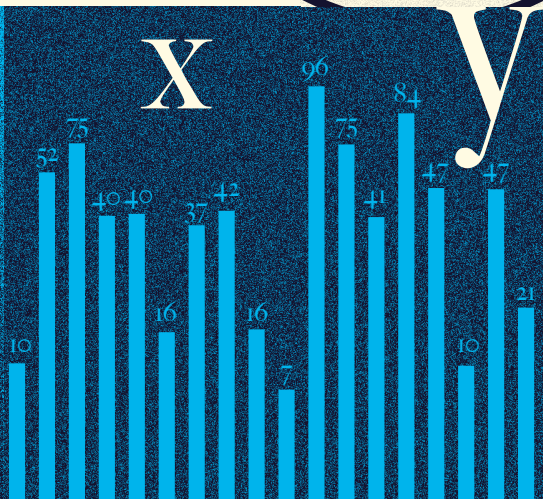
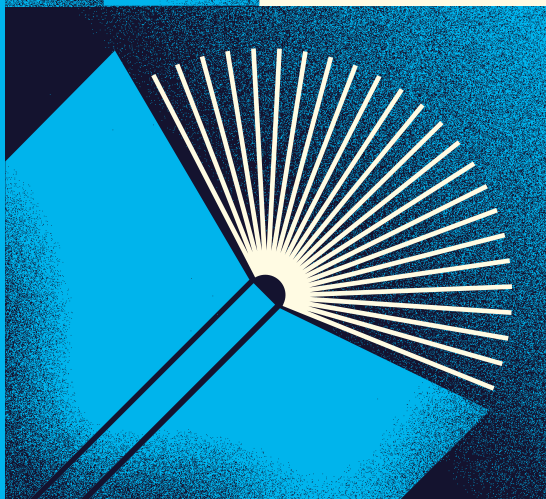


EDUCAÇÃO EM UM CENÁRIO DE PLATAFORMIZAÇÃO E DE ECONOMIA DE DADOS

SOBERANIA E INFRAESTRUTURA



GT plataformas educacionais

**EDUCAÇÃO EM
UM CENÁRIO DE
PLATAFORMIZAÇÃO E
DE ECONOMIA DE DADOS
SOBERANIA E INFRAESTRUTURA**

2023
CGI.br

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Educação em um cenário de plataformização e economia de dados [livro eletrônico] : soberania e infraestrutura / [editor] Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR. -- São Paulo : Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR, 2023. -- (GT Plataformas Educacionais)

PDF

Bibliografia.

ISBN 978-65-85417-14-3

1. Educação 2. Educação à distância 3. Inovações educacionais 4. Plataforma digital 5. Políticas educacionais 6. Tecnologia educacional I. Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR. II. Série.

23-172656

CDD-371.33

Índices para catálogo sistemático:

1. Tecnologia e educação 371.33

NÚCLEO DE INFORMAÇÃO E COORDENAÇÃO DO PONTO BR – NIC.BR

Diretoria:

Demi Getschko (*Diretor Presidente*)

Hartmut Richard Glaser (*Diretor de Assessoria às atividades do CGI.br*)

Ricardo Narchi (*Diretor Administrativo*)

Frederico Neves (*Diretor de Serviços e Tecnologia*)

Milton Kaoru Kashiwakura (*Diretor de Projetos Especiais e de Desenvolvimento*)

COORDENAÇÃO EDITORIAL

Grupo de Trabalho Plataformas para a Educação Remota

Integrantes:

Rafael Almeida Evangelista (*Coordenador*)

Tanara Lauschner

Maximiliano Martinhão

Henrique Faulhaber

PRODUÇÃO DESTA PUBLICAÇÃO

Diretoria de Assessoria às Atividades do CGI.br

COORDENAÇÃO EXECUTIVA

Carlos Francisco Cecconi

Jean Carlos Ferreira dos Santos

PESQUISA E REDAÇÃO

Priscila Gonsales

Ibirisol Fontes Ferreira

Alexandre Costa Barbosa

REVISÃO TÉCNICA E EDIÇÃO

Alexandre Costa Barbosa

Jean Carlos Ferreira dos Santos

Juliano Cappi

COLABORAÇÃO

Filipe Saraiva
Daniel Pinheiro
Rafael Brito Gomes (Gomex)

PREPARAÇÃO E REVISÃO TEXTUAL

Érica Santos Soares de Freitas

PROJETO GRÁFICO

Maricy Rabello, Giuliano Galves (Comunicação NIC.br)

DIAGRAMAÇÃO

Grappa Marketing Editorial (www.grappa.com.br)

COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL (CGI.br)

Composição em Setembro de 2023

Representantes do Setor Governamental

Carlos Manuel Baigorri, Cláudio Furtado, Débora Peres Menezes,
José Roberto de Moraes Rêgo Jr, Luiz Felipe Gondin Ramos,
Maximiliano Salvadori Martinhão, Pedro Helena Pontual Machado,
Renata Mielli e Rogério Souza Mascarenhas

Representantes do Setor Empresarial

Henrique Faulhaber, José Alexandre Novaes Bicalho, Nivaldo Cleto
e Rosauro Leandro Baretta

Representantes do Terceiro Setor

Bia Barbosa, Domingos Sávio Mota, Laura Conde Tresca e Percival
Henriques de Souza Neto

Representantes da Comunidade Científica e Tecnológica

Marcos Dantas Loureiro, Rafael de Almeida Evangelista e
Tanara Lauschner

Representante de Notório Saber em Assuntos de Internet

Demi Getschko

Coordenadora

Renata Mielli

Secretário Executivo

Hartmut Richard Glaser

SUMÁRIO

8	1 INTRODUÇÃO
12	2 SOBERANIA DIGITAL A PARTIR DA EDUCAÇÃO
15	2.1 O AVANÇO DE SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS MODULARES NAS ESCOLAS
18	2.2 O CONTROLE DA INFRAESTRUTURA DIGITAL E A SOBERANIA
28	2.3 DIRETIVAS QUANTO ÀS PLATAFORMAS COMERCIAIS EDUCACIONAIS EM PAÍSES EUROPEUS
31	3 COMPONENTES PARA A INFRAESTRUTURA DIGITAL EDUCACIONAL
31	3.1 ECOSISTEMA TECNOLÓGICO E TIPOS DE SOLUÇÕES
35	3.2 REQUISITOS PARA A INFRAESTRUTURA DIGITAL NA EDUCAÇÃO
38	4 O PAPEL DAS REDES DE ENSINO E PESQUISA
38	4.1 INTEGRAÇÃO DE REDES
43	4.2 EXEMPLOS INTERNACIONAIS E ARRANJOS ALTERNATIVOS
48	4.3 A RNP E AS POSSIBILIDADES NO BRASIL
54	5 CONSIDERAÇÕES FINAIS
56	6 REFERÊNCIAS
67	ANEXO I - ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ORÇAMENTÁRIA

1 INTRODUÇÃO

Ainda antes da pandemia de COVID-19, diversas pesquisas já apontavam problemas relacionados à vigilância de dados (ZUBOFF, 2019) na educação (WILLIAMSON, 2017; PARRA *et al.*, 2018; CRUZ; SARAIVA; AMIEL, 2019 e ao que tem sido chamado de colonialismo digital (KWET, 2019; AVELINO, 2023; FAUSTINO; LIPPOLD, 2023) ou colonialismo de dados (COULDRY; MEJIAS, 2019; CASSINO; SOUZA; AMADEU, 2021). Com o período compulsório de ensino remoto e a rápida adoção de plataformas por instituições de ensino, tais problemas foram potencializados e outros surgiram, como ausência de regulação em atividades educativas (GONSALES; AMIEL, 2020; LIMA, 2020), mercantilização da educação (AMIEL *et al.*, 2021; CONE *et al.*, 2021) e visão behaviorista da educação (WILLIAMSON; EYNON, 2020; WATTERS, 2021). Tendo essas questões em vista, em 2022, o Grupo de Trabalho sobre Plataformas Educacionais do Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI.br) lançou dois relatórios que sintetizam os estudos realizados sobre a educação diante de um cenário de plataformização e economia de dados, realizado ao longo dos últimos dois anos.

O primeiro relatório, divulgado em setembro de 2022, traz uma revisão bibliográfica do conceito de “plataformização” e “plataformização na educação”, considerando a produção acadêmica nacional e internacional. O segundo estudo, apresentado ao público em evento presencial, em novembro de 2022, na sede do CGI.br|NIC.br, enfatiza as assimetrias nos acordos firmados entre secretarias de educação e grandes corporações de tecnologia para acesso às plataformas e serviços digitais. Devido à ausência de regulamentação no setor e ao desconhecimento por parte dos gestores educacionais sobre o modelo de negócio das empresas, redes de ensino estaduais, municipais e universidades públicas aceitaram termos e condições de empresas de tecnologia (como Google e Microsoft) para terem acesso “gratuito” a serviços. Além de colocarem em risco a proteção de dados de estudantes crianças e adolescentes, esses acordos de parcerias têm favorecido atores com finalidades distintas da educação, acarretando a ingerência em um setor cujo dever constitucional de oferta é do Estado.

Este terceiro estudo traz um panorama analítico sobre questões técnicas, gerenciais e políticas necessárias para a implementação de serviços de tecnologia e Internet, visando o atendimento à rede pública de ensino brasileira. Busca identificar quais são as condições necessárias para a organização e a manutenção de uma infraestrutura e um serviço de armazenamento e aplicações próprias para a educação. Isto é, com vocação propositiva, este estudo ressalta as soberanias digital e tecnológica a partir da análise sobre a educação como um setor essencial e avança no debate acerca das políticas necessárias nessa proeminente agenda.

Embora a pandemia tenha acelerado o processo, a adoção de tecnologias digitais para possibilitar o ensino além do espaço físico das escolas, centros de estudos e universidades já estava crescendo. A regulamentação da educação à distância (EaD), tanto na Educação Básica como no Ensino Superior, foi atualizada pelo Decreto 9.057 (BRASIL, 2017a)¹, provocando aumento na oferta dessa modalidade de ensino. O decreto deu autonomia às instituições para a criação de polos de transmissão de aulas (espaços físicos equipados para essa finalidade) sem a exigência de visita de técnicos do governo.

Dados do Censo do Ensino Superior de 2019 (INEP, 2019) mostraram que a modalidade EaD representava 14,1% das matrículas de graduação em 2009. Dez anos depois, ainda antes da pandemia, o índice passou para 28,4% e, desde 2015, o número de matrículas na modalidade presencial tem caído. De acordo com o Censo, apesar de a rede privada concentrar a oferta de educação superior (83,8%), a maioria das universidades no Brasil é pública (54,5% do total de instituições). Em relação às instituições federais, 63,5% são universidades, enquanto 36,5% são Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia (IF) e Centros Federais de Educação Tecnológica (Cefet).

Na Educação Básica, a adoção de plataformas digitais de aprendizagem disparou com a pandemia, como mostram os estudos desta série a partir dos dados da pesquisa TIC Educação 2020 (CETIC.BR|NIC.BR, 2021). Se em 2019 eram 28% das escolas que faziam uso desse recurso, em 2020 esse índice chegou a 80% em escolas estaduais, 42% nas municipais e 70% naquelas localizadas em área urbana.

¹ O artigo 80 da Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996, estabelece as diretrizes e as bases da educação nacional

Uma vez que o processo de plataformação das atividades de ensino e aprendizagem nas escolas se intensifica, mediando relações sociais, econômicas e políticas a partir de dispositivos de coleta em massa e permanente de informações, todos os fluxos da vida cotidiana têm sido convertidos em dados. Na educação, embora seja um direito constitucional, esse mesmo modelo comercial das plataformas pouco se altera (LIMA, 2020). Ao ofertar interfaces e serviços gratuitos, grandes corporações estrangeiras estão construindo um *Big Data*² para uso privado, com base nos dados capturados e, assim, alimentam suas estruturas de inteligência artificial (IA) de aprendizado de máquina (*machine learning*). Os riscos de tais estruturas são inegáveis, o que reafirma a importância de se priorizar a construção de uma política de infraestrutura digital pública que garanta a soberania digital. Essa política tem ganhado espaço ao redor do globo, tendo como pilares dessa infraestrutura a necessidade de ser inclusiva, estruturante e interoperável, além de ser passível de controle social por meio de uma governança democrática (EAVES; SANDMANN, 2023).

Quando o Estado depende da infraestrutura tecnológica de grandes empresas transnacionais com sistemas cuja gestão algorítmica se baseia em soluções proprietárias e de código fechado, sua capacidade de atuar para garantir os interesses de uma política nacional fica comprometida: a lógica de investimento em inovação nacional é substituída pelo mero consumo de tecnologias terceirizadas. Modelos baseados exclusivamente na terceirização de soluções tecnológicas podem enfraquecer a habilidade de estados criarem soluções para suas próprias questões e prioridades. Não se trata de fomentar uma agenda de uma política industrial neoprotecionista, mas viabilizar um ciclo de inovação tecnológica orientado à resolução de questões estruturais, tendo em vista o bem comum (MAZZUCATO, 2018).

Embora seja um conceito polissêmico, é sabido que a soberania digital passa necessariamente pela questão da segurança de infraestruturas e dados estratégicos de um território, que devem estar

²Dados com informações pessoais, como comportamento *online* e desempenho acadêmico, estão sendo coletados e armazenados com objetivos opacos. O *Big Data*, na prática, caracteriza-se por uma gigante concentração de dados.

sujeitos a leis e políticas públicas desse local³. Dada a vastidão semântica dos conceitos “digital”, “dados” e “soberania”, essa disputa era esperada, inclusive por meio da negação da agenda. Com a disseminação da computação em nuvem (*cloud computing*), composta por um mercado fortemente concentrado, muitos países têm aprovado normativas de privacidade de dados envolvendo alguns aspectos, como controle e armazenamento.

No momento em que a educação (assim como a saúde e a ciência) está fortemente orientada por atores e interesses privados do setor de tecnologia, é importante e necessário pensar a soberania digital a partir de áreas essenciais. Esse foi um consenso, inclusive, na oficina realizada pelo GT Plataformas Educacionais, com representantes diversos, inclusive do setores produtivo e de serviços nacional. Não se pretende assumir, necessariamente, que fomentar a soberania digital no setor educacional seja sinônimo da resolução de conflitos e riscos mapeados nesta série de estudos, mas enaltecer a educação como direito universal por meio da reflexão crítica e do debate público participativo, multissetorial e representativo.

Este estudo apresenta, portanto, como a perspectiva da soberania digital tem se formado, a partir do setor educacional, na teoria e na prática. Para tal, elencam-se as componentes de uma infraestrutura digital para a educação, bem como diretrizes para seu desenvolvimento, operação e manutenção. O estudo também apresenta algumas possibilidades de as Redes de Ensino e Pesquisa se tornarem centrais ou retomarem o protagonismo na viabilização de tal infraestrutura; contudo, ainda é necessário o aprofundamento no âmbito da governança da educação digital. Além disso, consta um anexo de um estudo de viabilidade técnica e orçamentária sobre os componentes usados para manutenção de infraestrutura tecnológica, que pode servir de base para projetos e programas. Inclusive, o estudo de viabilidade baseia-se nos requisitos para infraestrutura digital, conforme delineados e descritos no terceiro capítulo.

³ Dada a característica “ilimitada” dos dados como um recurso utilitário e a Internet como uma infraestrutura de comunicação transnacional, a questão é saber “se” e “em qual medida” o fluxo de dados pode ser controlado. O debate ganhou força em paralelo a discursos e políticas de localização de dados.

2 SOBERANIA DIGITAL A PARTIR DA EDUCAÇÃO

A soberania continua sendo um princípio fundamental da ordem internacional, apesar da última onda de globalização e da crescente interdependência dos Estados (WERNER; DE WILDE, 2001). A prática da soberania tem evoluído em resposta nas últimas décadas, particularmente no que diz respeito à crescente influência de atores não estatais (CHOWDHURY, 2013). Em tempos de plataformação e economia de dados, é fundamental que a educação pública seja soberana para viabilizar a universalização de qualidade, equidade e inclusão⁴. No âmbito da Governança da Internet, a educação necessita do consenso multissetorial em torno da soberania digital. Se o termo soberania tem sido empregado por governos para exprimir poder sobre outros setores (HANSEN-GAMMELTOF; ADLER-NISSEN, 2008), como a educação, tal discurso deve ganhar materialidade.

Considerando a autonomia, a soberania digital tem sido associada a três camadas principais: estatal, econômica e individual (POHLE; THIEL, 2021). A primeira trata principalmente da capacidade de governos elaborarem políticas e tomarem decisões no que

No âmbito da Governança da Internet, a educação necessita do consenso multissetorial em torno da soberania digital.

tange o controle sobre dados e infraestruturas críticas, tendo em vista a segurança nacional (BELLI *et al.*; 2023). Muitas iniciativas que ocorrem nessa esfera são relacionadas à localização de dados, isto é, à determinação para que certos tipos de dados estejam armazenados no território em que são coletados. Essa agenda, no entanto, demanda cautela e debate aprofundado dada a dificuldade técnica e gerencial de controlar o fluxo de dados.

⁴ Destaque do 4º Objetivo do Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas (ONU, 2015).

A segunda está relacionada a questões de dominância de mercado de tecnologia, sobretudo por empresas dos Estados Unidos⁵. Já a terceira está associada à habilidade e à possibilidade de cidadãos e cidadãs tomarem decisões na rede, de forma informada, consciente e relevante.

Com o objetivo de apresentar uma visão sobre “soberania digital”, a Internet Society (2022) lançou um relatório que aponta diferentes interpretações e aplicações ao redor do mundo. Como mencionado, em alguns casos, o termo é amplamente utilizado por governos que desejam controlar as operações e os recursos da Internet; em outros, por empresas locais que refutam a penetração de plataformas tecnológicas estrangeiras no território. Há também comunidades indígenas que lutam pela salvaguarda do conhecimento e dos recursos locais, bem como indivíduos e ativistas que ressaltam a necessidade de autonomia no uso de aplicações via dispositivos e plataformas e no controle de seus dados.

Sem endossar um posicionamento, o relatório elegeram examinar as políticas governamentais existentes que explicitamente abordam soberania digital (Ásia-Pacífico, África e Europa, incluindo a Rússia), categorizando-as conforme os objetivos declarados, a fim de avaliar seu impacto sobre a base técnica de funcionamento da Internet. Foram identificadas duas abordagens distintas sobre soberania digital: uma que foca no maior poder estatal, em termos de controle das operações de rede, o que põe em risco os valores e as características centrais da Internet; outra que considera a autodeterminação econômica para fortalecer os atores da economia nacional local e permitir igualdade de condições, tornando dados e outros recursos mais acessíveis. A intenção do relatório foi alertar que certas políticas de soberania digital podem afetar negativamente o funcionamento da Internet e, conseqüentemente, o uso da Internet pela sociedade. Nesse sentido, o documento sugere avaliações de impacto como parte dos processos de criação de políticas nessa área.

De acordo com Mueller (2021), se soberania significa que o Estado é a autoridade suprema e exclusiva em um território, ao se acrescentar “digital” ao termo, a questão se torna mais complexa, pois existe uma distância entre o conceito de soberania e as realidades do ciberespaço: “O controle territorial e a exclusividade invo-

⁵No contexto da União Europeia, sob liderança da França e da Alemanha, lançou-se em 2019 o projeto GAIA-X, que busca desenvolver uma infraestrutura de dados da região por meio da agregação de pequenos e médios provedores de serviços de nuvem (GAIA, s.d.).

cados pela soberania política simplesmente não podem ser aplicados facilmente ao espaço virtual globalmente estendido criado pela Internet” (p. 1). Em virtude de a Internet ser formada por protocolos de software de código aberto, nenhuma autoridade exclusiva pode ser exercida. Para o autor, a exemplo do que tem sido feito na União Europeia, a soberania digital deve ser tratada como uma decisão coletiva e centrada no Estado, ou seja, não se trata de autonomia para indivíduos.

