no Brasil;
- Descrever o programa Banda Larga nas Escolas (PBLE);
- Investigar e analisar a correlação entre conectividade da banda larga e o desempenho acadêmico nas escolas públicas rurais brasileiras (2009-2019).

A organização desta dissertação segue uma estrutura em quatro capítulos principais. O Capítulo 1 traz a introdução com o contexto, o escopo, a importância e a justificativa do estudo, os objetivos geral e específicos; o Capítulo 2 analisa a revisão da literatura existente sobre as tecnologias de Informação e Comunicação, sobre desempenho escolar, sobre o programa o programa Banda Larga nas Escolas (PBLE) e um contexto sobre as escolas rurais no Brasil. No Capítulo 3, descreve-se a metodologia de pesquisa adotada, através de modelagem econométrica com bancos de dados dispostos em painel e o modelo Callaway Sant'Anna. A apresentação e análise dos resultados é encontrada no Capítulo 4.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Avaliação de Impacto de Políticas Públicas de Tecnologias Digitais sobre o Desempenho Escolar

A integração de tecnologias digitais na educação tem sido uma prioridade em políticas públicas globais. Programas como o Programa Banda Larga nas Escolas (PBLE) no Brasil, o National Educational Technology Plan (NETP) nos Estados Unidos e o European Schoolnet na Europa visam democratizar o acesso à internet e melhorar a qualidade do ensino. Esta revisão analisa estudos sobre a avaliação do impacto dessas políticas no desempenho escolar, abordando metodologias, resultados e implicações.

A avaliação do impacto de políticas públicas de tecnologias digitais sobre o desempenho escolar utiliza abordagens quantitativas e qualitativas. Estudos longitudinais são comuns, permitindo a comparação do desempenho dos estudantes antes e após a implementação das políticas (De Matos; Martins; Amorim, 2024); (Franklin; Bolick, 2007). Métodos quantitativos incluem a análise de dados de desempenho escolar em testes padronizados, como o IDEB no Brasil, o NAEP nos EUA e o PISA na Europa, associando esses resultados com a presença e uso de tecnologias digitais nas escolas (Dwyer *et al.*, 2007); (Villani; Oliveira, 2018); (Rocha; Novaes; Avelar, 2020).

Técnicas de análise de regressão são amplamente utilizadas para controlar variáveis sociodemográficas e escolares, isolando o efeito das tecnologias digitais como variáveis independentes (Cheung; Slavin, 2013); (Rodrigues, 2017). Além disso, estudos qualitativos, através de entrevistas e grupos focais com professores, alunos e gestores escolares, fornecem *insights* sobre a percepção e o uso das tecnologias no ambiente escolar (De Araújo; Chaves, 2016); (Herold, 2015).

Os resultados desses estudos sobre o impacto das tecnologias digitais no desempenho escolar são variados e por vezes contraditórios e opostos. Em geral, há um consenso de que a simples disponibilização de recursos tecnológicos não garantem uma melhoria imediata no desempenho acadêmico (André, 2009). Fatores como a formação dos professores, a integração pedagógica das tecnologias e a infraestrutura escolar desempenham papéis cruciais.

Colaborando com essa visão, em estudo, Lima; De Lima e Sachsida (2018) concluíram que o Programa Banda Larga nas Escolas tem um impacto complexo e multifacetado na qualidade educacional. Enquanto algumas regiões e áreas do conhecimento apresentam melhorias significativas, como por exemplo, nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, outras

enfrentam desafios que precisam ser abordados. Para maximizar os benefícios do PBLE, é essencial investir em formação contínua para professores, assegurar uma infraestrutura adequada e desenvolver estratégias pedagógicas que integrem efetivamente as tecnologias digitais no currículo escolar. Além disso, políticas de acompanhamento e avaliação contínua são cruciais para ajustar as estratégias e garantir que o objetivo de melhorar a qualidade educacional seja alcançado de forma abrangente e equitativa.

O entendimento dos efeitos da banda larga parecem ser complexos e possuem vieses que demandam esforços para o entendimento de seus mecanismos de ação; em estudo sobre o impacto de internet de banda larga sobre a estrutura do emprego em empresas, Barbosa *et al.* (2021) observou que o impacto tem efeitos divergentes sobre trabalhadores em diferentes contextos econômicos. Em países ricos e trabalhadores bem treinados é favorável a esses trabalhadores mais qualificados, já no extremo oposto, em países pobres e trabalhadores com baixa qualificação, o surgimento da internet de banda larga de alta velocidade é desfavorável a esse tipo de trabalhador (Barbosa *et al.*, 2021). De tal forma, que ofertar uma educação de alto nível é fundamental e estratégico para o país.

Abordando a questão sobre o impacto no desempenho escolar e contextos econômicos, Monteiro (2015) em estudo com municípios que receberam royalties do petróleo, no período de 2000 a 2010, concluiu que o aumento no dispêndio com a educação pouco ou nenhum impacto houve no desempenho escolar, apesar deste aumento no gasto público ter se repercutido em parâmetros como aumento dos salários dos professores, cobertura educacional, número de matrículas (Monteiro, 2015).

A literatura acadêmica sobre o impacto de políticas públicas de tecnologias digitais no desempenho escolar pode ser dividida em duas linhas teóricas principais, que diferem significativamente em suas interpretações sobre o papel da escola e dos professores na formação acadêmica dos alunos e no desempenho escolar. Este trabalho analisa essas duas linhas teóricas, seus principais ideólogos e suas ideias centrais.

A primeira linha teórica argumenta que fatores externos ao ambiente escolar, como o contexto socioeconômico, a família e a comunidade, têm um impacto maior no desempenho acadêmico dos alunos do que a estrutura escolar e os professores. Entre os principais defensores dessa visão está James Coleman, cujo estudo seminal "Coleman Report" de 1966 revolucionou a forma como se pensa sobre a educação. Coleman (1966) concluiu que os fatores familiares e o ambiente social são determinantes mais significativos para o desempenho acadêmico dos alunos do que as características das escolas e os recursos disponíveis. A ideia central dessa perspectiva é que as variações no desempenho escolar são mais fortemente influenciadas pelo

capital social e cultural dos alunos do que pelas intervenções escolares. Christopher Jencks, em seu trabalho de 1972: "Inequality: A Reassessment of the Effect of Family and Schooling in America", reforçou essa visão, argumentando que o ambiente familiar e as desigualdades sociais são determinantes preponderantes para o sucesso acadêmico. Jencks (1972) destacou que as intervenções escolares, incluindo tecnologias digitais, têm um impacto limitado sem a consideração das desigualdades sociais subjacentes (Jencks, 1972).

Em contraste, a segunda linha teórica defende que a estrutura escolar e, especialmente, os professores têm um papel crucial no desempenho acadêmico dos alunos. Esta perspectiva é amplamente apoiada por estudos que demonstram a eficácia de boas práticas pedagógicas e intervenções educacionais direcionadas. John Hattie, em seu livro "Visible Learning" (2008), realizou uma metanálise de milhares de estudos sobre o desempenho escolar, identificando que os professores e suas práticas pedagógicas são os fatores mais influentes dentro do ambiente escolar.

A ideia central de Hattie (2008) é que o impacto dos professores no aprendizado dos alunos é substancial e mensurável, e que investir na qualidade do ensino e na formação de professores pode levar a melhorias significativas no desempenho acadêmico (Hattie, 2008). Eric Hanushek também tem produzido uma vasta literatura que enfatiza a importância da qualidade dos professores e das escolas. Em suas pesquisas, Hanushek (2011) argumenta que os professores eficazes são o fator mais importante para o sucesso dos alunos, e que as diferenças na eficácia dos professores explicam grande parte da variação no desempenho dos alunos. Para Hanushek, as políticas educacionais devem focar na atração e retenção de professores de alta qualidade (Hanushek, 2011).

A avaliação do impacto de políticas públicas de tecnologias digitais no desempenho escolar deve considerar essas diferentes perspectivas teóricas sobre o papel da escola e dos professores. Enquanto uma linha teórica minimiza o impacto das intervenções escolares, outra destaca a importância crucial da qualidade do ensino e das práticas pedagógicas. A reconciliação dessas visões pode fornecer uma abordagem mais equilibrada, reconhecendo a importância dos fatores extrínsecos e intrínsecos ao ambiente escolar. Assim, para maximizar os benefícios das políticas públicas de tecnologias digitais, é essencial investir na formação contínua dos professores, assegurar uma infraestrutura adequada e desenvolver estratégias pedagógicas que integrem efetivamente as tecnologias digitais no currículo escolar. Políticas de acompanhamento e avaliação contínua são cruciais para ajustar as estratégias e garantir que o objetivo de melhorar a qualidade educacional seja alcançado de forma abrangente e equitativa.

Em estudo sobre melhores e piores performances de estudantes do ensino fundamental no Brasil, Almeida (2014) analisando os decis 10% e 90% das notas extremas, conclui que fatores exógenos, como atributos do discente e sua formação familiar influenciam em seu desempenho escolar, e estes não são observados nos parâmetros da prova Brasil, e conclui que programas de reforço não são determinantes na performances de alunos, principalmente os de 5ª série, e que a falta de leitura compromete as performances dos resultados em português; apresentando mais um argumento que a performance de alunos nas escolas públicas podem estar sujeitas a outros fatores não observáveis nos testes de medição ou ainda nos levantamentos censitários (Almeida, 2014).

Alternativamente, colaborando com a tese da importância dos elementos endógenos a escola ou variáveis contributivas do desempenho escolar, em estudo de Vasconcelos (2021) encontrou que escolas com melhor infraestrutura tecnológica e professores capacitados apresentaram melhorias significativas nos resultados de Matemática e Ciências. Em contrapartida, escolas com acesso limitado à internet ou sem suporte técnico adequado não mostraram melhorias substanciais no desempenho dos alunos (Vasconcelos *et al.*, 2021).

Os resultados dos estudos sobre o impacto das tecnologias digitais no desempenho escolar são variados. Em geral, há um entendimento de que a disponibilização de recursos tecnológicos não causam automaticamente uma melhoria imediata no desempenho acadêmico (Higgins; Xiao; Katsipataki, 2012). Fatores como a formação dos professores, a integração pedagógica das tecnologias e a infraestrutura escolar desempenham papéis cruciais.

Sobre desigualdades, Cheung & Slavin (2013) e De Araujo e Chaves (2016) destacam que a inclusão digital nas escolas pode reduzir desigualdades educacionais, mas os benefícios são mais evidentes em contextos onde as tecnologias são integradas de maneira eficaz ao currículo escolar. A formação contínua dos professores é essencial para que eles possam utilizar os recursos tecnológicos de maneira produtiva e inovadora.

As implicações das políticas públicas de tecnologias digitais para a educação são profundas e multifacetadas. Para maximizar os benefícios dessas políticas, é necessário um enfoque holístico que considere não apenas a infraestrutura, mas também a capacitação dos professores e a adaptação curricular (Herold, 2015); (Lima; De lima; Sachsida, 2018). Políticas que promovem a formação continuada dos professores e a criação de conteúdos pedagógicos digitais específicos são recomendadas.

Além disso, a participação ativa da comunidade escolar é fundamental para o sucesso dessas políticas. O envolvimento dos pais e a comunicação constante entre escola e comunidade

podem fortalecer o impacto positivo das tecnologias digitais na educação (Higgins; Xiao; Katsipataki, 2012); (Rodrigues, 2017) .

A avaliação do impacto de políticas públicas de tecnologias digitais sobre o desempenho escolar revela que, embora a infraestrutura tecnológica seja importante, fatores humanos e pedagógicos são decisivos para o sucesso dessas iniciativas. Estudos indicam que investimentos em formação de professores, suporte técnico contínuo e integração curricular são essenciais para que as tecnologias digitais possam efetivamente melhorar o desempenho escolar.

### **3. A CARACTERIZAÇÃO DAS ESCOLAS RURAIS NO BRASIL E A IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA DE BANDA LARGA NAS ESCOLAS.**

#### **3.1 Caracterização das Escolas rurais no Brasil**

As escolas rurais atendem uma parcela significativa da população brasileira que habita a zona rural, essa população é da ordem de 203 milhões de pessoas, em 2022, de acordo com o censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Essas populações rurais totalizavam cerca de 25,6 milhões de pessoas, representando 16,6 % da população brasileira (Brasil, 2024f)(Brasil, 2024d) .

Apesar dos avanços cumulativos ao longo dos anos, as escolas rurais ainda enfrentam diversos desafios na evolução da educação para as populações rurais. Segundo o censo escolar de 2018, a maioria enfrenta conexão com baixas velocidades, 65,8% das escolas rurais ainda se usam conexões com velocidade inferior a 2Mbps (megabits por segundo) e apenas 6% relatam conexões superiores a 10 Mbps, em comparação, nas escolas urbanas esse percentual é de 50% (Brasil, 2024f).

Esses desafios estão intrinsecamente ligados à condição de distanciamento dessas escolas em relação aos centros urbanos, resultando em dificuldades na infraestrutura disponível, como suas vias de transporte, a falta de bibliotecas, laboratórios, espaços esportivos, acesso à internet e banda larga.

A seguir, exploraremos alguns desses desafios e os avanços que têm sido feitos, mas é importante ressaltar que ainda há enormes obstáculos a serem superados para atender plenamente as populações rurais e suas escolas.

O meio rural tem demonstrado uma certa resiliência na mudança de seus indicadores educacionais, Araujo, Netto Junior e Siqueira (2024) em estudo sobre mobilidade educacional e níveis de educação dos pais, concluíram que esses indicadores relativos ao meio rural apresentam piora, ou na melhor das hipóteses, uma melhora pouco significativa ao longo dos anos de estudo (Araújo; Netto Junior; Siqueira, 2024).

As escolas rurais desempenham um papel crucial na promoção da educação e no desenvolvimento das comunidades agrícolas no Brasil. Desde o período pós-abolição da escravidão em 1888, houve uma crescente demanda por mão de obra qualificada, levando ao surgimento das primeiras escolas rurais, principalmente impulsionadas pela indústria cafeeira (Damasceno; Beserra, 2004). No entanto, a implementação e qualidade dessas

escolas variaram significativamente ao longo do território nacional, gerando disparidades regionais.

Embora debates sobre políticas públicas para o meio rural tenham surgido já na década de 1930, a efetiva implementação dessas políticas foi limitada, resultando em uma crescente disparidade de infraestrutura entre escolas urbanas e rurais. Somente a partir dos anos 1950, políticas públicas mais robustas foram direcionadas às escolas rurais, visando a modernização do setor agrícola e o fortalecimento da assim chamada “vocação agrícola” do Brasil (Damasceno; Beserra, 2004).

De forma, que a implementa o e desenvolvimento das escolas rurais estiveram diretamente vinculadas a agricultura e a implementa o de técnicas agrícolas e ao atendimento das necessidades do campo. Para fomentar e amplificar esse impacto na atividade agrícola foi criada, no ano de 1956, a Associa o Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural (Abcar) com a meta de coordenar programas de extensão voltadas   agricultura, e capta o de recursos tecnológicos e de ordem financeira de órgãos e institui es ligadas ao governo da América do Norte (Pereira; de castro, 2021).

Outro movimento que causou profundo impacto nas popula es rurais foram os fen menos migratórios, que começam a se dar de forma significativa, nas décadas de 1930, devido a crises fundiárias e ao aumento da violência no campo associadas a esses conflitos por terras; a busca de oportunidades de emprego nos grandes centros urbanos; seja pela constru o de Brasília na década de 1950, esses fen menos migratórios tiveram números representativos até as décadas de 1970 e 1980; que em seu conjunto tiveram grande impactos sociais e econ micos tanto no meio rural, quanto inversamente nas popula es urbanas, como o desemprego, o aumento populacional descontrolado e o aumento da violência urbana (Nascimento *et al.*, 2018).

