

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Instituto de Geociências
Programa de Pós-graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais

Charles Rezende Freitas

**PROPOSTA DE MÉTRICAS PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE
INFRAESTRUTURAS DE DADOS ESPACIAIS - IDEs**

Belo Horizonte
2023

Charles Rezende Freitas

**PROPOSTA DE MÉTRICAS PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE
INFRAESTRUTURAS DE DADOS ESPACIAIS - IDEs**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais.

Orientadora: Prof.^a Dr^a. Ursula Ruchkys de Azevedo

Belo Horizonte

2023

F866p
2023

Freitas, Charles Rezende.

Proposta de métricas para avaliação de desempenho de Infraestruturas de Dados Espaciais - IDEs [manuscrito] / Charles Rezende Freitas. – 2023.
75 f., enc.: il. (principalmente color.)

Orientadora: Ursula Ruchkys de Azevedo.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2023.

Área de concentração: Análise, Modelagem e Gestão de Sistemas Ambientais.

Bibliografia: 67-72.

Inclui apêndice.

1. Modelagem de dados – Aspectos ambientais – Teses. 2. Sistemas de informação geográfica – Teses. 3. Gestão ambiental – Teses. I. Ruchkys, Ursula de Azevedo. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. III. Título.

CDU: 911.2:519.6



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS

FOLHA DE APROVAÇÃO

"Proposta de métricas para avaliação de desempenho de Infraestruturas de Dados Espaciais - IDEs"

CHARLES REZENDE FREITAS

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada, no dia **29 de novembro de 2023**, pela Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais constituída pelos seguintes professores:

Ana Clara Mourão Moura

Escola de Arquitetura/UFMG

Vagner Braga Nunes Coelho

Universidade Federal de Minas Gerais

Karla Albuquerque de Vasconcelos Borges

Prodabel/PBH

Úrsula Ruchkys de Azevedo - Orientador

Universidade Federal de Minas Gerais

Belo Horizonte, 29 de novembro de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **Ana Clara Mourão Moura, Professora do Magistério Superior**, em 06/12/2023, às 10:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Vagner Braga Nunes Coelho, Professor do Magistério Superior**, em 06/12/2023, às 10:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ursula Ruchkys de Azevedo, Chefe de departamento**, em 06/12/2023, às 10:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Karla Albuquerque de Vasconcelos Borges, Usuário Externo**, em 07/12/2023, às 10:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2876309** e o código CRC **3C3BD469**.

Este trabalho é dedicado às pessoas que tornaram possível e colaboram direta e indiretamente para a construção do DataGEO.

AGRADECIMENTOS

À medida que nos desenvolvemos como profissionais e como indivíduos, torna-se cada vez mais evidente a importância das contribuições das pessoas que nos rodeiam. Fica claro como elas nos transmitem, de maneiras únicas, um pouco do seu conhecimento.

A conclusão desta etapa só foi possível graças à colaboração daqueles que se dedicaram direta ou indiretamente à consolidação do DataGEO. Como um trabalho de tijolo por tijolo, fui capaz de absorver pequenos fragmentos de conhecimento.

Primeiramente, gostaria de agradecer à minha orientadora, professora Úrsula Ruchkys, que não apenas me incentivou, mas também me guiou para analisar este projeto sob a ótica da pesquisa científica. Foi graças a ela que pude transformar toda a minha experiência na construção da IDEA/SP em palavras.

Agradeço também à minha família, que compreendeu os momentos de ausência e isolamento exigidos por esta etapa. Vocês estiveram sempre em meus pensamentos, me dando forças.

Expresso minha gratidão à Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do estado de São Paulo, assim como aos seus profissionais, em especial a Arlete Tiekko Ohata, que acreditaram no DataGEO e investiram neste projeto em busca de maior eficiência, transparência e desenvolvimento sustentável. Este projeto representa um marco importante no Sistema Ambiental Paulista, trazendo melhorias para diversos segmentos da sociedade.