Em 2020 a Comissão para Competição e Transição Digital, e Vice-Presidente da Comissão Europeia, Margrethe Vestager, defendeu a necessidade de “tomar (de volta) o controle de nossos dados”. (GILL, 2020). Este argumento simboliza o interesse europeu em retomar o protagonismo geopolítico por meio da hegemonia regulatória, agenda apelidada de Efeito Bruxelas (BRADFORD, 2012), que tem se mostrado exitosa, sobretudo no contexto da Internet e das tecnologias digitais (BENDIEK; STUERZER, 2023). De todo modo, embora com diversos significados e com ampla margem de interpretação, a soberania digital já se tornou um princípio em diversas agendas políticas ao redor do mundo, seja em contextos democráticos ou autoritários.

Um relatório realizado por acadêmicos na Alemanha, sob demanda da Comissão Europeia, aponta que a educação é a base do que seria uma soberania digital sustentável (HERLO; ULLRICH; VLADOVA, 2023). Como ressalta Barbosa (2022), se o debate em torno da soberania digital avançar a partir das áreas essenciais, como educação, saúde, pesquisa e mobilidade, o potencial de geração de impactos positivos multidimensionais para o desenvolvimento sustentável será considerável. A agenda tende a ser benéfica para todos os setores, uma vez que busca garantir previsibilidade e segurança jurídica para as empresas, dar autonomia para os governos ao redor do mundo em políticas educacionais e contribuir para a promoção do acesso significativo à Internet para cidadãos e cidadãs.

Considerando as dimensões estatal, econômica e individual, e respectivas intersecções com o setor educacional, destacam-se certas justificativas para fomentar a soberania digital a partir da educação:

- a reivindicação e o aprimoramento da educação pública, conforme indicado nos Princípios de Abidjan (2022);
- o incomensurável valor de dados educacionais e científicos para o país, pois são fontes de estatísticas vitais para o monitoramento de políticas públicas, além de ativos e insumos para desenvolvimento de soluções aderentes à realidade brasileira;
- a necessidade de prevenção e mitigação dos riscos a crianças e adolescentes, muitas vezes oriundos do modelo de negócio das plataformas educacionais vigentes;
- o fato de o desenvolvimento de plataformas digitais educacionais em si ser um indicador de conhecimento científico e tecnológico necessário para implementação, manutenção e sustentabilidade de infraestruturas digitais no país.

Independentemente da abordagem teórica utilizada, este estudo sustenta-se na importância da soberania digital na educação, tanto pela capacitação de pessoas para o uso sustentável de tecnologias digitais, quanto pelo desenvolvimento de infraestruturas digitais abertas e não onerosas. Portanto, pensar e promover plataformas educacionais, considerando as diversas dimensões suscitadas pela soberania digital, é estratégico. Além de garantir maior autonomia (do Estado, da economia e do indivíduo) na educação, pode contribuir para o aprimoramento do debate sobre soberania digital no âmbito da Governança da Internet, evitando, assim, a fragmentação da rede⁶.

2.1 O avanço de soluções tecnológicas modulares nas escolas

No primeiro estudo desta série, o qual enfatiza problemas e conceitos relacionados à educação em um cenário de plataformação, foram apresentadas 12 características das plataformas digitais (BERRÍO-ZAPATA; RODRIGUES; GOMES, 2019), dentre as quais a arquitetura modular formada por conjuntos de subsistemas e interfaces interligadas para ofertar um determinado serviço ou apli-

⁶Fragmentação da rede ou da Internet é uma outra agenda importante a ser observada em paralelo ao avanço das agendas de soberania digital. Ambos conceitos variam de acordo com a região e o setor. Contudo, vale destacar que a Rede de Políticas sobre Fragmentação da Internet do Fórum de Governança da Internet tem três camadas: 1. usuário/a – experiências desiguais de acesso e uso; 2. técnica – desafios de interoperabilidade; e 3. governança – falta de coordenação e liderança entre as organizações que compõem a Governança da Internet. Mais informações disponíveis em: https://www.intgovforum.org/en/filedepot_download/256/24127. Acesso em 29 out. 2023.

cação. Para que essa arquitetura modular funcione em uma rede de ensino ou em uma instituição universitária, são necessários diversos aparatos que compõem um ecossistema digital, como a infraestrutura física de *hardware* (cabos, servidores), coordenada com a infraestrutura de *softwares* diversos que sustentam a operação de todos os componentes: desde a segurança dos dados até a usabilidade.

Por serem adaptáveis conforme os objetivos de ensino e de aprendizagem, além das possibilidades de uso remoto (como no período da pandemia de COVID-19), plataformas modulares têm sido cada vez mais requisitadas pelas instituições públicas de educação brasileiras, seja no nível do Ensino Básico ou Superior, conforme apresentado no segundo relatório desta série de estudos⁷ (CGI, 2022a). Basicamente, além da finalidade ou não de lucro, existem dois tipos de plataformas modulares para a educação: as proprietárias fechadas e as em código aberto e/ou *software* livre. Google Workspace for Education e Microsoft 365 são exemplos de plataformas proprietárias, as quais têm sido, aliás, as mais utilizadas justamente pela facilidade de adesão e pelo acesso imediato, pois não requerem que a instituição educativa providencie a montagem de um ecossistema digital próprio. Plataformas proprietárias fechadas costumam embutir um serviço de nuvem, isto é, concentram todo o ecossistema digital necessário para operar em seus *data centers* (DC); com isso, detêm os dados gerados por usuários de suas aplicações e retroalimentam seu modelo de negócios, baseado na extração e no tratamento de dados pessoais. Por utilizarem tecnologias avançadas de IA, como aprendizado de máquina (*machine learning*), o principal ativo são os dados, ou seja, quanto mais dados são gerados, mais eficientes seus produtos se tornam.

Como mostrou o relatório *Educação, Dados e Plataformas* (LIMA, 2020), ainda que as plataformas fechadas ofereçam pacotes para a educação com alguma proteção de dados em aplicativos específicos, se o estudante está com seu *login* ativo nesse pacote, mas acessa um aplicativo que não faz parte do pacote educacional (por exemplo, YouTube), seus dados serão tratados para fins comerciais como os de qualquer usuário.

⁷ Como descrito no estudo *Educação em um Cenário de Plataformização e Economia de Dados: Parcerias e Assimetrias* (CGI, 2022a), secretarias de educação e universidades têm simplesmente aceitado as condições de plataformas tecnológicas para ter acesso sem custo, sem a devida preocupação com fatores de risco, como vigilância e proteção de dados.

O segundo tipo de plataformas modulares são aquelas baseadas em *software* livre e/ou código aberto. A mais conhecida e amplamente difundida na educação é o Moodle (2001), criado em 2001 para apoiar a organização de comunidades *online* de aprendizagem, que segue em constante evolução e atualização, com a criação de melhorias e *plugins* pela comunidade de desenvolvedores. Para uma instituição de ensino utilizar o Moodle, é preciso instalar e administrar uma infraestrutura de servidor própria ou contratar um servidor externo para a instalação do *software*. Nas duas situações, uma equipe técnica de suporte, atualização e manutenção sempre que necessário deve ser considerada. Outra possibilidade é a contratação de nuvem e o gerenciamento por uma empresa externa, o que requer processos oficiais de licitação e contratação, a depender do volume de espaço, memória e dados a serem armazenados.

A vantagem de uma plataforma modular aberta para uso na educação (como o Moodle) é sua compatibilidade com a finalidade educacional de uma instituição de ensino público, maior proteção de dados de estudantes e independência de gestão de *software*. Só no Brasil, a comunidade de desenvolvedores do Moodle no Telegram tem 1.220 membros e 13 subtemas para organizar a conversa.

No entanto, é importante atentar para questões infraestruturais de plataformas modulares abertas. Uma enquete realizada por este estudo com membros da comunidade Moodle Brasil indicou quatro instituições públicas de educação brasileiras que utilizam essa plataforma em larga escala: Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) - Plataforma Eskada, Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) - *Campus* virtual, Escola Virtual da Escola Nacional de Administração Pública (Enap) - Escola Virtual.Gov (EV.G) e Universidade Aberta do Sistema Único de Saúde (UNA-SUS). A enquete apontou, no entanto, que 80% dos respondentes indicam o DC Amazon Web Services (AWS) para hospedagem, devido ao custo e à latência menores. A Tabela 1 sintetiza oito benefícios e seis desafios para uso do Moodle em larga escala, apontados como prioridades pelos próprios desenvolvedores (cada pessoa podia indicar quantos considerasse importantes):

Tabela 1.

Síntese da enquete realizada com desenvolvedores Moodle

Principais benefícios		Desafios de implementação	
Relatórios de acesso/participação dos alunos	68,18%	Carência de profissionais de <i>Design Instrucional</i> para criar ambientação atrativa	43,18%
Organização de aulas em formato remoto ou híbrido	65,91%	Variação da necessidade de servidor conforme a quantidade de usuários (simultâneos ou não)	43,18%
Aplicações interativas que permitem diversificação de materiais	59,09%	Falta de servidores de boa performance em território nacional	36,36%
Fóruns e outras ferramentas de interação e comunicação	56,82%	Custo de manutenção	34,09%
<i>Software</i> livre que pode ser facilmente importado e exportado para outros sistemas Moodle	56,82%	Dificuldade de formação de equipe de TI interna e de contratação de prestadores de serviço	34,09%
Repositório de conteúdos	52,27%	Necessidade de repositório externo para vídeos e outros recursos audiovisuais	27,27%
<i>Plugins</i> e adaptações com ferramentas externas	47,73%		
Facilidade de encontrar suporte e prestadores de serviço	40,91%		

Fonte: *Elaboração própria.*

É interessante notar que, na visão dos desenvolvedores, a questão de “falta de servidores de boa performance em território nacional” não é tão importante quanto a de “carência de profissionais” nem de “necessidade de servidor conforme a quantidade de usuários”. Desse modo, infere-se que a discussão sobre infraestrutura própria e soberania digital não está tão robusta na comunidade do principal *software* livre alternativo às plataformas modulares comerciais fechadas.

2.2 O controle da infraestrutura digital e a soberania

Organizações que atuam na Internet são proprietárias de sistemas autônomos que são, grosso modo, redes de computadores conectadas à Internet para oferecer às pessoas acesso a conteúdos, serviços e aplicações. Essas redes de computadores interconectam-se fisicamente, isto é, são infraestruturas físicas da Internet implementadas em espaços físicos que pertencem a territórios

de estados nacionais. Nesse sentido, o controle da infraestrutura implica poder sobre a própria Internet, tanto no âmbito econômico quanto técnico (ROSA, 2019). Pela perspectiva econômica, grandes corporações que detêm infraestrutura crítica para o funcionamento da Internet podem fazer acordos bilaterais de interconexão para contratação de tráfego e *peering*⁸, logrando um tipo de vantagem competitiva que não pode ser equiparada por pequenos e médios provedores; como consequência, oferecem serviços com custos menores e com mais qualidade para consumidores finais, gerando um ciclo de aprofundamento das desigualdades nas disputas pelo controle da infraestrutura.

Por outro lado, a partir da perspectiva técnica, é importante destacar que essa infraestrutura suporta a troca de pacotes de dados na Internet que permite o uso livre de aplicações e serviços da rede. Muitos pacotes carregam informações (dados pessoais, sensíveis, dados estratégicos, mensagens sigilosas etc.) de indivíduos e instituições que circulam por meio de processos de interconexão sem controle. Inclusive, provedores de Internet contratam uma arquitetura de conectividade concentrada nos EUA; logo, os dados também se concentram em território norte-americano. Nesse sentido, a rede de Internet é distribuída, mas a rede física não, ou seja, ela está à mercê de acordos comerciais totalmente subordinados a estruturas privadas. Em síntese, a Internet, como um sistema de comunicação e interconexão, está submetida não somente a determinado poder econômico e técnico, mas também geopolítico, uma vez que os territórios físicos estão sujeitos a legislações locais (ROSA, 2019).

As pesquisadoras Rosa e Hauge (2020) identificaram que a ampla maioria dos países do Sul Global⁹ não tem nenhuma presença de infraestrutura de interconexão das quatro corporações de tecnologia, conhecidas pela sigla GAFAM (Google, Apple, Facebook/Meta, Amazon e Microsoft)¹⁰ em comparação com países do Norte Global. A Apple tem aproximadamente 92% de seus pontos de interconexão no Norte, seguida pela Amazon (83%), Facebook (73%), e Google (72%).

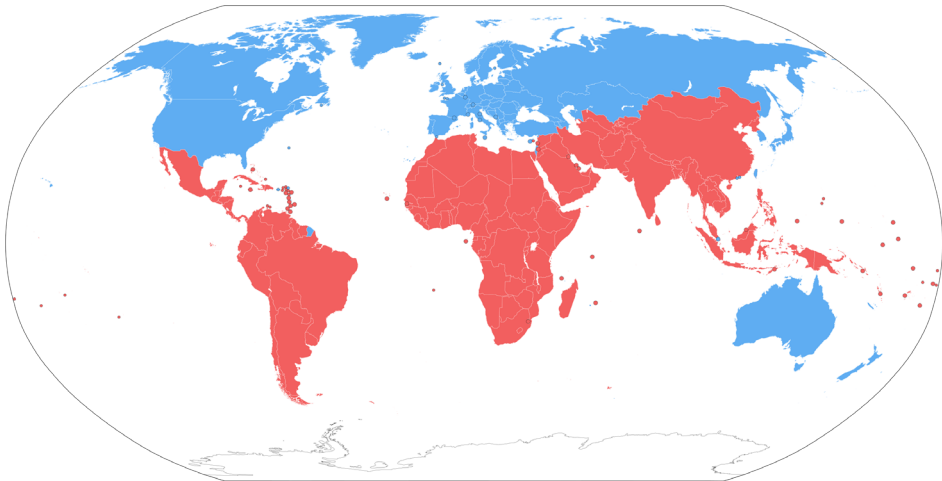
⁸ Interconexão de redes para comunicar dados de maneira mais ágil e direta, gerando eficiência e economia. O CGI.br|NIC.br tem um projeto nesse aspecto chamado OpenCDN (CGI.BR|NIC.BR, s.d.).

⁹ Sul Global é um conceito geopolítico utilizado em estudos pós-coloniais e transnacionais para designar o conjunto de países em desenvolvimento, com estrutura social e econômica com grande desigualdade.

¹⁰ As empresas GAFAM fornecem uma variedade de serviços construídos sobre infraestruturas transnacionais que sustentam suas posições de liderança em relação a qualquer novo operador.

Como apontam as autoras, embora as discussões públicas tenham ocorrido principalmente nos EUA, onde as empresas GAFAM foram fundadas, e na Europa, onde a recente legislação de proteção de dados visou essas empresas, os efeitos de tal concentração de mercado devem ser compreendidos em um contexto transnacional mais amplo. Por exemplo, a participação de mercado do Google está acima de 90% no Brasil e na Índia, e aproximadamente 30% da receita da Apple no último trimestre de 2020 originou-se em outras localidades, além das Américas e da Europa. Entre os principais países do Facebook em termos de número de usuários, nove em cada dez são do Sul Global, incluindo o primeiro, a Índia, com 310 milhões de usuários. Tal cenário aponta que, além do poder e da vantagem competitiva oferecidos pela infraestrutura, pode existir um processo de colonização por trás dessas relações econômicas profundamente conectado com a infraestrutura.

Figura 1.
Países do Sul Global (em vermelho)



Fonte: Wikimedia Commons (2007).

As pesquisadoras chamam a atenção para o impacto no fluxo de informações *online* erroneamente denominado como “livre fluxo” de informações, visto que sempre passam, necessariamente, pelos EUA. Em tempos de coleta e exploração generalizada de dados, o debate deve ser reconfigurado para dar conta das complexidades

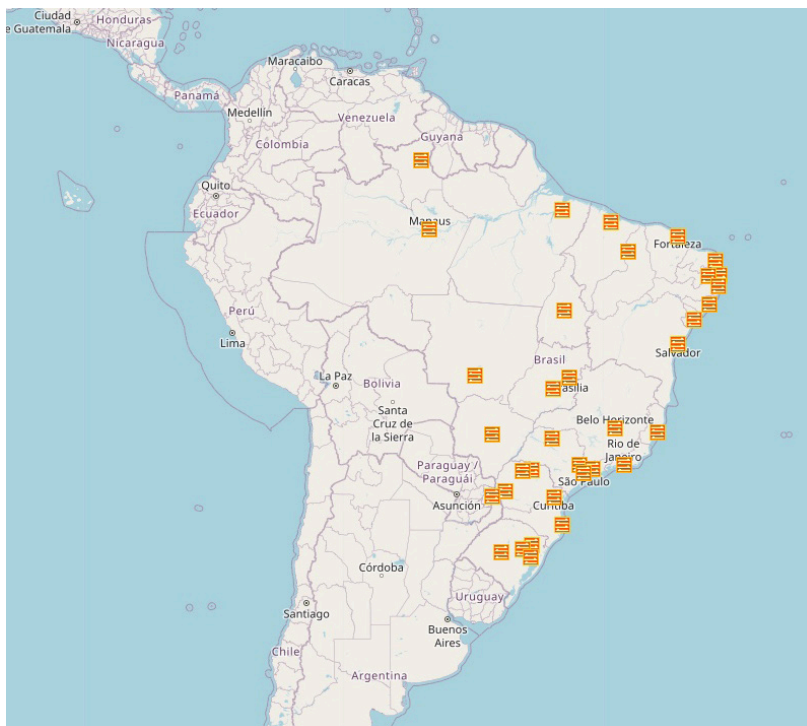
da infraestrutura de informação digital privatizada e dos efeitos extraterritoriais das leis americanas embutidas no projeto dessas plataformas.

Em artigo para o *Critical Digital Sovereignties*, Rosa (2020) coloca a infraestrutura digital como um bem comum, não como um negócio; nesse sentido, para apoiar esses pequenos provedores, os pontos de troca de tráfego (PTT) públicos se tornam chave. Um PTT é uma instalação física que ajuda os provedores de serviços de Internet a interconectar e trocar tráfego, otimizando seus custos para enviar e receber pacotes de dados pela Internet. Quando planejado sob a visão de bem comum, o PTT proporciona uma melhor distribuição do conteúdo para usuários de um país, porque, quando a pessoa acessa um conteúdo de um provedor conectado ao PTT local, há ganhos de qualidade e competitividade, em razão de seus custos mais baixos.

Existem mais de novecentos PTT no mundo, concentrados no Norte Global (como indicado), com aproximadamente 200 deles nos EUA. O primeiro PTT brasileiro foi criado em 1998, em São Paulo, sob cuidados da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Em 2002, sob a alegação de que os próximos investimentos em tal infraestrutura deveriam vir do setor privado, a FAPESP assinou uma declaração de cooperação com a Terremark, uma empresa americana de DC, incorporada anos mais tarde pela Verizon, empresa resultado do clássico caso de antitruste com o conglomerado de telecomunicações AT&T nos EUA, e a operação do primeiro PTT brasileiro foi transferida (ROSA, 2019).

Em 2004, o CGI.br lançou um projeto nacional conhecido como IX.br (NIC.BR, 2020), investindo na construção de um PTT em São Paulo como uma instalação sem fins lucrativos que, atualmente, conecta numerosos sistemas autônomos. Com financiamento advindo da administração do domínio de país (.br), o CGI.br também investiu na construção de mais de 35 PTT (Figura 2) sobre o território brasileiro nos anos seguintes. Com PTT distribuídos ao longo do território nacional, provedores de serviços de Internet em outros estados podem se beneficiar potencialmente dos PTT próximos, reduzindo o tráfego mais longo e oneroso para São Paulo.

Figura 2.
Pontos de troca de tráfego (PTT) no Brasil



Fonte: Ceptro (s.d.).