Entre os anos de 1960 e 1970 se deu a assim chamada “Revolu o Verde”, um aumento significativo na produ o e nos próprios índices de produtividade da agricultura brasileira, baseada em subsídios ao crédito agrícola, organiza o de meios logísticos, incentivos   exporta o e início da mecaniza o nas atividades do campo (Moreira, 2000), apesar de todo esse movimento no campo brasileiro, o governo permaneceu inerte no sentido da apresenta o de políticas públicas relevantes para essas escolas e a forma o de professores especificas para o meio rural, tendo sido apresentados políticas públicas para a educa o geral, que tiveram repercussões nas escolas rurais, mas não especificamente para estas; fato descrito por Molina e Antunes-Rocha (2014) como um campo de silêncio (Molina; Antunes-rocha, 2014).

Esse vácuo de ações governamentais efetivas foi suprimido pela introdução de programas governamentais voltadas a populações do campo, nos anos 2000; com o surgimento de vários programas, como o Movimento pela educação do campo, como o programa Escola Ativa, o ProJovem Campo – Saberes da Terra e do programa Procampo – cursos de licenciatura em educação no Campo (Brasil, 2024a), que posteriormente se tornaram na Política Nacional de Educação do Campo e no Programa Nacional de Educação na Reforma Agrária (Pronera), essas iniciativas começaram a dar consistência a políticas públicas mais estruturadas e consistentes para o meio e escolas rurais (Freitas, 2011).

Adicionalmente, outro evento que teve grande impacto sobre a realidade das escolas rurais foi a promulgação da constituição de 1988, que instituiu o tempo mínimo de escolaridade de oito anos, o que implicou em uma significativa melhora dos índices educacionais das escolas rurais, como, por exemplo, os índices de cobertura escolar das populações em meio rural.

Um outro passo relevante de melhoria foi a implantação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) que estabeleceu normas específicas para essas escolas; as quais previam a necessidade de adaptações às peculiaridades, adequação e interesses dos alunos do campo, e adicionalmente, a própria estrutura escolar, respeitando e se adequando ao calendário, aos ciclos agrícolas e as condições climáticas próprias do campo (Pereira; De Castro, 2021). Entre as propostas da LDB surgiram o conceito das escolas-núcleo, escolas fora do âmbito rural, mas voltadas para esse público, que serviam como escolas com ensino fundamental completo para grupos de escolas rurais onde haviam deficiências de infraestrutura ou falta de pessoal, esses conceitos aplicados na prática resultaram em sucessos localizados e por outro lado, também algumas críticas, como a distância necessária percorrida pelos alunos e a realização de aulas fora do ambiente familiar e culturais dos alunos. Dificuldades práticas envolvendo o concurso e a contratação de novos professores e a devida implantação das competências atribuídas aos municípios levaram ao fechamento de muitas dessas unidades (Molina; Antunes-Rocha, 2014).

No ano de 1998, ocorreu a Conferência Nacional por uma Educação Básica do Campo, contando com a participação de várias organizações governamentais e da sociedade civil, tais como a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), do Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF), da Confederação Nacional dos Bispos do Brasil (CNBB) e da Universidade de Brasília (UnB); essa conferência possuía como objetivo a mobilização de governo e sociedade para a elaboração e implementação de políticas públicas voltadas para a melhoria do direito à educação para as populações do campo, resultando na

Articulação Nacional por uma educação do campo. Que definiu a instituição da resolução n. 1/2002, que estabeleceu a identidade da escola do campo (Freitas, 2011).

Adicionalmente a esses esforços, durante os anos de 1990, por iniciativa do governo federal, foram tomadas medidas com impacto em toda a educação nacional, que também impactaram a educação no meio rural; entre estas a implementação do Fundo de Manutenção e desenvolvimento do Ensino fundamental e valorização do magistério (Fundef), do Programa Nacional de Transporte Escolar (PNTE) e ainda do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), esses programas, enfrentaram problemas históricos, entre eles problemas logísticos, como a distância dos alunos aos centros escolares e a infraestrutura deficiente das vias de transporte que repercutiam em baixas taxas de cobertura no meio rural, e devido a ação combinada desses programas implicaram melhoria significativa da cobertura escolar (Brasil, 2024b).

Uma outra política pública foi o programa de Formação de Professores em Exercício (ProFormação), voltado para habilitação à distância de professores sem habilitação nos anos iniciais do fundamental, que resultou em melhoria na qualificação dos docentes do meio rural (Pereira; De Castro, 2021).

Assim, ao longo dos anos, a evolução das escolas rurais no Brasil refletiu não apenas o contexto agrícola do país, mas também as transformações socioeconômicas e políticas. Iniciativas como o Movimento pela Educação do Campo e programas como o Programa Nacional de Educação na Reforma Agrária (Pronea) que é uma política de Educação do Campo desenvolvida em áreas de Reforma Agrária no Brasil que desempenharam um papel crucial na estruturação e fortalecimento das políticas educacionais voltadas as áreas de influência da reforma agrária (Brasil, 2024c).

Quanto ao acesso das escolas rurais à internet e a rede de banda larga, trata-se de fenômeno bastante novo, seja devido a utilização desta tecnologia ser recente, seja devido a necessária infraestrutura ao uso, ainda estar muito paulatinamente, sendo instalada no meio rural; entretanto esse acesso, quando havia, se devia mais a iniciativa pessoal de algum agente ligado a escola em si, do que alguma política pública geral e dirigida a este público.

Um dos primeiros programas que auxiliaram na conectividade digital e inclusão social foi o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica (Fundeb) e o Programa Nacional de Apoio ao Transporte do Escolar (Pnate) ambos têm disponibilizado recursos que foram direcionados para a compra de equipamentos e a melhoria da infraestrutura necessária para a conectividade nas escolas (Brasil, 2024d). Contudo, a implementação dessas políticas enfrenta desafios como a falta de acompanhamento e avaliação contínua, além da necessidade

de uma formação adequada para os educadores, além de obviamente não terem como objeto final essa conectividade.

E o programa Banda larga nas escolas que teve início dirigido às escolas urbanas e posteriormente foi expandido para o meio rural; apesar de avanços terem sido feitos, mas ainda é bastante carente de programas que disponibilizem internet e banda larga nas escolas rurais de forma contínua e efetiva (Brasil, 2024g).

A promulgação da Constituição vigente e a implementação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional representaram marcos importantes na melhoria da qualidade educacional das escolas rurais, estabelecendo diretrizes específicas para atender às necessidades e peculiaridades das comunidades do campo.

Apesar dos avanços, desafios como a falta de infraestrutura, a escassez de professores qualificados e as dificuldades logísticas ainda persistem. A implementação de programas e políticas focadas no desenvolvimento contínuo das escolas rurais é essencial para garantir o acesso universal a uma educação de qualidade e promover o desenvolvimento sustentável das áreas rurais no Brasil.

### 3.2 Programa Banda Larga nas Escolas (PBLE)

O Programa Banda Larga nas Escolas (PBLE) foi uma iniciativa governamental brasileira lançada em 2008, instituído pelo decreto federal 6.424/2008 (Brasil, 2018), com o intuito de conectar todas as escolas públicas do país à internet de alta velocidade. Com uma meta inicial de 56 mil escolas públicas até 2010 e estendido as escolas rurais através do decreto federal n. 7.175/2010 e decreto 9.612/2018 (Brasil, 2018).

Até 2020, mais de 80 mil instituições foram conectadas, beneficiando aproximadamente 32 milhões de alunos. Dados da Anatel de 2020 indicam que cerca de 95% das escolas urbanas já possuem conexão, embora a velocidade média de 2 Mbps seja considerada insuficiente para o uso intensivo de tecnologias educacionais. A expansão em áreas rurais é limitada, com desafios estruturais para a conectividade. Até 2021, o PBLE havia alocado cerca de R\$ 400 milhões para garantir conectividade em escolas públicas.

A necessidade de tal programa foi evidenciada por um estudo da Unesco, que revelou que a maioria dos professores brasileiros não navegava na internet (58,4%) e nem utilizava e-mail (59,6%) (Unesco, 2004).

Ainda neste diapasão, Silva e Azevedo (2005) realizaram uma pesquisa com docentes do Rio de Janeiro em relação às tecnologias da informação (TI) e constataram que a dificuldade no uso da internet foi admitida por mais da metade dos professores das escolas estaduais e municipais. Além disso, os docentes alegavam que a falta de acesso a essas tecnologias estava entre os motivos para a não utilização de computador e/ou internet (Silva; Azevedo, 2005).

O governo federal, ciente da necessidade de incremento dos índices de acesso à internet e da melhoria no desempenho escolar, em ação conjunta da Casa Civil da Presidência da República (CCPR), do Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão (MPDG), do MEC, conjuntamente com o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e ainda, da Anatel, reuniu-se para desenvolver um programa para conectar todas as escolas públicas urbanas à internet em âmbito nacional (Brasil, 2024a)(Brasil, 2024b).

Assim, a era digital trouxe consigo a necessidade imperiosa de integração tecnológica no ambiente educacional. O PBLE foi concebido com o objetivo central de fornecer acesso gratuito à internet de alta velocidade para escolas públicas urbanas e rurais, facilitando o uso de recursos tecnológicos no processo de ensino-aprendizagem (Brasil, 2024a)(Brasil, 2024c). A conectividade nas escolas visa promover a inclusão digital, permitindo que alunos e professores tenham acesso a uma vasta gama de informações e ferramentas educacionais online.

De acordo com o MEC, apenas escolas públicas que constam no Censo Escolar são elegíveis para participar do programa. Simultaneamente, a ANATEL esclarece em sua plataforma digital que o processo de instalação e implementação nas escolas será conduzido conforme um cronograma definido pela agência reguladora (Brasil, 2024e).

O programa tem origem em um acordo feito entre a Anatel e as concessionárias de telecomunicações no Brasil, esse acordo foi uma forma de resolver uma pendência histórica relacionada à instalação de orelhões (telefones públicos) pelo país, onde havia uma obrigatoriedade para as empresas concessionárias de telecomunicações instalarem e manterem uma quantidade mínima de orelhões. Contudo, com o avanço das tecnologias móveis e o aumento do uso de celulares, os orelhões foram ficando cada vez mais obsoletos. Por não cumprirem plenamente as metas de instalação e manutenção de orelhões, as empresas acumularam multas e dívidas com a Anatel.

Assim, foi encontrada uma solução mais alinhada às novas demandas tecnológicas do Brasil: a substituição da dívida pela expansão da conectividade de banda larga nas escolas públicas. Em 2008, o governo federal, por meio da Anatel, firmou um Termo de Ajustamento de conduta (TAC) com as operadoras de telefonia fixa, permitindo que as empresas deixassem

de lado a instalação de orelhões e, em vez disso, investissem na expansão da banda larga em escolas públicas (Brasil, 2024a).

A implementação do PBLE enfrentou diversos desafios logísticos e técnicos. Dentre eles, destaca-se a infraestrutura inadequada em muitas regiões, especialmente em áreas rurais e remotas (De Matos; Martins; Amorim, 2024). A desigualdade no acesso à infraestrutura básica, como eletricidade e equipamentos adequados, também foi um obstáculo significativo (De Araújo; Chaves, 2016).

Além disso, a manutenção da conectividade constante e de qualidade apresentou dificuldades, devido à instabilidade das redes e à falta de suporte técnico contínuo (Rocha; Novaes; Avelar, 2020). A capacitação de professores para o uso eficaz das tecnologias digitais no ensino foi outro desafio crucial, exigindo investimentos em formação continuada (Lima; De Lima; Sachsida, 2018).

Os critérios de elegibilidade para o Programa Banda Larga nas Escolas (PBLE) estão definidos em dois documentos principais: o Anexo I do Termo Aditivo nº 001/2008/SPV da Anatel e o Ofício Circular nº 02/2015/DIRTE do FNDE-MEC.

Esses documentos, embora detalhados em seus preceitos técnicos, estabelecem critérios gerais de prioridade para a instalação do programa nas escolas, com o objetivo de garantir que as conexões estejam ativas, sem ônus para as escolas, até 31 de dezembro de 2025. A princípio, são elegíveis, todas as escolas listadas no Censo Escolar do INEP, não sendo necessário assim, inscrições prévias.

O cronograma de instalação, elaborado pelas companhias telefônicas autorizadas, deve seguir a seguinte ordem de prioridade, desde que haja condições técnicas para disponibilizar a conexão nas escolas:

Escolas de Formação de Professores - Universidade Aberta do Brasil (UAB);  
Escolas do Projeto Um Computador por Aluno - UCA;  
Escolas de Nível Médio com Laboratório de Informática instalado e não conectadas à Internet;  
Escolas de Nível Médio com Laboratório de Informática instalado e conectadas à Internet;  
Escolas de Nível Fundamental com Laboratório de Informática já instalado; e  
Escolas de Nível Médio ou Fundamental sem Laboratório de Informática instalado. (Brasil, 2024, p.9)

Um comitê formado pela ANATEL, MEC e representantes das empresas telefônicas autorizadas estabelece anualmente metas de escolas a serem implementadas por estado. Essas metas são repassadas às autorizadas, que, em diálogo com as secretarias de educação estaduais e municipais, elaboram suas listas efetivas trimestrais de implantação do programa nas escolas, levando em conta questões logísticas e operacionais (Brasil, 2024h).

É importante ressaltar que não há uma ordem pré fixada de instalações e as metas estabelecidas podem ser ajustadas ao longo do tempo, de acordo com obstáculos logísticos e de infraestrutura de cada escola.

Além disso, a participação das secretarias de educação estaduais e municipais é fundamental, nessa última etapa da implantação, para garantir a efetiva implementação do programa em cada escola.

Apesar dos desafios, o PBLE vem obtendo avanços ao longo dos anos. Segundo dados do Ministério da Educação, até 2014, cerca de 90% das escolas urbanas e 40% das escolas rurais estavam conectadas à internet por meio do programa (Brasil, 2024a). Esta conectividade ampliou as oportunidades de aprendizado e possibilitou a integração de novas metodologias pedagógicas.

A inclusão digital promovida pelo PBLE teve implicações para a educação no meio rural. Democratizando o acesso ao conhecimento e favorecendo a redução da desigualdade educacional entre estudantes de diferentes regiões (De Araújo; Chaves, 2016). A conectividade também incentivou o desenvolvimento de habilidades digitais entre os alunos, preparando-os melhor para o mercado de trabalho do século XXI (Stein; Stein, 2023).

Por outro lado, a implementação do PBLE também revelou a necessidade de políticas educacionais mais abrangentes e integradas. O acesso à internet, por si só, não garante a melhoria da qualidade da educação. É essencial que haja investimentos contínuos em infraestrutura, formação de professores e desenvolvimento de conteúdos digitais adequados (Lima; De Lima; Sachsida, 2018).

## 4. METODOLOGIA

A metodologia deste estudo está elaborada para atender os objetivos da pesquisa, no sentido de avaliar o impacto da implementação da banda larga sobre o desempenho das escolas rurais brasileiras durante o período de 2009 a 2019. Com base em uma abordagem econométrica; o estudo visa especificamente quantificar como a disponibilização de banda larga afeta indicadores de desempenho educacional, como o IDEB, as taxas de aprovação e a distorção idade-série. A importância desta pesquisa justifica-se pela necessidade de investigar as áreas e as populações rurais, muitas vezes negligenciadas por políticas públicas e com reduzida pesquisa acadêmica.