Agradeço aos colegas e profissionais da GE21 Geotecnologias e da Coffey, que foram fundamentais para tornar o DataGEO uma realidade. Hebert, Glaucio e Christian, nossas inúmeras discussões que atravessaram madrugadas e as decisões técnicas resultantes delas estão refletidas neste trabalho. Serei eternamente grato a todos vocês por este período de intenso aprendizado e crescimento.

“... Os dados geoespaciais são um recurso valioso para o desenvolvimento sustentável, permitindo a identificação de áreas críticas e a implementação de estratégias eficazes de gestão ambiental e territorial ...” (Helena Mitsova)

RESUMO

Nesta dissertação, intitulada "Proposta de métricas para avaliação de desempenho de Infraestruturas de Dados Espaciais (IDEs)", desenvolvemos métricas inovadoras para medir a eficácia das IDEs, com um foco detalhado no DataGEO, um importante estudo de caso brasileiro. Este trabalho sublinha a crescente importância dos dados espaciais e o papel estratégico das IDEs na otimização da tomada de decisões. Como forma de enfrentar os desafios técnicos, organizacionais e políticos inerentes à governança dos dados espaciais propomos métricas objetivas para avaliar o desempenho das IDEs, com o objetivo de aprofundar a compreensão de seus impactos e auxiliar na tomada de decisões estratégicas para sua gestão e evolução. A metodologia abrange a análise da literatura existente e a implementação de indicadores de desempenho em diversas áreas-chave, considerando tanto a eficiência quanto a eficácia. O DataGEO, como estudo de caso, proporcionou uma aplicação prática dessas métricas. A análise deste caso específico revelou insights significativos sobre a utilidade prática das métricas, demonstrando sua eficácia na avaliação e melhoria das infraestruturas de dados espaciais. A pesquisa explora a aplicabilidade dessas métricas em outros contextos de IDEs, visando avaliar sua universalidade e adaptabilidade. As conclusões enfatizam a importância das IDEs no atual cenário de gestão de informações geoespaciais e a necessidade de avaliações consistentes para otimizar seu desempenho e impacto social. Este estudo destaca a necessidade de métricas robustas e adaptáveis, que possam orientar melhorias contínuas nas IDEs e fornecer evidências concretas do valor agregado por essas infraestruturas. Espera-se que esta dissertação contribua significativamente para o campo das Infraestruturas de Dados Espaciais, oferecendo ferramentas e conhecimentos que possam ser aplicados para aprimorar e avançar essas infraestruturas essenciais na gestão moderna de dados espaciais. A análise detalhada do DataGEO como estudo de caso demonstra a eficácia das métricas propostas e abre caminho para futuras aplicações e pesquisas no campo das IDEs.

Palavras-chave: infraestrutura de dados espaciais; avaliação de desempenho; governança de dados; métricas de eficiência e eficácia; DataGEO.

ABSTRACT

In this dissertation, titled 'Proposal for Metrics for Performance Evaluation of Spatial Data Infrastructures (SDIs),' we developed innovative metrics to measure the effectiveness of SDIs, with a detailed focus on DataGEO, a significant Brazilian case study. This work underscores the growing importance of spatial data and the strategic role of SDIs in optimizing decision-making. To address the technical, organizational, and political challenges inherent in the governance of spatial data, we propose objective metrics to evaluate the performance of SDIs, aiming to deepen the understanding of their impacts and assist in strategic decision-making for their management and evolution. The methodology encompasses the analysis of existing literature and the implementation of performance indicators in various key areas, considering both efficiency and effectiveness. DataGEO, as a case study, provided a practical application of these metrics. The analysis of this specific case revealed significant insights about the practical utility of the metrics, demonstrating their effectiveness in evaluating and improving spatial data infrastructures. The research explores the applicability of these metrics in other SDI contexts, aiming to assess their universality and adaptability. The conclusions emphasize the importance of SDIs in the current scenario of geospatial information management and the need for consistent evaluations to optimize their performance and social impact. This study highlights the need for robust and adaptable metrics that can guide continuous improvements in SDIs and provide concrete evidence of the added value of these infrastructures. This dissertation is expected to significantly contribute to the field of Spatial Data Infrastructures, offering tools and knowledge that can be applied to enhance and advance these essential infrastructures in modern spatial data management. The detailed analysis of DataGEO as a case study demonstrates the effectiveness of the proposed metrics and paves the way for future applications and research in the field of SDIs.