Dados divulgados pelo IX.br em dezembro de 2021 apontam que houve um aumento de 43% de troca de tráfego agregado nas 35 localidades em relação ao mesmo mês no ano anterior, o que revela maior procura por conexão aos PTT (IX.BR, 2021). Embora eles estejam espalhados pelo país, se o conteúdo demandado por usuários finais não estiver disponível no PTT mais próximo, os provedores de serviços de Internet ainda precisarão ir mais longe¹¹. Atualmente, 64,6% das redes que se interconectam a ele são de fora São Paulo (apesar de haver PTT próximos a eles), o que evidencia alguns desafios de evitar a concentração. Como ressaltou Rosa (2020), a dinâmica privada no nível de conteúdo, altamente concentrada entre um

¹¹ O PTT de São Paulo tornou-se o maior nó brasileiro para hospedar grandes provedores de conteúdo e redes de entrega de conteúdo, como Amazon, Facebook, Google, e Netflix. Esta rede de conteúdos é chamada de Rede de fornecimento, entrega e distribuição de conteúdo (Content Delivery Network - CDN) e pode ser pensada especificamente para conteúdos educacionais.

pequeno número de empresas, leva a efeitos de concentração no nível da infraestrutura de interconexão. Tal qual ocorre para conteúdos que estejam fora do país, os provedores dependem do tráfego internacional, apesar da existência de PTT locais, o que suscita importantes questões no âmbito da soberania, como a participação de atores não-estatais na tomada de decisão. Embora o PTT deva ser neutro e de baixo custo, existem diversos modelos de governança e de financiamento. Por exemplo, o modelo de Uganda, na África, e de Seattle, nos EUA, são orientados exclusivamente pelo mercado. Na Nigéria ou na Malásia, são modelos subsidiados, ao passo que no Quênia e em Joanesburgo, na África do Sul, bem como em países europeus, adota-se um modelo de negócios independente. Embora todos os modelos apresentem aspectos positivos e negativos, a questão é saber qual garante maior supervisão por parte da sociedade civil e assegura o interesse público da população atendida. O Brasil é referência no que tange um modelo colaborativo em que o CGI.br supervisiona a infraestrutura administrada pelo NIC.br.

A soberania digital, incluindo a soberania de dados, desponta no atual contexto em uma perspectiva multissetorial. Pesquisadores, ativistas, empresas e governos em diversos países estão atentos ao fenômeno e buscam caminhos para contornar os desafios e eventuais regulações. Criado por um grupo europeu de ativistas em privacidade, a agenda *Digital Sovereignty* (SHOKER, 2022) tem o objetivo de chamar a atenção da sociedade para a questão dos monopólios das plataformas digitais – não somente das redes sociais que “controlam as narrativas”, mas também das empresas-plataformas que substituem relações comerciais a mobilidade urbana e hospedagem, dentre outras. Não se trata apenas de violações de privacidade, para a qual as legislações têm se tornado mais rígidas, mas sim de controle de mercado, uma vez que os grandes estão comprando concorrentes em potencial, dando pouco espaço para a inovação no processo.

Com endereço de contato na Alemanha, o coletivo aponta que governos têm dificuldade em frear o avanço desenfreado dessas empresas por falta de conhecimento e também por seu crescente poder econômico e político. Além disso, ressalta que empresas, frequentemente, não compreendem os riscos envolvidos em seus negócios. Essa abordagem também responde a perspectiva europeia de priorização industrial interna, que em certos discursos têm

conotações neoimperialistas¹². Inclusive, os ministérios da economia da Alemanha, França e Bélgica estão envolvidos em uma iniciativa de soberania digital denominada Gaia-X (s.d.): trata-se de um projeto de construção de uma nuvem descentralizada, que visa fortalecer a soberania digital da economia europeia e, ao mesmo tempo, reduzir a dependência dos grandes provedores de nuvem dos EUA.

Como pontuado, a soberania digital também costuma ter uma abordagem específica para o setor privado, inclusive diferenciando entre empresas nacionais e estrangeiras, ou entre pequenas e grandes. Em uma pesquisa realizada em 2020 pela empresa norte-americana Hewlett Packard Enterprise (HPE) (KROKER, 2020b), a soberania digital é meta importante ou muito importante na estratégia de digitalização para a maioria dos executivos na Alemanha (85%) e 65% dos executivos na França. Um total de 2.152 diretores e gerentes na Alemanha e na França foram entrevistados: quase três quartos dos executivos dos dois países dizem que estão usando ou construindo suas próprias plataformas digitais para agregar e analisar dados; além disso, 57% dos gerentes em ambos os países afirmam que as infraestruturas de nuvem são um meio para combinar as vantagens do armazenamento e hospedagem descentralizados para a soberania digital. Não obstante, deve-se considerar a propriedade sobre esses serviços infraestruturais de nuvem.

Outra pesquisa, divulgada também em 2020, foi a da Census-wide (KROKER, 2020a). Encomendada pelo provedor de Internet alemão Ionos, a análise apontou que nove em cada dez tomadores de decisão nas empresas da Alemanha preferem armazenar dados no próprio país. Dois terços dos que rejeitam as ofertas de nuvem dos EUA citam preocupações com o nível americano de proteção de dados como a principal razão para isso (67%). Ademais, para pouco mais da metade dos pesquisados, o local de armazenamento está muito longe de suas próprias operações comerciais (53%).

Considerando que, durante a crise desencadeada pela pandemia de COVID-19, as gigantes de tecnologia tiveram seus lucros acelerados, inclusive nos países do Sul Global, a organização social britânica Action Aid (2021) divulgou um relatório, alertando o não pagamento de impostos por parte de empresas de tecnologia nos países

¹² Representantes da União Europeia têm defendido a soberania em nome de uma maior influência nas esferas de influência no âmbito da Internet, buscando ter maior participação no mercado e vantagem competitiva. Esse aspecto acende o alerta sobre uma eventual nova etapa da ordem global feita por países centrais com o controle digital de países periféricos, com novo protagonismo da Europa.

em que operam. Segundo a entidade, os países do G20 podem estar perdendo até 32 bilhões de dólares anualmente em impostos; desse modo, os governos poderiam aumentar sua receita tributária e financiar melhores sistemas de saúde para ajudar a acabar com a pandemia, por exemplo.

O relatório sugere que o cálculo dos impostos considere fatores como: vendas, ativos e o número de funcionários em cada país. Por exemplo, somente em 20 países em desenvolvimento, há quase 1,5 bilhão de usuários de Internet acessando o Google, cerca de 900 milhões de pessoas usando a Microsoft e mais de 750 milhões de usuários do Facebook.

A América Latina e a questão digital

Um documento publicado pelas Fundações Carolina e Oxfam Intermon (ÁVILA, 2022) posiciona a América Latina como uma região capaz de pautar uma transição digital sustentável, baseada em direitos para o Sul Global. Nesse sentido, propõe a união de forças – em cooperação com a Europa – para explorar caminhos alternativos à vigilância, à exploração de pessoas e ao extrativismo exacerbado de dados.

Segundo o documento, a América Latina destacou-se no início do século por concentrar suas políticas de Internet em maior e melhor acesso ao conhecimento e ao desenvolvimento de capacidades locais no setor público, bem como na produção local e regional de *software* e *hardware*, e sistemas adaptados às necessidades particulares da região, incluindo, em alguns casos, *software* em línguas indígenas. Entretanto, tomou um rumo completamente diferente a partir da segunda década.

A transição digital e o espírito de vanguarda da região, que no início da primeira década do século XXI foi orientada na maioria dos países pelos princípios de soberania tecnológica, localidade e redução das clivagens digitais, tomou um rumo drástico com a mudança política na segunda década. As lideranças se transferiram para administrações que colocaram os interesses do setor privado, local e internacional, acima da transformação digital inclusiva. O Vale do Silício foi o modelo para a região, assim como o aliado preferido em transições digitais incompletas. Os interesses do setor privado tiveram precedência; em vez de buscar projetos de digitalização em massa, os governos financia-

ram clusters acelerados de inovação, fundos empresariais e grandes parcerias público-privadas com gigantes tecnológicos, não apenas para adquirir hardware e software, mas para transferir para eles funções governamentais inteiras. (ÁVILA, 2022, p. 4, tradução nossa)¹³

A forte presença de plataformas privadas na educação é também apontada pelo documento como um problema a ser enfrentado na região, em especial no que tange à hospedagem de dados em DC “fora das jurisdições que servem, e gerenciados remotamente, muitas vezes por corporações que nem mesmo têm mecanismos de suporte nos idiomas locais” (ÁVILA, 2022, p. 5). Apesar dos diversos percalços sociais, políticos, econômicos e ambientais que atualmente assolam a região, o documento organiza em dois cenários as possibilidades de caminho para os países da América Latina.

Cenários possíveis para a transição digital na América Latina

O cenário educacional na América Latina está passando por profundas transformações, e o documento aponta para desafios significativos que a região enfrenta. Uma questão crítica é a crescente presença de plataformas privadas na educação, especialmente no que diz respeito à hospedagem de dados em DC localizados fora das jurisdições regionais e gerenciados remotamente, muitas vezes por corporações que não oferecem suporte nos idiomas locais.

O documento divide as possibilidades futuras da região em dois cenários contrastantes: o **Cenário Distópico** e o **Cenário Utópico**. No primeiro, prevê-se um aumento do autoritarismo, com pouca participação dos cidadãos e uma transferência de benefícios para o poder corporativo tecnológico. No entanto, no segundo cenário, vislumbra-se um futuro digital inclusivo, sustentável, feminista, criativo, culturalmente rico e repleto de possibilidades, resultando em uma melhor qualidade de vida.

¹³ La transición digital y el espíritu de vanguardia de la región, que al inicio de la primera década del siglo XXI estaba guiada en la mayoría de los países por principios de soberanía tecnológica, localidad y reducción de brechas digitales, dio un giro drástico con el relevo político en la segunda década. Los liderazgos cambiaron hacia administraciones que colocaron los intereses del sector privado, local e internacional, por encima de una transformación digital inclusiva. Silicon Valley fue el modelo a seguir por la región, así como el aliado preferente en las transiciones digitales incompletas. Los intereses del sector privado tomaron preferencia; en lugar de continuar proyectos masivos de digitalización, los gobiernos financiaron clústeres de innovación acelerada, fondos de ayuda a emprendedores, y grandes alianzas público-privadas con los gigantes tecnológicos, no solamente para adquirir hardware y software, sino para trasladarles funciones enteras de gobierno.

As decisões tomadas após a Pandemia de Covid-19 tiveram impactos negativos, retirando a oportunidade de construir um futuro de esperança e as possibilidades para crianças e jovens. A falta de investimento em desenvolvimento digital para todos levou ao aumento do desemprego, aprofundando as divisões sociais e exacerbando a exclusão e a desigualdade.

A solução proposta é investir nas pessoas e melhorar suas condições de vida, preparando a região para uma transição digital completa e inclusiva. A América Latina tem a oportunidade de adotar uma abordagem sustentável, feminista e localizada, promovendo a colaboração com comunidades e inovação aberta para combater ativamente a crise climática.

No entanto, o sistema fechado de inovação tem atrasado a implementação de tecnologias que poderiam reduzir desastres climáticos, enquanto a falta de conectividade e o acesso a conteúdo de qualidade têm mantido a força de trabalho da região em uma posição de mão de obra barata, sem espaço para inovação. Além disso, os monopólios tecnológicos também se consolidaram sem uma agenda coordenada contra eles.

Nesse sentido, as plataformas estratégicas dos governos dependem fortemente desses monopólios, ao passo que não há vontade política de buscar alternativas. Em vez disso, a região poderia desenvolver mercados sustentáveis com sistemas educacionais integrados e espaços para experimentação e possibilidades.

O documento também aborda o risco de uma nova forma de colonialismo digital, em que regras extraterritoriais são impostas por nações estrangeiras. Por outro lado, existe a possibilidade de uma emancipação democrática, na qual a digitalização se torna uma aliada na superação dos desafios da região (ÁVILA, 2022).

Para alcançar essa visão utópica, três obstáculos importantes devem ser enfrentados:

1. vontade política de assumir o risco de imaginar e construir uma transição digital diferente, gerando demanda por parte dos cidadãos, e informá-los adequadamente sobre as consequências se as coisas continuarem como estão;
2. necessidade de uma nova infraestrutura institucional regional para apoiar todas as camadas da transição digital, desde a conectividade e a infraestrutura até a capacitação e a produção de conteúdo, contando com o apoio de instituições, como a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência

e a Cultura (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization - UNESCO) e a Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL), mas também de formas locais de organização;

3. financiamento, pois requer investimentos sem precedentes; além da infraestrutura, investimentos sociais resultarão em benefícios a longo prazo, com a oportunidade de um mercado digital único, um aumento da base tributária e a geração de empregos.

2.3 Diretivas quanto às plataformas comerciais educacionais em países europeus

Na contramão de simplesmente absorver o discurso comercial das plataformas fechadas que oferecem serviços “centralizados” e “fáceis de usar” para a educação, alguns países europeus têm criado políticas de banimento ao uso de plataformas Google e Microsoft nas escolas. A mesma situação foi documentada no segundo estudo CGI.br, 2022b desta série: o aceleramento do uso de plataformas digitais durante a pandemia de COVID-19 ocorreu com as escolas europeias.

Atualmente, as autoridades da União Europeia exigem que empresas estadunidenses de tecnologia operantes na região utilizem servidores apenas locais, medida reativa à lei estadunidense de 2018 (UNITED STATES, 2018), que permite a agências americanas o acesso a dados de usuários armazenados nos servidores das empresas americanas, mesmo que não sejam de cidadãos norte-americanos. Isso significa que essas agências podem obter informações armazenadas em servidores que não estão fisicamente nos EUA e se enquadram em outras jurisdições, algo que vai de encontro às disposições do regulamento europeu de proteção de dados pessoais (MUJOVIC, 2022).

Segundo matéria do jornal francês *Basta!* (KNAEBEL, 2022), algumas associações de mães e pais na Alemanha, assim como a entidade ativista *Chaos Computer Club*, chamaram a atenção da opinião pública sobre a não ponderação dos governos em relação aos dados sensíveis de estudantes, que estariam sendo tratados por empresas gigantes de tecnologia. As manifestações levam as agências de proteção de dados pessoais dos respectivos estados, Bade-Vurtemberg e Renânia-Palatinado, a proibirem o uso do pacote Microsoft em todas as escolas da região, incluindo a ferramenta

de videoconferência. Na Dinamarca, a agência nacional de proteção de dados nacional declarou, em julho de 2022, que o Google for Education não cumpriu com as responsabilidades previstas no GDPR.

Outro estado alemão a decidir pelo banimento foi Hesse (MUJOVIC, 2022), citando preocupações com violações de privacidade pelo pacote de serviços Microsoft 365. De acordo com a autoridade de proteção de dados da região, as configurações do programa coletam dados nos programas dos usuários, o que viola claramente as políticas do GDPR. A proibição ocorreu, mesmo com a vigência de um contrato especial com a Alemanha, no qual o país teria seus servidores localmente para evitar que dados de usuários saíssem de lá.

Ainda na Alemanha, um grupo de trabalho de dois anos, iniciado em 2020, gerou um relatório da Conferência das Autoridades Independentes de Proteção de Dados da Alemanha (*Datenschutzkonferenz* – DSK), órgão que trata de questões atuais de proteção de dados no país e considera ilegal usar o Microsoft Office 365 nas escolas da região. O próximo foco da DSK deve ser o sistema operacional Windows, da mesma empresa, apontado devido à coleta de dados de biometria, digitação e fala (DATENSCHUTZKONFERENZ ONLINE, 2020). Nesse sentido, verifica-se que as empresas GAFAM têm dificuldade para garantir que não estão coletando dados de crianças e adolescentes para uso comercial, especialmente em plataformas e serviços utilizados para fins educacionais.

O Ministério da Educação francês anunciou, em novembro de 2022, a proibição nas escolas do país quanto ao uso de soluções advindas de pacotes gratuitos com armazenamento em nuvem nos EUA, tais como Microsoft 365 ou Google Workspace (LATOMBE, 2022). A razão é a preocupação com a proteção de dados, já que as ofertas em questão não estão de acordo com a estratégia de tecnologia da França e violam a lei da União Europeia.

Na França, a decisão é federal, na Alemanha, por estado. O caminho apontado como solução em ambos os países é o armazenamento em servidores locais, uma opção que não deixa de ser desafiante, pois cria obstáculos financeiros e técnicos para o setor governamental.

Na França, a decisão é federal; na Alemanha, por estado. O caminho apontado como solução em ambos os países é o armazenamento em servidores locais, uma opção que não deixa de ser desafiante, pois cria obstáculos financeiros e técnicos para o setor governamental.

Na Holanda, o governo decidiu limitar nas escolas o uso do navegador Chrome e do sistema operacional Chrome OS, da Google, até o segundo semestre de 2023 (ABDULLAH, 2022). A restrição inclui o uso de serviços de tradução automática, o YouTube e o mecanismo de pesquisa. Entre os motivos, há a preocupação com a quantidade de dados coletados sobre alunos e compartilhados com anunciantes parceiros, além da falta de transparência sobre onde os dados estão realmente disponíveis. Ministros assinaram um apelo aos legisladores locais para que sejam criadas medidas de segurança ao usar os produtos da empresa.

Estudo de Fiebig, Lindorfer e Gürses (2022) mostrou que três quartos dos dados de todos os estudantes holandeses são armazenados em nuvens administradas por empresas tecnológicas americanas, como Microsoft e Amazon, levantando preocupações de que a crescente dependência dessas empresas de tecnologia poderia minar a integridade científica. Os pesquisadores analisaram o uso de nuvem por universidades de 2015 até o presente. Em 2015, as instituições de ensino superior holandesas armazenavam cerca de 25% dos dados dos estudantes na nuvem; atualmente, chega a 75%. O estudo também aponta a necessidade de considerar o custo de se viabilizar a transferência para uma nuvem local.

3 COMPONENTES PARA A INFRAESTRUTURA DIGITAL EDUCACIONAL

Diversas são as abordagens em nível mundial para utilizar a tecnologia digital no campo educacional e auxiliar no desenvolvimento do ensino, as chamadas políticas EdTech (*Educational Technology*)¹⁴. Essas abordagens intersectam-se em pontos comuns relacionados à infraestrutura necessária para a educação, os materiais e os conteúdos usados para ensino, políticas e adequação a legislações, especialmente no âmbito da proteção de dados e privacidade.

De antemão, deve-se considerar que as instituições de educação

Para a oferta de educação à distância – incluindo a emergencial, são necessárias a organização e a manutenção de um ecossistema tecnológico que considere, dentre outros, os seguintes componentes: infraestrutura, conectividade e equipamentos digitais.

necessitam obter os recursos necessários para preparação de seus quadros profissionais (professores, profissionais da área técnica, equipes de apoio etc.) com habilidades e competências necessárias para suporte, manutenção e atualização de tais tecnologias digitais. Este capítulo elenca os tipos de usos dessas tecnologias no contexto educacional, bem como apresenta uma série de requisitos técnicos para o desenvolvimento e a adoção de tecnologias digitais no setor.

3.1 Ecossistema tecnológico e tipos de soluções

Para a oferta de educação à distância – incluindo a emergencial, são necessárias a organização e a manutenção de um ecossistema tecnológico que considere, dentre outros, os seguintes componentes: infraestrutura, conectividade e equipamentos digitais. A capacidade

¹⁴ No Brasil, o termo é associado a um ramo de pequenas e médias empresas (PME), como *startups*, e não ao setor amplo de tecnologias educacionais.

de atendimento, desenvolvimento e atualização também deve ser ponderada, a fim de garantir que conteúdos educativos sejam disponibilizados por meio de soluções orientadas à usabilidade e à acessibilidade, certificando-se de que sejam aderentes a padrões de privacidade e segurança.

A infraestrutura envolvida no fornecimento de plataformas de educação caracteriza-se por um complexo de componentes, compreendendo a conectividade ubíqua, os dispositivos de acesso, o conteúdo digital, os dispositivos e os equipamentos de infraestrutura e serviços de TI, além dos componentes de *software* utilizados para o provimento da infraestrutura de hospedagem das plataformas educativas e do *software* das próprias soluções educacionais. Existem diversas soluções disponíveis para infraestrutura digital educacional, desde soluções abertas de código livre até soluções proprietárias disponibilizadas em vários modelos de implantação. Uma das categorias de aplicações mais usadas no âmbito educacional é o *Learning Management System* (LMS), que permite administração, acompanhamento, monitoramento, documentação, automação, análise e disponibilização de conteúdo educacional, como cursos, treinamento e, inclusive, educação formal. Importante destacar que não se trata da única categoria.