Para investigação serão utilizados dados coletados de fontes oficiais — incluindo o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) e a ANATEL, empregando técnicas de análise de dados em painel e o modelo Callaway Sant'Anna. Neste propósito, será desenvolvido e explanado o delineamento, a tipologia da pesquisa, a qualificação da população, a coleta, a análise de dados e finalmente as limitações da pesquisa.

### 4.1 Delineamento: tipologia e população

Na elaboração da dissertação é fundamental definir a tipologia e a classificação da pesquisa. Este estudo, ao empregar dados em painel, adota uma abordagem quantitativa que constitui uma abordagem metodológica amplamente utilizada nas ciências sociais, humanas e naturais, caracterizada pela coleta e análise de dados numéricos.

Uma das vantagens da pesquisa quantitativa é a capacidade de generalizar os resultados para uma população maior, desde que a amostra seja bem delimitada e representativa. (Creswell; Creswell, 2017) discute como essa capacidade de generalização faz da pesquisa quantitativa uma abordagem valiosa, especialmente quando se busca influências políticas ou práticas baseadas em evidências.

A tipologia dessa pesquisa pode ser entendida também como explicativa, conforme a categorização metodológica sugerida por Vergara (2009). Tal abordagem é adotada devido a seu objetivo central de investigar as relações de causa e efeito entre a disponibilidade de banda larga e os indicadores de desempenho educacional, como o IDEB, a taxa de aprovação e a taxa de defasagem idade-série.

De acordo com Vergara, estudos explicativos são essenciais para validar e refinar teorias existentes, bem como para identificar determinantes de fenômenos complexos (Vergara; Peci,

2003). Neste contexto, a metodologia aplicada emprega técnicas econométricas, como o método de Diferenças em Diferenças (DiD) e modelos de dados em painel, que são particularmente adequados para isolar os efeitos da política de banda larga de outras variáveis intervenientes.

No caso específico deste estudo, utilizamos dados em painel e o modelo Callaway Sant'Anna para comparar grupos de escolas que receberam a intervenção de banda larga com aquelas que não receberam, controlando para variáveis que possam confundir a relação causal, como características socioeconômicas das escolas.

Os dados em painel proporcionam várias vantagens, incluindo a capacidade de controlar por heterogeneidade não observada e capturar efeitos dinâmicos ao longo do tempo. Essa capacidade é essencial para separar o impacto da política pública de outras variáveis que possam influenciar os resultados (Wooldridge, 2010).

A população da pesquisa consiste nas escolas do ensino fundamental rurais públicas, seja administrada pela administração municipal, a maior parte delas, estadual ou federal, de todo o território nacional brasileiro no período de 2009 a 2019. Tanto dos anos iniciais, do 2º ao 5º ano, quanto dos anos finais, do 6º ao 9º ano. Essas escolas estão espalhadas pelas cinco regiões do país, e tem como traços em comum, a distância dos centros urbanos, o isolamento relativo em material e acesso a conteúdo didáticos, enfrentarem dificuldades no trajeto de acesso as unidades; no geral, em comparação as escolas urbanas, as contrapartes rurais são menores, possuem menos alunos e com uma infraestrutura mais modesta.

O nível mínimo de agregação dos microdados é a escola, não havendo divisão por série ou por aluno. Foram incluídas no estudo as escolas rurais públicas presentes no censo escolar promovido anualmente pelo INEP/MEC. Por outro lado, foram excluídas nessa população as escolas da área urbanas ou ainda estas serem administradas por particular ou terem sido desativadas pelo poder público. No caso, as escolas que permaneceram no estudo foram aquelas que estiveram presentes em todos os anos do estudo.

Sobre os critérios para a seleção dessa população; o escopo original dessa pesquisa havia sido mirar na região Nordeste; entretanto, nos debates e contribuições foi entendido que ampliar o escopo geográfico para todo o território nacional trariam mais abrangência e relevância a pesquisa. Além de agregar e poder mostrar um resultado mais amplo, já que há uma boa quantidade de avaliações de impacto no desempenho escolar na esfera municipal ou estadual ou de regiões geográficas.

De acordo com o Ministério da Educação, são critérios de elegibilidade à participação do programa, escolas que preencham os seguintes critérios: Ser escola pública e estar listada no

Censo escolar do INEP. O cronograma de instalação e implementação nessas escolas será definido pela agência reguladora ANATEL (Brasil, 2024e).

Conduzir a pesquisa em um âmbito territorial nacional, em vez de restringi-la num escopo municipal, estadual ou em áreas geográficas menores, oferecem vantagens significativas, como uma visão mais abrangente, permitindo captar uma maior diversidade socioeconômica e cultural, o que leva a conclusões mais robustas e generalizáveis.

O experimento ideal para estimar o efeito do PBLE seria alocar, de forma aleatória, um grupo de escolas beneficiárias do programa e outro de não beneficiárias, os quais se assemelhassem, em média, em suas características observáveis e não observáveis, em virtude da aleatorização, e então comparar antes e depois do recebimento do tratamento o desempenho escolar dos dois grupos. Todavia, a realização desse experimento é inviável.

Então, existem duas formas para se avaliar o impacto de um determinado programa ou política. Uma é a maneira não experimental ou econométrica, e a outra é a forma experimental. A forma experimental consiste em separar aleatoriamente os indivíduos em um grupo de controle (indivíduos não participantes do programa) e um grupo de tratamento (participantes do programa). Se a aleatorização for feita adequadamente, estatisticamente não haverá nenhuma diferença entre os grupos de controle e de tratamento, a não ser a participação no programa, não existindo assim viés de seleção.

Suponhamos que um indivíduo possa estar no estágio “1”, de participação, ou no estágio “0”, de não participação no programa, e que seus resultados são  $Y_0$  e  $Y_1$ , dependendo do estado. O ganho/perda com o programa seria a diferença entre os resultados nos dois estados ( $Y_0 - Y_1$ ). Porém, como o impacto de um programa não pode ser determinado para um indivíduo em particular, devemos focar a avaliação na distribuição do impacto entre os indivíduos,  $F(Y_0 - Y_1)$ , que é a função de distribuição acumulada dos efeitos do tratamento individuais.

Para programas direcionados a um determinado grupo de indivíduos, a análise de impacto deve ser feita em torno daqueles que realmente participaram ( $P=1$ ). Assim, como apresentado acima, o fator de interesse será  $E(D | P(X) = 1) = E(Y_1 - Y_0 | X, P(X)=1)$ .

A aleatorização resolve o problema de viés de seleção para as médias, criando um grupo de controle experimental formado por indivíduos que teriam participado do programa ( $P=1$ ), mas que aleatoriamente foram vetados da sua participação. Esta metodologia é apresentada por Heckman e Smith (1995), e sob as condições de que a aleatorização não altera o grupo de participantes nem o seu comportamento e de que programas substitutos ao programa avaliado não estariam disponíveis, o resultado médio esperado para o grupo de controle experimental estima corretamente o resultado contrafactual  $E(Y_0 | X, P(X) = 1)$  (Heckman; Masterov, 2007).

Os dados escolares foram coletados a partir de bases secundárias disponíveis no Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), órgão vinculado ao MEC que oferece bases de dados abrangentes e detalhadas sobre a educação básica no Brasil. A seguir, detalhamos o processo de coleta de dados e as variáveis.

O INEP/MEC desempenha um papel fundamental no contexto educacional brasileiro, sendo responsável pela coleta, análise e divulgação uma variedade de dados e informações relevantes sobre a educação básica e superior no país. Este órgão disponibiliza bases de dados que foram essenciais para este estudo, notadamente o Censo Escolar e os resultados do SAEB.<sup>1</sup>

O primeiro passo foi identificar e acessar as bases disponíveis no portal do INEP/MEC, que proporciona acesso público a uma diversidade de dados educacionais, atualizados anualmente.

O período de estudo definido para análise abrange de 2009 a 2019, permitindo uma visão abrangente das tendências e impactos das políticas educacionais ao longo mais de dez anos. Os períodos anteriores a 2009 possuem grande diversidade de formato que os impedem de comparação, já os anos após 2019, período da pandemia covid, sofreram de grandes dificuldades logísticas e de aplicação das provas, este fato é admitido pelo próprio órgão promovedor da coleta de dados.

Essas variáveis do estudo foram basicamente assentadas em três bancos de dados: o Censo Escolar, o SAEB e o Banco de dados sobre conexão escolar da ANATEL.

O Censo Escolar, realizado pelo INEP em colaboração com as secretarias estaduais e municipais, é o principal levantamento estatístico sobre a educação básica no Brasil. Ele coleta dados abrangentes e detalhados sobre as escolas, alunos, professores e turmas de todas as redes de ensino, desde a educação infantil até o ensino médio, tanto no setor público quanto no privado. O censo fornece informações essenciais que incluem números de matrículas, infraestrutura escolar, e perfil dos profissionais da educação, entre outros aspectos.

Além de servir para o planejamento e formulação de políticas, o Censo Escolar é utilizado também como base para a distribuição de recursos do governo federal, como no caso do Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação (Fundeb). Os dados gerados pelo censo auxiliam na realização de

---

<sup>1</sup> O Censo Escolar fornece informações detalhadas sobre matrículas, infraestrutura, corpo docente e desempenho educacional de escolas públicas e privadas em todo o território nacional. O SAEB, por sua vez, avalia o desempenho dos estudantes em Língua Portuguesa e Matemática, sendo fundamental para o cálculo do IDEB.

diagnósticos precisos sobre a situação da educação em diferentes regiões, contribuindo para a transparência e eficiência do sistema educacional brasileiro.

Já a Prova Brasil é uma avaliação de larga escala que faz parte do SAEB, aplicada pelo INEP no Brasil. Destinada a medir o desempenho dos estudantes em Língua Portuguesa (focando em leitura) e Matemática (focando em resolução de problemas), a prova é direcionada a alunos da rede pública. A Prova Brasil tem como objetivo principal fornecer dados robustos sobre o aprendizado dos alunos, o que, por sua vez, orienta políticas educacionais e decisões estratégicas para melhorias no ensino. As informações colhidas servem não apenas para avaliar o nível de conhecimento dos alunos, mas também para identificar padrões em diferentes regiões, fornecendo um panorama detalhado do cenário educacional brasileiro.

As notas das avaliações são usadas para calcular métricas importantes, como o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) que combina a performance dos alunos, conforme demonstrado nas provas, com as taxas de aprovação escolar.

E finalmente, os dados de conexão de internet banda larga nas escolas disponibilizados pela ANATEL, onde foi utilizado o mesmo código das escolas do INEP, que permite uma integração e operacionalização entre esses diferentes bancos de dados, possuem a medição de conexão de cada escola em megabytes por segundo, o tipo de conexão (por satélite, Linha Digital Assimétrica por Assinante (ADSL) ou por celular) e indicativo do ano de ativação do serviço na escola em questão.

Estes diferentes bancos de dados são possíveis de serem trabalhados de forma integrada, já que, eles têm em comum o mesmo número código de escola Inep.

O principal interesse do estudo é saber como o acesso à internet por banda larga afeta os principais indicadores de desempenho escolar nas escolas rurais. Dentre as variáveis de resultados estão Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB), o desempenho em disciplinas como Língua Portuguesa e Matemática, a defasagem idade-série, e as taxas de aprovação e desempenho em disciplinas como Língua Portuguesa e Matemática. No Quadro 1 será visto o elenco, apresentação e descrição das variáveis utilizadas no presente estudo, as variáveis independentes, as dependentes e as covariadas.

Quadro 1 – Descrição das variáveis

Nome da variável	Descrição	Fonte
Banda Larga	Escola possuir ou não banda larga em seu estabelecimento	Anatel
Ideb_inicial	Nota no IDEB no fundamental inicial	INEP
Ideb_final	Nota no IDEB no fundamental final	INEP
saeb_mat_inicial	Nota em matemática no SAEB - Fundamental inicial	INEP
saeb_mat_final	Nota em matemática no SAEB - Fundamental final	INEP
saeb_port_inicial	Nota em português no SAEB - Fundamental inicial	INEP
saeb_port_final	Nota em português no SAEB - Fundamental final	INEP
saeb_padronizada_inicial	Envolve a média de todos os escores brutos e seus desvios padrão para o fundamental inicial	INEP
saeb_padronizada_final	Envolve a média de todos os escores brutos e seus desvios padrão para o fundamental final	INEP
TDI_inicial	Taxa de distorção Idade-Série no fundamental inicial	INEP
TDI_final	Taxa de distorção Idade-Série no fundamental final	INEP
tx_aprovação_inicial	Taxa de aprovação no fundamental inicial	INEP
tx_aprovação_final	Taxa de aprovação no fundamental final	INEP
<b>Covariadas</b>		
internet_administrativo	acesso à internet para uso administrativo	INEP
internet_alunos	acesso à internet para uso dos alunos	INEP
internet_aprendizagem	acesso à internet para uso de ensino ou aprendizagem	INEP
laboratorio_informática	existência na escola de laboratório de informática	INEP
laboratorio_ciencias	existência na escola de laboratório de ciências	INEP
quadra_esportes	existência na escola de quadra de esportes	INEP
Refeitório	existência na escola de refeitório	INEP
Biblioteca	existência na escola de biblioteca	INEP

Fonte: Elaboração própria.

A nota do Ideb, obtida por escola, é uma combinação da média em cada escola das notas em Português e matemática obtidas na Prova Brasil que é promovida pelo SAEB com a sua taxa de aprovação, assim essa nota é uma fusão desses dois parâmetros<sup>2</sup>. As notas obtidas na prova Brasil avaliam os alunos nas disciplinas de matemática e português, tanto na fase inicial como no final do fundamental, já a nota SAEB padronizada é uma normalização das notas de Matemática e Português em seus escores brutos levando em conta seus desvios padrões. Essa normalização permite a comparação entre diferentes escolas, regiões ou períodos.

<sup>2</sup> O fundamental inicial faz referência aos primeiros anos, do segundo ao quinto ano; já o final faz referência aos últimos anos do fundamental, do sexto ao nono ano

A taxa de distorção idade-série indica a proporção de alunos com dois anos ou mais de atraso escolar e é dada em percentagem e finalmente, a taxa de aprovação é o percentual dos alunos que conseguem passar de ano, sem reprovações, durante o ano letivo.

Para medir o impacto do acesso da banda larga, foi criada uma variável *dummy*, que assumiu o valor 1 (um) quando a escola possui banda larga e zero, no caso contrário. É através dessa variável que será observado o efeito da banda larga sobre as outras variáveis ditas dependentes, ou seja, o fato causador do efeito sobre as outras variáveis dependentes dessa causa no estudo, seus valores tiveram como fonte os microdados ANATEL sobre o PBLE.

Numa análise multivariada de dados em painel, também tem interesses em entender as relações dinâmicas entre as variáveis independentes e dependentes e nesse sentido o papel das covariadas é crucial, pois elas ajudam a explicar a variação na variável dependente e permitir uma compreensão mais completa das relações entre variáveis. As covariadas são variáveis independentes que podem potencialmente influenciar a variável dependente (ou variável de interesse) em um modelo de regressão, seu uso permite uma melhor explicação do modelo e ainda trabalham para a redução dos vieses. As covariadas presentes no Quadro 1 foram escolhidas no censo Escolar como as com possibilidade de terem a maior relação e interferência sobre as variáveis dependentes. Sua escolha se deu com base na revisão da literatura em trabalhos anteriores sobre impacto de variáveis independentes sobre o desempenho escolar (Lima; De Lima; Sachsida, (2018), Monterio (2015); (Rocha; Novaes; Avelar, 2020))

#### 4.2 - Avaliação e tratamento dos dados

Antes de proceder às análises estatísticas foi realizada uma verificação de consistência dos dados para identificar possíveis falhas ou anomalias na base, tais como dados ausentes ou duplicados. Quanto aos dados ausentes foram tomadas estratégias como imputação de valores ausentes e a possível exclusão de dados faltantes foram consideradas.