Keywords: spatial data infrastructure; performance evaluation; data governance; efficiency and efficacy metrics; DataGEO.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Componentes de uma IDE	18
Figura 2 - Níveis hierárquicos das IDEs segundo sua jurisdição.....	21
Figura 3 - Evolução geracional das IDEs	24
Figura 4 - Arquitetura tecnológica típica de uma IDE	30
Figura 5 - Síntese temporal das experiências de IDE	35
Figura 6 - Proposta de indicadores potenciais para avaliar uma IDE	36
Figura 7 – Modelo de fluxo para definição de indicadores de desempenho para IDEs	37
Figura 8 - Síntese da estrutura de análise de impacto do projeto	43
Figura 9 – Estatística de acessos à INDE entre 2013 e 2023	51
Figura 10 - Média mensal de acessos entre 2014 e 2023	51
Figura 11 - Relação entre usuários internos e externos do DataGEO	52
Figura 12 - Relação dos acessos internos por origem	53
Figura 13 - Principais sistemas internos apoiados no DataGEO, por requisições	53
Figura 14 - Principais ferramentas externas apoiadas no DataGEO por requisições	54
Figura 15 - Percentual de citações ao DataGEO no diário oficial por esfera de poder	55
Figura 16 – Distribuição das citações ao DataGEO no diário oficial por tema	56
Figura 17 - Número de citações ao DataGEO por temática de publicação	57
Figura 18 - Tipo de publicações que citam o DataGEO.....	58
Figura 19 – Perfil de gastos realizado por tipo de investimento	59
Figura 20 - Perfil estimados de gastos considerando tecnologia proprietária	60
Figura 21 - Camadas mais acessadas do DataGEO nos últimos 12 meses	61
Figura 22 - Categorias de camadas mais acessadas	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Proposta de indicadores de desempenho para avaliação de uma IDE.....	38
Tabela 2 - Metas e indicadores para a serem aplicados no estudo de caso.....	44
Tabela 3 - Número de usuários do DataGEO entre 2014-2023	50
Tabela 4 - Número de citações ao DataGEO no diário oficial do estado entre 2014 e 2022	55
Tabela 5 - Número de publicações científicas por instituição por ano.....	57
Tabela 6 - Recursos investidos no DataGEO entre 2013 e 2023.....	59
Tabela 7 - Resumo do resultado dos indicadores aplicados ao DataGEO	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IG	Informação Geográfica
IDE	Infraestrutura de Dados Espaciais
TIC	Tecnologia de Informação e Comunicação
ISO	International Organization for Standardization
OGC	<i>Open Geospatial Consortium</i>
OWS	<i>OGC Web Services</i>
WMS	<i>Web Map Service</i>
WFS	<i>Web Feature Service</i>
WPS	<i>Web Processing Service</i>
CSW	<i>Catalog Service for the Web</i>
INDE	Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais
VGI	<i>Volunteered Geographic Information</i>
SMA-SP	Secretaria Estadual de Meio Ambiente
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INSPIRE	Infrastructure for Spatial Information in the European Community
ET-EDGV	Especificação Técnica para elaboração de dados geográficos vetoriais
MGB	Metadados Geoespaciais do Brasil
e-PING	Padrões de Interoperabilidade de Governo Eletrônico
GKI	<i>Geospatial Knowledge Infrastructure</i>
IDEA/SP	Infraestrutura de dados espaciais ambientais do estado de SP
IDESP	Infraestrutura de dados espaciais do Estado de São Paulo
PBM	<i>Performance Based Management</i>
PI	<i>Performance Indicator</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1	Motivações para criação das IDEs	16
2.2	Componentes de uma IDE clássica.....	18
2.3	Classificação das IDEs	20
2.3.1	Classificação hierárquica.....	20
2.3.1.1	Organização em rede	22
2.3.2	Classificação geracional.....	23
2.3.3	Classificação quanto a finalidade.....	26
2.4	Implementação de uma IDE clássica.....	27
2.5	Contexto brasileiro.....	31
2.6	Contexto temporal.....	33
3	METODOLOGIA.....	36
3.1	Métricas para avaliação de desempenho de uma IDE.....	36
3.2	Avaliação do Impacto do DataGEO	40
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	45
4.1	Escolhas metodológicas do DataGEO	45
4.1.1	Estratégia e escolhas de implementação do DataGEO	45
4.2	Dimensão social	50
4.3	Dimensão institucional	54
4.4	Dimensão científica.....	56
4.5	Dimensão econômica	58
4.6	Dimensão temática/finalidade.....	61
4.7	Resumo da análise de desempenho	62
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
	REFERÊNCIAS.....	67
	APÊNDICE A	73