Alguns dos LMS mais amplamente utilizados são: Forma LMS¹⁵, Moodle¹⁶, Chamilo¹⁷, Open edX¹⁸, TalentLMS¹⁹, Canvas LMS²⁰, SIGAA²¹ e o já mencionado Google para a Educação ou o Google Workspace (largamente adotado pelas escolas e universidades desde a pandemia). Esses LMS variam de acordo com a licença do *software* (alguns são proprietários e outros, de código livre) e em relação a preço, desenvolvimento, *hardware*, suporte, escalabilidade, integrações com outras plataformas e aplicações, segurança e adesão a normas e marcos legais de proteção de dados.

¹⁵ Mais informações disponíveis em: <https://www.formalms.org/>. Acesso em 27 out. 2023.

¹⁶ Mais informações disponíveis em: https://moodle.org/?lang=pt_br. Acesso em 27 out. 2023.

¹⁷ Mais informações disponíveis em: <https://chamilo.org/en/>. Acesso em 27 out. 2023.

¹⁸ A plataforma Open edX foi comprada pela empresa 2U em 2021 (IBL NEWS, 2021).

¹⁹ Mais informações disponíveis em: <https://www.talentlms.com/>. Acesso em 27 out. 2023.

²⁰ Mais informações disponíveis em: <https://www.instructure.com/pt-br/canvas>. Acesso em 27 out. 2023.

²¹ Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas, criado em *software* proprietário pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Mais informações disponíveis em: <https://portalco-operacao.info.ufrn.br/pagina.php?a=sobre>. Acesso em 27 out. 2023.

Essas aplicações são implementadas e mantidas em infraestrutura própria das respectivas empresas que ofertam o serviço ou em infraestruturas de terceiros. As aplicações ou plataformas proprietárias geralmente oferecem a infraestrutura como serviço, entretanto sem nenhuma necessidade de manutenção da instituição usuária. Os recursos e os componentes da solução ficam sobre o controle de um terceiro, restando à instituição apenas o uso da aplicação e a administração dos recursos na plataforma.

Devido à proporção de usuários e instituições usuárias nessas plataformas, que, normalmente, estão na casa de milhares ou centenas de milhares, elas são implementadas utilizando infraestruturas em nuvem²², o que permite formas flexíveis, elásticas, escaláveis e, normalmente, econômicas (pagando apenas pelo consumo – *pay-as-you-go*) de consumir recursos ou grupos de recursos (*resource pooling*) computacionais. Os recursos podem ser desde componentes físicos a virtualizados, ou até componentes abstratos, como funções.

Dentre os modelos de serviço mais amplamente fornecidos e com maior grau de responsabilidade do provedor na manutenção, está o *Software as a Service* (SaaS) (KAVIS, 2014). O SaaS necessita que o cliente institucional exerça pouquíssimo níveis de operação e controle, além de os recursos que rodam por trás da aplicação (*backend*) não serem passíveis de intervenção do usuário, pois apenas as tarefas de gerência da aplicação são disponibilizadas, as quais podem ser acessadas por diversas categorias de dispositivos e clientes.

Por outro lado, o modelo *Platform as a Service* (PaaS) fornece ao cliente institucional (escola, rede de ensino ou universidade) um ambiente completo para implantação de uma aplicação, abstraindo todos os recursos de infraestrutura e sistema (KAVIS, 2014). Porém, o cliente pode implantar suas próprias aplicações, sem se preocupar com a manutenção dos recursos computacionais, desenvolver e controlar todo o fluxo da aplicação. Esse modelo é muito utilizado por organizações que querem disponibilizar suas próprias aplicações, sejam elas totalmente desenvolvidas ou versões customizadas.

O modelo com maior controle do cliente é o *Infrastructure as a Service* (IaaS), que permite ao cliente efetuar sua criação e manutenção, de maneira escalável e dinâmica, inserindo os recursos computacionais de infraestrutura necessários. É possível manter má-

²² A computação em nuvem tem diversos modelos de negócio e oferta do serviço, os quais variam a depender do nível de controle e responsabilidade do cliente ou usuário da plataforma de nuvem na gerência e na manutenção dos recursos computacionais usados.

quinas virtuais (VM), recursos de rede (IP, *switches*, *load balancers* etc.), *containers*, *firewalls* e diversos outros recursos de infraestrutura necessários para criação de um serviço. Existe, ainda, a possibilidade de ter o controle completo da nuvem, utilizando um modelo *on-premise*, no qual todos os recursos ficam sob sua responsabilidade ou de sua equipe de tecnologia da informação (TI), encarregado por todas as atividades necessárias à manutenção da saúde e do funcionamento adequado da infraestrutura.

Outro modelo necessário na concepção de plataformas computacionais em nuvem é o de implantação (*deployment models*), que varia segundo a disponibilidade ampla e o controle dos recursos. Antagonizam-se em disponibilidade ampla as nuvens públicas e privadas: as públicas disponibilizam amplamente os recursos ao público em geral e podem ser mantidas e operadas tanto pela iniciativa pública como pela privada (empresas, organizações acadêmicas, instituições públicas, ou uma mescla de parceiros), ao passo que as privadas são construídas e mantidas, geralmente, para uso próprio de uma organização e seus clientes (internos ou externos). Cabe à organização contratante garantir a manutenção e a operação completa da infraestrutura, seja em um *site* próprio ou de terceiros (parceiros, fornecedores etc.).

Também há o modelo comunitário de nuvem computacional²³, no qual as organizações integram recursos para garantirem infraestruturas mais robustas e escaláveis, mantendo, porém, o controle e a operação sob um conjunto de organizações que assegurem mutuamente os requisitos institucionais e de negócio. Embora esse modelo possa ser alcançado de várias maneiras, a federação de infraestrutura é um formato bem utilizado, em que os recursos e ferramentas são disponibilizados e mesclados para que todas as organizações tenham benefício da colaboração e troca de recursos, muitas vezes adotado por permitir a colaboração técnica de equipes e a ampliação da infraestrutura privada.

Há, ainda, a nuvem híbrida, que propicia para as organizações o benefício dos outros modelos de implantação, por permitir que os recursos em nuvem sejam usados, a fim de garantir a continuidade do

²³ Exemplo da iniciativa holandesa Samenwerkende Universitaire Reken Faciliteiten (SURF), presente no capítulo 3, organização colaborativa de tecnologia da informação e comunicação (TIC) para educação e pesquisa que facilita que as necessidades de suas instituições membros na área de redes, computação e dados sejam desenvolvidas e testadas, juntamente com empresas líderes e fornecedores, antes de adquiridos. Como fornecedor, ela também oferece uma série de soluções, tais como o supercomputador nacional, o armazenamento de dados em larga escala e a rede ótica de alto desempenho (SURF, s.d.).

Vale reforçar que a infraestrutura deve ser disponibilizada e mantida para serviços que incentivem o desenvolvimento tecnológico do país. Por isso, ter o “ecossistema tecnológico” educacional inserido na cadeia produtiva é uma decisão estratégica.

negócio, a economicidade e a adequação a normas e leis que disciplinam a manutenção e a operação de alguns recursos, e o armazenamento de dados, entre outros aspectos. Assim, a hospedagem de uma aplicação pode ser feita a depender dos requisitos necessários, incluindo a disponibilidade e a escala necessárias para momentos de carga, principalmente em um cenário em que não haja recursos computacionais em “hiperescala”²⁴ na nuvem privada ou comunitária.

3.2 Requisitos para a infraestrutura digital na educação

Uma infraestrutura digital para a educação, além de seu papel basilar na construção e na manutenção de uma educação de qualidade, acessível e ampla, exige que tais princípios sejam considera-

dos na implementação e na manutenção da tecnologia. Vale reforçar que a infraestrutura deve ser disponibilizada e mantida para serviços que incentivem o desenvolvimento tecnológico do país. Por isso, ter o “ecossistema tecnológico” educacional inserido na cadeia produtiva é uma decisão estratégica.

Características essenciais para a infraestrutura digital:

- ter coerência e pervasividade com a realidade nacional, por meio da presença e do alcance no âmbito territorial, adequando-se às diversas realidades do país;
- assegurar o interesse público na proteção dos dados pessoais da sociedade, através da coerência plena com a legislação vigente e as normas técnicas de segurança cibernética;
- primar por independência e soberania perante serviços e infraestruturas necessários ao fornecimento e à manutenção das EdTech;

²⁴ Termo utilizado na computação para uma arquitetura em rede composta por uma ampla quantidade de servidores conectados.

- possibilitar entrega das soluções dirigidas às necessidades e às características do sistema de ensino brasileiro, promovendo plataformas orientadas à realidade ou adaptadas a tal;
- oferecer soluções adequadas a padrões abertos e interoperáveis, desde sua concepção e seu estágio embrionário, até o produto final;
- permitir independência de fornecedores, acesso aberto às tecnologias de implementação para auditoria, reuso e reaproveitamento de componentes, dirigidos ao compartilhamento de soluções e à busca de eficiência pública no desenvolvimento e na adoção de serviços.

Considerando os requisitos específicos, a criação e a manutenção de plataformas educacionais, em cumprimento das características apresentadas, devem no mínimo garantir expressamente:

1. manutenção de equipamentos, componentes, subcomponentes e acessórios, a fim de garantir o funcionamento ideal de todo o conjunto, com interoperabilidade e níveis de desempenho adequados;
2. reservas de equipamento e itens relacionados para substituição, manutenção ou outra manobra, exigindo dispositivos similares ou equivalentes disponíveis, assegurados por uma gestão de ativos sobressalentes;
3. troca para o conjunto de ativos críticos ao fornecimento da plataforma, em caso de problemas de *hardware* ou de *software* que não sejam passíveis de correção imediata, por substituição ou correção de componente;
4. suporte técnico para as soluções de *hardware* e *softwares* utilizadas, para que atendam aos requisitos de continuidade da aplicação;
5. possibilidade de troca ou atualização contínua dos componentes de *hardware* e *software* necessários à solução, seja para a manutenção de estados estáveis e seguros da solução ou o fornecimento de funcionalidade novas;
6. equipe própria ou parceira para implantação, manutenção, operação e expansão da infraestrutura, a qual deve ter quantidade de membros e requisitos técnicos ou capacitação necessárias para as funções desempenhadas nas atividades, a fim de que garantam a continuidade do negócio e recebam treinamento constante;

7. adoção ou produção tecnologias e equipamentos que assegurem a compatibilidade total com padrões abertos e interoperáveis;
8. colaboradores e prestadores de serviços para manutenções corretivas e preventivas, com atendimento *in loco* (*on-site*);
9. soluções externas que forneçam, do fabricante, dos desenvolvedores ou de pessoas com competência adequada, capacitação e suporte contínuo durante todo o período de adoção da solução;
10. previsão de que os componentes e itens correlatos das soluções possuam integração e compatibilidade completa com os sistemas de segurança e gerência, repositório de *logs*, sistema de gerenciamento de identidade e demais equipamentos utilizados;
11. fornecimento ou estabelecimento de parceria que forneça estrategicamente redes de telecomunicações para conectividade da infraestrutura em níveis de utilidade, usabilidade, disponibilidade e segurança necessários na convergência e na conectividade da infraestrutura entre as localidades de presença, os clientes e os usuários das soluções fornecidas;
12. disposição de estruturas físicas de hospedagem para ativos pertencentes à infraestrutura tecnológica necessária ao fornecimento das plataformas adequadas a padrões, normas e leis nacionais e internacionais, pertinentes à operação e à segurança cibernética da infraestrutura tecnológica.

Importante destacar que essa lista de requisitos não é exaustiva nem totalizante. Trata-se de um compilado inicial que deve orientar os debates políticos e técnicos em torno da promoção de alternativas para o ecossistema tecnológico educacional no Brasil. Essa lista, inclusive, serviu como elemento de oficina realizada pelo GT Plataformas Educacionais, bem como para o estudo de viabilidade técnica e orçamentária presente como anexo neste estudo.

4 O PAPEL DAS REDES DE ENSINO E PESQUISA

Este capítulo busca avançar no mapeamento de atores relevantes à viabilização de uma infraestrutura digital para a educação, com um enfoque nas Redes de Ensino e Pesquisa (*National Research and Education Network* – NREN). Essas organizações apresentam-se não somente como provedores de serviços de conexão à Internet no ambiente acadêmico e escolar, mas como potenciais desenvolvedores de *softwares* e articuladores de arranjos de governança para a educação digital. O capítulo lista e descreve a atuação de algumas NREN, bem como outras iniciativas no âmbito do desenvolvimento e gestão de plataformas educacionais em diversos países. Além disso, indica possibilidades de desenhos de integração de redes, com destaque para um estudo de caso da atuação da Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP) no Brasil.

4.1 Integração de redes

Nessas frentes, muitos países buscam desenvolver soluções para conseguir alcançar níveis de qualidade internacionalmente aceito. Dentre as iniciativas exitosas e que agregam maneiras de mensurar o grau de evolução, estão o Edtech Readiness Index (ETRI), desenvolvido no painel GEPD (Global Education Policy Dashboard) do Banco Mundial (World Bank) para acompanhamento e identificação de boas práticas e também da evolução das políticas públicas de implementação de EdTech (THE WORLD BANK, 2023), assim como um estudo do Instituto de Estatística da UNESCO (UNESCO Institute for Statistics – UIS), em parceria com o Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação (CETIC.br), que apresenta formas de mensurar a adoção de tecnologias da informação nos ambientes educacionais (CETIC.BR|UIS, 2020). Nesse contexto, a infraestrutura tecnológica é considerada um parâmetro importantíssimo para permitir que as tecnologias educacionais sejam levadas aos ambientes acadêmicos e domésticos com qualidade e êxito.

A avaliação de infraestrutura, geralmente, concentra-se em parâmetros relacionados aos dispositivos, à conectividade, à disponibilidade de dispositivos de acesso a conteúdos digitais, ao acesso de estudantes, ao suporte técnico e à garantia de pleno funcionamento

A avaliação de infraestrutura, geralmente, concentra em parâmetros relacionados aos dispositivos, à conectividade, à disponibilidade de dispositivos de acesso a conteúdos digitais, ao acesso de estudantes, ao suporte técnico e à garantia de pleno funcionamento das soluções.

das soluções. Além desses, são considerados: a abrangência da conectividade na área da instituição educacional, sua qualidade relativa às métricas de rede (velocidade, estabilidade etc.), o modelo de atendimento de residências das famílias dos estudantes, entre outros. Embora também haja iniciativas para plataformas não dependentes de conectividade contínua, como é o caso da plataforma Kolibri desenvolvida pela iniciativa Learning Equality (s.d.), há indubitavelmente um direcionamento pela ampliação e melhoria da conectividade no âmbito educacional como um fator-chave no sucesso de políticas públicas direcionadas à EdTech.

As NREN aparecem como principal parceiro dos países apresentados na Tabela 2, desempenhando papel importante no apoio técnico para as equipes regionais do governo e de escolas. Além disso, fornecem serviços adicionais, em vários modelos de financiamento, que agregam soluções tecnológicas para operacionalização das atividades de suporte. Exemplos de serviços agregados pela NREN são:

- suporte para manutenção da conectividade e qualidade da conexão;
- soluções de mobilidade ou *roaming* Wi-Fi (*eduroam*);
- soluções de cibersegurança para serviços e plataformas, proteção a ataques *Denial of Service* - DoS e *Distributed Denial of Service* - DDoS, conexões privadas *Virtual Private Network* - VPN;
- soluções de comunicação (*ConferenciaWeb*, *VoIP* etc.).

As estruturas das NREN, que em grande parte foram construídas para garantir o desenvolvimento científico e acadêmico, permitem, com menor custo para o governo e maior flexibilidade, levar conexão Internet de qualidade para as demais instituições de ensino, como escolas primárias, colégios, centros de aperfeiçoamento, entre outros, que normalmente não fazem parte das instituições-alvo. Contudo, em muitos países, as NREN não têm capilaridade ou estrutura suficiente para atender em termos quantitativos outras instituições de educação. Nesses casos, os provedores de conexão à Internet (*Internet Service Provider* - ISP) podem cumprir um papel de agente intermediário na entrega de conectividade para essas instituições.

Dentre as estratégias mais comuns nos países observados (EUA, Alemanha, França, Japão e Austrália - Tabela 2) para garantir conectividade educacional com abrangência nacional, destaca-se a integração de redes ensino com as redes de pesquisas (NREN), que fornecem estruturas de conectividade em alta velocidade e qualidade, geralmente por fibra óptica, para as instituições da educação superior (universidade, centros de pesquisas etc.).

As estruturas das NREN, que em grande parte foram construídas para garantir o desenvolvimento científico e acadêmico, permitem, com menor custo para o governo e maior flexibilidade, levar conexão Internet de qualidade para as demais instituições de ensino, como escolas primárias, colégios, centros de aperfeiçoamento, entre outros, que normalmente não fazem parte das instituições-alvo.

Tabela 2.
Comparativo dos países analisados

País	Conexão	Atendimento	Velocidades	Infraestrutura	Segurança
EUA	NREN e ISP	Escolas	1G p 1000 estudantes	Fundo do Governo	Escolas/Distritos
Alemanha	ISP	Escolas	250 Mbps	Governo	-
França	-	Escolas	-	Governo	-
Japão	NREN e Operadoras Móveis	Escolas	-	Governo	Solução de <i>appliance</i> para centralizar tráfego das escolas, <i>firewall</i> e roteamento gerenciado remotamente
Austrália	NREN e ISP	Escolas	1-10G	Escolas e Governo	

Fonte: Elaboração própria.

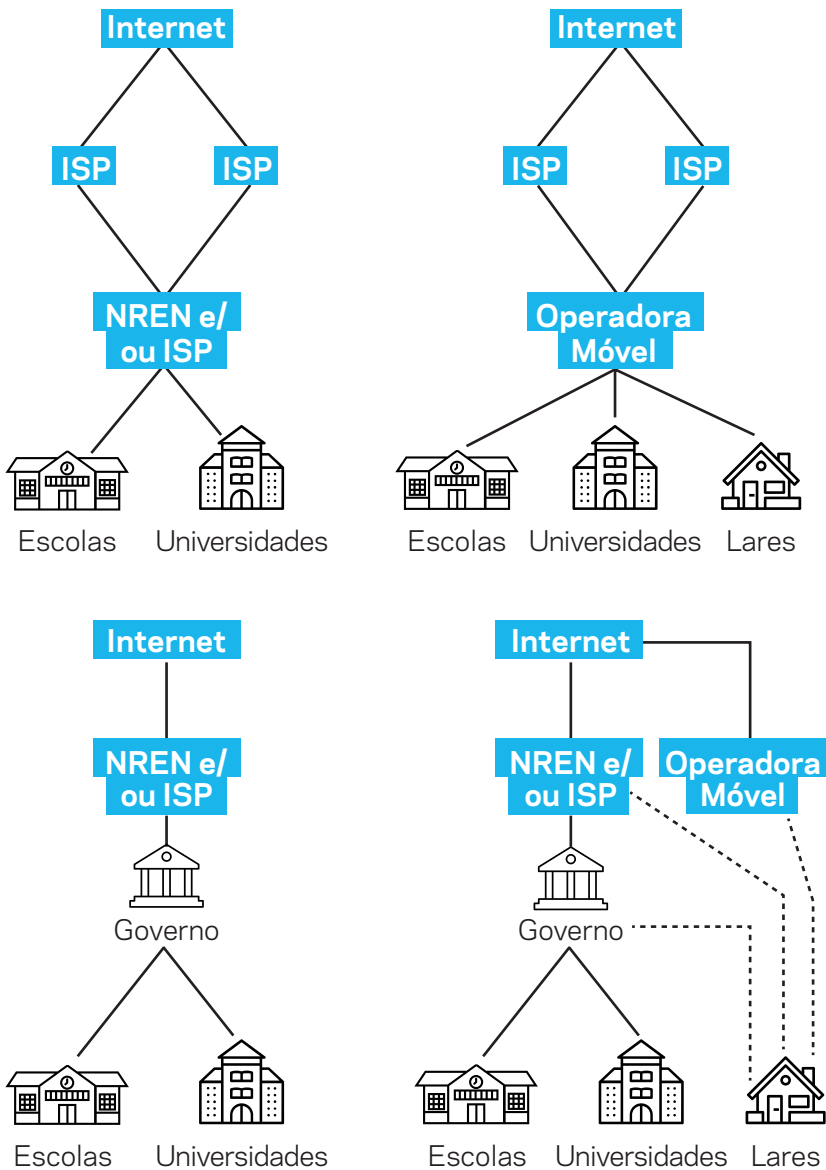
Outro cenário comum é a manutenção da conectividade de Internet para acesso a plataformas educacionais fora do ambiente institucional, quando os estudantes estão em suas casas ou em locais públicos; nesse caso, as operadoras de telefonia móvel são atores importantes para entrega do serviço de conectividade de qualidade, usadas também para garantir conectividade integral, tirando o trabalho de manutenção de uma infraestrutura interna de rede das escolas e deixando cada dispositivo conectado a uma operadora móvel.