O uso de dados do INEP/MEC é justificado pela abrangência e confiabilidade dessas fontes, que oferecem uma cobertura abrangente de dados longitudinalmente consistentes. Dado o caráter público e a acessibilidade destes dados, a pesquisa assegura transparência e replicabilidade, fundamentos essenciais para a validade externa e interna do estudo. Uma via alternativa de uso de bancos de dados seria a utilização dos bancos de pesquisa estaduais, que trariam questões de formatação e compatibilidade de campos em si, devido a essas questões, o uso dos bancos nacionais do INEP foi a escolha da pesquisa.

Após a coleta, os dados foram processados utilizando o software RStudio. Um aspecto relevante no tratamento da base de dados foi a abordagem em relação aos valores ausentes, referidos como NAs. Uma das alternativas para lidar com esses dados é a remoção de linhas completas (Listwise Deletion), que envolve a exclusão de todas as entradas que contêm qualquer valor faltante. Embora esta técnica seja fácil de implementar, ela pode resultar na perda significativa de dados, especialmente quando os NAs estão espalhados pela base.

No presente estudo, um script foi desenvolvido no RStudio para gerenciar os registros com NAs, utilizando o método conhecido como “Last Observation Carried Forward” (LOCF), para os quais os valores ausentes foram preenchidos com a última observação válida. Essa técnica é particularmente justificada quando os dados variam gradualmente ao longo do tempo. Além disso, os dados do Censo Escolar, do IDEB e da ANATEL foram integrados em um único arquivo para facilitar a manipulação e armazenamento, sendo salvos no formato .RDS, que é adequado para execução no R. Foi aplicada a técnica de painel balanceado, assegurando que todas as escolas tivessem um número fixo de observações ao longo do período estudado, o que é crucial para a obtenção de estimativas mais precisas e robustas.

A conversão dos códigos de identificação de cada escola para o formato texto também foi realizada para facilitar a junção dos diferentes conjuntos de dados, baseando-se nos identificadores únicos. Por fim, uma transformação logarítmica foi aplicada aos dados para modificar a escala das variáveis e facilitar a interpretação dos resultados, aproximando a distribuição dos dados de uma normalidade, estabilizando resíduos e reduzindo a heterocedasticidade. A análise de impacto da política pública de banda larga nas escolas foi conduzida com o pacote "did", utilizando o estimador Callaway-Sant’Anna para garantir robustez nas conclusões ao longo da investigação. O uso de ferramentas como o double robust foi destacado como essencial para aumentar a confiabilidade das estimativas obtidas.

### 4.3. Modelo Callaway e Sant’Anna

O modelo de Callaway e Sant’Anna (2021) é uma extensão do método de Diferenças em Diferenças (DiD) que se destina a avaliar o impacto de intervenções em contextos onde o tratamento é implementado em diferentes momentos para diferentes unidades (Callaway; Sant’anna, 2021). Esta abordagem permite uma análise mais flexível e robusta dos efeitos do tratamento.

A estrutura básica do modelo está fundamentada na seguinte representação matemática:

$$Y_{it} = \alpha_i + \lambda_t + \beta D_{it} + \epsilon_{it} Y_{-\{it\}}$$

Onde:  $Y_{it}$  representa o resultado de interesse da unidade (i) no tempo (t),

- $\alpha_i$  representa os efeitos fixos das unidades, capturando características não observáveis que são constantes ao longo do tempo.
- $\lambda_t$  representa os efeitos fixos de tempo, capturando choques comuns a todas as unidades no período t.
- $D_{it}$  é uma variável indicadora que assume o valor 1 se a unidade i estiver no grupo de tratamento no tempo t e 0 caso contrário.
- $\beta$  é o parâmetro de interesse, que mede o impacto do tratamento.
- $\epsilon_{it}$  é o termo de erro.

Uma das contribuições centrais do modelo é a forma de calcular os efeitos de tratamento específicos para cada grupo de tratamento e período de adoção. A média dos efeitos do tratamento para o grupo g que foi tratado no período  $T_g$  é dada por:

$$ATT(g,t) = E [Y_{it}(1) - Y_{it}(0) \mid G_i=g, T_i=T_g]$$

Onde:

- $ATT(g,t)$  representa o Average Treatment Effect on the Treated para o grupo g no tempo t.
- E calcula a média da diferença entre os resultados potenciais com tratamento e sem tratamento.
- $Y_{it}(1)$  e  $Y_{it}(0)$  são os potenciais resultados com e sem o tratamento, respectivamente.
- $G_i=g$  indica que a unidade i pertence ao grupo de tratamento g.
- $T_i=T_g$  indica que a unidade i foi tratada no período  $T_g$ .

A análise proposta por Callaway e Sant'Anna (2021) é particularmente benéfica, pois considera a necessidade de ajustar os modelos para autocorrelação e heterocedasticidade, utilizando erros padrão robustos para garantir a validade das inferências estatísticas. Além disso, a aplicação de técnicas de "double robust" assegura que as estimativas permaneçam confiáveis sob diferentes especificações de modelos e grupos controle.

Este modelo é uma contribuição significativa para o campo da econometria, pois oferece uma estrutura analítica que é capaz de lidar com complexidades frequentemente presentes na

avaliação de políticas públicas. A flexibilidade na consideração dos tempos de tratamento e a possibilidade de investigar os efeitos acumulativos tornam o modelo uma ferramenta robusta para economistas e pesquisadores que buscam compreender as repercussões de intervenções ao longo do tempo, corroborando a discussão de Heckman e Masterov (2007) sobre a importância do investimento em programas efetivos que impactam a educação e a formação de habilidades (Heckman; Masterov, 2007).

Na análise de impacto da banda larga nas escolas rurais a utilização do PSM foi preterida pelos seguintes motivos: O modelo de Callaway e Sant'Anna é particularmente adequado para situações em que o tratamento é implementado em diferentes momentos no tempo e entre diferentes grupos de unidades. Assim, o modelo é mais apropriado quando se busca capturar os efeitos dinâmicos do tratamento em um cenário no qual as escolas enfrentam diferentes momentos da intervenção.

Além disso, O Propensity Score Matching (PSM) é projetado para equilibrar características observáveis entre grupos de tratamento e controle, pareando unidades com características semelhantes com base em um escore de propensão, reduzindo assim, vieses de seleção. No entanto, em populações mais uniformes, essa técnica pode se tornar redundante ou mesmo ineficaz (Lechner, 2011). Se a variação observada entre as escolas rurais for mínima, pode haver poucos indicadores que gerem diferenças significativas no escore de propensão, resultando em um pareamento que não acrescenta valor analítico significativo.

Ademais, o método Callaway e Sant'Anna não apenas permite a análise dos efeitos do tratamento, mas também ajusta as incertezas associadas a diferentes momentos de implementação de políticas, sendo a dificuldade em lidar com dados de painel dinâmicos, onde o tratamento é implementado em diferentes momentos para diferentes unidades, uma das limitações ao uso do PSM.

. Isso é particularmente importante em estudos educacionais, nos quais políticas podem levar tempo para produzir resultados detectáveis. Os métodos de pareamento, em contrapartida, podem ser insuficientes para capturar efeitos temporais e cumulativos, uma vez que se concentra apenas em parear características, sem considerar como as intervenções evoluem ao longo do tempo (Callaway; Sant'anna, 2021).

Em aplicações empíricas que utilizam o método de Diferenças em Diferenças (DiD), a validade da hipótese de tendências paralelas, fundamental para a identificação causal, muitas vezes depende do condicionamento em covariáveis observáveis. Em particular, quando características observáveis diferem entre os grupos de tratamento e controle, essas diferenças podem gerar dinâmicas distintas nos resultados ao longo do tempo, violando a suposição de

tendências paralelas incondicionais. Nesses casos, a aplicação de estratégias de DiD incondicional não é adequada para recuperar parâmetros causais de maneira robusta e confiável (Abadie, 2005).

Ao analisar o impacto da implementação de internet banda larga nas escolas rurais, é essencial considerar que fatores como a existência prévia de laboratórios de informática ou de uma infraestrutura administrativa básica podem influenciar tanto a probabilidade de adoção do programa quanto os resultados educacionais. Esses fatores, se ignorados, podem introduzir distorções nas estimativas de impacto. Escolas com infraestrutura pré-existente podem, por exemplo, apresentar uma trajetória de desempenho ascendente mesmo na ausência do tratamento, enquanto escolas sem essa infraestrutura podem seguir uma trajetória distinta.

Em outras palavras, neste design, as covariáveis não são empregadas como fatores de regressão linear direta, mas desempenham um papel crucial como parâmetros de ajuste e agrupamento entre as escolas, permitindo alinhar melhor as trajetórias contrafactuais dos grupos tratados e de controle, e aprimorar a identificação causal ao reduzir discrepâncias relacionadas a diferenças observáveis entre as unidades.

Nesta análise dos dados utilizando o modelo de Callaway e Sant'Anna, o cálculo dos intervalos de confiança foi feito com significância de 95% que é essencial para validar os resultados obtidos, ao garantir que os intervalos de confiança não incluam zero, os resultados indicam significância estatística. Esses intervalos são construídos ao redor das estimativas de efeito médio do tratamento (ATT) para fornecer uma faixa na qual o verdadeiro valor do efeito é esperado, com um nível de confiança predefinido. A utilização de erros padrão robustos na construção destes intervalos de confiança é uma prática crucial para assegurar que as inferências sejam válidas.

A análise seria feita, em princípio, no período de 2007 a 2019, mas, devido ao fato do início de implementação da banda larga nas escolas rurais só ter se dado em 2014, este fato repercutiu num encurtamento dos períodos disponíveis para se rodar o modelo, a posterior adição de mais períodos ao estudo permitirá conclusões mais generalizáveis. Um ponto complementar diz respeito ao fracionamento da área geográfica de abrangência de pesquisa, nesta, o escopo foi de todo o território nacional, entretanto devido à natureza dos dados do Censo, é possível, este estudo ser feito com o âmbito regional, estadual ou mesmo na fração de municípios.

Embora os dados em painel ofereçam vantagens temporais, também apresentam desafios metodológicos, como o manejo de autocorrelação e heterocedasticidade, fatores que

Marconi e Lakatos (2003) destacam como cruciais na modelagem de dados estruturados longitudinalmente.

Os resultados advindos destes diferentes âmbitos geográficos confirmarão ou refutarão estes resultados mais gerais e lhes darão mais validade e robustez. Complementarmente, a ocorrência da ausência de dados, ou a presença de NAs coloca na decisão do pesquisador sobre o melhor método para preenchimento e gerenciamento dos NA e conseqüente reflete na qualidade da pesquisa trazendo questões de redução e gerenciamento de vieses de seleção.

## 5. RESULTADOS

O período de estudo abrange os anos de 2009 a 2019, mas, conforme os dados fornecidos pela ANATEL, a implementação de banda larga nas escolas rurais teve início efetivo somente em 2014. Esse fato é relevante porque afeta a quantidade de dados disponíveis para análise econométrica, particularmente no que se refere às escolas rurais. Enquanto os dados da ANATEL e do Censo Escolar são coletados anualmente, os levantamentos do SAEB ocorrem de forma bianual.

Em 2019, o número total de escolas rurais estudadas foi de 50.691. Destas, 15.728 escolas faziam parte do grupo de tratamento, ou seja, receberam a implementação da banda larga, enquanto 34.963 escolas compuseram o grupo de controle (contrafactual), logo sem esse acesso durante o período analisado. A predominância de escolas municipais é majoritária, representando 90,7% (46.026 escolas), com uma pequena parcela sob administração estadual (4.602) e apenas 63 sob gestão federal. Essa divisão institucional é significativa para a análise, pois reflete a distribuição da administração educacional no Brasil e o papel das esferas de governo na condução de políticas públicas.

Tabela 1 – Descrição dos dados amostrais – 2019

Dado	Número de escolas
Escolas rurais públicas	50691
Grupo de tratamento	15728
Grupo de controle	34963
Municipais	46026
Estaduais	4602
Federais	63

Fonte: Elaboração própria.

O número de novas escolas públicas rurais que aderiram ou foram contempladas com a banda larga em suas dependências por cada ano é representado na Figura 1. As escolas rurais apresentam início de implantação no ano de 2014; com um crescimento contínuo e significativo até o ano de 2016, ano que atinge seu pico, com quase 30 mil escolas iniciantes no uso da tecnologia. Nos anos seguintes, ocorre uma redução de novas escolas sendo atendidas.

Figura 1 - Novas escolas entrantes no PBLE



Fonte: Elaboração própria.

### 5.1 Estatísticas descritivas

Na Tabela 2 apresentam-se os resultados das estatísticas descritivas das variáveis de interesse, com foco nos indicadores de desempenho educacional medidos pelo SAEB, bem como nos parâmetros relacionados ao desempenho escolar, com as médias, desvios-padrão, valores máximos e mínimos de cada variável.

Tabela 2 – Resumo das estatísticas descritivas

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
ldeb_inicial	5,5	1,1	1,7	9,8
ldeb_final	4,6	0,9	1,0	8,7
saeb_mat_inicial	217,3	26,8	124,6	337,9
saeb_mat_final	255,2	23,8	152,9	373,2
saeb_port_inicial	204,1	26,1	113,4	313,4
saeb_port_final	252,7	21,6	150,7	356,0
saeb_padronizada_inicial	5,8	1,0	2,4	9,8
saeb_padronizada_final	5,1	0,7	1,7	8,7
TDI_inicial	15,2	12,3	0,0	98,0
TDI_final	33,0	16,7	0,0	95,2
tx_aprovação_inicial	92,3	8,5	13,8	100,0
tx_aprovação_final	87,8	10,6	27,8	100,0

Fonte: Elaboração própria.

Neste estudo, serão apresentadas algumas estatísticas descritivas do banco de dados no ano de 2019, esse ano foi escolhido como referência pelo fato de que, anos diversos, apresentam estatísticas descritivas diferentes, ademais, o ano de 2019 foi eleito pelo fato de ser o último da série. Os resultados obtidos são apresentados a seguir.

Os dados referentes ao IDEB nos ciclos iniciais apresentam uma média de 5,5, sugerindo que, em média, as entidades avaliadas alcançaram um desempenho próximo aos padrões estabelecidos pelo Ministério da Educação, ou seja, atingiram a nota 6,0. Essa média é indicativa de um cenário educacional que, apesar de não ser ideal, reflete uma realidade onde muitas instituições estão alcançando a nota mínima de 6,0 proposta pelo MEC.

Os resultados do IDEB final, que apresentaram uma média de 4,6, um desvio padrão de 0,9, e valores que variam entre 1,0 e 8,7. A média de 4,6 indica que, em geral, as escolas avaliadas se situam abaixo da nota mínima estipulada pelo MEC para o IDEB, que é de 6,0 para os ciclos finais. Este resultado sugere que, embora algumas instituições tenham conseguido desempenhos aceitáveis, muitas enfrentam desafios significativos em sua busca por uma educação de qualidade.

Os resultados do SAEB para a matemática em nível inicial, que apresentaram uma média de 217,3, um desvio padrão de 26,8, com valores variando entre 124,6 e 337,9. Essa análise oferece uma visão sintética sobre o desempenho dos estudantes nos ciclos iniciais do ensino fundamental. A média de 217,3 sugere que, em geral, as escolas avaliadas desempenham em um nível moderado em matemática, quando comparada, por exemplo, com a nota do SAEB final em português que foi de 252,7.