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a revolução tecnológica proporcionou uma expansão sem precedentes na geração e utilização de dados espaciais. Esses dados, caracterizados por especificidades como altos custos de aquisição, volume substancial de arquivos e demandas particulares em termos de precisão, escala e temporalidade, têm potencial significativo na otimização da tomada de decisões em diversos domínios.

Todavia, a governança desses dados apresenta complexidades inerentes, notadamente devido aos elevados investimentos financeiros necessários para sua produção e manutenção, o que historicamente tem limitado sua propriedade e geração a entidades governamentais e grandes organizações.

Dentro deste cenário, as Infraestruturas de Dados Espaciais (IDEs) emergiram como um paradigma revolucionário. As IDEs, que começaram a se formar globalmente no início dos anos 2000, representam um marco no gerenciamento de dados geoespaciais, oferecendo organização, compartilhamento e acesso mais eficiente a essas informações.

No Brasil, o crescimento das IDEs tem sido notável, refletindo-se na ampliação dessas infraestruturas em esferas estaduais e municipais, com uma atenção especial ao meio ambiente. Esta evolução ressalta não apenas a adoção de novas tecnologias, mas também uma mudança na percepção do valor e na governança dos dados espaciais.

Um marco significativo na evolução global das IDEs foi a implementação da INSPIRE¹ na Europa, que trouxe avanços significativos em comparação com as primeiras iniciativas nos EUA², Canadá³ e Austrália⁴. No Brasil, diversas iniciativas de implantação de IDE surgiram após a criação da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE⁵) em 2008, demonstrando um crescente reconhecimento da importância dessas estruturas no gerenciamento de informações geoespaciais.

As IDEs desempenham um papel crucial no cumprimento das Metas de Desenvolvimento Sustentável (ODS), particularmente nos objetivos 8, 16 e 17, que enfatizam o crescimento econômico sustentável, a promoção de sociedades pacíficas

¹ Link: <https://inspire-geoportal.ec.europa.eu/>

² Link: <https://www.geoplatform.gov/>

³ Link: <https://natural-resources.canada.ca/>

⁴ Link: <https://www.icsm.gov.au/australian-spatial-data-infrastructure-asdi>

⁵ Link: <https://inde.gov.br/>

e inclusivas, e a revitalização da parceria global, respectivamente. As IDEs oferecem ferramentas de governança essenciais, permitindo um planejamento mais eficaz e uma tomada de decisão baseada em evidências, que são fundamentais para alcançar esses objetivos. No contexto brasileiro, as IDEs também são instrumentos para o cumprimento da Lei de Acesso à Informação. Elas facilitam a transparência e o acesso público a informações essenciais, promovendo uma governança mais aberta e responsável.

