

Conectividade Significativa na Educação Básica: Uma Revisão Sistemática para Governança e Tomada de Decisão Baseada em Evidências

Antonia Raiane S. A. Cruz^{1,2}, Everson N. Pinheiro¹, Emanuel B. Rodrigues¹,
Rossana Maria C. Andrade¹, Carlos Estêvão R. Fernandes¹, José Antonio F. de Macêdo¹

¹ Universidade Federal do Ceará (UFC)

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

raiane.santos@ifce.edu.br, eversonpinheiro@gmail.com,

{emanuel, jose.macedo}@dc.ufc.br, {rossana, estevao}@ufc.br

Abstract. *Meaningful connectivity can be understood as a basic need for digital transformation; therefore, an unlimited broadband connection, whether at home, in the workplace, or in educational institutions, is an important factor for equitable access to the Internet. This work consists of a Systematic Literature Review (SLR) covering the years 2020 to 2024, with the objective of identifying frameworks, models, and data-driven approaches focused on decision-making in public policies, meaningful connectivity, and digital transformation in education. Twenty-two works were included, based on selection and quality criteria, highlighting research on frameworks for public policies, meaningful connectivity, and data-driven decision-making.*

Resumo. *A conectividade significativa pode ser entendida como uma necessidade básica para a transformação digital, portanto, uma conexão de banda larga ilimitada, seja em casa, no local de trabalho ou em instituições de ensino é um importante fator para o acesso equitativo à Internet. O presente trabalho consiste em uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) compreendendo os anos de 2020 a 2024, com o objetivo de identificar frameworks, modelos e abordagens baseados em dados voltados à tomada de decisão em políticas públicas, conectividade significativa e transformação digital na educação. Foram incluídos vinte e dois trabalhos, com base nos critérios de seleção e qualidade, que destacam pesquisas em frameworks para políticas públicas, conectividade significativa e tomada de decisão baseada em dados.*

1. Introdução

O impacto do acesso às tecnologias digitais cresceu de forma exponencial, tornando-se indispensável para a sociedade. Embora o avanço tecnológico tenha sido intenso nos últimos anos, ele ainda não chegou para todos, e em muitas regiões ainda existem pessoas excluídas digitalmente. Os fatores que mais influenciam essa exclusão são o acesso limitado à Internet, infraestrutura e dispositivos inadequados e falta de habilidades digitais [Barbosa e Castello 2025]. Dessa forma, diferentemente da simples conectividade à Internet, o acesso equitativo busca identificar os desafios que tornam o ambiente inadequado

para o acesso e exige que os recursos sejam alocados com base nas necessidades de cada região.

No Brasil, ainda existem desafios relevantes para a implementação e o monitoramento de políticas públicas voltadas à ampliação do acesso e do uso das tecnologias digitais nas escolas públicas [Cruz et al. 2024]. Além disso, permanecem lacunas relacionadas à avaliação da efetividade dessas políticas e de seus impactos sobre os processos de ensino e aprendizagem [Giga 2024]. Essa preocupação também está alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que reconhecem a inclusão digital e o acesso equitativo às tecnologias como elementos fundamentais para a redução das desigualdades e a promoção de uma educação de qualidade.

Embora a transformação digital no setor da educação tenha avançado consideravelmente nas últimas décadas [Aung e Kham 2023], agora ela se torna parte crítica para o alcance dos objetivos de desenvolvimento sustentável de cada país. A conexão à Internet é um indicador de que o sistema educativo de um país é de alta qualidade [Nimer et al. 2022], contudo a Conectividade Universal e Significativa depende de facilitadores como, infraestrutura, acessibilidade, dispositivos, habilidades e segurança [ITU 2021]. Isso é essencial para as instituições educacionais como forma de democratizar o acesso à Internet e facilitar o uso de recursos digitais e métodos de ensino, possibilitando aprendizado ininterrupto, independentemente de desafios externos.

Portanto, dada a importância de garantir a conectividade significativa e promover a equidade digital nas escolas de ensino básico, o objetivo deste estudo é realizar uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) para identificar e analisar *frameworks*, modelos, estratégias e abordagens baseadas em dados aplicadas à governança, à formulação de políticas públicas e à tomada de decisão relacionadas à conectividade, inclusão digital e transformação digital na educação. Além disso, busca-se compreender como Big Data, Inteligência Artificial (IA) e técnicas de análise de dados vêm sendo utilizadas para apoiar a avaliação da conectividade significativa, a redução das desigualdades digitais e a definição de políticas orientadas por evidências.

O restante deste artigo está estruturado da seguinte forma: a Seção 2 com os aspectos metodológicos e as etapas do protocolo de revisão; a Seção 3 descreve o processo de avaliação de qualidade; a Seção 4 a condução da pesquisa; a Seção 5 discute os resultados obtidos; e, por fim, a Seção 6 apresenta as conclusões e os trabalhos futuros.

2. Metodologia

Para auxiliar no desenvolvimento e organização desta revisão, bem como aumentar o rigor e transparência, utilizou-se a ferramenta *Web Parsif.al*¹. A condução do estudo seguiu três etapas principais: planejamento, execução da pesquisa e disseminação dos resultados, conforme o guia amplamente aceito [Keele et al. 2007].

A revisão foi estruturada em três fases: 1) análise dos estudos recentes na literatura, identificação das palavras-chaves associadas à pesquisa e definição dos critérios de busca, inclusão, exclusão e qualidade dos artigos; 2) triagem dos artigos por meio da leitura dos títulos e resumos, seguido da aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, além da análise detalhada dos textos para identificar objetivos, problemas abordados, metodo-

¹<https://parsif.al>

logias aplicadas, resultados e direções para pesquisas futuras; e (3) síntese dos resultados dos estudos diretamente relacionados ao tema da pesquisa.