Os cenários descritos para NREN, ISP e operadoras móveis podem ser intermediados por estruturas governamentais em nível regional, deixando o papel de integração, manutenção, segurança e acompanhamento da conectividade das instituições sob responsabilidade de uma entidade do Estado (secretaria estadual, municipal, distrital etc.), que faz a centralização da operação e, normalmente, acorda melhores condições comerciais e técnicas com os fornecedores de conectividade. Na Figura 3, são mostrados os cenários de conectividade abordados.

Figura 3.
Cenários de conectividade

— Conexão Principal

..... Conexão Extra ou Backup



Fonte: Elaboração própria.

Inclusive, no âmbito da conectividade, vale mencionar o Programa de Inovação Educação Conectada (PIEC) no contexto brasileiro: uma iniciativa do Governo Federal, instituído pelo Decreto n. 9.204, de 23 de novembro de 2017 (BRASIL, 2017), com o objetivo de apoiar a universalização do acesso à Internet em alta velocidade e fomentar o uso pedagógico de tecnologias digitais na educação básica. O programa visa conjugar esforços entre órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Municípios, escolas, setor empresarial e sociedade civil para assegurar as condições necessárias à inserção da tecnologia como ferramenta pedagógica de uso cotidiano nas escolas públicas de educação básica.

A RNP²⁵ iniciou um projeto piloto de interiorização com o Ministério da Educação (MEC), em parceria com os estados e os provedores regionais, promovendo o suporte às políticas públicas de educação na região Nordeste, formando e fixando recursos humanos qualificados no território, a fim de fortalecer e induzir arranjos produtivos locais.

A gestão do projeto piloto está baseada na condução das ações do MEC por meio da Secretaria de Educação Básica (SEB), com apoio da RNP, em parceria do Conselho Nacional de Secretários de Educação (Consed) e da União Nacional dos Dirigentes Municipais de Educação (Undime). Ainda na governança do projeto, há as Secretarias Estaduais e Municipais de Educação das redes educacionais envolvidas, além dos articuladores do PIEC atuantes no programa desde 2017.

4.2 Exemplos internacionais e arranjos alternativos

Esta seção apresenta a atuação das Redes de Ensino e Pesquisa na França, na Holanda e na Noruega, bem como medidas específicas na África do Sul e na cidade de Barcelona que podem ser levadas em consideração pelas partes interessadas no Brasil.

França - Renater

A Rede Nacional de Telecomunicações para Tecnologia, Educação e Pesquisa (RENATER, s.d.) é a principal organização no que tange às infraestruturas digitais para a comunidade de ensino e pesquisa

²⁵ A rede de ensino e pesquisa brasileira está apresentada em profundidade na Seção 4.3.

da França. Formada em 1993, a RENATER é um grupo de interesse público (GIP) que administra a rede nacional de comunicações eletrônicas de tecnologia, educação e pesquisa da região.

Seus membros são formados pelo Ministério da Educação Nacional, Juventude e Esportes, pelo Ministério do Ensino Superior, Pesquisa e Inovação, por universidades francesas, bem como por organizações de pesquisa, como o Centro Nacional da Pesquisa Científica (CNRS), a Comissão Francesa para Energias Alternativas e Energia Atômica (CEA), o Instituto Nacional de Pesquisas Ciências e Tecnologia do Digital (Inria), o Centro Nacional para Pesquisas Espaciais (CNES), o Instituto Nacional de Pesquisa sobre Agricultura, Comida e Meio-Ambiente (Inrae), o Instituto Nacional da Saúde e da Pesquisa Médica (Inserm), o Escritório Nacional de Estudos e Pesquisas Aeroespaciais (Onera), o Centro de Pesquisa sobre Agricultura para o Desenvolvimento Internacional (Cirad), o Instituto de Pesquisa para o Desenvolvimento (IRD) e o Serviço Geológico Francês (BRGM).

Implementado no início dos anos 90, o grupo fornece conectividade nacional e internacional por meio da rede pan-europeia GÉANT (antiga DANTE e TERENA) para mais de 1.000 locais de educação e pesquisa na França Metropolitana e nos Departamentos e Territórios Ultramarinos. A RENATER facilita o trabalho colaborativo dos pesquisadores franceses com seus colegas (transferências e aquisições de dados, videoconferência, planilhas eletrônicas etc.) e está conectada a redes internacionais via dois *links* nx10 Gbit/s para GÉANT e diretamente à Internet por quatro *links* nx10 Gbit/s, além de suportar IPv4 e IPv6.

Holanda - SURFnet

A SURFnet (rede de computadores de base reservada ao Ensino Superior e à pesquisa) é uma organização que desenvolve, implementa e mantém a NREN holandesa. A empresa é uma subsidiária de uma fundação sem fins lucrativos chamada SURF, pela qual funcionários e estudantes de organizações conectadas podem se comunicar com outros usuários da Internet (SURF, 2022).

A organização foi criada em 1986 e começou a fornecer serviços de conectividade IP em 1989, implantando o conjunto TCP/IP. A SURFnet implementou uma série de gerações de redes de forma

superdimensionada²⁶. A sexta geração da rede SURFnet, a SURFnet6, entrou em operação no início de 2006. Essa rede oferece aos 750.000 usuários holandeses de Ensino Superior e pesquisa facilidades de Internet, e também lhes proporciona “caminhos leves”, conexões diretas entre dois nós de rede sem a necessidade de roteadores, com capacidade de 1 a 10 Gbit/s.

A SURFnet, atualmente, fornece serviços em todas as camadas da rede, incluindo serviços de autenticação, tais como eduroam e A-Select, e serviços de segurança, colaboração *online* e *streaming media*. A empresa colabora com diversas organizações, tanto nacionais como internacionais, incluindo a rede GÉANT, a Kennisnet, organização responsável por prover soluções de tecnologia da informação para o ensino fundamental e médio, e a GLORIAD, uma rede de alta velocidade para pesquisa avançada e cooperação científica entre diversos países do mundo.

Noruega - Uninett

A Uninett é uma NREN norueguesa e, como uma empresa estatal de infraestrutura, é também um parceiro estratégico e consultor na digitalização do setor do conhecimento norueguês. Em 2021, anunciou uma expansão de infraestrutura a ser realizada pela Nokia (2021) no Norte da Noruega. A Uninett também faz parte da mencionada rede pan-europeia GÉANT, em que a Nokia também tem um acordo-quadro de vários anos para fornecer soluções para as redes de seus membros. Recentemente, mudou o nome (SIKT, s.d.) para Agência Norueguesa para Serviços Compartilhados em Educação e Pesquisa (Norwegian Agency for Shared Services in Education and Research – SIKT).

A alternativa da África do Sul

A North-West University (NWU) é uma instituição sul-africana de Ensino Superior e pesquisa, com três *campi*: em Potchefstroom, Mahikeng e Vanderbijlpark. Fundada em 1º de Janeiro de 2004 como parte do plano do governo sul-africano para transformar o Ensino Superior, com 8 faculdades, a NWU tornou-se uma das maiores universidades da região, contando com mais de 70.000 estudantes.

²⁶ Inicialmente, a SURFnet foi baseada em conexões de 9,6 kbit/s e 64 kbit/s X.25, fornecendo o protocolo DECNET; a SURFnet2 foi estabelecida em 1989 e entregou TCP/IP sobre uma rede X.25; a rede SURFnet3 fornecia TCP/IP nativo via linhas alugadas e tornou-se operacional em 1991, consistindo principalmente de linhas de 64 kbit/s e 2 Mbit/s; em 1994, a SURFnet4 foi desenvolvida com base em ATM e, posteriormente, em SDH, *links*; a SURFnet5 foi desenvolvida, a partir de 1999, em uma infraestrutura DWDM de 10 Gbit/s, com *links* de acesso de 100 Mbit/s e 1 Gbit/s (SURF, 2022).

A instituição tem três locais fisicamente distribuídos, mas mantém as principais infraestruturas em Potchefstroom, onde se localiza sua sede. Em outubro de 2017, implantou serviços das plataformas de código aberto Nextcloud e Collabora Online, proporcionando a seus estudantes e funcionários uma forma de acessar, partilhar e colaborar remotamente. Um ano mais tarde, a universidade migrou para a combinação Nextcloud-ONLYOFFICE (POORTVLIET, 2020).

O controle dos dados foi uma preocupação primordial e um fator decisivo na escolha da solução integrada de edição de documentos. Alguns dados colaborativos da NWU não devem aparecer em plataformas fora da universidade devido à legislação e a algumas outras razões. A universidade trata de vários campos de investigação, alguns dos quais contêm dados éticos, que por sua vez têm regras muito rigorosas a cumprir. A NWU considera que a auto-hospedagem continua sendo a melhor solução para manter seus dados seguros, por isso a maior motivação para a integração da Nextcloud e do ONLYOFFICE foi fornecer uma plataforma na qual os pesquisadores pudessem armazenar, trabalhar em colaboração e compartilhar dados em segurança, tudo sob seu próprio controle, especialmente entre os três *campi*. Todo o trabalho administrativo foi possível mediante a utilização de uma única plataforma de colaboração assíncrona.

Implementação do ONLYOFFICE

A NWU tomou conhecimento do ONLYOFFICE quando a parceria com Nextcloud foi anunciada na Conferência Nextcloud de 2018. Como a maioria do público da NWU usava Microsoft Office, a familiaridade de uma interface foi primordial para a decisão, além da compatibilidade. Inicialmente, embora a implementação tenha gerado receios e dúvidas por ser uma solução de aparência desconhecida, atualmente cerca de 6.500 pessoas da NWU têm acesso a Nextcloud e ONLYOFFICE e estão aparentemente muito satisfeitas. As aplicações mais utilizadas são: edição, revisão, acompanhamento de alterações e *chat*.

Infraestrutura a partir das cidades: o caso de Barcelona

A cidade tem buscado tornar públicos os dados controlados atualmente por plataformas, como Google, Uber e Airbnb, buscando garantir transporte, saúde, educação, energia e segurança para todos, segundo o Plano de Cidade Digital (BARCELONA DIGITAL CITY, 2023). A política se compromete a retirar os produtos da

Microsoft de seus sistemas e investir mais de 80% de seu novo orçamento de desenvolvimento de TI em serviços de *software* livre e de código aberto, além de introduzir cláusulas de “soberania de dados” nos contratos de compras públicas e definir padrões éticos digitais que devem ser seguidos pelos funcionários públicos no processo de digitalização.

Barcelona²⁷ está apostando no “*city data commons*”, que supõe um novo pacto social para aproveitar ao máximo os dados utilizados na adoção de decisões melhores, mais rápidas e mais democráticas, promover a inovação, melhorar os serviços públicos e fomentar a participação social. Ou, como diria a pessoa que liderou esse processo há alguns anos atrás, Francesca Bria (2015), promover políticas públicas para a soberania digital a partir das cidades e do bem comum.

A cidade lidera o Projeto DECODE²⁸, com treze organizações associadas de toda a Europa, incluindo Amsterdam. O projeto desenvolve tecnologias descentralizadas (como *blockchains* e criptografia baseada em atributos) para oferecer às pessoas um controle melhor de seus dados, em parte estabelecendo regras sobre quem pode acessá-los, com que finalidade e em que condições. O objetivo é criar “dados comuns” (*data commons*) a partir de dados produzidos por pessoas, sensores e dispositivos, recurso compartilhado que permite aos cidadãos, além de contribuir na coleta de dados e ter acesso a eles, sua utilização – por exemplo, dados relativos à qualidade do ar, à mobilidade ou à saúde, como um bem comum, sem as restrições de direitos de propriedade intelectual.

Outro feito da prefeitura de Barcelona foi a criação de um pacote de aplicativos de código aberto para as escolas. Concebido pelo instituto de digitalização democrática Xnet, pretende ser uma alternativa ao processamento de texto, gerenciamento de sala de aula e opções de videoconferência oferecidas por gigantes da computação, como Google e Microsoft. A Xnet buscou alternativas que fossem competitivas com as ferramentas comerciais atuais, como OnlyOffice, Nextcloud e BigBlueButton. Dentre as razões para a iniciativa, destacam-se o cuidado em evitar a coleta em massa de dados de estudantes por empresas privadas e também a publicidade

²⁷ Mais informações sobre as ações em prol da soberania digital disponíveis em: (1) <https://www.publico.es/economia/soberania-tecnologica-barcelona-sienta-bases-acabar-monopolio-google-aulas.htm>; (2) <https://outraspalavras.net/outrasmidias/barcelona-propoe-a-luta-pela-soberania-digital/>; (3) https://www.ucl.ac.uk/bartlett/public-purpose/sites/bartlett_public_purpose/files/new_data_deal_barcelona_fernando_barns_kattel_and_bria_18_feb.pdf. Acesso em 11 set. 2023.

²⁸ Mais informações disponíveis em: www.decodeproject.eu. Acesso em 11 set. 2023.

para formar potenciais futuros consumidores. Segundo matéria do El País (2022), o investimento para a primeira versão do pacote, chamada Digitalização Democrática (DD), foi de 140.000,00 euros, e três escolas já a implementaram. Serão alocados mais 200.000 euros até 2023 para estendê-lo a outras escolas, institutos, bibliotecas e centros cívicos.

4.3 A RNP e as possibilidades no Brasil

Criada em 1989 pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT, atual Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI), a RNP (2021) é uma organização social (OS) cuja finalidade envolve construir uma infraestrutura nacional de rede de Internet de âmbito acadêmico. OS é uma qualificação que pode ser concedida pelo Poder Executivo a entidades privadas – pessoas jurídicas de direito privado – sem fins lucrativos, destinadas ao exercício de atividades dirigidas ao ensino, à pesquisa científica, ao desenvolvimento tecnológico, à proteção e à preservação do meio ambiente, à cultura ou à saúde, conforme estabelecido na Lei n. 9.637 (BRASIL, 1998). A lei estabelece que, obrigatoriamente, uma OS deve ter determinadas porcentagens de representantes tanto do Poder Público como também da sociedade civil na composição de seu Conselho de Administração. Para o estabelecimento de parcerias entre o Poder Público e a Organização Social, essa lei criou um instrumento específico denominado Contrato de Gestão. Como OS, a RNP está vinculada ao MCTI e é mantida por ele, em conjunto com outros que participam do Programa Interministerial RNP (PRO-RNP): da Educação (MEC), das Comunicações (MCom), do Turismo (MTur), da Saúde (MS) e da Defesa (MD) (RNP, 2018).

Desde sua fundação, a RNP participa do desenvolvimento da Internet no Brasil, com a introdução de novas tecnologias e a implantação da primeira rede óptica acadêmica da América Latina, em 2005, batizada de Rede Ipê (RNP, 2023). Portanto, a RNP é a NREN brasileira, que proporciona à comunidade acadêmica do país serviços de conectividade e de comunicação e colaboração, disponibilizados mediante de uma infraestrutura de rede predominantemente sobre TCP/IP. Ela se conecta a redes de educação e pesquisa na América Latina, América do Norte, África, Europa, Ásia e Oceania por meio de cabos de fibra óptica terrestres e submarinos.

Em 2017, a RNP inaugurou um novo modelo de negócio, passando a atuar como *broker* (intermediário) de serviços em nuvem, coordenando diferentes fornecedores e sendo responsável pela

camada de escolha e contratação de serviços. Para se tornar um *broker*, a RNP estabeleceu parcerias com grandes corporações de tecnologia, como Amazon, Microsoft, Google e IBM, e também com empresas de telefonia, como Embratel, Vivo e Vert. A disponibilização dos serviços é feita via *marketplace* pela qual gestores das instituições de ensino e técnicos administrativos responsáveis pela área de TI escolhem o tipo de serviço que melhor lhe serve, considerando preço e condições.

A RNP tem dois DC, com capacidade de processamento de 4 *petabytes*, montados em contêineres e doados pela fabricante chinesa Huawei, em 2014, com os quais a rede tem realizado projetos pilotos do que pretende oferecer em larga escala. Como um conjunto de equipamentos foi para o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), em Manaus, o DC faz o armazenamento de dados coletados na floresta. De forma semelhante, há parceria com o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), em Recife, onde está o segundo contêiner doado.

Outro projeto é uma parceria com a Agência Nacional do Cinema (Ancine), que usa o armazenamento da RNP e ferramentas de análise para avaliar o conteúdo da televisão brasileira. Ademais, há a implantação de sistemas de processo eletrônico nas universidades, primeira implementação em nuvem para o Sistema Eletrônico de Informações²⁹. Denominado “Nas Nuvens” (s.d.), o serviço de *marketplace* oferece aplicações em *cloud computing*; não somente serviços em nuvem oferecido pela RNP, mas também por empresas denominadas “parceiros externos”, permitindo que cada usuário faça a gestão de suas aplicações em um mesmo ambiente. Dentre as ofertas disponíveis, estão aplicações próprias da RNP (como o Edudrive, o Mconf, o Compute e o FileSender, listados a seguir), além de ferramentas de provedores, como o Office 365 da Microsoft e o Google Workspace for Education do Google.

Toda a tecnologia usada para construção do portal está baseada nos conceitos de *Cloud Service Broker*, que integra nuvens públicas e privadas, assim como as mais variadas soluções em um mesmo local, para facilitar a experiência de uso. Um *broker* de serviços com IaaS, SaaS, PaaS, aplicativos e serviços, o Nas Nuvens permite que a instituição contrate conforme a demanda, com possibilidade de aumentar

²⁹ Para suportar essa nova linha de serviços, a RNP está fazendo um *upgrade* na conectividade. A organização buscou que, até 2020, deveria haver a migração para fibras OPGW do setor elétrico. São acordos que preveem compartilhamento e custarão à RNP apenas a eletrônica para acender as fibras, o que sinaliza duas décadas de atualizações a custo marginal.