A implementação dessas infraestruturas, no entanto, não está isenta de desafios. Obstáculos técnicos, organizacionais e políticos são intrínsecos ao processo. A integração de dados de fontes e formatos diversos, a estipulação de padrões de interoperabilidade, a garantia da qualidade dos dados e a salvaguarda da privacidade representam alguns dos desafios técnicos. Paralelamente, a necessidade de estabelecer acordos institucionais e a aderência a padrões uniformizados em diferentes níveis governamentais refletem as complexidades organizacionais e políticas.

Um exemplo desses desafios pode ser observado no atraso ou dificuldade em atingir as metas estabelecidas no Plano de Ações para a Implantação da INDE no Brasil e na INSPIRE na Europa. Esses atrasos ilustram a complexidade e a necessidade de uma gestão eficaz e baseada em evidências das IDEs.

As questões que envolvem as IDEs são multifacetadas, envolvendo desde custos de construção e manutenção até debates sobre seu potencial evolutivo e retorno social. Esses desafios não somente são relevantes, como também demandam uma análise aprofundada para o aprimoramento das implantações das IDEs.

Surge, assim, a necessidade imperativa de buscar soluções que permitam superar os obstáculos enfrentados, catalisando o avanço dessas infraestruturas e maximizando os benefícios para a sociedade. A comunidade reconhecendo os benefícios substanciais de tais infraestruturas, ainda busca por metodologias estruturadas capazes de justificar os recursos investidos e avaliar de forma efetiva os benefícios proporcionados por elas.

É notável a ausência de metas e indicadores de desempenho nos "Planos de Ação" que geralmente são elaborados na implantação das principais IDEs. Além disso, são raros os trabalhos científicos que propõem o uso de métricas de desempenho para a gestão desses aparatos. Esta lacuna na literatura reforça a

importância da presente pesquisa, que busca desenvolver métricas para avaliar o desempenho das IDEs de forma objetiva e prática. O desenvolvimento dessas métricas não apenas contribuirá para uma gestão mais eficiente, mas também para a justificção do uso de recursos públicos, garantindo que esses investimentos gerem benefícios tangíveis para a sociedade.

Dentro deste panorama, o objetivo central desta dissertação é desenvolver métricas para a avaliação do desempenho das IDEs. Estas métricas visam oferecer ferramentas objetivas e aplicáveis para mensurar a eficácia das IDEs, contribuindo para uma compreensão abrangente de seus impactos e para a tomada de decisões estratégicas relacionadas à sua gestão e evolução.

Os objetivos específicos que norteiam esta pesquisa são:

- Aplicação em um Estudo de Caso: Aplicar as métricas desenvolvidas em um estudo de caso específico para avaliar sua eficácia e aplicabilidade prática.
- Avaliação das Métricas e Estratégias: Validar se as métricas propostas no estudo de caso foram capazes de descrever e caracterizar a IDE avaliada.
- Generalização das Métricas para Diversos Contextos de IDEs: Analisar como as métricas propostas podem ser adaptadas ou aplicadas em diferentes contextos de IDEs, além do estudo de caso, para avaliar a sua universalidade e adaptabilidade.

Este trabalho almeja contribuir significativamente para o campo das Infraestruturas de Dados Espaciais, fornecendo ferramentas e conhecimentos que possam ser aplicados para otimizar e avançar essas infraestruturas vitais na gestão contemporânea de informações geoespaciais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Motivações para criação das IDEs

Os principais problemas e oportunidades que levaram à criação das IDEs são muito semelhantes entre pesquisas e publicações analisadas. Concentrando-se nas publicações do final da década de 90 e início dos anos 2000, quando as primeiras formulações e reflexões surgiram, como em BISHOP *et al.*, 2000a; COLEMAN, 1998a; COLEMAN; MCLAUGHLIN; NICHOLS, 1997a; DAVIS JR; ALVES, 2006a; HARVEY; TULLOCH, 2006a; MCLAUGHLIN; NICHOLS, 1994a; MEIJERE, 2006a; PAIXÃO; NICHOLS; COLEMAN, 2008; RAJABIFARD; FEENEY; WILLIAMSON, 2002a; RAJABIFARD; WILLIAMSON, 2001a; TUCHYNA, 2006, ficam evidentes avaliações de custo e o impacto da internet na troca de informações.