2.1. Questões de Pesquisa

As seguintes questões de pesquisa foram definidas: **QP1**: Quais *frameworks* são usados para gestão inteligente de dados aplicados à tomada de decisão em políticas públicas, conectividade ou transformação digital? **QP2**: Como Big Data e IA são usados nas etapas do processo de tomada de decisão em políticas públicas? **QP3**: Quais técnicas são utilizadas na gestão de dados e apoio à tomada de decisão baseada em dados de políticas públicas de conectividade? **QP4**: Quais métricas e indicadores são utilizados para avaliar a conectividade significativa e sua influência nas políticas públicas? **QP5**: Quais são os desafios e oportunidades relacionados à conectividade significativa à Internet na educação para garantir a equidade?

2.2. Estratégia de Busca e Seleção dos Estudos

Nesta etapa, foi realizada uma pesquisa exploratória a fim de identificar os principais termos e palavras-chaves relacionados com *framework* para gestão e tomada de decisão em conectividade nas escolas e o uso da internet para aprendizagem de forma significativa. Com base nessa análise, as palavras-chaves foram definidas utilizando a metodologia PICO recomendada por [Kitchenham e Charters 2007], a qual orientou a formulação da estratégia de busca e a seleção dos estudos mais relevantes.

- **População**: ("public policies"OR "policy analysis"OR "government policies"OR "digital governance"OR "broadband connection"OR "broadband in education"OR "broadband policy"OR "meaningful connectivity"OR "universal connectivity"OR "broadband availability"OR "digital divide"OR "ICT disparities"OR "enabling universal connectivity"OR "ICT enabled").
- **Intervenção**: ("data analytics"OR "data-driven"OR "data-driven decision"OR "data-driven decision-making"OR "automated decision-making"OR "ai-driven decision-making"OR "multi-criterion decision making"OR "evidence based").
- **Resultados**: ("framework"OR "model"OR "platform"OR "application").

Além dos termos definidos, foi incorporada a expressão *NOT* ("health"OR "healthcare"OR "public health"OR "mental health"OR "medicine"OR "epidemiology"), com o objetivo de excluir estudos cujo foco principal estivesse relacionado à área da saúde. A partir da combinação da estratégia PICO, formou-se a string de busca. Por fim, foram selecionadas as bases de busca *ACM Digital Library*, *IEEE Digital Library*, *Web of Science*, *Scopus* e *Springer Link*, pela ampla cobertura de publicações científicas na área de computação.

A delimitação temporal da pesquisa foi definida entre 2020 e 2024. Embora a busca tenha sido conduzida em 2025, optou-se por não incluir estudos publicados nesse ano devido ao risco de viés de indexação, bem como pela intensificação das pesquisas sobre conectividade educacional decorrentes da pandemia de COVID-19. Muitos artigos publicados recentemente ainda não estavam completamente indexados em todas as bases de dados consultadas, o que poderia comprometer a reprodutibilidade dos resultados e gerar inconsistências na cobertura da literatura.

3. Avaliação de Qualidade e Extração dos Dados

Pensando em desenvolver uma revisão criteriosa e com foco em tomada de decisão, políticas públicas e conectividade nas escolas, somente os trabalhos que atendessem aos seguintes critérios de inclusão (CI) e critérios de exclusão (CE) : **CI-1** artigos de discutem Big Data na Educação com foco em conectividade ou exclusão digital, **CI-2** artigos que discutam *framework* para governo eletrônico, tomada de decisão e inclusão digital, **CI-3** trabalhos escritos em português e inglês e **CI-4** trabalhos publicados entre 2020 e 2024. **CE-1** trabalhos duplicados, **CE-2** artigos curtos (seis páginas ou menos), **CE-3** não discutir *framework* para políticas públicas, tomada de decisão e inclusão digital, **CE-4** não discutir Big Data na Educação com foco em conectividade, **CE-5** não estar disponível na Web ou no portal Periódicos CAPES e **CE-6** não ser um estudo primário.

Além dos critério de inclusão e exclusão, também foram definidos e aplicados aos artigos selecionados, cinco critérios de qualidade (CQ): **CQ-1** o estudo foi citado por 5 ou mais autores?, **CQ-2** o estudo aborda *frameworks* em políticas públicas, inclusão digital ou conectividade significativa?, **CQ-3** o estudo aborda o uso de dados na tomada de decisão em políticas públicas?, **CQ-4** o estudo discute o uso de Big Data e/ou IA na tomada de decisão? e **CQ-5** o estudo utilizou algum instrumento de avaliação/validação da proposta?. Esses critérios foram definidos de acordo com os objetivos e questões de pesquisa. Cada critério pode ser atribuídos a três respostas e cada resposta possui uma pontuação: Sim (2.0), Parcialmente (1.0) e Não (0). Ao final na análise, cada artigo receberá uma pontuação resultado da soma das pontuações de cada CQ. O artigo poderá atingir até a nota máxima igual a dez ou a nota mínima igual a zero. Para a inclusão do artigo nesta RSL, será utilizado uma nota de corte maior ou igual a sete.

4. Condução da Pesquisa

Todo o processo de condução da pesquisa está ilustrado no fluxograma PRISMA (Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-Análises) (Figura 1), garantindo coesão e reprodutibilidade dos achados conforme recomenda [Page et al. 2021].

Na busca e identificação dos artigos, foram recuperados 1.386 artigos distribuídos nas bases de dados selecionadas. Inicialmente, retirou-se da análise 131 artigos duplicados. Em seguida, aplicaram-se os critérios de exclusão, resultando na remoção de 11 artigos curtos (com seis páginas ou menos), 801 artigos que não abordavam Big Data na educação, em conectividade ou em políticas públicas, 50 artigos indisponíveis no Portal Periódicos CAPES ou em acesso aberto na web, 2 artigos publicados em idiomas diferentes do inglês ou português, 36 artigos publicados fora do intervalo 2020 a 2024 e 60 artigos secundários ou terciários. Ressalta-se que, embora esta RSL contemple estudos realizados em diferentes países e contextos, optou-se por restringir a seleção a artigos publicados em inglês e português. Ao final dessa etapa, 57 artigos permaneceram para aplicação dos critérios de qualidade.