Os resultados referentes ao desempenho em matemática no nível final, apresentam uma média de 255,2, um desvio padrão de 23,8, e um intervalo de valores que varia entre 152,9 e 373,2. A média de 255,2 indica que o desempenho geral dessas escolas pode ser dado como moderadamente satisfatório, colocando-as em uma posição melhor em relação ao desempenho obtido no ciclo inicial (217,3).

A avaliação do desempenho das entidades em Língua Portuguesa nos ciclos iniciais e finais do ensino fundamental é um dos parâmetros para compreender a eficácia do sistema educacional. Os dados do Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB) mostram que, nas avaliações iniciais, a média foi de 204,1, com um desvio padrão de 26,1, enquanto nas avaliações finais, a média alcançou 252,7, com um desvio padrão de 21,6. Os valores variaram de 113,4 a 313,4 nos ciclos iniciais e de 150,7 a 356,0 nas finais.

A média de 204,1 nos ciclos iniciais sugere que os alunos apresentam um desempenho básico em Língua Portuguesa, indicando um nível de proficiência que precisa ser fortalecido. Embora essa média indique alguma capacidade dos alunos de compreender e utilizar a linguagem, aos desafios da alfabetização e do letramento permanecem evidentes. Por outro lado, a média de 252,7 nos ciclos finais sugerem que os alunos adquiriram competências linguísticas mais avançadas.

Os resultados do SAEB padronizados inicial revelam uma média de 5,8, o que indica que, de maneira geral, as instituições de ensino se encontram em um nível de desempenho satisfatório. Esse resultado sugere que muitas instituições estão conseguindo transmitir um entendimento básico das competências exigidas, refletindo um comprometimento das escolas com a formação inicial dos estudantes. No entanto, apesar da média positiva, a variação nos resultados, evidenciada por um desvio padrão de 1,0, indica que a maioria das instituições está próxima da nota média de 6,0 proposta pelo MEC, com uma consistência nos desempenhos entre as escolas avaliadas.

Os resultados revelam uma média de 5,1, no SAEB padronizada final com um desvio padrão de 0,7, e um intervalo que varia entre 1,7 e 8,7. A média de 5,1 indica que as entidades estão apresentando um desempenho, em média, abaixo da nota mínima 6,0 estabelecida pelo MEC.

O acompanhamento da Taxa de Distorção Idade-Série (TDI) é fundamental para avaliar a adequação da escolarização em relação à faixa etária dos alunos ao longo dos ciclos de ensino. Os resultados obtidos para a TDI no ciclo inicial revelam uma média de 15,2, um desvio padrão de 12,3; enquanto no ciclo final, a média aumenta para 33,0, com um desvio padrão de 16,7. Esses dados indicam um diferença significativo na distorção idade-série entre os ciclos escolares, levantando preocupações sobre o impacto da defasagem na formação e aprendizagem.

A média de 15,2 nos ciclos iniciais sugere que uma proporção considerável de escolas está dentro da faixa etária adequada, mas a presença de uma média de 33,0 nos ciclos finais indica que muitos estudantes não estão progredindo conforme esperado.

As taxas de aprovação são indicadores relevantes para medir o sucesso do sistema educacional, refletindo a proporção de alunos que conseguem avançar em sua trajetória acadêmica. Neste estudo, foram analisadas as taxas de aprovação nos ciclos iniciais e finais do ensino fundamental, com os resultados indicando uma média de 92,3% para o nível inicial e 87,8% para o nível final. O desvio padrão foi de 8,5% nos ciclos iniciais e 10,6% nas finais,

com valores que variam de 13,8% a 100,0% para a aprovação inicial e de 27,8% a 100,0% para a aprovação final.

Em suma, nesta estatística descritiva observa-se uma queda comparativa na média do IDEB entre os ciclos iniciais (5,5) e finais (4,6). Isso sugere que, apesar de um desempenho inicial próximo a nota mínima de 6,0; as escolas enfrentam desafios significativos em manter o nível de ensino ao longo da trajetória escolar, resultando em um desempenho final abaixo das notas obtidas nos ciclos iniciais.

Adicionalmente, o desempenho em matemática apresentou uma nota média inicial (217,3) e a média apresentada nos ciclos finais (255,2), sendo mais alta que o ciclo anterior. Da mesma forma, a média em Língua Portuguesa também apresenta um aumento comparativo entre os ciclos iniciais e finais, de 204,1 para 252,7, sugerindo que os alunos dos ciclos final conseguem desenvolver melhores competências linguísticas em comparação aos ciclos iniciais.

Finalmente, os desvios padrão relativamente elevados em todas as categorias indicam uma variabilidade significativa no desempenho das entidades. Isso sugere que há uma disparidade nas condições de ensino, refletindo diferentes realidades escolares que impactam o aprendizado.

## 5.2 Tratamento dos Dados

Os dados do Censo Escolar do INEP, ao longo dos diferentes anos, foram consolidados em um único arquivo, sendo salvos no formato .RDS, adequado para manipulação no RStudio. O mesmo procedimento foi aplicado aos bancos de dados do IDEB e da ANATEL. A identificação única de cada escola, presente nos arquivos do INEP e ANATEL, permitiu a integração dessas diferentes fontes de dados, facilitando a análise conjunta.

Para melhorar a interpretação dos resultados, aplicou-se uma transformação logarítmica nas variáveis, o que contribuiu para uma distribuição mais simétrica dos dados, aproximando-os da normalidade. Além disso, essa transformação estabilizou os resíduos e reduziu a heterocedasticidade, além de atenuar os efeitos de outliers, minimizando seu impacto nos resultados.

Na gestão dos valores ausentes (NAs), utilizou-se o método Last Observation Carried Forward (LOCF), adequado para variáveis de natureza gradual, evitando perdas significativas de dados. Ademais, aplicou-se a técnica de painel balanceado, garantindo um número fixo de observações para cada escola ao longo do período de estudo, o que assegura estimativas mais precisas e robustas.

No contexto econométrico, a função double robust foi utilizada para aumentar a confiabilidade das estimativas, proporcionando maior robustez e controle de potenciais vieses.

Sobre a utilização e aplicação das covariadas no âmbito da programação do Rstudio, é relevante destacar que, em aplicações empíricas que utilizam o método de Diferenças em Diferenças (DiD), a validade da hipótese de tendências paralelas, fundamental para a identificação causal, muitas vezes depende do condicionamento em covariáveis observáveis. Em particular, quando características observáveis diferem entre os grupos de tratamento e controle, essas diferenças podem gerar dinâmicas distintas nos resultados ao longo do tempo, violando a suposição de tendências paralelas incondicionais. Nesses casos, a aplicação de estratégias de DiD incondicional não é adequada para recuperar parâmetros causais de maneira robusta e confiável (Abadie, 2005).

Ao analisar o impacto da implementação de internet banda larga nas escolas rurais, é essencial considerar que fatores como a existência prévia de laboratórios de informática ou de uma infraestrutura administrativa básica podem influenciar tanto a probabilidade de adoção do programa quanto os resultados educacionais. Esses fatores, se ignorados, podem introduzir distorções nas estimativas de impacto. Escolas com infraestrutura pré-existente podem, por exemplo, apresentar uma trajetória de desempenho ascendente mesmo na ausência do tratamento, enquanto escolas sem essa infraestrutura podem seguir uma trajetória distinta.

Em outras palavras, neste design, as covariáveis não são empregadas como fatores de regressão linear direta, mas desempenham um papel crucial como parâmetros de ajuste e agrupamento entre as escolas, permitindo alinhar melhor as trajetórias contrafactuais dos grupos tratados e de controle, e aprimorar a identificação causal ao reduzir discrepâncias relacionadas a diferenças observáveis entre as unidades.

### 5.3 Discussão

A pesquisa revelou que a implementação da banda larga teve um impacto positivo consistente nas variáveis de desempenho escolar no ensino fundamental nos anos finais. Destacou-se, em particular, o desempenho em Língua Portuguesa, que superou os resultados em Matemática. No entanto, no fundamental inicial, os efeitos foram próximos de zero ou até negativos, sugerindo que a adaptação ou o aproveitamento das tecnologias pode ter sido mais desafiante para os alunos mais jovens.

Um achado representativo foi a taxa de aprovação, que mostrou um aumento no fundamental inicial e foi pronunciado no fundamental final, onde quase triplicou. Este aumento

nas taxas de aprovação teve um efeito cumulativo, contribuindo também para uma melhoria nas taxas de defasagem idade-série. Nos anos finais do ensino fundamental, essa melhoria foi quase o dobro em comparação com os anos iniciais, indicando uma relação estreita entre as taxas de aprovação e a regularização do fluxo escolar.

Além disso, a pesquisa identificou dois efeitos discretos, mas importantes: o primeiro foi a ocorrência de um efeito retardado, indicando que os benefícios da política de implementação de banda larga podem levar algum tempo para se manifestar plenamente. O segundo foi um efeito cumulativo no efeito do tratamento, que resultou em uma intensificação do impacto ao longo do tempo. Esses achados sugerem que, embora os ganhos iniciais possam ser pequenos, os efeitos positivos da banda larga na educação se tornam mais pronunciados e ampliados à medida que o tempo passa, destacando a importância de políticas de tecnologia sustentáveis e de longo prazo na educação.

#### 5.4 Nota IDEB inicial x final

Na Tabela 3, são apresentados os resultados do impacto do PBLE sobre o IDEB, comparando os resultados do IDEB inicial aos do IDEB final. Nela são apresentados os valores das diferenças de estimativas entre os grupos tratado e de controle por cada um dos períodos de intervenção da política.

Tabela 3 – Resultados das estimativas de impacto do PBLE no desempenho no IDEB.

Event time	Nota IDEB geral - inicial				Nota IDEB geral - Final			
	Estimate	Std.Error	Conf Interv 95%		Estimate	Std.Error	Conf Interv 95%	
-5	0.0000	-	-	-	0.0000	-	-	-
-4	0.0028	0.0026	-0.0039	0.0095	-0.0018	0.0045	-0.0141	0.0106
-3	0.0063	0.0033	-0.0024	0.0149	0.0042	0.0026	-0.0028	0.0113
-2	0.0034	0.0035	-0.0057	0.0125	-0.0047	0.0038	-0.0150	0.0056
-1	0.0002	0.0011	-0.0028	0.0031	0.0018	0.0011	-0.0011	0.0047
0	-0.0047	0.0023	-0.0107	0.0013	0.0081	0.0024	0.0014	0.0147 *
1	-0.0103	0.0033	-0.0188	(-)0.0017 *	0.0142	0.0034	0.0050	0.0234 *
2	-0.0011	0.0040	-0.0115	0.0093	0.0318	0.0042	0.0204	0.0431 *
3	0.0037	0.0053	-0.0101	0.0176	0.0448	0.0051	0.0310	0.0587 *
4	0.0079	0.0055	-0.0063	0.0220	0.0549	0.0061	0.0383	0.0715 *
5	0.0033	0.0074	-0.0160	0.0225	0.0758	0.0078	0.0546	0.0970 *

Fonte: Elaboração própria. \*Nível de Significância de 5%

Ao se analisar os períodos (Tabela 3) e ainda no Gráfico 1 - a, observamos uma alternância significativa entre impactos negativos e positivos. Embora a maioria desses resultados carece de significância local para cada período. Assim, esses achados não permitem uma conclusão definitiva sobre a influência do PBLE nas notas do IDEB inicial, levando à

classificação dos efeitos como inconclusivos. Um paralelo pertinente pode ser traçado com o trabalho de Almeida (2014), que também constatou a ausência de resultados significativos em programas de reforço escolar aplicados ao mesmo nível de ensino. Essa similaridade levanta perguntas sobre questões exógenas, que podem ter contribuído para a falta de efeitos perceptíveis ou para a obtenção de resultados próximos de zero.

No período do IDEB inicial, observou-se um Efeito Médio do Tratamento sobre os Tratados (ATT) de -0,0002 (Tabela 4), indicando um efeito negativo e praticamente nulo; no entanto, essa estimativa não teve significância estatística, devido ao fato do zero estar contido no intervalo de confiança, como observado no Gráfico 1a).

Tabela 4 - Efeito dinâmico para as avaliações da Nota IDEB.

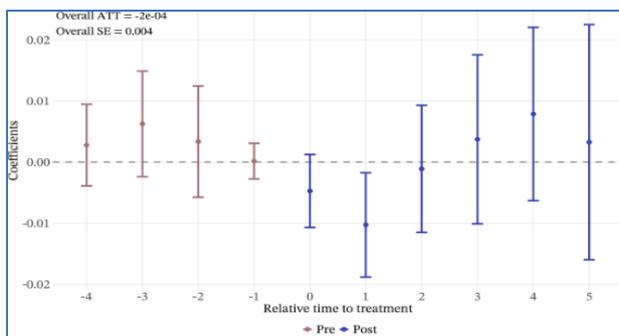
IDEB	ATT (%)	Std. Error	95% Interval conf	
Inicial	-0,02	0.004	-0.0081	0.0077
Final	3,83	0.0038	0.0308	0.0457 *

Fonte: Elaboração própria.

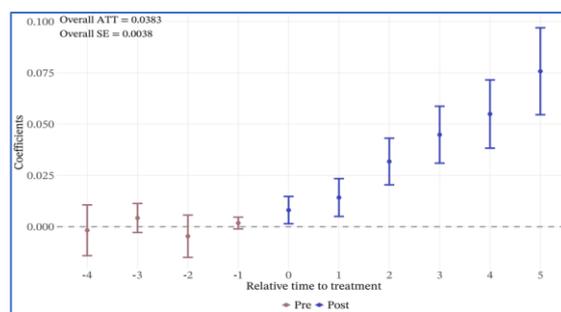
\*Nível de Significância de 5%

Gráfico 1 – IDEB

a) inicial



b) final



Fonte: Elaboração própria.

Uma das possibilidades, conforme destaca André (2009), é a necessidade de qualificação dos docentes e a implementação de um programa voltado para os alunos, que facilite um melhor aproveitamento da tecnologia disponível aos grupos tratados. Tal abordagem poderia ser crucial para maximizar o potencial do PBLE e, conseqüentemente, melhorar os resultados educacionais, esse entendimento é colaborado por Eynon e Malmberb (2011), que em seu estudo sobre a implementação de TIC, informa que se leva um tempo, com uma curva de aprendizado, demandando tempo de treinamento tanto de alunos e professores (Eynon;

Malmberg, 2012), se apresentando como uma das possíveis causas desta relação negativa no IBED inicial. Portanto, os resultados sugerem não ter havido um efeito claro no IDEB do fundamental inicial, sendo assim inconclusivo.

Em contraste, na fase do IDEB final, o ATT para todo o período foi de 0,0383, com um erro padrão de 0,0038, indicando um intervalo de confiança que é estatisticamente significativo. Dentre todos os valores de ATT analisados, este apresentou a maior amplitude, ou seja, demonstrou o maior impacto. Os resultados sugerem que o PBLE teve um efeito positivo e consistente, que se intensificou ao longo do tempo, evidenciando uma tendência clara e estatisticamente significativa (gráfico 1b). O efeito atingiu seu valor máximo no período 5, com um efeito estimado de 0,0758.

Assim é que, se o efeito do programa no fundamental inicial foi inconclusivo, já no fundamental final foi onde o resultado se apresentou mais claro em termos de significância, de forma positiva e se intensificando ao longo do tempo. Por fim, não foram detectados períodos de antecipação nos testes realizados.