A seguir, estão relacionados os serviços oferecidos pela RNP para a área educacional, conforme apresentados no site oficial. Eles podem ser considerados como ponto de partida para eventual política pública:

- **Certificados digitais e diplomas digitais** – uso de tecnologia *blockchain*;
- **Conferência Web** – sistema de videoconferência baseado em *software* livre *Big Blue Button*;
- **Eduroam**³⁰ – serviço de Wi-Fi para comunidade acadêmica, com 3 mil pontos de acesso, também presente em outros países;
- **Filesender** – serviço de envio de grandes arquivos;
- **Eduplay** – portal de vídeo para o Ensino Superior, com mais de 40 mil vídeos relacionados a ensino, pesquisa, saúde e cultura. Também permite transmissões ao vivo para *streaming* de eventos, aulas e transmissão de sinal de TV e de rádio universitárias (NAS NUVENTS, 2022);
- **MonIPÊ** – serviço de monitoramento de redes capaz de medir, com alta precisão, a qualidade de transferências de dados fim-a-fim para pesquisa colaborativa. A ferramenta possibilita avaliações de desempenho de redes e execução de medições, como atraso unidirecional e bidirecional, perdas de pacotes e vazão em diversas abordagens. As ferramentas do MonIPÊ são compatíveis com o padrão de monitoramento internacional perfSONAR, cujo principal benefício é a melhor gestão dos resultados de medições;
- **Moodle** – gestão de infraestrutura do sistema de aprendizagem a distância em *software* livre, via adesão institucional. Desde 2017, passou a integrar o sistema Nas NuventS (ver tópico 4.3 deste relatório). A oferta ocorre por meio de duas modalidades de serviço: i) IaaS, com máquinas virtuais, banco de dados, balanceador de carga etc., e gestão do Moodle, sob responsabilidade da instituição; ii) por infraestrutura, como serviço gerenciado (IaaS gerenciado), no qual, além da capacidade computacional, são oferecidos serviços especializados pela RNP para sustentar, operar e realizar possíveis desenvolvimentos relacionados ao Moodle;
- **Federação CAFe** – a Comunidade Acadêmica Federada (CAFe) integra as bases de dados de instituições de ensino e pesquisa brasileiras. Por meio de uma conta única (modelo

²⁹ Mais informações no mapa Eduroam no mundo (EDUROAM, n.d.).

single sign-on), o usuário pode acessar, de onde estiver, os serviços de sua própria instituição e os oferecidos por outras organizações que participam da federação. O serviço está presente em mais de 280 instituições de ensino e pesquisa atendidas pela RNP e oferece mais de 70 serviços, nacionais e internacionais, à comunidade acadêmica;

- **ScienceDMZ** – criação de um segmento específico em uma rede de *campus*, projetado para acomodar as demandas diferenciadas das transferências de dados de aplicações científicas;
- **Padex** – movimentação rápida e segura de grandes volumes de dados científicos. O *site* destaca o *case* do projeto Sirius;
- **Fibre** – *testbed* (mesa de testes) que funciona como um laboratório virtual em larga escala para o desenvolvimento de novas aplicações e arquiteturas. A plataforma é aberta para qualquer estudante, pesquisador ou desenvolvedor interessado em executar experimentos distribuídos geograficamente, em especial para alunos de computação que queiram acesso a um ambiente de experimentação real, além de permitir a seleção de topologias virtuais de redes;
- **Gidlab** – disponibiliza aos pesquisadores uma federação acadêmica para testes, a CAFe Expresso. Criada nos moldes da CAFe, seu objetivo é oferecer um ambiente completo, com provedores de identidade e de serviço, de acordo com *framework Shibboleth*. Nesse ambiente, os pesquisadores podem testar seus serviços e outros protótipos relacionados às infraestruturas de autenticação e autorização. Além disso, estão disponíveis para *download* máquinas virtuais prontas para que os desenvolvedores possam instalar mais facilmente tais infraestruturas. Além da CAFe Expresso, outras tecnologias oferecidas para experimentação são: uma federação simple-SAMLphp, um ambiente OpenIdConnect e um *testbed* para o serviço eduroam;
- **LOFT** – o serviço oferece máquinas virtuais dedicadas para que a comunidade acadêmica possa fazer seus próprios experimentos com *Software Defined Network (SDN)*³¹;

³¹ *Software Defined Network (SDN)* ou Rede Definida por *Software* é uma abordagem para arquiteturas de rede focada em oferecer maior controle e personalização na estruturação das redes, definindo processos centralizados e inteligentes por meio de *softwares*. Esse tipo de abordagem possibilita ao usuário gerenciar redes de modo mais eficiente, independentemente da tecnologia utilizada para a rede subjetiva (VICTOR, 2016).

- **Compute@RNP** – serviço que fornece recursos computacionais em nuvem para prover uma plataforma *multi-tenant* (uma mesma instância de *software* consegue atender a vários clientes) de processamento de dados e armazenamento em bloco, por meio de instância(s) de máquina virtual, propiciando uma desoneração da operação de ativos de TI, mantendo a governança e o controle do ambiente computacional fornecido para os usuários e possibilitando uma redução no investimento financeiro. O serviço é baseado no *software* livre *CloudStack*, utilizando a versão estável pela RNP, que atua como camada de apresentação do serviço, ou seja, portal web, em que os usuários interagem para criar suas instâncias virtuais a partir de qualquer tipo de dispositivo que tenha conexão com a Internet;
- **IDC** – Internet *datacenter*, localizado em uma área de 600m², em Brasília;
- **Fone@RNP** – realização de chamadas telefônicas simples e gratuitas entre universidades;
- **Escola Superior de Redes (ESR)** – promove capacitação, desenvolvimento profissional e disseminação de conhecimento em TI por meio de cursos pagos (presenciais e *online*). Com 15 anos de atuação, mais de 1.100 instituições clientes e aproximadamente 28.000 alunos capacitados, a ESR visa o resultado prático e busca os maiores índices de qualidade em seus serviços, com a excelência no ensino e o bom atendimento ao cliente como premissas.

Levando em consideração os diversos serviços ofertados e o histórico da atuação da RNP no próprio desenvolvimento da Internet da ciência brasileira nas últimas três décadas, é importante que as empresas nacionais de TI, as empresas estatais de processamento de dados (estaduais e federais), a comunidade científica e tecnológica, os profissionais da educação, bem como a sociedade civil de direitos digitais dialoguem para determinarem em conjunto qual deve ser o papel da RNP nesta década. Este estudo pode e deve servir de elemento para a convergência em torno de um consenso.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando se popularizou, no final dos anos 90, a Internet trazia uma forte chama de democracia e garantia que qualquer pessoa interessada poderia utilizá-la para obter e disseminar conhecimento, bem como montar sua empresa comercial se desejasse. A contribuição para tornar a Internet melhor deveria ser de toda a sociedade, entretanto, atualmente, o que vemos é um cenário de concentração que gera controle cada vez maior de soluções e possibilidades de avanço no emprego de plataformas sociodigitais e de infraestrutura.

Diante do crescimento da economia baseada na coleta e na exploração de dados (*data-driven economy*), países sem acesso a essas empresas ou a seus dados ficam prejudicados em seu desenvolvimento econômico. Como apontado por Johan Christenson (s.d.), CEO da City Network e *board member* da OpenStack Foundation, se um país inova como “desenvolvedor de aplicativos”, “inova” no topo da plataforma de outro país, ou seja, torna-se muito vulnerável ao que essa empresa dona da plataforma e/ou o país permitir.

Criar tendo como base uma plataforma externa que pode mudar as regras implica ao criador uma falsa liberdade, visto que ele deverá acatar as possíveis mudanças e se adaptar a elas para sobreviver; desse modo, a livre iniciativa fica comprometida. Impossível se sentir confortável sabendo que alguém pode, a qualquer momento, clicar em um botão e desligar aspectos críticos da infraestrutura de um país. Deve-se impedir o desligamento de todo um processo educacional de ensino e aprendizagem que está sendo construído. Por mais valorosa que seja a intencionalidade, se a base é externa e proprietária, a dependência instala-se.

Algumas recomendações que precisam ser compreendidas e debatidas no âmbito de governança de plataformas são:

- **Inovação deve ser a longo prazo:** se o país não tem controle de suas plataformas educacionais, deverá seguir as regras de quem as possui. Além disso, a liberdade de inovação torna-se pontual e periférica, a serviço de uma plataforma proprietária. Os países que possuem os dados terão uma visão mais ampliada do que aqueles que não os possuem;
- **Dependência completa de uma ou poucas empresas:** cabe em todos os setores e já é algo que se consolidou no Brasil. Em educação, diz respeito a implementar políticas educacionais dependentes de serviços externos. Diminuir dependências de poucas empresas requer dos governantes decisões ousadas que incomodam, a princípio, pois as pessoas já se acostumaram a fazer de uma forma. Aliás, é necessário que o poder público interessado seja proativo e integre as comunidades de desenvolvimento de código aberto;
- **Segurança nacional:** segurança de dados, segurança da informação, dados estratégicos de país – quais os campos prioritários para que um país seja autossustentável? Dados poderão se tornar ainda mais importantes no futuro e serão vitais para crescimento e prosperidade de uma nação;
- **Soluções locais:** deve haver incentivo e fomento de soluções locais de código aberto, com investimento em formação, pesquisa e desenvolvimento, além de considerar o papel das agências de fomento nacional.

Caminhos que considerem a soberania digital a partir da educação precisam, ainda, contemplar a diversidade de sistemas, as possíveis sobreposições de infraestruturas de nuvens descentralizadas e os riscos de considerar uma única nuvem pública para a educação. Logo, as redes federadas merecem atenção. Ademais, devem incentivar, por meio de normativas e regulações, o surgimento de alternativas privadas, além de ser uma ação urgente estudar experiências que avançam nesse caminho, como o GAIA-X, que pretende ser um *hub* de diversas alternativas menores.

6 REFERÊNCIAS

2U BUYS MIT's and Harvard's edX Platform for \$800M; Open edX Software Kept as Non-Profit. *IBL News*, 30 jun. 2021. <https://iblnews.org/2u-buys-mit-and-harvards-edx-platform-for-800m-open-edx-software-kept-as-non-profit/>. Acesso em 12 set. 2023.

ABDULLAH. The Netherlands will restrict the use of Chrome and ChromeOS in schools. *Gizchina*, 25 jun. 2022. Disponível em: <https://www.gizchina.com/2022/07/25/the-netherlands-will-restrict-the-use-of-chrome-and-chromeos-in-schools/>. Acesso em 12 set. 2023.

ACTION AID. Mission Recovery: How Big Tech's Tax Bill could kickstart a fairer economy. *Action Aid Report*, maio 2021. Disponível em: https://actionaid.org/sites/default/files/publications/Mission%20Recovery_ActionAid%20Tax%20Report%202021.pdf. Acesso em 12 set. 2023.

AG DSK „Microsoft-Onlinedienste“. *Datenschutzkonferenz Online*, 22 set. 2020. Disponível em: https://datenschutzkonferenz-online.de/media/dskb/2022_24_11_festlegung_MS365_zusammenfassung.pdf. Acesso em 12 set. 2023.

AMIÉL, T. et al. Os modos de adesão e a abrangência do capitalismo de vigilância na educação brasileira. *Perspectiva*, v. 39, n. 3, p. 1, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/perspectiva/article/view/80582>. Acesso em 12 set. 2023.

AMSTERDAM INTERNET EXCHANGE. *AMS-IX Data Center Standard*. Amsterdam: Ams-IX, 2020. Disponível em: <https://barm.nikhef.nl/housing/wp-content/uploads/2020/05/AMSIX-Datacentre-standard-issue-009.pdf>. Acesso em 12 set. 2023.

AVELINO, R. *Colonialismo Digital: Tecnologias de Rastreamento Online e a Economia Informacional*. São Paulo: Alameda Editorial, 2023.

ÁVILA, R. *Por una transición digital incluyente y justa, desde Latino América al mundo*. Documentos de trabajo. Madrid: Fundación Carolina/Oxfam Intermón, 2022. FC/Oxfam Intermón, n. 6 (especial). Disponível em: https://www.fundacioncarolina.es/wp-content/uploads/2022/10/DT_FC_OXFAM6.pdf. Acesso em 12 set. 2023.

BARBOSA, A. C. A Soberania Digital Sustentável como base para o futuro da Internet. *Dossiê ComCiencia*, n. 240, 12 dez. 2022. Disponível em <https://www.comciencia.br/a-soberania-digital-sustentavel-como-base-para-o-futuro-da-internet/>. Acesso em 12 set. 2023.

BARCELONA City Council's Digital Rights Report 2019-2023. *Barcelona Digital City*, 2023. Disponível em: https://ajuntament.barcelona.cat/digital/en/noticia/barcelona-city-councils-digital-rights-report_1311924. Acesso em 12 set. 2023.

BELLI, L. et al. *Cibersegurança: uma visão sistêmica rumo a uma proposta de marco regulatório para um Brasil digitalmente soberano*. Rio de Janeiro: FGV Rio, 2023. Disponível em: <https://cyberbrics.info/wp-content/uploads/2023/03/Agenda-de-politicas-publicas-em-ciberseguranca-consolidado-primeira-final.pdf>. Acesso em 12 set. 2023.

BENDIEK, A.; STUERZER, I. The Brussels Effect, European Regulatory Power and Political Capital: Evidence for Mutually Reinforcing Internal and External Dimensions of the Brussels Effect from the European Digital Policy Debate. *Digital Society*, v. 2, n. 5, 23 jan. 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s44206-022-00031-1.pdf?pdf=button>. Acesso em 12 set. 2023.

BERRÍO-ZAPATA, C.; RODRIGUES, A. C. P.; GOMES, L. Plataformas, Plataformização e Ecossistemas de Software nas bases de dados acadêmicas: aspectos conceituais. *ISKO Brasil*, v. 6, p. 361-371, 2019. Disponível em: <https://brapci.inf.br/index.php/res/v/125315>. Acesso em 12 set. 2023.

BRADFORD, A. The Brussels effect. *Northwestern University Law Review*, v. 107, n. 1, 2012. Columbia Law and Economics Working Paper n. 533, 2012. Disponível <https://ssrn.com/abstract=2770634>. Acesso em 12 set. 2023.

BRASIL. *Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996*. Brasília: Presidência da República, 1996. Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9394.htm#art80. Acesso em 12 set. 2023.

BRASIL. *Lei n. 9.637, de 15 de maio de 1998*. Dispõe sobre a qualificação de entidades como organizações sociais, a criação do Programa Nacional de Publicização, a extinção dos órgãos e entidades que menciona e a absorção de suas atividades por organizações sociais, e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 15 maio 1998. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9637.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%209.637%2C%20DE%2015%20DE%20MAIO%20DE%201998.&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20qualifica%C3%A7%C3%A3o%20de,sociais%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAs. Acesso em 12 set. 2023.

BRASIL. *Decreto n. 9.057 de 25 de maio de 2017*. Regulamenta o art. 80 da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília: Presidência da República, 25 maio 2017a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2015-2018/2017/decreto/D9057.htm. Acesso em 12 set. 2023.

BRASIL. Decreto n. 9.204 de 23 de novembro de 2017. Institui o Programa de Inovação Educação Conectada e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 23 nov. 2017b. Disponível em: <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=DEC&numero=9204&ano=2017&ato=820E-TVU1UeZpWTF6b>. Acesso em 12 set. 2023.

BRASIL INTERNET EXCHANGE (IX.BR). IX.br chega a 20 Tbit/s de pico de tráfego, nova marca histórica. São Paulo: CGI.br|NIC.br, 8 dez. 2021. Disponível em: <https://ix.br/noticia/releases/ix-br-chega-a-20-tbit-s-de-pico-de-trafego-nova-marca-historica>. Acesso em 12 set. 2023.

BRIA, F. Public policies for digital sovereignty. *Platform Cooperativism Conference*, 2015. Disponível em: https://www.academia.edu/19102224/Public_policies_for_digital_sovereignty?email_work_card=title. Acesso em 12 set. 2023.

BUSQUETS, J. P. Barcelona crea un 'software' para las escuelas alternativo a Google y a Microsoft. *El País*, 9 fev. 2022. Disponível em: <https://elpais.com/espana/catalunya/2022-02-09/barcelona-crea-un-software-para-las-escuelas-alternativo-a-google-y-a-microsoft.html>. Acesso em 12 set. 2023.

CASSINO, J.; SOUZA, J.; AMADEU, S. *Colonialismo de Dados: Como Opera a Trincheira Algorítmica na Guerra Neoliberal*. São Paulo: Autonomia Literária, 2021.

CENTRO REGIONAL DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO DA SOCIEDADE DA INFORMAÇÃO (CETIC.BR); INSTITUTO DE ESTATÍSTICA DA UNESCO (UIS). *Guia Prático para a Implementação de Pesquisas sobre o Uso de TIC em Escolas de Educação Primária e Secundária*. São Paulo: Cetic.br|UIS, 10 dez. 2020. Disponível em: http://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/practical_-_pt_-_web.pdf. Acesso em 13 set. 2023.

CENTRO REGIONAL DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO DA SOCIEDADE DA INFORMAÇÃO (CETIC.BR); NÚCLEO DE INFORMAÇÃO E COORDENAÇÃO DO PONTO BR (NIC.br). *TIC Educação 2020*. Pesquisa sobre o Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação nas Escolas Brasileiras. São Paulo: CETIC.BR|NIC.BR, 2021. Disponível em https://www.cetic.br/media/docs/publicacoes/2/20211124200326/tic_educacao_2020_livro_eletronico.pdf. Acesso em 13 set. 2023.

CHOWDHURY, A. Sovereignty Out of Join. In: BEN-PORATH, S. R.; SMITH, R. M. *Varieties of Sovereignty and Citizenship*. Filadélfia: University of Pennsylvania Press, 2013. p. 15-34. Acesso em 13 set. 2023.

CHRISTENSON, J. Why the Digital Infrastructure is a Matter of National Interest! *Cloud Tweaks*, s.d. Disponível em: <https://cloudtweaks.com/2019/12/why-the-digital-infrastructure-is-a-matter-of-national-interest/>. Acesso em 27 out. 2023.

COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL (CGI.BR); NÚCLEO DE FORMAÇÃO E COORDENAÇÃO DO PONTO BR (NIC.br). *OpenCDN*. São Paulo: CGI.br|NIC.br, s.d. Disponível em: <https://opencdn.nic.br/>. Acesso em 13 set. 2023.

COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL (CGI.BR). *Educação em um cenário de plataformação e economia de dados: parcerias e assimetrias*. São Paulo: CGI.br, 2022a. Disponível em: https://cgi.br/media/docs/publicacoes/1/20221129114057/educacao_em_um_cenario_de_plataformiza%C3%A7ao_e_de_economia_de_dados_parcerias_e_assimetrias.pdf. Acesso em 13 set. 2023.

COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL (CGI.BR). *Educação em um cenário de plataformação e economia de dados: problemas e conceitos*. São Paulo: CGI.br, 2022b. Disponível em: https://cgi.br/media/docs/publicacoes/1/20220929112852/educacao_em_um_cenario_de_plataformiza%C3%A7ao_e_de_economia_de_dados_problemas_e_conceitos.pdf. Acesso em 13 set. 2023.

COMUNIDADE ACADÊMICA FEDERADA (CAFe). *Lista de Clientes*. s.d. Disponível em: <https://ajuda.rnp.br/cafe/lista-clientes>. Acesso em 13 set. 2023.

CONE, L. et al. Pandemic Acceleration: Covid-19 and the emergency digitalization of European education. *European Educational Research Journal*, v. 21, n. 5, 2021. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/14749041211041793>. Acesso em 13 set. 2023.

COST of server ownership: On-premises vs. IaaS. *SherWeb*, 21 abr. 2019. Disponível em: <https://www.sherweb.com/blog/cloud-server/total-cost-of-ownership-of-servers-iaas-vs-on-premises/>. Acesso em 13 set. 2023.

COULDRY, N.; MEJIAS, U. *The cost of connection*. How data is Colonizing Human Life and Appropriating it for Capitalism. Stanford: Stanford University Press, 2019. Disponível em: https://law.unimelb.edu.au/_data/assets/pdf_file/0008/3290381/Couldry-and-Mejias-Preface-and-Ch-1.pdf. Acesso em 13 set. 2023.

CRUZ, L.; SARAIVA, F.; AMIEL, T. Coletando dados sobre o Capitalismo de Vigilância nas instituições públicas do ensino superior do Brasil. VI Simpósio Internacional LAVITS: "Assimetrias e (In)Visibilidades: Vigilância, Gênero e Raça". *Anais [...]*. Salvador, 2019. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/36912/1/EVENTO_ColetandoDadosCapitalismo.pdf. Acesso em 13 set. 2023.

CUSTERS, N. The use of open source cloud in education: Cases of HPI Schul-Cloud and Sciebo in Germany. *JoinUp*, 28 out. 2021. Disponível em: <https://joinup.ec.europa.eu/collection/open-source-observatory-osor/document/use-open-source-cloud-education-cases-hpi-schul-cloud-and-sciebo-germany>. Acesso em 13 set. 2023.

DEUTSCHES FORSCHUNGSNETZ (DFN). *The national research and education network*. Berlin: DFN, s.d. Disponível em: <https://www.dfn.de/en/network/>. Acesso em 13 set. 2023.

DIMINICO, C. *Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers: ANSI/TIA-942*. Telecommunication Industry Association, 2005. Disponível em: https://www.ieee802.org/3/hssg/public/nov06/dimnico_01_1106.pdf. Acesso em 13 set. 2023.