Os estudos selecionados foram submetidos à leitura das principais seções (resumo, introdução, metodologia e conclusão) e avaliados conforme os critérios de qualidade definidos. Como resultado, 22 artigos foram incluídos na RSL². Os estudos incluídos contemplam diferentes abordagens, incluindo políticas de conectividade escolar, infraestrutura de

²https://bit.ly/artigos_rsl_incluso

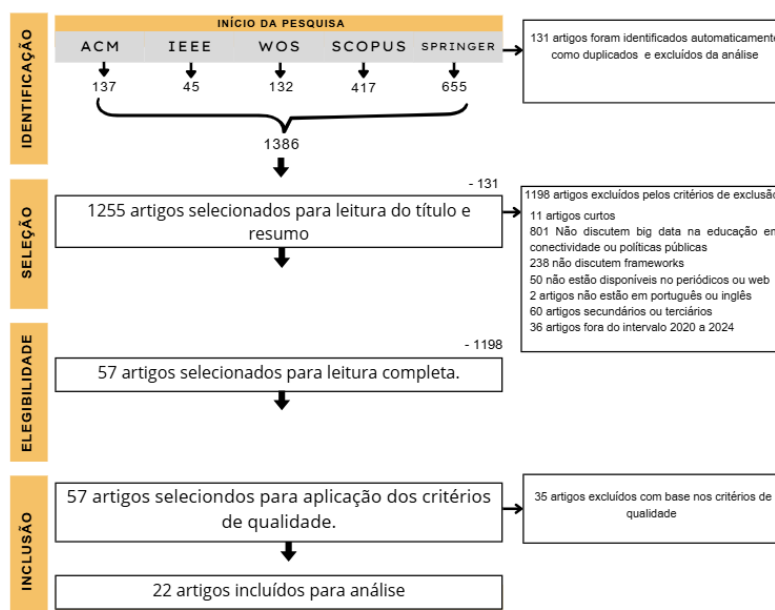


Figura 1. Fluxograma da revisão sistemática.

redes, uso de IA na gestão educacional e *frameworks* de tomada de decisão baseada em dados.

5. Discussão e Análises dos Resultados

Nesta seção é apresentada a síntese dos trabalhos incluídos para esta RSL. Os resultados foram formados pela extração de dados dos estudos. A Figura 2a destaca o número de artigos encontrados em cada base. Nota-se que o maior número de artigos foi da base de dados *Springer Link* (47,3%), seguido da *Scopus* (30,1%), *ACM Digital Library* (9,9%), *Web of Science* (9,5%) e *IEEE Digital Library* (3,2%).

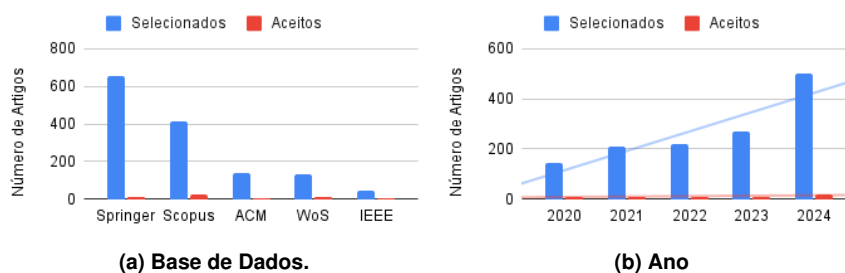


Figura 2. Número de artigos por base de dados e por ano.

Fonte: Autor.

Em se falando do número de artigos publicados por ano (Figura 2b), considerando o intervalo utilizado na pesquisa, é evidente o progresso das pesquisas referentes a *frameworks* com foco em gestão inteligente de dados para a tomada de decisão. O maior número de publicações ocorreu a partir de 2022. Esse crescimento pode ter relevância a partir dos desafios vivenciados no período de pandemia.

A partir da leitura dos artigos, buscou-se identificar quais eixos temáticos os artigos incluídos abordavam (Figura 3). A maior parte (7 artigos) está relacionada com

aplicabilidade no Setor Público, o que evidencia um foco maior na busca por melhorias e inovações nessa área. Em seguida, destaca-se o eixo de Tomada de Decisão, com 4 artigos, indicando relevante crescimento no desenvolvimento de tecnologias para otimizar a tomada de decisão no âmbito governamental. As categorias Educação, Governança e Desenvolvimento Sustentável aparecem com 3 artigos. Por fim, Governo Digital, com 2 artigos.

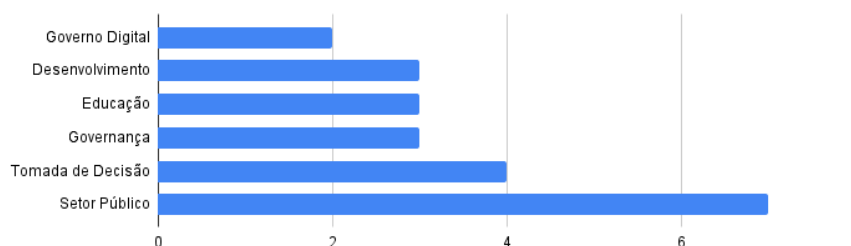


Figura 3. Eixos temáticos.

5.1. Respondendo as Questões de Pesquisa

QP1: Quais *frameworks* são usados para gestão inteligente de dados aplicados à tomada de decisão em políticas públicas, conectividade ou transformação digital?

Os estudos incluídos, em sua maioria, propuseram alguma metodologia para formulação, análise e avaliação de políticas públicas, muito embora, nem todos destaquem a pesquisa com foco em conectividade significativa nas escolas. A Tabela 1 destaca os principais *frameworks* identificados.