Estas pesquisas destacam fatos e iniciativas relevantes que remontam desde a década de 70 até os anos 2000, os quais levaram à criação das infraestruturas de dados espaciais. As principais motivações apresentadas para criação das IDEs foram:

- O surgimento de mecanismos multilaterais para tratar de temas específicos como fome, uso da água e ocupação de territórios em nível local, regional e global, promovendo a troca de informações;
- A tendência de descentralização na produção de dados geográficos, inclusive com maior participação dos cidadãos;
- Os custos em duplicidade para aquisição de dados em redundância por diferentes organizações e instâncias, com a promoção da descentralização;
- Aumento dos custos com infraestrutura computacional para armazenamento dos dados em volumes crescentes;
- A discussão sobre a pertinência do repasse dos custos de aquisição de dados para a sociedade, mesmo sendo pagos com verbas públicas;
- O aproveitamento da internet como principal meio de disseminação da informação, considerando seu alcance;
- A evolução das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) oferecendo novos e mais efetivos mecanismos de produção, armazenamento e troca de informação;

- A tendência de aumento na transparência e no acesso a dados governamentais;
- A redução nos custos de aquisição e a popularização dos sistemas de informação geográficos e outras ferramentas proprietárias;
- Aumento da mão-de-obra especializada para lidar com a informação espacial em diversos temas e especificidades;
- O aumento na produção de dados georreferenciados com a popularização dos equipamentos GPS e das plataformas orbitais;

Sem aprofundar em cada aspecto levantado pelos autores, fica evidente que o progresso tecnológico, a reavaliação dos custos e benefícios, juntamente com as tendências de descentralização e compartilhamento de dados, desempenharam um papel crucial como motivação e justificativa para o estabelecimento dessas infraestruturas de dados espaciais.

É importante ressaltar que alguns elementos-chave para uma IDE tais como o uso de metadados⁶, o desenvolvimento de padrões de dados intercambiáveis e a criação de geoportais de internet para compartilhamento de dados já eram uma realidade.

A proposta das IDEs deve ser compreendida muito além das tecnologias em si. Elas constituem verdadeiros *frameworks* de governança da Informação Geográfica, envolvendo questões de custo, modelos de financiamento e gestão descentralizada, além de promover a universalização do acesso e a padronização técnica dos dados.

Os autores citados percebem as IDEs como uma evolução natural dos mecanismos existentes, em vez de algo disruptivo que rompe com a lógica e a prática da gestão da geoinformação nas diversas organizações.

O grande propósito de uma IDE é a disseminação de geoinformação por meio de um acesso facilitado. A estruturação proposta pelos primeiros pensadores se articulava em torno de componentes sob os quais a IDE se desenvolve e também direciona as ações e abordagens para sua implementação.

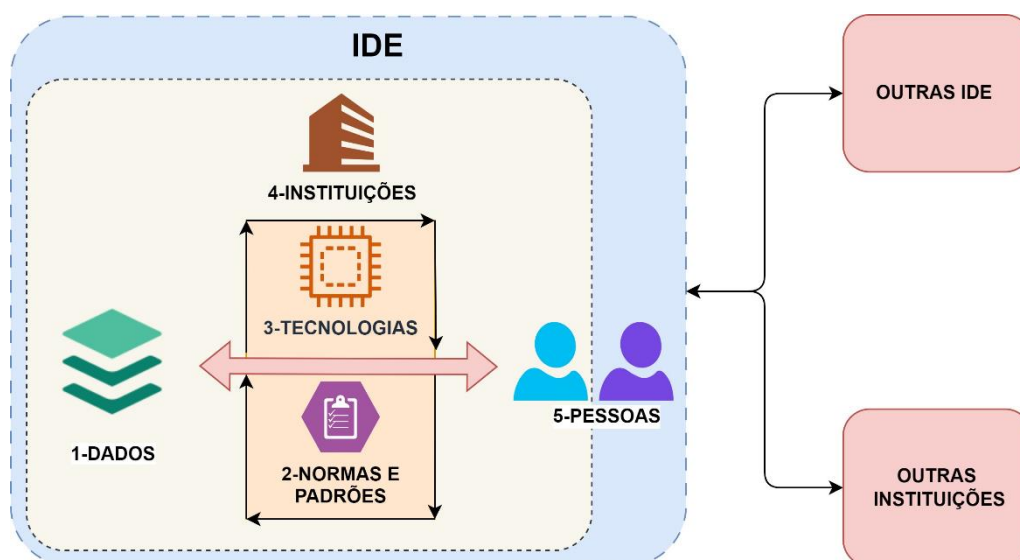
⁶ Metadado geográfico refere-se a um conjunto de informações que descrevem os atributos, a origem, a qualidade, a condição e outras características essenciais de dados geoespaciais ou mapas.