#### 5.5 Nota SAEB Matemática inicial x final

Os resultados do impacto do PBLE sobre o SAEB, comparando os resultados de matemática do SAEB inicial aos de matemática do SAEB final são mostrados na Tabela 5, na qual são apresentados os valores das diferenças das estimativas entre os grupos tratado e de controle por cada um dos períodos de intervenção da política.

Tabela 5 - Resultados das estimativas de impacto do PBLE no desempenho no SAEB de Matemática.

Event time	Nota SAEB Matemática - inicial				Nota SAEB Matemática - Final			
	Estimate	Std.Error	Conf Interv 95%		Estimate	Std.Error	Conf Interv 95%	
-5	0.0000	-	-	-	0.0000	-	-	-
-4	0.0015	0.0021	-0.0038	0.0069	-0.0001	0.0027	-0.0074	0.0073
-3	0.0015	0.0023	-0.0045	0.0074	0.0021	0.0012	-0.0011	0.0052
-2	-0.0010	0.0026	-0.0077	0.0056	-0.0012	0.0017	-0.0058	0.0034
-1	-0.0019	0.0007	-0.0038	(-)0.0001*	0.0010	0.0005	-0.0005	0.0024
0	-0.0103	0.0017	-0.0148	(-)0.0058*	-0.0001	0.0013	-0.0035	0.0034
1	-0.0193	0.0022	-0.0250	(-)0.0137*	0.0010	0.0016	-0.0033	0.0053
2	-0.0143	0.0032	-0.0225	(-)0.0062*	0.0143	0.0022	0.0082	0.0205*
3	-0.0135	0.0040	-0.0239	(-)0.0032*	0.0224	0.0026	0.0153	0.0295*
4	-0.0115	0.0039	-0.0215	(-)0.0014*	0.0310	0.0028	0.0232	0.0387*
5	-0.0202	0.0052	-0.0337	(-)0.0067*	0.0371	0.0042	0.0256	0.0487*

Fonte: Elaboração própria.  
Nível de Significância de 5%

O ATT negativo indica que, imediatamente após a implementação da banda larga, houve uma redução nas notas de matemática padronizadas nos anos iniciais. Especificamente, como a variável foi transformada de forma logarítmica essa redução de -0.0149 (Tabela 6) pode ser interpretada como uma diminuição aproximada de 1.49% nas notas. O intervalo de confiança sugere que o efeito é estatisticamente significativo ao nível de 5%. Esse efeito negativo é também colaborado pelo mesmo efeito no IDEB nos anos iniciais (Tabela 3); essa redução das notas (Gráfico 2a) em face do efeito da política pública ainda é, de certa forma inesperado e sem explicação; ainda carecendo de uma teoria ou explanação razoável.

Tabela 6 - Efeito dinâmico para as avaliações da nota SAEB de Matemática.

SAEB Matemática	ATT (%)	Std. Error	95% Interval conf	
Inicial	-1,49	0,0029	-0.0206	-0.0092
Final	1,76	0.0020	0.0137	0.0215 *

Fonte: Elaboração própria.

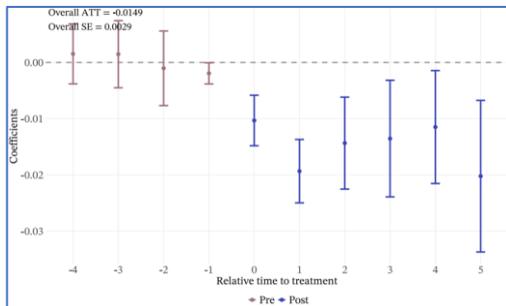
Por outro lado, no período dos anos finais houve um resultado mostrando um intervalo de confiança significativo com ATT de 0,0176 (Tabela 6), sendo positivo e consistente em todos os períodos pós tratamento. Um ponto de interesse é o seu aparente efeito cumulativo, sendo sua magnitude se ampliado ao longo do tempo (Gráfico 2b). Uma possível razão para esse efeito

cumulativo é ofertado por Becker e Ravitz (1999) que descobriram que a capacitação de professores resultam em impactos cumulativos na aprendizagem dos alunos; de uma certa maneira, essa teoria também possa explicar um certo “delay” na efetivação da política, já que levaria um certo tempo útil para o treinamento e implementação da política nas práticas educacionais.

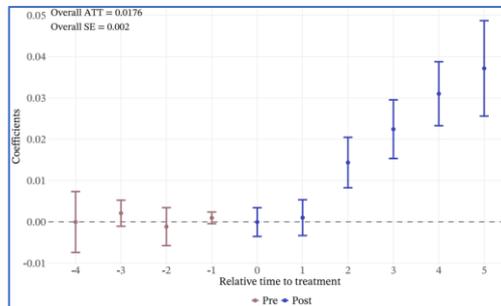
Entretanto, em seu estudo, Cheng e Slavin (2013), em uma meta-análise, debateu sobre as tecnologias de educação utilizadas no ensino de matemática, incluindo estudo sobre elementos tais como, software tutorial, sistemas de aprendizado baseado em computador e ferramentas de suporte ao ensino; mas aparentemente nenhuma explanação específica e concreta foi fornecida para entendimento desse achado; entretanto na conclusão esses pesquisadores ressaltaram para a necessidade de integração eficaz da tecnologia na pedagogia e a importância do treinamento adequado para professores, visando maximizar os benefícios do uso de tecnologia na educação (Alan C.K. Cheung; Robert E. Slavin, 2013).

Gráfico 2 - Nota SAEB Matemática

a) inicial



b) final



Fonte: Elaboração própria.

Por outro lado, no período dos anos finais houve um resultado mostrando um intervalo de confiança significativo com ATT de 0,0176 (Tabela 6), sendo positivo e consistente em todos os períodos pós tratamento. Um ponto de interesse é o seu aparente efeito cumulativo, sendo sua magnitude se ampliado ao longo do tempo (Gráfico 2b). Uma possível razão para esse efeito cumulativo é ofertado por Becker e Ravitz (1999) que descobriram que a capacitação de professores resultam em impactos cumulativos na aprendizagem dos alunos; de uma certa maneira, essa teoria também possa explicar um certo “delay” na efetivação da política, já que levaria um certo tempo útil para o treinamento e implementação da política nas práticas educacionais.

Com o tempo, professores se tornam mais proficientes no uso de tecnologias digitais, aprimorando suas práticas de ensino. Becker e Ravitz (1999) descobriram que quando professores são capacitados para usar tecnologia de forma eficaz, isso resulta em um impacto positivo significativo no aprendizado dos alunos (Becker; Ravitz, 1999a). A estabilidade e os mecanismos desse efeito cumulativo seriam motivos de estudo futuros para observar tendências no longo prazo.

### 5.6 Nota SAEB Português inicial x final

Na Tabela 7, são apresentados os resultados que comparam os desempenhos em português entre os grupos tratado e controle, evidenciando as diferenças nas estimativas do impacto do PBLE.

Tabela 6 – Resultados das estimativas de impacto do PBLE no desempenho no SAEB em Português.

Event time	Nota SAEB Português - inicial				Nota SAEB Português - Final			
	Estimate	Std.Error	Conf Interv 95%		Estimate	Std.Error	Conf Interv 95%	
-5	0.0000	NA	NA	NA	0.0000	NA	NA	NA
-4	0.0024	0.0018	-0.0026	0.0073	-0.0027	0.0017	-0.0072	0.0019
-3	0.0036	0.0021	-0.0021	0.0094	0.0020	0.0014	-0.0018	0.0059
-2	0.0014	0.0022	-0.0044	0.0073	-0.0010	0.0019	-0.0061	0.0041
-1	-0.0001	0.0008	-0.0022	0.0020	0.0014	0.0005	-0.0001	0.0028
0	-0.0011	0.0015	-0.0053	0.0030	0.0021	0.0013	-0.0014	0.0056
1	-0.0033	0.0023	-0.0096	0.0029	0.0044	0.0016	0.0001	0.0088*
2	0.0058	0.0028	-0.0018	0.0134	0.0173	0.0022	0.0114	0.0232*
3	0.0106	0.0033	0.0017	0.0195*	0.0242	0.0026	0.0172	0.0311*
4	0.0145	0.0036	0.0048	0.0241*	0.0286	0.0030	0.0205	0.0367*
5	0.0103	0.0050	-0.0031	0.0237	0.0317	0.0041	0.0206	0.0428*

Nível de Significância de 5%

Fonte: Elaboração própria.

O ATT positivo indica que, nos anos iniciais, a implementação da banda larga, promoveu um aumento nas notas de português. A magnitude do efeito, 0.0061(Tabela 8), sugere um aumento aproximado de 0.61% nas notas, considerando a transformação logarítmica. Como o intervalo de confiança não inclui zero, podemos inferir que esse aumento é estatisticamente significativo.

Já nos anos finais do fundamental, o efeito positivo da banda larga sobre as notas em português tem um ATT de 0.0181 (tabela 8), sugerindo um aumento de aproximadamente 1.81%

(quase três vezes que nos anos iniciais) nas notas de português. Este resultado, mostrado na Tabela 3, indica que o impacto positivo se intensificou ao longo do tempo.

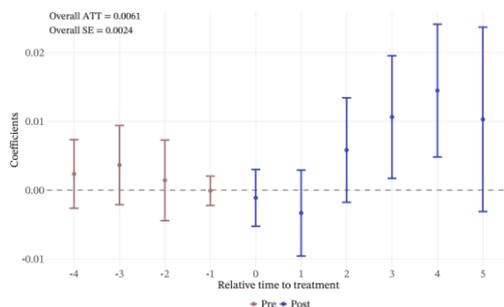
Tabela 7 - Efeito dinâmico para as avaliações da notaSAEB Português.

SAEB Português	ATT	Std. Error	95% Interval conf	
Inicial	0.0061	0.0024	0.0014	0,0109*
Final	0.0181	0.002	0.0142	0,0219*

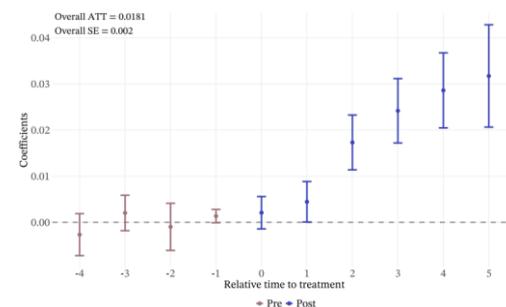
Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 3 - Nota SAEB Português

a) inicial



b) final



Fonte: Elaboração própria.

### 5.7 Nota SAEB padronizada inicial x final

Os resultados apresentados mostram o impacto da implementação de banda larga sobre as notas SAEB padronizadas (Tabela 9), com foco nos níveis de ensino fundamental inicial e final. A análise abrange a evolução dos impactos ao longo do tempo.

Tabela 8– Resultados das estimativas de impacto do PBLE no desempenho no SAEB Padronizada.

Event time	Nota SAEB Padronizada - inicial				Nota SAEB Padronizada - Final			
	Estimate	Std.Error	Conf Interv 95%		Estimate	Std.Error	Conf Interv 95%	
-5	0.0000	-	-	-	0.0000	-	-	-
-4	0.0022	0.0025	-0.0040	0.0084	-0.0020	0.0029	-0.0096	0.0057
-3	0.0033	0.0028	-0.0036	0.0103	0.0029	0.0019	-0.0019	0.0077
-2	0.0007	0.0026	-0.0058	0.0072	-0.0024	0.0025	-0.0088	0.0041
-1	-0.0012	0.0009	-0.0033	0.0010	0.0018	0.0008	-0.0001	0.0038
0	-0.0069	0.0020	-0.0119	(-)0.0020*	0.0016	0.0018	-0.0029	0.0062
1	-0.0143	0.0025	-0.0207	(-)0.0079*	0.0039	0.0022	-0.0017	0.0096
2	-0.0079	0.0034	-0.0165	0.0007	0.0219	0.0031	0.0138	0.0301*
3	-0.0055	0.0042	-0.0160	0.0051	0.0320	0.0036	0.0227	0.0412*
4	-0.0019	0.0045	-0.0133	0.0095	0.0413	0.0040	0.0309	0.0516*
5	-0.0104	0.0058	-0.0250	0.0042	0.0477	0.0055	0.0334	0.0619*

Nível de Significância de 5%

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 9 - Efeito dinâmico para as avaliações da nota SAEB Padronizada.

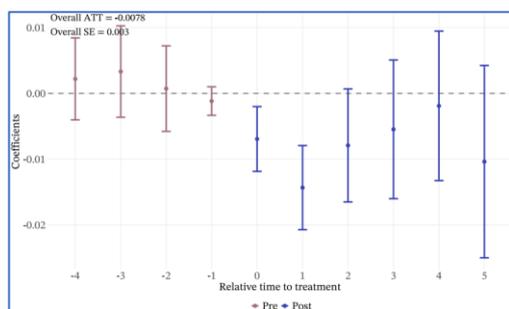
SAEB Patronizada	ATT	Std. Error	95% Interval conf	
Inicial	-0,0078	0,0030	-0.0137	-0,0109*
Final	0.0247	0.0030	0.0189	0,0306*

Fonte: Elaboração própria

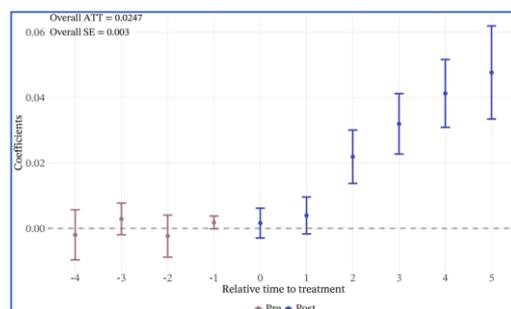
No ensino fundamental inicial, o Efeito Médio do Tratamento (ATT) revela um impacto negativo da banda larga de -0.0078 (Tabela 10), com erro padrão de 0.003, estatisticamente significativo, conforme indicado pelo intervalo de confiança [-0.0137, -0.0019] que não inclui o zero. Esse resultado sugere que, logo após a introdução da banda larga, houve uma ligeira diminuição nas notas médias de SAEB padronizadas para alunos do fundamental inicial. A análise temporal indica que a maioria das estimativas de impacto ao longo dos anos, imediatamente após a implementação do tratamento (time = 0), são negativas, sinalizando um possível período de adaptação ou desafios iniciais associados à implementação da banda larga, como observado no Gráfico 4a.

Gráfico 3 - Nota SAEB padronizada

a) inicial



b) final



Fonte: Elaboração própria.

Uma possível explanação pode ser oferecida por Livingstone (2012) que argumenta que o acesso à internet não supervisionado pode facilmente levar a distrações e a um uso que não contribui para o aprendizado acadêmico, especialmente dos alunos mais jovens (Livingstone, 2012). Assim, a presença de distrações digitais precise ser gerenciada para que a tecnologia seja uma ferramenta eficaz na melhoria dos resultados educacionais.

Por outro lado, no ensino fundamental final, observa-se um impacto positivo, com um ATT de 0.0247 e erro padrão de 0.003 (Tabela 10), estatisticamente significativo, como indicado pelo intervalo de confiança [0.0189, 0.0306]. Isso sugere que a introdução de banda larga resultou em um aumento de aproximadamente 2.47% nas notas SAEB padronizadas para esses alunos. A análise temporal confirma essa tendência positiva, principalmente após o segundo ano de implementação, onde estimativas estatisticamente significativas, como em time = 2 (0.0219), time = 3 (0.0320) e time = 4 (0.0413), indicam um impacto cumulativo, constante e crescente nas notas dos alunos do fundamental final, conforme se vê no Gráfico 4b.