A abordagem predominante consistiu na proposição de *frameworks* teóricos baseados em acesso às Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), nas disparidades existentes e nas divisões digitais entre países e entre diferentes regiões de um mesmo país. O estudo de [Lněnička e Máchová 2022] investiga a ausência de indicadores para avaliar disparidades digitais, analisando um conjunto de indicadores (habilidades e educação em TIC, acesso e infraestrutura de TIC, dados abertos, entre outros) para cada país. Já o estudo de [Aly et al. 2022], apresenta uma modelagem baseada em Rede Bayesiana Orientada a Objetos (OBN), com a finalidade de identificar as relações e indicadores entre os ODS e sua adequação. A metodologia se mostrou eficaz para que os tomadores de decisão possam definir quais prioridades quanto aos indicadores ODS.

Em [Baig et al. 2021] é abordado o uso de Big Data por tomadores de decisão no setor na educação para prever situações futuras. Busca identificar fatores que influenciam o uso de *Big Data Analytics* (BDA) por tomadores de decisão no setor educacional e, preencher a lacuna na pesquisa de um framework teórico de BDA no domínio da educação. Na metodologia incorporaram as estruturas Difusão de Inovação (DOI) e Ambientes de Organização Tecnológicas (TOE). Enquanto em [Queiroga et al. 2024], é destacado que muitos alunos ainda enfrentam grandes desigualdades educacionais. Pensando nisso, propuseram uma estratégia baseada em dados para promover um sistema equitativo. Utilizaram os dados abertos do Brasil e com isso identificaram oito indicadores, dentre esses indicadores estão infraestrutura escolar e acesso à Internet para os alunos. Com relação ao acesso à Internet nas escolas, a literatura destaca que os resultados divergem com outras pesquisas quanto o impacto da disponibilidade da Internet nas escolas, todavia, os

estudos apresentados são em contextos específicos, o que pode representar uma lacuna de pesquisa em aberto quanto a conectividade significativa nas escolas.

Framework	Objetivo	Modelo
[Lněnička e Máchová 2022]	Avaliar as disparidades de TICs e divisões digitais, propor indicadores tradicionais e novos para políticas governamentais	Conceitual
[Shah et al. 2024]	Propor um <i>framework</i> para o ecossistema de Big Data governamental	Conceitual
[Aly et al. 2022]	Aplicar OOBN para <i>insights</i> entre os objetivos ODS e análise e avaliação de políticas	Modelagem
[Baig et al. 2021]	Identificar os indicadores que influencia a adoção de Big Data pelos tomadores de decisão na Educação	Conceitual
[Queiroga et al. 2024]	Explorar como estratégias baseadas em dados podem promover a equidade educacional no Brasil	Conceitual
[Amicone et al. 2023]	Desenvolver uma abordagem para gestão de políticas públicas a partir de tecnologias IA	Plataforma
[Papadakis et al. 2024]	Discutir as abordagens do uso da IA na formulação de políticas públicas mais transparente	Arquitetura
[De Carvalho e Da Silva 2021]	Demonstrar como a IA Explicável (XAI) pode ser utilizada na formulação de políticas baseadas em evidências	Conceitual
[Kyriazis et al. 2020]	Propor uma arquitetura para o gerenciamento de políticas	Arquitetura
[Zain et al. 2023]	Propor modelo, em dimensões, para o Big Data no setor público	Conceitual
[Stavropoulou et al. 2020]	Facilitar o acesso público de dados jurídicos	Plataforma

Tabela 1. Frameworks para gestão de dados, tomada de decisão em políticas públicas ou conectividade e transformação digital.

Já a estrutura *datagov.eco*, proposta por [Shah et al. 2024], fornece aspectos estratégicos e operacionais em relação ao contexto da governabilidade orientada por dados. É proposta uma estrutura conceitual de Ecossistema de Big Data Governamental (GBDE), mas também abordam a ausência de um sistema capaz de agregar e consolidar um conjunto variado de componentes de serviços governamentais. Enquanto que o trabalho de [Kyriazis et al. 2020] destaca uma arquitetura para o gerenciamento de políticas orientada a dados e que facilita a coleta de fontes heterogêneas, posterior limpeza, interoperabilidade e análise para obter *nsights* e simular a implementação de políticas.

Em [Amicone et al. 2023] foi desenvolvida uma plataforma que torna mais eficaz o processo de desenvolvimento de políticas, tornando-o mais adaptativo, inteligente e centrado nas necessidades da sociedade. Através do projeto *AI4PublicPolicy*, destacam fortemente o potencial da IA para automatizar políticas baseadas em dados. A motivação se deu pela necessidade de facilitar a correlação entre dados relevantes, abordagens baseadas em dados para promover a formulação de políticas.

Por outro lado, a tomada de decisão em políticas públicas baseadas em modelos ML e IA envolve desafios quanto a transparência, segurança e conformidade com as regulamentações vigentes, como destacado por [Papadakis et al. 2024]. Os autores propuseram uma arquitetura que engloba desde um processo de mineração de dados a uma arquitetura de referência a modelos ML baseados em nuvem. Ainda pensando em políticas baseadas em evidências e no uso da Inteligência Artificial Explicável (XAI), o modelo proposto por [De Carvalho e Da Silva 2021] mensura a satisfação do consumidor no setor elétrico.

QP2: Como Big Data e IA são usados nas etapas do processo de tomada de decisão em políticas públicas?

A literatura analisada nesta RSL evidencia o uso de Big Data e IA nas diversas etapas do processo de tomada de decisão em políticas públicas, destacando sua aplicabilidade em uma variedade de abordagens e contextos. Ademais, muitos dos estudos incluídos destacam a importância do uso de dados massivos para aprimorar a governança, otimizar os processos de tomada de decisão e reduzir as desigualdades digitais. Segundo [Kyriazis et al. 2020], essas metodologias visam apoiar todas as etapas do ciclo de políticas públicas, permitindo que as decisões governamentais sejam tomadas baseadas em evidências.