DULOV, O. *bwCloud: cross-site server virtualization*. Karlsruhe: Karlsruhe Institute of Technology, 2016. Disponível em: <https://indico.jinr.ru/event/85/contributions/7467/attachments/5741/7425/bwCloud-Dubna2016-Dulov.pdf>. Acesso em 13 set. 2023.

EAVES, D.; SANDMAN, J. What is Digital Public Infrastructure? *UCL Institute For Innovation and Public Purpose Blog*, 5 abr. 2023. Disponível em: <https://medium.com/iipp-blog/what-is-digital-public-infrastructure-6fbfa74f2f8c>. Acesso em 13 set. 2023.

EDUCATION and Technology Readiness Index (ETRI). *The World Bank*, 27 mar. 2023. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/topic/education/brief/edtech-readiness-index>. Acesso em 13 set. 2023.

EDUROAM. *Supporting Services*. s.d. Disponível em: https://monitor.eduroam.org/map_service_loc.php. Acesso em 13 set. 2023.

FAUSTINO, D; LIPPOLD, W. *Colonialismo digital: Por uma crítica hacker-fanoniana*. São Paulo: Boitempo Editorial, 2023.

FIEBIG, T.; LINDORFER, M.; GÜRSES, S. Position Paper: Escaping Academic Cloudification to Preserve Academic Freedom. *Privacy Studies Journal*, v.

1, n. 1, p. 49-66, 20 dez. 2022. Disponível em: https://tidsskrift.dk/privacy_studies_journal/article/view/132713. Acesso em 13 set. 2023.

FILE: Global North and Global South.svg. *Wikimedia Commons*, 18 mar. 2007. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6603483>. Acesso em 13 set. 2023.

GILL, J. EU's 'alternative model' seeks to take back control of data from Big Tech. *Euronews*, 25 nov. 2020. <https://www.euronews.com/my-europe/2020/11/25/eu-s-alternative-model-seeks-to-take-back-control-of-data-from-big-tech>. Acesso em 13 set. 2023.

GIVING people ownership of their personal data. *Decode*, s.d. Disponível em: <http://decodeproject.eu/>. Acesso em 13 set. 2023.

GONSALES, P.; AMIEL, T. Inteligência Artificial, Educação e Infância Educação na contemporaneidade: entre dados e direitos. *Panorama Setorial Cetic*, n. 3, ano 12, p. 1-21, 2020. Disponível em: https://cetic.br/media/docs/publicacoes/6/20201110120042/panorama_setorial_ano-xii_n_3_inteligencia_artificial_educacao_infancia.pdf. Acesso em 13 set. 2023.

HANSEN-GAMMELTOF, T; ADLER-NISSEN, R. *Sovereignty Games: Instrumentalizing State Sovereignty in Europe and Beyond*. New York: Plagrave Macmillan, 2008. Disponível em: https://www.academia.edu/418866/Sovereignty_Games_Instrumentalizing_State_Sovereignty_in_Europe_and_beyond. Acesso em 12 set. 2023.

HERLO, B.; ULLRICH, A.; VLADOVA, G. Sustainable Digital Sovereignty: Interdependencies Between Sustainable Digitalization and Digital Sovereignty. *Weizenbaum Series*, v. 32, 12 jun. 2023. Disponível em: <https://www.ssoar.info/ssoar/handle/document/86849>. Acesso em 13 set. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). *Censo da Educação Superior 2019*. Brasília: MEC; INEP; DEED, 2019. Disponível em: https://download.inep.gov.br/educacao_superior/censo_superior/documentos/2020/Apresentacao_Censo_da_Educacao_Superior_2019.pdf. Acesso em 12 set. 2023.

KAVIS, M. J. *Architecting the cloud: design decisions for cloud computing service models (SaaS, PaaS, and IaaS)*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2014.

KNAEBEL, R. Profs, parents d'élèves et activistes se bougent pour libérer l'école de l'emprise de Google et Microsoft. *Basta!*, 15 set. 2022. Disponível em: <https://basta.media/profs-parents-d-eleves-et-activistes-se-bougent-pour-liberer-l-ecole-des-Gafam>. Acesso em 13 set. 2023.

KOLIBRI: an adaptable product ecosystem for offline-first teaching and learning. *Learning Equality*, s.d. Disponível em: <https://learningequality.org/kolibri/>. Acesso em 13 set. 2023.

KROKER, M. Fast die Hälfte der IT-Entscheider in Deutschland wollen ihre Daten nicht in US-Clouds speichern. *Kroker 's look @ it*, 20 abr. 2020a. Disponível em: <https://blog.wiwo.de/look-at-it/2020/04/20/fast-die-haelfte-der-it-entscheider-in-deutschland-wollen-ihre-daten-nicht-in-us-clouds-speichern/>. Acesso em 13 set. 2023.

KROKER, M. Gaia-X: Für 85 Prozent der deutschen Manager ist digitale Souveränität wichtiges Ziel. *Kroker 's look @ it*, 3 jun. 2020b. Disponível em: <https://blog.wiwo.de/look-at-it/2020/06/03/gaia-x-fuer-85-prozent-der-deutschen-manager-ist-digitale-souveraenitaet-wichtiges-ziel/>. Acesso em 13 set. 2023.

KWET, M. Digital colonialism: US empire and the new imperialism in the Global South. *Race & Class*, v. 60, n. 4, p. 3-26, 2019. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0306396818823172>. Acesso em 16 ago. 2022.

LATOMBE, P. *16ème legislature*. Paris: Assemblée Nationale, 30 ago. 2022. Disponível em: <https://questions.assemblee-nationale.fr/q16/16-971QE.htm>. Acesso em 13 set. 2023.

LIMA, S. *Educação, Dados e Plataformas* – Análise descritiva dos termos de uso G Suite for Education Microsoft 365. São Paulo: Iniciativa Educação Aberta, ago. 2020. Disponível em: <https://criancaconsumo.org.br/wp-content/uploads/2022/02/relatorio-educacao-dados-e-plataformas.pdf>. Acesso em 9 out. 2022.

MAPA de AS. São Paulo: Ceptro, s.d. Disponível em: <https://mapadeas.ceptro.br/PTTs>. Acesso em 14 set. 2023.

MAZZUCATO, M. Mission-oriented innovation policies: challenges and opportunities. *Industrial and Corporate Change*, v. 27, n. 5, p. 803-815, 12 out. 2018. Disponível em <https://doi.org/10.1093/icc/dty034>. Acesso em 14 set. 2023.

MOODLE. *Portal*, 20 ago 2002. Disponível em: <https://moodle.org/>. Acesso em 14 set. 2023.

MOORE, S. The Data Center Is (Almost) Dead. *Gartner*, 5 ago. 2019. Disponível em: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/the-data-center-is-almost-dead>. Acesso em 14 set. 2023.

MUELLER, M. *Digital sovereignty: What does it mean?* Georgia Institute of Technology, 2021. Disponível em: <https://www.internetgovernance.org/wp-content/uploads/Digital-sovereignty-IGF2021.pdf>. Acesso em 14 set. 2023.

MUJOVIC, V. Germany Forces a Microsoft 365 Ban Due to Privacy Concerns. *TechGenix*, 23 set. 2022. Disponível em: <https://techgenix.com/microsoft-365-ban-in-germany/>. Acesso em 14 set. 2023.

NAS NUVENS. *Portal*, s.d. Disponível em: <https://www.nasnuvens.rnp.br/>. Acesso em 14 set. 2023.

NAS NUVENS. *Eduplay*, 2022. Disponível em: <https://eduplay.rnp.br/portal/home>. Acesso em 14 set. 2023.

NAVIGATING DIGITAL SOVEREIGNTY AND ITS IMPACT ON THE INTERNET. Executive Summary. *Internet Society*, 1 dez. 2022. Disponível em: <https://www.internetsociety.org/resources/doc/2022/navigating-digital-sovereignty-and-its-impact-on-the-internet/>. Acesso em 13 set. 2023.

NOKIA to power Norway's Uninett national research network expansion. *Nokia*, 23 jun. 2021. Disponível em: <https://www.nokia.com/about-us/news/releases/2021/06/23/nokia-to-power-norways-uninett-national-research-network-expansion/>. Acesso em 14 set. 2023.

NÚCLEO DE INFORMAÇÃO E COORDENAÇÃO DO PONTO BR (NIC.BR). *Interconexão de Sistemas Autônomos (Autonomous Systems - AS)*. São Paulo: NIC.br, 10 ago. 2020. Disponível em: <http://old.ix.br/doc/nic.br-cep-tro.br-pttmetro.apresentacao.pdf>. Acesso em 14 set. 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). *Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 4: Educação de qualidade*. Brasília: Nações Unidas Brasil, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/4>. Acesso em 14 set. 2023.

OS PRINCÍPIOS DE ABIDJAN. Abidjan, 13 fev. 2022. Disponível em: https://static1.squarespace.com/static/5c2d081daf2096648cc801da/t/621632640d57842904d6e7ed/1645621862142/Princi%CC%81pios+de+Abidjan_Portugues_Fevereiro2022.pdf. Acesso em 14 set. 2023.

PARRA, H. et al. Infraestruturas, Economia e Política Informacional: o Caso do Google Suite For Education. *Mediações*, v. 3, n. 1, p. 63-99, 2018. Disponível em: <https://repositorio.unifesp.br/handle/11600/51998>. Acesso em 14 set. 2023.

POHLE, J.; THIEL, T. *Digital Sovereignty*. Bielefeld: Econstor; ZBW, 2021. p. 47-67. Disponível em: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/247156/1/Full-text-chapter-Pohle-et-al-Digital-sovereignty.pdf>. Acesso em 14 set. 2023.

POORTVLIET, J. Nextcloud and ONLYOFFICE improve user storage mobility and document collaboration in North-West University. *Nexcloud*, 12 maio 2020. Disponível em: <https://nextcloud.com/blog/nextcloud-and-onlyoffice-improve-user-storage-mobility-and-document-collaboration-in-north-west-university/>. Acesso em 14 set. 2023.

REDE COMUNITÁRIA DE EDUCAÇÃO E PESQUISA GIGACANDANGA. *Redecomep GigaCandanga*. Brasília: GigaCandanga, 2005.

REDE METROPOLITANA DE SALVADOR (REMESSA). *Serviços na Remessa*. Salvador: Remessa, s.d. Disponível em: https://www.pop-ba.rnp.br/Remessa/Servicos#Carrier_Ethernet. Acesso em 14 set. 2023.

REDE NACIONAL DE ENSINO E PESQUISA (RNP). *Redecomep*. Brasília: RNP, s.d. Disponível em: <https://www.rnp.br/sistema-rnp/redecomep>. Acesso em 14 set. 2023.

REDE NACIONAL DE ENSINO E PESQUISA (RNP). *Programa Interministerial*. Brasília: RNP, 2018. Disponível em: <https://www.rnp.br/sobre/governanca/programa-interministerial>. Acesso em 14 set. 2023.

REDE NACIONAL DE ENSINO E PESQUISA (RNP). *Nossa história*. Brasília: RNP, 2021. Disponível em: <https://www.rnp.br/sobre/nossa-historia>. Acesso em 14 set. 2023.

REDE NACIONAL DE ENSINO E PESQUISA (RNP). *IDC*. Brasília: RNP, 2022. Disponível em: <https://www.rnp.br/sistema-rnp/rede-ipe>. Acesso em 14 set. 2023.

REDE NACIONAL DE ENSINO E PESQUISA (RNP). *Rede Ipê*. Brasília: RNP, 2023. Disponível em: <https://www.rnp.br/sistema-rnp/rede-ipe>. Acesso em 14 set. 2023.

RESEARCH, innovation, and entrepreneurship is vital for developing the Norwegian and international society. *Sikt*, s.d. Disponível em: <https://sikt.no/en/about-sikt>. Acesso em 14 set. 2023.

RÉSEAU NATIONAL DE TÉLÉCOMMUNICATIONS POUR LA TECHNOLOGIE L'ENSEIGNEMENT ET LA RECHERCHE (RENATER). *L'histoire*. Paris: Renater, s.d. Disponível em: <https://www.renater.fr/a-propos/le-gip-renater/lhistoire/>. Acesso em 14 set. 2023.

ROSA, F. Critical Digital Sovereignities: Infrastructure as “public good”: The Limits of Local Governance in a Global Internet. *Critical Digital Sovereignities*, 3 out. 2020. Disponível em: <https://os.pennds.org/digitaldominion/critical-digital-sovereignities-/infrastructure-as-public-good>. Acesso em 14 set. 2023.

ROSA, F. *Global Internet Interconnection Infrastructure: materiality, Concealment, and Surveillance in Contemporary Communication*. 2019. Tese (Doutorado em Comunicação) - American University, Washington D.C., 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1961/auislandora:84472>. Acesso em 14 set. 2023.

ROSA, F.; HAUGE, J. GAFA's Information Infrastructure Distribution: Implications for the Global South. *TPRC48: The 48th Research Conference on Communication, Information and Internet Policy*, 17 dez. 2020. Disponível em: <https://papers.ssrn.com/abstract=3749732>. Acesso em 14 set. 2023.

SAMENWERKENDE UNIVERSITAIRE REKEN FACILITEITEN (SURF). *About SURF Cooperation*, s.d. Disponível em: <https://www.surf.nl/en/about-surf>. Acesso em 14 set. 2023.

SAMENWERKENDE UNIVERSITAIRE REKEN FACILITEITEN (SURF). *What SURF does*, 2022. Disponível em: <https://www.surf.nl/en/about-surf/what-surf-does>. Acesso em 14 set. 2023.

SHOKER, A. Digital Sovereignty Strategies for Every Nation. *ACIG*, v. 1, 2022. Disponível em: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2307/2307.01791.pdf>. Acesso em 14 set. 2023.

UNITED STATES. *To amend the State Department Basic Authorities Act of 1956 to include severe forms of trafficking in persons within the definition of transnational organized crime for purposes of the rewards program of the Department of State, and for other purposes*. Washington D.C.: Presidency of the Republic, 30 jan. 2018. Disponível em: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/BILLS-115hr1625enr/html/BILLS-115hr1625enr.htm>. Acesso em 14 set. 2023.

UNIVERSITÄT HEIDELBERG. *Heicloud: infrastructure-as-a-service specially tailored for higher education and research institutions*. Heidelberg: University Computing Centre, s.d. Disponível em: <https://www.urz.uni-heidelberg.de/en/service-catalogue/cloud/heicloud>. Acesso em 14 set. 2023.

VICTOR, D. et al. *Uma Arquitetura SDN para Computação em Nuvem orquestrada pelo ONOS*. Brasília: Serpro, 2016. Disponível em: <http://intra.serpro.gov.br/tema/tematec/arquitetura-sdn-computacao-nuvem>. Acesso em 14 set. 2023.

WATTERS, A. *Teaching Machines: the history of personalized learning*. Cambridge: MIT Press, 2021.

WERNER, W.; DE WILDE, J. The Endurance of Sovereignty. *European Journal of International Relations*. v. 7, n. 3, p. 283-313, 2001. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1354066101007003001>. Acesso em 14 set. 2023.

WHAT we are. GAIA, s.d. Disponível em: <https://gaia-x.eu/>. Acesso em 13 set. 2023.

WILLIAMSON, B. *Big data in education: The Digital Future of Learning, Policy and Practice*. London: Sage.

WILLIAMSON, B.; EYNON, R. Historical threads, missing links, and future directions in AI in education. *Learning, Media and Technology*, v. 45, n. 3, p. 223-235, 30 jul. 2020. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17439884.2020.1798995?scroll=top&needAccess=-%20true>. Acesso em 16 ago. 2022.

ZHANG, L.; CHEN, L. *Cloud Data Center Network Architectures and Technologies*. Boca Raton: CRC Press; Post & Telecom Press, 2021.

ZUBOFF, S. *The age of surveillance capitalism*. New York: PublicAffairs, 2019.

ANEXO I – ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ORÇAMENTÁRIA

Para montar um ecossistema de serviços contendo as soluções de ferramentas abertas em infraestruturas próprias, é necessária a incorporação de uma série de disciplinas, desde o planejamento à implantação da infraestrutura, bem como a manutenção e a operação. O estudo de viabilidade técnica e orçamentária exposto tomou como base as características e requisitos apresentados na seção 3.2. quanto aos componentes do ecossistema tecnológico educacional.

No âmbito brasileiro, a RNP oportuniza algumas iniciativas com o uso de ferramentas abertas para o provimento de serviços aos usuários de ferramentas educacionais, como o MConf, que tem uma infraestrutura híbrida entre a nuvem pública e servidores *on-premise*. Outro serviço com o mesmo foco é o Moodle Gerenciado, que possibilita uma abstração maior da infraestrutura às organizações por criar instâncias do serviço em nuvens públicas (RNP, s.d.).

Em oposição ao uso de nuvem pública e de *software* proprietário, são exemplos de bastante sucesso e escala de usuários os serviços da Sciebo e da HPI School Cloud (CUSTERS, 2021), na Alemanha, os quais, respectivamente, levaram ecossistemas de aplicações educacionais a dois grupos importantes da educação: as universidades e as escolas. Em ambos os casos, a criação e a manutenção de infraestruturas próprias, e o auxílio do Estado e de instituições públicas foram fundamentais.

Nas seções a seguir, serão discutidos alguns desses pontos a partir das camadas de componentes usados para manutenção de infraestrutura tecnológica *on-premise*.

Data Center (DC)

Há uma tendência de redução ou fechamento de infraestruturas próprias de DC, como se constatou em levantamentos do Gartner (MOORE, 2019), que prevê uma proporção de 80% na quantidade de organizações com intenção de encerrar as operações de DC próprios até 2025, atualmente 10% já o fizeram. Porém, na esfera pública governamental, os requisitos para garantia da soberania sobre

o próprio funcionamento do Estado e de seus serviços aos cidadãos mudam, visto que alguns fatores, como segurança, conformidade a normas e regulamentações, jurisdição sob os locais onde os dados e serviços são hospedados, entre outros aspectos, são basilares na concepção de infraestruturas tecnológicas nacionais.

Nesse sentido, iniciativas para a busca da soberania tecnológica têm sido implementadas, com algumas aproveitando as infraestruturas existentes, formadas por grupos de compartilhamento, rateio de custos, ou mesmo venda de serviços para instituições parceiras. Outro cenário comum é o uso de infraestruturas parceiras existentes para a hospedagem (*colocation*) de equipamentos próprios, abordagem que, embora evite a operacionalização do local físico, permite o uso de infraestruturas com maior grau de controle legal.

Duas infraestruturas nascidas no campo acadêmico ou educacional, como a HeiCloud (s.d.) e a bwCloud (2016), são exemplos de infraestrutura compartilhada. Ambas se colocaram como opção no cenário acadêmico e educacional alemão visando, entre vários pontos, um controle da infraestrutura relativo aos aspectos de segurança da informação mais amplo. Outro ponto importante é que as duas incorporam localidades espalhadas para montagem de suas infraestruturas tecnológicas, necessitando de uma comunicação de dados rápida e de qualidade para a garantia de seu funcionamento adequado.

No Brasil, organizações parceiras e clientes da RNP podem usar o serviço IDC (2022), que permite a hospedagem de ativos tecnológicos essenciais sem a necessidade de ter um DC próprio ou mesmo de seus gestores se preocuparem com instalações (energia elétrica, refrigeração, controles de temperatura e umidade, segurança etc.) relacionadas. Em um cenário como esse, é possível que os usuários desses serviços foquem na incorporação de ativos, gerenciamento, operação e manutenção de serviços relacionados ao negócio da organização. Outros cenários possíveis são o uso do serviço de hospedagem para garantir um local de infraestrutura redundante (*site backup*) com o objetivo da continuidade do negócio.

A infraestrutura de hospedagem de servidores, armazenamento (*storage*) e outros componentes necessários para soluções de *cloud* é organizada e mantida a fim de ser possível estruturar as camadas de serviços. No desenho da solução de DC ou na escolha de um parceiro para sua disponibilização, é importante dirigi-la pela funcionalidade, escalabilidade, disponibilidade e segurança necessárias à implantação da infraestrutura

ra final. Além disso, as obrigações legais e/ou o atendimento a regulamentações também devem ser visitados, principalmente se envolver o fornecimento do serviço a parceiros que necessitem de adequação ou com objetivos que precisem dessa preocupação.