Um aspecto adicional é o padrão de atraso ou “delay” entre o implante da política e o início dos seus resultados, estudos posteriores podem esclarecer e reduzir os mecanismos dessa defasagem. Uma das possíveis causas desse fenômeno é dada por Becker e Ravitz (1999) que destacam que uma implementação eficaz de TICs em salas de aula depende grandemente do treinamento e da adaptação dos professores (Becker; Ravitz, 1999b). Inicialmente, professores podem levar tempo para desenvolver confiança e competência no uso dessas tecnologias.

Esses resultados indicam que, enquanto o ensino fundamental inicial experimentou desafios imediatos com a implementação de banda larga, possivelmente devido à necessidade de adaptação, o fundamental final beneficiou-se progressivamente. O impacto positivo nas fases

de ensino mais avançadas, nas quais os alunos podem talvez integrar mais efetivamente a tecnologia à aprendizagem. A dinâmica observada sugere uma necessidade de apoio e estratégias específicas ao introduzir tecnologias em fases de ensino mais precoces, a fim de mitigar impactos negativos iniciais e maximizar os benefícios ao longo do tempo; um aspecto complementar é o fato deste padrão geral de impacto negativo nos anos iniciais e um efeito positivo e mais consistente nos anos finais se repetiram, e são observados também no ideb (Tabela 1) e nas notas do SAEB de matemática (Tabela 4).

### 5.8 Taxa Distorção Idade-Série (TDI)

Os resultados apresentados na Tabela 11 apresentam o impacto da implementação de banda larga nas escolas sobre a Taxa de Distorção Idade-Série (TDI), medida através de uma transformação logarítmica. O efeito médio do tratamento (ATT) é avaliado tanto no fundamental inicial quanto no final.

Tabela 10 - Resultados das estimativas de impacto do PBLE no desempenho na TDI Inicial x Final.

Event time	Taxa Distorção Idade-Série (TDI) - inicial				Taxa Distorção Idade-Série (TDI) - Final			
	Estimate	Std.Error	Conf Interv 95%		Estimate	Std.Error	Conf Interv 95%	
-5	0.1543	0.0774	-0.0577		0.0748	0.0445	-0.0463	
-4	-0.0247	0.0192	-0.0773	0.0278	-0.0474	0.0192	-0.0997	0.0049
-3	-0.0022	0.0096	-0.0285	0.0241	0.0063	0.0073	-0.0136	0.0262
-2	0.0426	0.0096	0.0164	0.0688	0.0180	0.0095	-0.0079	0.0439
-1	0.0034	0.0050	-0.0102	0.0171	-0.0140	0.0050	-0.0275	(-)0.0005*
0	-0.0179	0.0062	-0.0349	(-)0.0009*	-0.0181	0.0057	-0.0336	(-)0.0025*
1	-0.0429	0.0074	-0.0631	(-)0.0227*	-0.0507	0.0073	-0.0705	(-)0.0308*
2	-0.0303	0.0086	-0.0540	(-)0.0067*	-0.0536	0.0080	-0.0752	(-)0.0320*
3	-0.0396	0.0096	-0.0659	(-)0.0133*	-0.0729	0.0101	-0.1004	(-)0.0453*
4	-0.0271	0.0116	-0.0590	0.0047	-0.1027	0.0101	-0.1302	(-)0.0752*
5	0.0131	0.0159	-0.0303	0.0565	-0.0788	0.0188	-0.1298	(-)0.0278*

Nível de Significância de 5%  
Fonte: Elaboração própria.

Um ponto pertinente é que no caso do TDI, quanto maior a redução dessa defasagem melhor para o sistema de ensino. O ATT negativo inicial sugere que a implementação da banda larga está associada a uma redução na taxa de distorção idade-série logo após sua introdução.

A diminuição de aproximadamente 2.41% (Tabela 12) indica uma melhora na sincronia entre a idade dos alunos e a série escolar adequada. Esta melhora no ciclo inicial, vista no Gráfico 5a, significativa estatisticamente, pode ter sido influenciada por um melhor acesso a recursos educativos digitais que podem estar proporcionando suporte adicional aos alunos, ajudando na regularização do fluxo escolar.

Tabela 12 - Efeito dinâmico para as avaliações da nota de TDI.

TDI	ATT (%)	Std. Error	95% Interval conf	
Inicial	-2,41	0.0073	-0,0385	-0,0098*
Final	-6,28	0.0068	-0.0760	-0,0495*

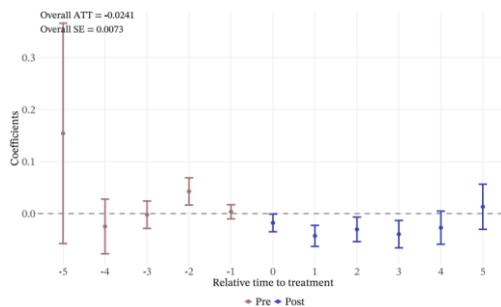
Fonte: Elaboração própria.

Nos anos finais, o impacto negativo ocorreu com uma redução de 6.28% na TDI (Tabela 12), sugere ganhos cumulativos na regularização do fluxo escolar à medida que a banda larga se integra de forma mais eficaz no ambiente educacional. A amplitude maior do efeito (Gráfico 5b) indica que a banda larga possivelmente ofereceu benefícios adicionais, como ensino personalizado e recursos de remediação online, que ajudam ainda mais na redução da distorção idade-série. Este impacto pode sugerir um efeito significativo e crescente ao longo do tempo.

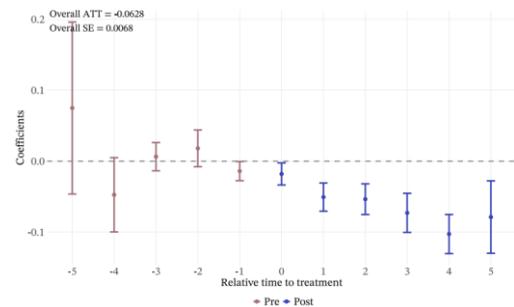
Nos anos iniciais, observa-se flutuações na TDI, com alguns anos mostrando aumentos temporários, mas com uma tendência predominante de redução após o início da implementação (tempo 0). A significância estatística em vários momentos pós-implementação, como nos tempos 1 a 4, parecem sugerir uma tendência de melhoria contínua (Tabela 11).

Gráfico 4 - Taxa Distorção Idade-Série (TDI)

a) inicial



b) final



Fonte: Elaboração própria.

Uma possível explicação para a redução da defasagem em ambos ciclos, pode ser a oferecida por Murphy *et al.* (2002) enfatizam que a tecnologia, quando bem integrada, pode ampliar o conteúdo disponível para os alunos, melhorando a qualidade da educação, já que a banda larga permite acesso a uma vasta gama de recursos educacionais online (Murphy *et al.*, 2002), incluindo vídeos educacionais, simulações interativas e bibliotecas digitais, que podem enriquecer o aprendizado, melhorando o desempenho nos finais de ano letivo e diminuindo a reprovação e o consequente TDI, colaborando com essa visão, De Matos, Martins e Amorim (2024) conclui que a implementação de tecnologias educacionais nas escolas desenvolvem habilidades de pensamento crítico e resolução de problemas, introduzindo uma nova sistemática na resolução dos exames pelos alunos (De Matos; Martins; Amorim, 2024).

Em seu trabalho sobre causas da TDI, Lima (2020), apontam motivos multidisciplinares como causadores desta defasagem, tais como, condições socioeconômicas das famílias, baixa qualidade do ensino, falta de políticas públicas efetivas e consistentes para enfrentar os desafios educacionais e fornecer suporte adequado aos alunos com dificuldades de aprendizado, e questões incluindo infraestrutura inadequada (Lima, 2020); nesse sentido, pode-se supor que a introdução da banda larga possa ter exercido um efeito disruptivo nessas condições, por exemplo, dando acesso a esses alunos a uma diversidade de professores e materiais, antes indisponíveis ao corpo discente.

Esses resultados sugerem que a implementação de banda larga nas escolas não apenas melhora o acesso a informações, mas pode estar facilitando métodos de ensino inovadores e

suporte educacional que contribuem para a redução da distorção idade-série. A literatura apoia que o uso efetivo da tecnologia em ambientes educacionais pode diminuir barreiras ao aprendizado, possibilitando um progresso mais contínuo dos alunos através do sistema educacional.

### 5.9 Taxa de aprovação inicial x final

Os resultados apresentados na Tabela 13 mostram o impacto da implementação da banda larga na taxa de aprovação do ensino fundamental inicial e dos anos finais.

Tabela 11 – Resultados das estimativas de impacto do PBLE no Taxa de aprovação.

Event time	Taxa de Aprovação – inicial				Taxa de Aprovação - Final			
	Estimate	Std.Error	Conf	Interv 95%	Estimate	Std.Error	Conf	Interv 95%
-5	0.0000	-	-	-	0.0000	-	-	-
-4	0.0019	0.0013	-0.0016	0.0055	0.0020	0.0035	-0.0069	0.0109
-3	0.0031	0.0017	-0.0015	0.0078	0.0014	0.0021	-0.0038	0.0066
-2	0.0020	0.0021	-0.0037	0.0078	-0.0019	0.0035	-0.0107	0.0069
-1	0.0018	0.0006	0.0002	0.0035*	-0.0001	0.0009	-0.0025	0.0022
0	0.0028	0.0014	-0.0009	0.0066	0.0061	0.0023	0.0003	0.0118*
1	0.0053	0.0019	0.0002	0.0104*	0.0108	0.0034	0.0023	0.0193*
2	0.0063	0.0023	0.0000	0.0126*	0.0106	0.0044	-0.0004	0.0217
3	0.0076	0.0029	-0.0004	0.0156	0.0131	0.0053	-0.0003	0.0266
4	0.0100	0.0032	0.0013	0.0186*	0.0138	0.0063	-0.0022	0.0298
5	0.0144	0.0037	0.0041	0.0246*	0.0351	0.0083	0.0141	0.0560*

Nível de Significância de 5%

Fonte: Elaboração própria.

O aumento do ATT em 0.77% (Tabela 14) sugere que a introdução da banda larga está associada a um aumento na taxa de aprovação no ensino fundamental inicial. Este aumento é estatisticamente significativo a 5 por cento. Este resultado pode refletir melhorias no processo de aprendizado facilitadas pelo acesso à internet, como o uso de materiais didáticos online e ferramentas de aprendizagem interativas, que podem ter ajudado os alunos a cumprir os requisitos do currículo com mais sucesso. O impacto positivo na taxa de aprovação dos anos finais é de duas vezes o valor dos anos iniciais, com um aumento de 1.49% (Tabela 14). Este efeito é significativo, e pode evidenciar que a banda larga proporciona benefícios contínuos e significativos na aprovação dos anos finais do ensino fundamental.

Tabela 14 - Efeito dinâmico para as avaliações da Taxa de aprovação.

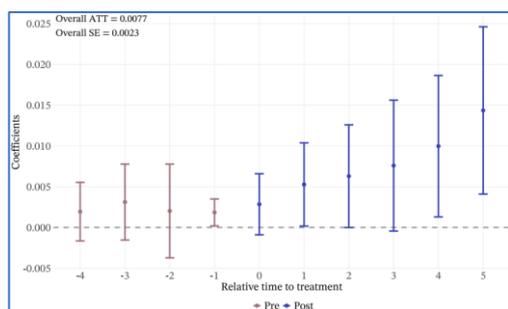
Tx Aprovação	ATT (%)	Std. Error	95% Interval conf	
Inicial	0,77	0.0023	0.0031	0,0123*
Final	1,49	0.0045	0.0061	0,0238*

Fonte: Elaboração própria.

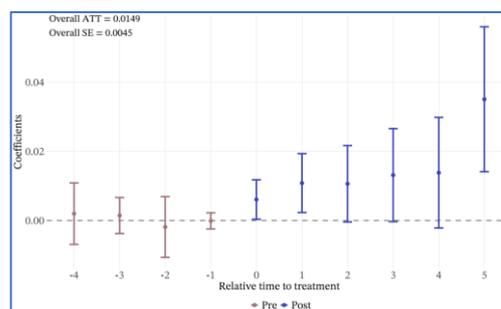
Adicionalmente há um fortalecimento do efeito ao longo do tempo, como se observa no Gráfico 6a, que pode sugerir um efeito cumulativo da política com o passar dos anos (Ertmer, ottenbreit, 2010).

Gráfico 5 - Taxa de aprovação

a) inicial



b) final



Fonte: Elaboração própria.

Na análise dos períodos, os resultados parecem indicar que o impacto da banda larga na taxa de aprovação inicial aumenta gradualmente ao longo do tempo, como demonstrado por um crescimento constante de 0.0028 (tempo 0) para 0.0144 (tempo 5), com significância estatística em vários pontos (ex. tempo 1 e tempo 5). Da mesma forma, a melhoria na taxa de aprovação final leva a mesma percepção, ou seja, pode indicar um benefício acumulativo do tratamento nesta variável. No tempo 5, um aumento significativo de 3.51% é observado, sugerindo que a exposição prolongada à banda larga pode ter efeitos positivos cumulativos nas taxas de aprovação (Gráfico 6b), possivelmente devido a melhorias contínuas nas práticas de ensino digital e na familiaridade dos alunos com as ferramentas tecnológicas.

Esses resultados parecem indicar que a implementação da banda larga nas escolas aponta um impacto consistentemente positivo e crescente nas taxas de aprovação tanto nos anos

iniciais quanto nos finais do ensino fundamental. Isso sugere que a tecnologia, quando integrada de forma eficaz, pode melhorar o desempenho acadêmico e, em última análise, contribuir para melhores resultados educacionais gerais.

Um ponto de relevante é que as taxas de aprovação e do TDI estão extremamente relacionadas, de forma que a elevação das taxas de aprovação tem relação direta com as taxas de defasagem dos anos seguintes.

Em suma, os resultados da pesquisa sugerem que o impacto do Programa Banda Larga nas Escolas foi mais expressivo nos anos finais do ensino fundamental, com efeitos positivos e crescentes, independentemente do parâmetro avaliado. Nos anos iniciais, os resultados foram mais variados, sem uma tendência clara, variando de acordo com os parâmetros analisados. No entanto, a redução significativa da taxa de distorção idade-série (TDI) em ambos os ciclos, especialmente nos anos finais, é um ponto central. Além disso, o aumento das taxas de aprovação em ambos os períodos reforça a interdependência entre a diminuição da TDI e o desempenho acadêmico. Estudos prévios corroboram essas conclusões, apontando que a integração tecnológica, quando bem implementada, tem potencial para promover ganhos em múltiplos indicadores educacionais (Murphy *et al.*, 2002; Ertmer & Ottenbreit, 2010).

Esses benefícios podem ser atribuídos à disponibilidade de recursos educativos que suportam os conteúdos das disciplinas; além do potencial motivação e engajamento digital que ferramentas interativas e multimídias podem proporcionar aos alunos mais velhos. Pělucha e kasabov (2019) concluíram que a introdução e aperfeiçoamento das TIC em áreas rurais da Europa vem transformando as realidades, percepções e padrões de aprendizagem e produção. E como essas tecnologias vem causando profundas transformações no ambiente escolar e por repercussão em suas taxas de aprovação; garantindo finalmente, como resultado final, a inclusão social e o desenvolvimento econômico sustentável nas áreas rurais (Pělucha; Kasabov, 2019).

## 6. CONCLUSÃO

A presente pesquisa teve como objetivo central avaliar o impacto do uso da banda larga no desempenho acadêmico de escolas públicas rurais do Brasil no período de 2009 a 2019. Em um contexto educacional marcado por desafios estruturais e pela desigualdade de acesso à tecnologia, a investigação buscou compreender como a conectividade poderia influenciar o desenvolvimento educacional de alunos em áreas rurais.