Nove estudos analisaram o uso de Big Data em conjunto com outras tecnologias. Os trabalhos de [Baig et al. 2021], [Pata et al. 2022] e [Queiroga et al. 2024] destacam a integração entre Big Data, Inteligência Artificial e técnicas de clusterização para apoiar a tomada de decisão, a gestão de recursos e a formulação de políticas orientadas por dados. Esses estudos evidenciam o potencial dessas tecnologias para aprimorar processos de governança, otimizar recursos e subsidiar estratégias voltadas à educação e à inclusão digital. Adicionalmente, alguns trabalhos associam Big Data à análise e ao monitoramento dos Objetivos ODS, utilizando dados provenientes de setores estratégicos, como educação e energia, para apoiar ações de sustentabilidade e resiliência [Aly et al. 2022, Shah et al. 2024].

A IA também se destaca como tecnologia de suporte às diferentes etapas do ciclo de políticas públicas, contribuindo para a análise de cenários, comparação de alternativas e avaliação de impactos [Shah et al. 2024, Amicone et al. 2023]. Nesse contexto, abordagens baseadas em evidências utilizam técnicas de aprendizado de máquina, classificação, regressão, clusterização e mineração de dados para extrair conhecimento, identificar padrões e gerar *insights* relevantes para os tomadores de decisão [De Carvalho e Da Silva 2021, Arnaboldi e Azzone 2020, Lnenicka et al. 2020, Kyriazis et al. 2020, Papadakis et al. 2024].

Entretanto, os resultados também apontam desafios relacionados à transparência, confiabilidade e possíveis vieses dos modelos de IA. Para mitigar essas limitações, a IA Explicável surge como uma abordagem promissora para tornar os processos analíticos mais compreensíveis e confiáveis [Papadakis et al. 2024]. Iniciativas como o projeto *AI4PublicPolicy* [Alliance for Affordable Internet (A4AI) 2020] demonstram o potencial da XAI para ampliar a transparência e a efetividade das políticas públicas, embora ainda existam desafios relacionados ao desenvolvimento de ontologias, modelos semânticos e mecanismos de explicação adequados aos contextos governamentais [Amicone et al. 2023].

QP3: Quais técnicas são utilizadas na gestão de dados e apoio à tomada de decisão baseada em dados de políticas públicas de conectividade?

A Tabela 2 sintetiza as técnicas e metodologias predominantemente identificadas nos estudos incluídos na RSL, organizadas por eixos de aplicação. Essa consolidação possibilita visualizar as abordagens metodológicas empregadas em cada domínio, evidenciando tanto a diversidade de técnicas aplicadas quanto aquelas que ainda podem ser exploradas. Além do mais, permite identificar lacunas relacionadas ao uso de técnicas estatísticas, IA, Big

Data e outras estratégias voltadas ao suporte à tomada de decisão baseada em dados.

As técnicas estão agrupadas de acordo com o eixo de aplicação. Nos eixos Governo Digital e Educação, a adoção de testes estatísticos como a AF, o Teste de *Bartlett* e o Índice de *Kaiser-Meyer-Olkin* (KMO) são mais frequentes. Nos estudos de [Lněnička e Máchová 2022] e [Queiroga et al. 2024], essas técnicas foram aplicadas na exploração dos dados em busca de variáveis com fatores mais explicativos, auxiliando na análise, visualização dos dados e no planejamento mais ágil. Em [Baig et al. 2021], foi empregado o método estatístico de Modelagem de Equações Estruturais por Mínimos Quadrados Parciais (PLS-SEM), visando identificar os fatores que influenciam a adoção de Big Data no ensino.

Área de Aplicação	Técnicas Estatísticas	Técnicas de IA / Big Data	Outros Métodos
Governo Digital	AF, KMO, Bartlett	K-means	–
Desenvolvimento Sustentável	–	OoBN	AIP, Crowdsourcing
Educação	PLS-SEM, AF, KMO, Bartlett	k-means	–
Governança	GMM	Modelos orientados a dados	–
Tomada de Decisão	–	XAI, RNN, Data Mining, Data Warehouse, BDA	–
Setor Público	Kappa	Algoritmo Boruta, Regressão Logística, BDA, CRISP-DM, XAI, SHAP	Pesquisa qualitativa, DSR

Tabela 2. Técnicas e métodos aplicados nos estudos incluídos na RSL, por área de aplicação.

O modelo de rede Bayesiana Orientada a Objetos (OOBN) foi aplicado visando identificar os objetivos ODS que afetam o capital e capacidade de resiliência das nações [Aly et al. 2022]. Já [Fu et al. 2024], empregam o Método de Análise de Importância-Desempenho (AIP) para analisar o compromisso do governo e da população com os objetivos ODS, identificando as prioridades em relação a esses objetivos. Por sua vez, [Parekh et al. 2022] utilizam a técnica *Crowdsourcing* para coletar dados reais, buscando compreender melhor as disparidades digitais e corrigir mapas de banda larga ainda imprecisos. Finalmente, [Pata et al. 2022] aplicam *k-means* para definir níveis de maturidade digital em diferentes escolas.

Nos eixos de Governança, Tomada de Decisão e Setor Público, observa-se maior predominância de técnicas estatísticas, preditivas e orientadas por dados. No eixo de Governança, destacam-se o Método de Momentos Generalizado (GMM), utilizado na preparação dos dados para modelos probabilísticos [Wirajing e Nchofoung 2023]; os modelos de Governança Antecipatória orientada por dados [Maffei et al. 2020]; e a arquitetura *Data Warehouse*, empregada para apoiar a tomada de decisão baseada em evidências [Conejero et al. 2021].

No contexto de Tomada de Decisão, predominam as técnicas relacionadas à IA Explicável, voltadas à transparência nas decisões dos modelos, Redes Neurais Recorrentes (RNN) [De Carvalho e Da Silva 2021, Papadakis et al. 2024] e Mineração de dados [Kyriazis et al. 2020]. Em [Conejero et al. 2021], por exemplo, a mineração de dados é aplicada para identificar padrões entre educação e emprego.