A observação da infraestrutura de DC como um elemento passível de falha, ou até mesmo que não fique ocioso, é necessária para a implementação de múltiplos pontos; seja para recuperação de desastre ou para alta disponibilidade dos serviços, múltiplos DC são recursos que devem ter sua funcionalidade maximizada. Portanto, o balanceamento de *workloads* e o atendimento de demandas em pico de uso podem ser alcançados com o uso simultâneo dos *data centers*.

Para a comunicação entre DC, é necessário haver conectividade de alta qualidade, resiliência e velocidade, seja para sincronização entre componentes intermediários de uma solução em *cloud*, como sincronização de *storages*, ou mesmo para balanceamento de tráfego entre os servidores distribuídos nos DC, o que também assegura uma alta disponibilidade. Nesse cenário, é fundamental uma interconexão em baixa latência que seja otimizada por conexões com tecnologias de *Data Center Interconnect* (DCI). Além disso, a interconexão deve permitir altas taxas de transmissão de dados para certificar a sincronização em tempo real, com Acordo de Níveis de Serviço (ANS) que cubram com folga os requisitos de disponibilidade definido para o negócio.

Para fornecimento de serviços de infraestrutura de DC, é importante que as localidades tenham níveis de serviço (*Tier*) necessários ao funcionamento esperado em qualidade e disponibilidade, o que promoverá continuidade do negócio em situações e eventos inesperados que possam causar algum dano às infraestruturas de hospedagem.

Os níveis necessários de serviço devem obedecer ao previsto em normas técnicas internacionais, como ANSI/EIA/TIA 942, e nacionais, por exemplo NBR 5.410, NBR 27.002, NBR 15.247, NBR 27.002, entre outras, além de ser aderente ou seguir padrões de EN50600, ASHRAE TC 9.9, ISO 9000, ISO 14000, ISO 27001, SSAE 16 (SAS70 Type II), SSAE 18 e diversos outros considerados na manutenção de infraestruturas físicas digitais.

A norma TIA 942 (2005) classifica os DC em 4 quatro *tiers*, usando aspectos basilares arquiteturais, telecomunicações, instalações elétricas e mecânicos. Para a hospedagem de serviços críticos em nível regional, é recomendado que as instalações tenham Tier III ou IV, com as seguintes características:

- disponibilidade superior a 99,9820% (III) ou 99,9950% (IV);
- *downtime* máximo de 1,6 horas/ano (III) ou 0,4 horas/ano (IV);
- centro de operações;
- redundância de energia e refrigeração N + 1 (III) ou 2 * (N + 1) (IV);
- sistema de extinção de fogo por gás comprimido do tipo FM 200 ou Inergen;
- caminhos redundantes para chegada da infraestrutura de cabeamentos.

Embora os pontos apresentados sejam importantes para a hospedagem de equipamentos e ativos necessários para os serviços, as infraestruturas devem obedecer às normas de instalação, gerência e operação da área de TI correntes, e às regulamentações brasileiras e internacionais quanto ao funcionamento e à continuidade. Também é essencial observar padrões de organizações que sejam referências na área de serviços de infraestrutura e hospedagem. O documento do AMS-IX, organização referência na manutenção de infraestrutura de troca de tráfego Internet, é uma indicação recorrente (AMSTERDAM INTERNET EXCHANGE, 2020).

Redes de Comunicação

As redes de comunicação para uma infraestrutura de serviços é um ponto crítico, visto que muitas exigem, para seu funcionamento, uma grande malha ou mesmo uma alta capacidade, aspectos importantes para garantir a resiliência e a movimentação de grandes massas de dados instantaneamente. Dessa forma, as redes metropolitanas e nacionais das NREN têm um papel importante na interligação de DC e plataformas, e na conectividade externa aos serviços organizacionais.

No contexto de comunicação, a HeiCloud e a bwCloud voltam a ser exemplos interessantes: a primeira utiliza o *backbone* nacional da Rede Nacional Alemã de Pesquisa e Educação Deutsche Forschungsnetz (DFN) para conexão de seus *sites* e fornecimento de recursos computacionais no modelo *laaS* (Infrastructure-as-a-Service). O fato de a DFN estar em abrangência nacional e ter como objetivo estratégico a manutenção de seu *backbone* de alta capacidade e qualidade para conexão de todos os possíveis parceiros e clientes do serviço da HeiCloud ocasiona potencialização, abrangência e crescimento dessa rede, mantida como o único provedor de recursos computacionais interno e federado.

A bwCloud, por ter seus pontos de infraestrutura em instituições alemãs parceiras em nível estadual, utiliza as infraestruturas de comunicação regionais, metropolitanas e estaduais da Belwü (2022) para alcançar excelência na comunicação. Essa característica é considerada fundamental para manutenção e uso de infraestrutura metropolitanas e estaduais públicas, a fim de garantir a comunicação de infraestruturas com seus pontos distribuídos ou com as organizações usuárias.

Em ambos os casos, o uso das NREN foi crucial para a diminuição dos custos necessários à concepção de uma infraestrutura própria de comunicação, pois o compartilhamento e a divisão de custos é um fator-chave. Dessa maneira, é evidente o papel da infraestrutura de comunicação da RNP e de redes regionais, como a Rede Metropolitana de Salvador (Remessa), a Rede Comunitária de Educação e Pesquisa GigaCandanga, e outras redes colaborativas (RNP, s.d.) para interconexão de infraestruturas tecnológicas com infraestruturas próprias educacionais.

As redes das NREN nacionais e regionais são formadas, majoritariamente, por conexões viabilizadas por enlaces ópticos (fibras ópticas). Essa tecnologia permite a comunicação em altíssima velocidade, com baixa taxa de erros e com possibilidade de aumento (*upgrade*) da velocidade das conexões por meio de investimento nos dispositivos transmissores, sem ser necessário um reinvestimento no cabo óptico.

Conectividade Internet

Para levar as aplicações aos usuários de plataformas educacionais, a infraestrutura para provimento de serviço deve estar conectada à Internet de maneira capilarizada e otimizada, a fim de possibilitar níveis de excelência à qualidade de experiência do usuário. Por esse motivo, ela é importante para o fornecimento de conectividade Internet, seja através do uso de trânsito IP a um Sistema Autônomo (*Autonomous System – AS*) próprio ou de uma organização parceira, visto que permite maior controle do roteamento e escolha das trocas de tráfego com outras redes.

No cenário apresentado, o trânsito IP, seja por contratação ou parceria, deve ser fornecido como balizador de métricas relacionadas a qualidade, disponibilidade, capacidade e segurança, que também necessitam ser usadas como pré-requisitos na aquisição do serviço. Logo, as métricas devem ser continuamente avaliadas por ambas as partes para validação e ajustes, quando demandarem.

O serviço de trânsito IP fornecido necessita de níveis de redundância de conectividade no âmbito nacional e internacional, inclusive, com preferência pelo serviço que tenha redundâncias por regiões, países e continentes distintos. O fornecedor do serviço deve ter conexões aos pontos de troca de tráfego (PTT) regionais e nacionais, além de internacionais (quando possível). É fundamental que a troca de tráfego (*peering*) nos PTT seja feita no modelo de Acordo de Troca de Tráfego Multilateral (ATM). Os PTT com interconexão devem promover neutralidade, qualidade, alta disponibilidade e matriz regional única de troca de tráfego, e, se possível, devem ser aderentes aos projetos IX.br do CGI.br.

O fornecedor do trânsito IP deve ter e permitir conectividade com CDN, de grande utilidade para a redução de tráfego para outras regiões. Além disso, são características necessárias aos provedores para fornecimento, via contratação ou parceria, do serviço de trânsito IP os pontos elencados a seguir:

- o serviço deve ser fornecido pela modalidade de *Committed Information Rate* (CIR), seguindo as boas práticas e os padrões de medição utilizadas no mercado (95%, com descarte dos 5% dos picos);
- a quantidade mínima da capacidade de tráfego/banda mensal ou por outro período acordado deve estar aberta a mudar a cada ciclo;
- a capacidade máxima de tráfego deve ser maior que a acordada no CIR para permitir que haja tráfego extra, seja para momentos de pico ou para outras demandas, o que requisita o fornecimento do serviço na modalidade sob demanda (trânsito IP *Burstable*);
- a capacidade para uso sob demanda deve ser garantida em equipamentos e conexões das partes envolvidas no fornecimento e no uso do serviço;
- a adoção de *Best Current Practice* (BCP) para Sistemas Autônomos (AS) conectados à Internet, publicadas pelo Internet Engineering Task Force (IETF), por outras entidades competentes ou fomentadas pelo CGI.br|NIC.br, as quais devem ser implementadas pelo fornecedor do serviço;
- a adesão às ações recomendadas pela iniciativa global *Mutually Agreed Norms for Routing Security* (MANRS), apoiada pela Internet Society (ISOC), é requisito necessário ao fornecedor do serviço;

- o serviço de trânsito IP, quando feito por fornecedores distintos, deve ter a garantia de independência entre os prestadores nos aspectos físicos e lógicos (infraestrutura independente entre os fornecedores) para haver um maior nível de disponibilidade;
- deve haver interconexão em dupla abordagem por fibra óptica no ponto de entrega, por rotas físicas distintas, para fornecimento do serviço de trânsito IP;
- é fundamental que os anúncios das redes, por meio das sessões BGP, sejam feitos em todas as pilhas de protocolos da Internet (IPv4 e IPv6);
- os recursos de endereçamento para estabelecimento das conectividades (IPv4 e IPv6 para os ponto-a-ponto) devem ser disponibilizados pelo fornecedor do serviço de trânsito IP;
- as opções de anúncios da tabela de roteamento, rota padrão (*default route*), tabela parcial (*partial routing table*) e completa (*full routing table*) são necessárias;
- deve possibilitar (aceitar) a segmentação em diferentes níveis os blocos de endereçamento IP anunciados;
- deve haver uma política de roteamento bem estruturada e transparente: as informações de roteamento devem ser disponibilizadas em bases públicas de *Internet Routing Registry* (IRR);
- deve haver aplicação das medidas operacionais para garantir as boas práticas globais para a qualidade da conectividade à Internet;
- é necessário haver contatos de suporte, *peering*, administrativo e segurança que atendam a requisitos mínimos de SLA acordados;
- deve permitir a contenção de ataque de negação de serviço, DOS ou DDOS, mediante recursos de roteamento para filtragem e mitigação;
- deve implementar segurança no plano de roteamento por meio da adoção dos padrões estabelecidos na comunidade técnica mundial (atualmente, o *Resource Public Key Infrastructure* – RPKI é fundamental);
- os equipamentos e os enlaces usados no fornecimento do serviço de trânsito IP devem obedecer às condições de fabricação, operação, manutenção, configuração, funcionamento,

alimentação e instalação, mediante normas e recomendações em vigor, as quais devem ser elaboradas por entidades ou órgãos oficiais competentes na área;

- deve haver um acompanhamento rigoroso dos indicadores de serviço indicados no ANS, estabelecido no início da parceria ou contratação do serviço.

A conectividade externa e interna de *data centers* tem diversos aspectos a serem considerados na implantação; ademais, outros enfoques podem ser observados em literaturas focadas em *Data Center Network (DCN)* (ZANG; CHEN, 2021).

Componentes da nuvem e equipamentos

A montagem de uma nuvem *on-premise* também deve considerar o gerenciamento de todo o ciclo de vida de equipamentos de rede e servidores necessários, os quais precisam ser arquitetados e montados de forma dirigida à performance e à resiliência do serviço final. Os equipamentos de rede devem ter protocolos padronizados e interoperáveis nas diversas camadas de rede (L1-L4), além de aspectos de *hardware* necessários à operação contínua. Ademais, os servidores, os *storages* e outros equipamentos computacionais devem ter funcionalidade de virtualização avançadas, múltiplos planos de controle internos, múltiplos níveis de mídia de armazenamento e redundância, e fontes de alimentação extra para contingência. Embora diversos outros aspectos relacionados devam ser observados, eles sempre devem ser baseados em boas práticas e padrões de mercado.

Componentes do serviço

Os componentes da solução podem ser utilizados tanto como componentes *IaaS* fornecidos a partir de uma nuvem ou montados de forma avulsa por meio de servidores dedicados, sejam físicos ou preferencialmente elementos virtuais. Entre os principais componentes que exigem grande parte dos recursos computacionais necessários para uma solução completa de produtividade, estão:

- **Balanceador de Carga (Front)**: utilizado para direcionar o fluxo do tráfego para as instâncias da aplicação que tratarão a requisição, podendo executar essa ação por meio de campos de um pacote IP ou de visões com mais alto nível do fluxo de comunicação, como é o caso de conexões. Os balanceadores de carga (*Load Balancer*) garantem a independência da porta de entrada dos serviços dos servidores indisponíveis ou sobre-

carregados, permitindo um maior equilíbrio ou tratamento com maior qualidade a quantidade grandes de requisições. Normalmente, têm sua quantidade de instâncias definida de forma dinâmica, a depender da necessidade de atendimento do serviço;

- **Servidor de Aplicação (Front):** servidor responsável pela hospedagem da aplicação, precisa de componentes específicos para a execução da aplicação, como bibliotecas, interpretadores, servidores CGI etc. Esse componente varia ainda mais em quantidade de recursos que o balanceador de carga, pois precisa deixar grande parte do necessário para a aplicação em memória. Além disso, tem o processamento intensivo das rotinas disparadas pelos usuários da aplicação, devendo haver uma flexibilidade de recursos e instanciar para mais ou para menos, para atender a carga variável de usuários do serviço. Podem existir diversos servidores ou conjuntos de instâncias de aplicações diferentes, principalmente quando há um ecossistema de aplicação implementado, tendo cada aplicação seu conjunto de instâncias;

- **Storage:** usado para armazenar arquivos de forma direta, em vez de utilizar um banco de dados, garante uma camada comum de armazenamento entre os servidores de aplicação, permitindo a recuperação de arquivos diversos de forma independente e simultânea entre os servidores. Pode ser usado como *File Storage*, *Object Storage* ou *Block Storage*; na maioria dos serviços, são utilizadas múltiplas áreas de armazenamento, por formas diferentes;

- **Servidor de banco de dados (Back):** utilizado para persistir dados e metadados necessários a executar a aplicação com o estado correto, garante a concorrência entre as aplicações de forma fluida. Ele é normalmente implementado em um conjunto de instâncias, ou *cluster*, de servidores de banco, a fim de promover alta disponibilidade e velocidade do serviço.

Além dos componentes indicados, existem diversos outros que precisam ser instanciados para uma aplicação de larga escala; normalmente, as aplicações que usam microsserviços necessitam de armazenamento em memória para *cache* ou barramento de mensagens, ocasionando o uso de recursos computacionais extras. Outro componente importante é a CDN, que permite muitas vezes a liberação de recursos nos servidores de aplicação, pois garante que dados estáticos, como imagens, vídeos, documentos portáteis, entre

outros, sejam disponibilizados em nós de armazenamento bem próximos dos usuários, em muitos casos ofertados por nós próximos a pontos de troca de tráfego.

Tomando como base os componentes básicos e a experiência de criação de infraestrutura e serviços próprios com ferramentas abertas da TU Berlin e North-West University, a Tabela 3 aponta uma estimativa de uso de recursos computacionais necessários à instanciação de uma plataforma colaborativa educacional para 300 mil usuários (escala municipal). Foi usada uma classe de ferramentas para produtividade em ambientes educacionais digitais (Nextcloud, OnlyOffice etc.).

Tabela 3.

Estimativa de recursos para ambiente de 300 mil usuários

300 mil				
	CPU (Nun.)	RAM (GB)	DISK SSD (GB)	DISK HDD (GB)
<i>Front</i>	768	1.536	0	4.560
<i>Back</i>	256	128	240	0
	1.024	16.384	4.096	3.200
Total	2.048	18.048	4.336	7.760

Fonte: Elaboração própria.

Na Tabela 3, são indicados os recursos necessários aos componentes do serviço e não às camadas de abstrações, usadas para o fornecimento dos recursos, por exemplo, virtualização. Dessa forma, assumindo a possibilidade de instanciar o número de máquinas virtuais, discos, memória e CPU virtuais necessárias, a linha total sumariza a quantidade total de recursos usados pelos componentes de *Front* e *Back* da plataforma.

Esse ambiente pode atender a uma quantidade grande de usuários, à medida que os recursos podem ser granularizados em células de fornecimento do serviço (também chamado “zonas de recursos”), instanciados com menos quantidades, mas agregados e apresentados aos usuários do serviço como uma única plataforma integrada.

Na manutenção da infraestrutura de recursos em nuvens públicas (*on-premise*), um dos principais pontos levantados são os custos envolvidos. Nesse sentido, há muitos aspectos favoráveis às nuvens públicas quando baseados na possibilidade de concorrência e facilidades dos fornecedores de manter todas as camadas da pilha de

recursos funcionais no modelo IaaS. Porém, em alguns cenários, há inclusive vantagens significativas na manutenção *on-premise* que podem se sobrepôr aos custos totais; em alguns casos, também podem ser vantajosas para ambientes próprios ou aqueles hospedados em parceiros.

Usando como referência a ferramenta de avaliação de custo de posse de equipamentos (*Total Cost of Ownership - TCO*) montada pela SherWeb (2019), empresa global dedicada ao ramo de serviços em nuvem, é possível concluir que, para alguns cenários, principalmente de uso extensivo de recursos computacionais, os valores associados na nuvem podem ser bem maiores, ainda mais com as entradas da ferramenta adaptadas aos valores do mercado nacional (custo energético, profissional etc.).

O cenário descrito não tem os valores referentes aos custos de *storages* dedicados às soluções de compartilhamento de arquivos (Nextcloud, Owncloud etc.), que, além dos recursos da aplicação, necessitam do armazenamento para persistência dos arquivos de usuários. A estimativa de valor desse custo usou como cenário uma quota de 20GB por usuário (6.000 TB totais).

Um cenário com mais usuários, em uma escala em nível estadual (1 milhão de usuários), aplicando um fator de multiplicidade no conjunto de recursos e tomando como base o mesmo modelo baseado em células de recursos, pode ser observado na Tabela 4.

Tabela 4.

Estimativa de recursos para ambiente de 1 milhão de usuários

1 milhão				
	CPU (Nun.)	RAM (GB)	DISK SSD (GB)	DISK HDD (GB)
Front	2.400	4.800	0	14.250
Back	800	400	750	0
	3.200	51.200	12.800	10.000
Total	6.400	56.400	13.550	24.250

Fonte: *Elaboração própria.*

Os custos de armazenamento dedicado às soluções de compartilhamento de arquivos tiveram como quota base 20GB por usuário (20.000 TB totais). Nesse sentido, verifica-se que a implantação de infraestruturas de redes e serviços *on-premise* para estruturação de uma nuvem própria (nuvem privada) com os diversos componentes da

solução (servidores, *storages*, entre outros recursos de infraestrutura) exige um grande esforço de investimento (CAPEX), manutenção e operação (OPEX). Porém, isso pode ser planejado, considerando a escala de implantação dos serviços envolvidos e a articulação e a colaboração com organizações que tenham algum recurso, de modo a estabelecer estruturas mais robustas e com custos menores em sua manutenção. É possível notar também que, a depender do período usado para diluição do custo de CAPEX, as soluções de infraestrutura *on-premise* podem ser econômicas, além dos critérios de domínio dos próprios recursos.

Fatores adicionais

Todos os ativos e componentes físicos de uma infraestrutura tecnológica própria devem ser mantidos e operados por profissionais capacitados, nos mais elevados níveis de qualidade. Além disso, é fundamental que todas as disciplinas de operação sejam garantidas, entre elas: manutenção preventivas e reparativas; monitoramento, Telemetria e Observabilidade; Segurança física e digital; *Backup* e Recuperação de desastres; e Gestão e Governança.

cgi.br

<https://cgi.br/>