Os resultados revelaram que a implementação da banda larga nas escolas rurais teve um impacto positivo consistente no desempenho acadêmico, especialmente no ciclo final do ensino fundamental. Observou-se um aumento de 3,83% no IDEB final em relação ao grupo de controle, e um incremento de 0,61% e 1,81% no desempenho em Língua Portuguesa nos anos iniciais e finais, respectivamente. Embora os efeitos em Matemática tenham sido positivos nos anos finais (1,76%), foram negativos no ciclo inicial, sugerindo que a adaptação à tecnologia pode ter sido mais desafiadora para os alunos mais novos.

A melhora na taxa de aprovação, com um aumento de 1,49% no ensino fundamental final em relação ao grupo de controle, e a consequente redução da distorção idade-série, com uma diminuição de quase três vezes, evidenciam o impacto da banda larga na regularização do fluxo escolar. Essa melhoria pode estar relacionada ao acesso a recursos educacionais digitais, que auxiliaram no melhor desempenho e na diminuição da reprovação.

A pesquisa identificou dois efeitos importantes: um efeito retardado, indicando que os benefícios da banda larga levam tempo para se manifestarem plenamente, e um efeito cumulativo, que intensifica o impacto ao longo do tempo. Esses achados reforçam a importância de políticas de tecnologia de longo prazo e bem estruturadas, que garantam a continuidade do acesso à banda larga e o acompanhamento dos resultados.

Os resultados deste estudo estão em consonância com a literatura, que aponta para o potencial da tecnologia em promover ganhos educacionais quando bem integrada (Murphy et al., 2002; Ertmer e Ottenbreit, 2010). A continuidade de políticas públicas que integrem a tecnologia nas escolas, aliada ao treinamento de professores para o uso de ferramentas digitais, é crucial para maximizar os benefícios da banda larga na educação pública rural.

Apesar dos avanços, algumas limitações devem ser consideradas. O período de análise precisou ser ajustado devido ao início tardio da implementação da banda larga nas escolas rurais. Além disso, o escopo geográfico abrangeu todo o território nacional, o que limita a análise de especificidades regionais. Futuras pesquisas podem aprofundar a análise em níveis regionais, estaduais ou municipais, e ampliar o período de estudo para conclusões mais generalizáveis.

A ausência de dados (NAs) nos bancos disponíveis também exigiu estratégias de gerenciamento para mitigar possíveis vieses. A superação dessa limitação pode contribuir para resultados mais robustos em pesquisas futuras.

As escolas rurais no Brasil atendem uma parcela significativa da população, que enfrenta desafios relacionados à infraestrutura e à conectividade. A banda larga, embora tenha apresentado avanços, ainda é limitada e de baixa qualidade em comparação com as escolas urbanas. A superação desses desafios é fundamental para garantir a inclusão digital e o pleno desenvolvimento educacional dos alunos em áreas rurais.

A partir da Constituição de 1988 e da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, houve avanços significativos, mas a falta de acompanhamento contínuo e de formação adequada para educadores ainda persiste. O acesso à banda larga nas escolas rurais, embora tenha melhorado com programas governamentais, permanece limitado, o que compromete a plena inclusão digital e o potencial educacional dessas comunidades.

O Programa Banda Larga nas Escolas, lançado em 2008 e expandido para escolas rurais em 2010, ainda enfrenta desafios de conectividade, especialmente nessas áreas, devido a dificuldades estruturais e logísticas. Até 2020, 95% das escolas urbanas estavam conectadas, mas com velocidades de internet consideradas insuficientes para atender às demandas educacionais.

O modelo de Callaway e Sant'Anna (2021), utilizado nesta pesquisa, permitiu uma análise mais flexível e robusta dos impactos da banda larga, considerando a implementação em diferentes momentos para diferentes grupos. A aplicação de erros padrão robustos e intervalos de confiança de 95% assegura a validade das inferências, proporcionando uma análise estatisticamente significativa sobre os impactos do PBLE.

Acreditamos que este estudo representa um passo importante para a compreensão do impacto da banda larga na educação rural no Brasil e esperamos que seus resultados sirvam de base para a formulação de políticas públicas que promovam a inclusão digital e a igualdade de oportunidades educacionais para todos os estudantes.

## REFERÊNCIAS

ABADIE, A. Semiparametric difference-in-differences estimators. **The review of economic studies**, v. 72, n. 1, p. 1–19, 2005.

ALAN C.K. CHEUNG; ROBERT E. SLAVIN. The effectiveness of educational technology applications for enhancing mathematics achievement in K-12 classrooms: A meta-analysis. **Educational Research Review**, v. 9, n. jun 2013, p. 88–113, 2013.

ALMEIDA, A. T. C. DE. Determinantes dos piores e melhores resultados educacionais dos alunos da rede pública de ensino fundamental no Brasil. 2014.

ANDRÉ, C. F. **A prática da pesquisa e mapeamento informacional bibliográfico apoiados por recursos tecnológicos: impactos na formação de professores**. Doutorado em Educação—São Paulo: Universidade de São Paulo, 6 abr. 2009.

ARAÚJO, A. F. V. DE; NETTO JUNIOR, J. L. DA S.; SIQUEIRA, L. B. O. DE. Evolução da mobilidade educacional e da acumulação do capital humano no Brasil entre 1996 e 2014: os desafios para subgrupos da população. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 62, p. e267478, 15 mar. 2024.

BARBOSA, A. et al. Changing the Pyramids: The Impact of Broadband Internet on Firm Employment Structures. **SSRN Electronic Journal**, 2021.

BECKER, H. J.; RAVITZ, J. The Influence of Computer and Internet Use on Teachers' Pedagogical Practices and Perceptions. **Journal of Research on Computing in Education**, v. 31, n. 4, p. 356–384, jun. 1999a.

BECKER, H. J.; RAVITZ, J. The Influence of Computer and Internet Use on Teachers' Pedagogical Practices and Perceptions. **Journal of Research on Computing in Education**, v. 31, n. 4, p. 356–384, jun. 1999b.

BRASIL. **D9612**. Disponível em: <[https://planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9612.htm#art14](https://planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9612.htm#art14)>. Acesso em: 9 set. 2024.

BRASIL. **Perguntas frequentes sobre o Programa Banda Larga nas Escolas**. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/expansao-da-rede-federal/193-secretarias-112877938/seed-educacao-a-distancia-96734370/15914-perguntas-frequentes-sobre-o-programa-banda-larga-nas-escolas>>. Acesso em: 27 jul. 2024a.

BRASIL. **PNATE - home**. Disponível em: <<https://www.gov.br/fnde/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/programas/pnate/pnate-home>>. Acesso em: 3 ago. 2024b.

BRASIL. **Educação - Pronera**. Disponível em: <<https://www.gov.br/incra/pt-br/assuntos/reforma-agraria/educacao>>. Acesso em: 3 ago. 2024c.

BRASIL. **Fundeb - Apresentação**. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/fundeb>>. Acesso em: 3 ago. 2024d.

BRASIL. **Programa Banda Larga nas Escolas - PBLE**. Disponível em: <<https://www.gov.br/anatel/pt-br/regulado/universalizacao/plano-banda-larga-nas-escolas>>. Acesso em: 30 jul. 2024e.

BRASIL. **ADITIVO Nº 001/2008/SPV-ANATEL**. Disponível em: <<https://sistemas.anatel.gov.br/anexar-api/publico/anexos/download/f92e9c20318fc9701a2a8a68047e7b6e>>. Acesso em: 27 nov. 2024f.

BRASIL. **Censo 2022: informações de população e domicílios por setores censitários auxiliam gestão pública | Agência de Notícias**. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/39525-censo-2022-informacoes-de-populacao-e-domicilios-por-setores-censitarios-auxiliam-gestao-publica>>. Acesso em: 21 set. 2024g.

CALLAWAY, B.; SANT'ANNA, P. H. C. Difference-in-Differences with multiple time periods. **Journal of Econometrics**, Themed Issue: Treatment Effect 1. v. 225, n. 2, p. 200–230, 1 dez. 2021.

CHEUNG, A. C.; SLAVIN, R. E. The effectiveness of educational technology applications for enhancing mathematics achievement in K-12 classrooms: A meta-analysis. **Educational research review**, v. 9, p. 88–113, 2013.

COLEMAN, J. S. ET AL. Equality of Educational Opportunity. n. 1966, 1966.

CRESWELL, J. W.; CRESWELL, J. D. **Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches**. [s.l.] Sage publications, 2017.

DAMASCENO, M. N.; BESERRA, B. Estudos sobre educação rural no Brasil: estado da arte e perspectivas. **Educação e pesquisa**, v. 30, p. 73–89, 2004.

DE ARAÚJO, A. P. F.; CHAVES, E. V. Inclusão digital: uma análise sobre o impacto pedagógico do prouca no contexto brasileiro. **Simpósio Internacional de Educação e Comunicação-SIMEDUC**, n. 7, 2016.

DE MATOS, L. S.; MARTINS, J. L.; AMORIM, W. B. NAVEGANDO PELO CONHECIMENTO-O IMPACTO DA INTERNET EM ATIVIDADES ESCOLARES. **Revista Ciências & Ideias ISSN: 2176-1477**, p. e24152455–e24152455, 2024.

DE SOUZA, Á. F. et al. Acesso às tecnologias educacionais em instituições públicas: os desafios de inovar em tempos de pandemia no Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, p. e172101018502–e172101018502, 2021.

DWYER, T. et al. Desvendando mitos: os computadores e o desempenho no sistema escolar. **Educação & Sociedade**, v. 28, p. 1303–1328, 2007.

EYNON, R.; MALMBERG, L. -E. Understanding the online information-seeking behaviours of young people: the role of networks of support. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 28, n. 6, p. 514–529, dez. 2012.

FRANKLIN, C.; BOLICK, C. **Technology integration: A review of the literature**. society for information technology & teacher education international conference.

**Anais...** Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), 2007. Disponível em: <<https://www.learntechlib.org/p/24773/>>. Acesso em: 25 jul. 2024

FREITAS, H. C. Rumos da educação do campo. **Em aberto**, v. 24, n. 85, 2011.

HANUSHEK, E. A. The economic value of higher teacher quality. **Economics of Education review**, v. 30, n. 3, p. 466–479, 2011.

HATTIE, J. **Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement**. [s.l.] routledge, 2008.

HECKMAN, J. J.; MASTEROV, D. V. **The productivity argument for investing in young children**. National Bureau of Economic Research Cambridge, Mass., USA, , 2007. Disponível em: <[https://www.nber.org/system/files/working\\_papers/w13016/w13016.pdf](https://www.nber.org/system/files/working_papers/w13016/w13016.pdf)>. Acesso em: 30 ago. 2024

HEROLD, B. Why ed tech is not transforming how teachers teach. **Education Week**, v. 34, n. 35, p. 8, 2015.

HIGGINS, S.; XIAO, Z.; KATSIPATAKI, M. The Impact of Digital Technology on Learning: A Summary for the Education Endowment Foundation. Full Report. **Education Endowment Foundation**, 2012.

JENCKS, C. Inequality: A reassessment of the effect of family and schooling in America. 1972.

LECHNER, M. The estimation of causal effects by difference-in-difference methods. **Foundations and Trends® in Econometrics**, v. 4, n. 3, p. 165–224, 2011.

LIMA, A. F. R.; DE LIMA, H. K. B.; SACHSIDA, A. **Avaliando o impacto do Programa Banda Larga nas Escolas sobre a qualidade educacional**. [s.l.] Texto para Discussão, 2018. Disponível em: <<https://www.econstor.eu/handle/10419/211362>>. Acesso em: 25 jul. 2024.

LIMA, R. B. DE. **Defasagem escolar dos alunos entre 15 e 17 anos : uma análise do Benefício Variável Jovem**. masterThesis. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/38521>>. Acesso em: 14 out. 2024.

LIVINGSTONE, S. Critical reflections on the benefits of ICT in education. **Oxford Review of Education**, v. 38, n. 1, p. 9–24, fev. 2012.

MARTINS, V. L. Tecnologia de informação e comunicação (tic) e educação. **Revista Científica Intr@ ciência**, v. 13, n. 1, p. 1–11, 2017.

MOLINA, M. C.; ANTUNES-ROCHA, M. I. Educação do campo: história, práticas e desafios no âmbito das políticas de formação de educadores: reflexões sobre o Pronera e o Procampo. **Reflexão e Ação**, v. 22, n. 2, p. 220–253, 2014.

MONTEIRO, J. Gasto público em educação e desempenho escolar. **Revista Brasileira de Economia**, v. 69, n. 4, p. 467–488, 2015.

MOREIRA, R. J. Críticas ambientalistas à revolução verde. **Estudos sociedade e agricultura**, 2000.

MOURA JÚNIOR, I. F. DE. O programa ‘Banda Larga nas Escolas’ no contexto das políticas públicas de inclusão digital. 2018.

MURPHY, P. et al. Enhancing learning opportunities in Africa: Distance education and information and communication technologies for learning. **Africa region human development working paper series**, 2002.

NASCIMENTO, C. A. S. et al. A migração do campo para os centros urbanos no Brasil: da desterritorialização no meio rural ao caos nas grandes cidades. **Brazilian Journal of Development**, v. 4, n. 5, p. 2254–2272, 2018.

PĚLUCHA, M.; KASABOV, E. **Rural development in the digital age: exploring neo-productivist EU rural policy**. [s.l.] Routledge, 2019.

PEREIRA, C. N.; DE CASTRO, C. N. **Educação no meio rural: Diferenciais entre o rural eo urbano**. [s.l.] Texto para Discussão, 2021. Disponível em: <<https://www.econstor.eu/handle/10419/240826>>. Acesso em: 3 ago. 2024.

RANDOLPH, R.; DE LIMA, M. H. T. Digital Divide: relexões sobre novas formas de exclusão social. **Geografares**, n. 1, 2000.

ROCHA, C. N.; NOVAES, A. M. P.; AVELAR, K. E. S. Análise do desempenho da educação brasileira baseada nos indicadores oficiais PISA e IDEB. **LexCult: revista eletrônica de direito e humanidades**, v. 4, n. 3, p. 71–92, 2020.

RODRIGUES, G. N. C. Avaliação do impacto da internet banda larga nos resultados educacionais em escolas municipais. 2017.

SILVA, C. M. T. DA; AZEVEDO, N. S. N. DE. O significado das tecnologias de informação para educadores. **Ensaio: avaliação e políticas públicas em educação**, v. 13, n. 46, p. 39–54, 2005.

STEIN, J. R.; STEIN, J. R. Compartilhando saberes: o uso das metodologias ativas e as tecnologias digitais da informação e comunicação no contexto escolar. 2023.

UNESCO. **O perfil dos professores brasileiros: o que fazem, o que pensam, o que almejam...** Moderna São Paulo, , 2004.

VASCONCELOS, J. C. et al. Infraestrutura escolar e investimentos públicos em Educação no Brasil: a importância para o desempenho educacional. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v. 29, n. 113, p. 874–898, 2021.

VERGARA, S. C.; PECI, A. Escolhas metodológicas em estudos organizacionais. **Organizações & Sociedade**, v. 10, p. 13–26, 2003.

VILLANI, M.; OLIVEIRA, D. A. Avaliação Nacional e Internacional no Brasil: os vínculos entre o PISA e o IDEB. **Educação & Realidade**, v. 43, p. 1343–1362, 2018.

WOOLDRIDGE, J. M. **Econometric analysis of cross section and panel data.** [s.l.]  
MIT press, 2010.