No eixo de Setor Público, destacam-se técnicas como Regressão Logística (RL) [Fu et al. 2024], Pesquisa em Ciência do Design (DSR) [Shah et al. 2024], índice de con-

cordância de Cohen (Kappa), Processo Padrão Intersetorial para Mineração de Dados (CRISP- DM), Big Data e Analytics (BDA) e pesquisa-ação [Arnaboldi e Azzone 2020]. Essas abordagens são empregadas para validação de níveis de concordância, realização de previsões, apoio ao ciclo de políticas públicas e validação de artefatos conceituais de governança. De modo geral, as análises revelam que as técnicas estatísticas clássicas são mais frequentemente empregadas, especialmente nas áreas de Governo Digital e Educação. Por outro lado, as técnicas baseadas em IA e ou Big Data predominam nos eixos de Tomada de Decisão, Governança e Setor Público.

QP4: Quais métricas e indicadores são utilizados para avaliar a conectividade significativa e sua influência nas políticas públicas?

Avaliar conectividade significativa e sua influência nas políticas públicas deve levar em consideração uma combinação de indicadores tradicionais de infraestrutura, métricas de desempenho de rede, dispositivos para uso, competências digitais e segurança digital [(ITU) 2024], uma vez que subsidia decisões e avaliação de impactos voltados a conectividade educacional.

Os estudos incluídos na pesquisa não apresentam uma grande diversidade de indicadores de conectividade educacional, uma vez que muitos não estão diretamente preocupados em conectividade nas escolas. Ainda assim, foi possível identificar um conjunto de indicadores recorrente relacionados a esse tema. A Tabela 3 apresenta os indicadores identificados, organizados conforme as dimensões do *Framework for Universal Meaningful Connectivity* (UMC), tais como qualidade da conexão (CQ), disponibilidade para uso (DU), dispositivos (DI), competências digitais (CD) e segurança digital (SD)[(ITU) 2024].

Indicador	Cat.	Estudo	Finalidade
Acesso à Internet nas escolas, tecnologia de conexão	DU	[Lněnička e Máchová 2022, Queiroga et al. 2024]	Avaliar disparidades digitais
Largura de banda	DU	[Lněnička e Máchová 2022, Wirajing e Nchofoung 2023]	Avaliar disparidades digitais
Disponibilidade de dispositivos	DI	[Pata et al. 2022]	Maturidade digital das escolas
Qualidade da conexão	QC	[Del-Valle-Soto et al. 2024, Palacios Abad et al. 2024, Parekh et al. 2022]	Maturidade digital das escolas
Capacitação dos professores	CD	[Pata et al. 2022]	Maturidade digital das escolas
Habilidades em TICs	CD	[Lněnička e Máchová 2022]	Avaliar disparidades digitais
Disparidade entre áreas urbanas e rurais	DU	[Del-Valle-Soto et al. 2024]	Avaliar disparidades digitais
Competências digitais	CD	[Pata et al. 2022, Del-Valle-Soto et al. 2024]	Maturidade digital das escolas
Segurança e proteção	SD	[Baig et al. 2021, Pata et al. 2022]	Maturidade digital das escolas

Tabela 3. Indicadores de conectividade identificados na RSL, categorizados segundo as dimensões do *Framework for Universal and Meaningful Connectivity* [(ITU) 2024].

Em [Del-Valle-Soto et al. 2024] é discutido a importância de garantir acesso à banda larga e infraestrutura de telecomunicações com velocidade adequada, como forma de garantir uma redução das lacunas existentes. Enquanto [Lněnička e Máchová 2022] descrevem alguns indicadores que foram relacionados com a exclusão digital, dentre eles

estão: habilidades em TICs, assinaturas ativas de banda, largura de banda internacional da Internet (kb/s), índice de competitividade digital e índice de prontidão para IA do governo. Por fim, iniciativas de políticas públicas, como PBLE possibilitam melhoria no acesso à internet pelos estudantes, impactando diretamente na busca de equidade educacional [Queiroga et al. 2024]. O uso dessas métricas e indicadores constitui um mecanismo de gestão, baseado em evidências, para alocação de recursos destinados à expansão da infraestrutura em áreas remotas e prioritárias, além de possibilitar o uso de modelos preditivos para inclusão digital.

QP5: Quais são os desafios e oportunidades relacionados à conectividade significativa à Internet na educação para garantir a equidade?

As pesquisas destacam a conectividade à Internet na educação não apenas como simples acesso, mas sim como a disponibilidade de uma conexão de qualidade, dispositivos adequados e habilidades digitais. A Figura 4 apresenta o foco dos estudos analisados.

Os estudos apontam que a promoção da transformação digital, da inclusão digital e do desenvolvimento sustentável depende da ampliação do acesso à infraestrutura de conectividade e da adoção de tecnologias digitais em contextos educacionais e governamentais [Lnenicka et al. 2020, Baig et al. 2021]. Ainda assim, permanecem desafios relacionados às disparidades no acesso à banda larga e à infraestrutura de telecomunicações entre áreas urbanas e rurais [Del-Valle-Soto et al. 2024]. Soma-se a isso, tecnologias emergentes, como IA e *e-learning*, que podem ampliar desigualdades existentes quando implementadas em contextos marcados por limitações de acesso e infraestrutura [Lnenicka et al. 2020]. Portanto, é importante o desenvolvimento de modelos de governança preditiva para identificar necessidades futuras, avaliar as previsões e conectividade antes que se tornem críticas [Maffei et al. 2020].

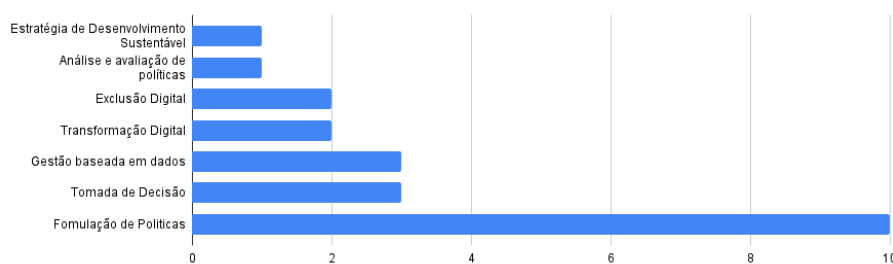


Figura 4. Temas frequentemente destacados nos desafios e oportunidades nos estudos analisados.

Outro aspecto recorrente refere-se à necessidade de aperfeiçoar mecanismos de monitoramento e avaliação de políticas públicas. Estudos destacam a importância de ampliar a cobertura de indicadores e fortalecer modelos de acompanhamento alinhados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável [Aly et al. 2022]. No contexto da IA aplicada ao setor público, há demanda por bases de conhecimento estruturadas, capazes de apoiar a implementação responsável, transparente e ética de sistemas de decisão automatizados [Kuziemski e Misuraca 2020].

A elevada heterogeneidade dos dados e a necessidade de integração de grandes volumes de informações dificultam a construção de indicadores confiáveis e o desenvolvimento de soluções analíticas escaláveis. Finalmente, diversos estudos ressaltam

que a adoção de IA e aprendizado de máquina em políticas públicas requer mecanismos que garantam transparência, explicabilidade e confiabilidade. Questões como viés algorítmico, representatividade dos dados e interpretação dos resultados permanecem como desafios centrais, reforçando a necessidade de pesquisas que ampliem a compreensão e a aplicação responsável dessas tecnologias em ambientes de tomada de decisão [Papadakis et al. 2024, Amicone et al. 2023].

Por fim, ainda há imprecisão da coleta dos dados, que pode se basear em dados autodeclarados pelos provedores, diretores ou gestão, podendo não refletir adequadamente a realidade e qualidade de acesso, além de ocultar as necessidades reais das áreas mais carentes [Palacios Abad et al. 2024]. Assim, amplificar o uso de Big Data e *Crowdsourcing* na coleta desses dados, de medições reais [Parekh et al. 2022], podem garantir que sejam direcionados recursos de infraestrutura a locais com reais necessidades [Palacios Abad et al. 2024] ou que, embora tenham acesso, não possam utilizá-lo da forma adequada.

6. Considerações Finais

Com essa RSL observou-se que as pesquisas atuais têm buscado desenvolver mecanismos capazes de apoiar a tomada de decisão em políticas públicas, com ênfase na busca da inclusão e equidade digital. Embora poucos estudos tratem especificamente a conectividade significativa da educação básica, a literatura sobre governança e políticas públicas baseadas em evidências apresenta um conjunto de *frameworks*, arquiteturas, modelos e técnicas de Big Data e Inteligência Artificial que podem ser adaptadas para apoiar políticas públicas de conectividade educacional. Os estudos destacam a importância da integração de dados heterogêneos, do uso de plataformas de análise e da construção de indicadores para gerar evidências que apoiem a formulação, a implementação, o monitoramento e avaliação de políticas voltadas à conectividade significativa.

Como limitações desta pesquisa, destaca-se que a estratégia de busca, por meio da *string* definida, pode não ter recuperado estudos que abordam o tema utilizando terminologias distintas das palavras-chave selecionadas. Além disso, a delimitação temporal adotada pode ter excluído estudos anteriores ou publicações mais recentes potencialmente relevantes. Ainda assim, esse intervalo permitiu uma análise consistente da produção científica mais atual sobre conectividade educacional e inclusão digital. Outra limitação, refere-se ao processo de seleção e análise dos estudos, conduzido por apenas dois avaliadores, o que pode ter influenciado a inclusão ou exclusão de alguns trabalhos, embora tenham sido adotados critérios previamente definidos para minimizar esse risco. Apesar dessas limitações, a RSL permitiu identificar os principais indicadores de conectividade empregados na literatura, bem como as técnicas, os desafios e oportunidades de pesquisas persistentes.

Dessa forma, os resultados obtidos contribuem com o conhecimento e fornecem uma base para o desenvolvimento de novas investigações sobre conectividade significativa em ambientes educacionais. Como trabalhos futuros, pretende-se realizar a análise dos dados de conectividade das escolas obtidos pelos portais governamentais e relatórios atuais oficiais, com o objetivo de identificar quais os indicadores têm maior influência na maturidade digital e UMC educacional das escolas, e como podem ser aplicados como critérios na tomada de decisão em políticas públicas de conectividade educacional.

Declaração sobre uso de Inteligência Artificial

Ferramentas de Inteligência Artificial Generativa foram utilizadas exclusivamente para auxiliar na revisão textual. Todas as sugestões foram revisadas e validadas pelos autores, que assumem total responsabilidade pelo trabalho.

Referências

- Alliance for Affordable Internet (A4AI) (2020). Meaningful connectivity: A new target to raise the bar for internet access. Acesso em: 8 jan. 2025.
- Aly, E., Elsayah, S., e Ryan, M. J. (2022). Aligning the achievement of sdgs with long-term sustainability and resilience: An oobn modelling approach. *Environmental Modelling & Software*, 150:105360.
- Amicone, A., Marangoni, L., Marceddu, A., e Miccoli, M. (2023). Ai-based public policy making: a new holistic, integrated and “ai by design” approach. In *2023 19th International Conference on Distributed Computing in Smart Systems and the Internet of Things (DCOSS-IoT)*, pages 525–532. IEEE.
- Arnaboldi, M. e Azzone, G. (2020). Data science in the design of public policies: dispelling the obscurity in matching policy demand and data offer. *Heliyon*, 6(6).
- Aung, H. L. e Kham, N. S. M. (2023). A conceptual framework for ict policy development in myanmar education sector. In *2023 IEEE Conference on Computer Applications (ICCA)*, pages 417–422.
- Baig, M. I., Shuib, L., e Yadegaridehkordi, E. (2021). A model for decision-makers’ adoption of big data in the education sector. *Sustainability*, 13(24):13995.
- Barbosa, A. e Castello, G. (2025). Para além do acesso à internet: como garantir a conectividade significativa. *Computação Brasil*, (53):43–49.
- Conejero, J. M., Preciado, J. C., Fernández-García, A. J., Prieto, A. E., e Rodríguez-Echeverría, R. (2021). Towards the use of data engineering, advanced visualization techniques and association rules to support knowledge discovery for public policies. *Expert Systems with Applications*, 170:114509.
- Cruz, A., Pinheiro, E., Sousa, S., Rodrigues, E., Andrade, R. M., e Macedo, J. A. (2024). Conectividade na educação do brasil: Estratégias nacionais e internacionais para melhorar a infraestrutura de internet das escolas. In *Anais do XXXV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 404–417, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- De Carvalho, M. S. e Da Silva, G. L. (2021). Inside the black box: using explainable ai to improve evidence-based policies. In *2021 IEEE 23rd Conference on Business Informatics (CBI)*, volume 2, pages 57–64. IEEE.
- Del-Valle-Soto, C., Briseño, R. A., López-Pimentel, J.-C., Velázquez, R., Valdivia, L. J., e Varela-Aldás, J. (2024). Bridging the digital divide in mexico: A critical analysis of telecommunications infrastructure and predictive models for policy innovation. In *Telecom*, volume 5, pages 1076–1101. MDPI.
- Fu, H., Fu, L., Dávid, L. D., Zhong, Q., e Zhu, K. (2024). Bridging gaps towards the 2030 agenda: a data-driven comparative analysis of government and public engagement in china towards achieving sustainable development goals. *Land*, 13(6):818.

- Giga (2024). Connected education internet measurement system – giga. Acessado em 26 de junho de 2024.
- (ITU), I. T. U. (2024). Universal and meaningful connectivity: A framework for indicators and metrics. Accessed: 2025-03-14.
- ITU, U. N. (2021). Achieving universal and meaningful digital connectivity setting a baseline and targets for 2030. Acessado em 26 de junho de 2024.
- Keele, S. et al. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Technical report, Technical report, ver. 2.3 ebse technical report. ebse.
- Kitchenham, B. e Charters, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Technical Report EBSE-2007-01, Keele University and Durham University.
- Kuziemski, M. e Misuraca, G. (2020). Ai governance in the public sector: Three tales from the frontiers of automated decision-making in democratic settings. *Telecommunications policy*, 44(6):101976.
- Kyriazis, D., Biran, O., Bouras, T., Brisch, K., Duzha, A., Del Hoyo, R., Kiourtis, A., Kranas, P., Maglogiannis, I., Manias, G., et al. (2020). Polycycloud: analytics as a service facilitating efficient data-driven public policy management. In *Artificial Intelligence Applications and Innovations: 16th IFIP WG 12.5 International Conference, AIAI 2020, Neos Marmaras, Greece, June 5–7, 2020, Proceedings, Part I 16*, pages 141–150. Springer.
- Lnenicka, M., Kopackova, H., Machova, R., e Komarkova, J. (2020). Big and open linked data analytics: a study on changing roles and skills in the higher educational process. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 17:1–30.
- Lněnička, M. e Máchová, R. (2022). A theoretical framework to evaluate ict disparities and digital divides: Challenges and implications for e-government development.
- Maffei, S., Leoni, F., e Villari, B. (2020). Data-driven anticipatory governance. emerging scenarios in data for policy practices. *Policy Design and Practice*, 3(2):123–134.
- Nimer, K., Uyar, A., Kuzey, C., e Schneider, F. (2022). E-government, education quality, internet access in schools, and tax evasion. *Cogent Economics & Finance*, 10(1):2044587.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, A. C., Welch, V. A., Whiting, P., e Moher, D. (2021). The prisma 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372.
- Palacios Abad, B., Belding, E., Vigil-Hayes, M., e Zegura, E. (2024). Mending the fabric: the contentious, collaborative work of repairing broadband maps. 8(CSCW2).
- Papadakis, T., Christou, I. T., Ipektsidis, C., Soldatos, J., e Amicone, A. (2024). Explainable and transparent artificial intelligence for public policymaking. *Data & Policy*, 6:e10.

- Parekh, J., Parekh, C., e Ghasemi, A. (2022). Enabling universal connectivity via data-driven policymaking: A north american case study. *IEEE Communications Magazine*, 59(12):23–29.
- Pata, K., Tammets, K., Väljataga, T., Kori, K., Laanpere, M., e Rõbtsenkov, R. (2022). The patterns of school improvement in digitally innovative schools. *Technology, Knowledge and Learning*, 27(3):823–841.
- Queiroga, E. M., Siqueira, E. S., dos Santos Portela, C., Cordeiro, T. D., Bittencourt, I. I., Isotani, S., Melo, R. F., Muñoz, R., e Cechinel, C. (2024). Data-driven strategies for achieving school equity: Insights from brazil and policy recommendations. *IEEE Access*.
- Shah, S. I. H., Peristeras, V., e Magnisalis, I. (2024). A conceptual framework for the government big data ecosystem (‘datagov. eco’). *Data & Knowledge Engineering*, 154:102348.
- Stavropoulou, S., Romas, I., Tsekeridou, S., Loutsaris, M. A., Lampoltshammer, T., Thurnay, L., Virkar, S., Schefbeck, G., Kyriakou, N., Lachana, Z., et al. (2020). Architecting an innovative big open legal data analytics, search and retrieval platform. In *Proceedings of the 13th international conference on theory and practice of electronic governance*, pages 723–730.
- Wirajing, M. A. K. e Nchofoung, T. N. (2023). The role of education in modulating the effect of ict on governance in africa. *Education and Information Technologies*, 28(9):11987–12020.
- Zain, Y. M., Yaacob, S., Ibrahim, R., e Hussein, S. S. (2023). Valuable insights framework for big data and analytics in the malaysian public sector organization. In *2023 5th International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA)*, pages 1–10.