2.2 Componentes de uma IDE clássica

Os componentes fundamentais de uma IDE são amplamente reconhecidos e têm sido adotados por diversos autores. Esses componentes fornecem as bases essenciais para seu funcionamento. Os cinco componentes principais são: 1) Dados geoespaciais, 2) Normas e padrões, 3) Tecnologias, 4) Instituições, 5) Pessoas. (Figura 1). O produto da articulação destes componentes é o dado interoperável e qualificado disponível de maneira facilitada para os usuários.

Considerando que o objetivo principal de uma IDE é o de fazer os dados das instituições chegarem até as pessoas de forma facilitada, os padrões e as tecnologia tem a função de estabelecerem este fluxo de forma dinâmica e contínua, apoiado em acordos institucionais.

Figura 1 - Componentes de uma IDE



Fonte: adaptado de (RAJABIFARD; WILLIAMSON, 2001b)

A estruturação, o papel e a interconexão dos componentes, assim como a progressão até a consolidação, têm sido apresentados e discutidos em autores como (COLEMAN, 1998b; COLEMAN; MCLAUGHLIN; NICHOLS, 1997b; MCLAUGHLIN; NICHOLS, 1994b; RAJABIFARD; WILLIAMSON, 2001b). Segundo estes autores:

(1-Dados) Os dados geoespaciais são a base fundamental de uma IDE. Eles são coletados, armazenados, atualizados e disponibilizados para uso pelos usuários

da IDE. Sendo o insumo que possibilita a análise, a visualização e a tomada de decisões baseadas em informações geográficas.

(2-Normas e Padrões) Os padrões desempenham um papel fundamental na interoperabilidade e na integração dos componentes de uma IDE. Eles estabelecem diretrizes técnicas e semânticas para o intercâmbio de informações geoespaciais entre diferentes sistemas e organizações. Os padrões definem formatos de dados, protocolos de comunicação e práticas recomendadas que garantam a compatibilidade e a harmonização⁷ das informações geoespaciais. A adoção de padrões facilita a troca de dados entre diferentes IDE e promove a colaboração efetiva entre os usuários. Destaque para os padrões da *International Standard Organization (ISO)* e da *Open Geospatial Consortium (OGC)*.

(3 - Tecnologias) O papel das tecnologias nas IDE é fundamental para viabilizar o armazenamento, o processamento, a análise e o compartilhamento eficiente das informações geoespaciais. As tecnologias desempenham um papel central na implementação dos componentes da IDE fornecendo as ferramentas e os recursos necessários para o funcionamento do sistema, funcionando como um elo entre os componentes. Destaque para as ferramentas que utilizam o *OGC Web Services (OWS)* como *Web Feature Service (WFS)*, *Web Map Service (WMS)*, *Web Coverage Service (WCS)*, *Web Processing Service (WPS)*, *Catalogue Service for the Web (CSW)* e outros protocolos de interoperabilidade.

(4 – Instituições) As instituições são responsáveis por estabelecer as bases institucionais, regulatórias e financeiras para a estruturação e o funcionamento da sua IDE. Elas estabelecem acordos de compartilhamento de dados entre as organizações participantes. Oferecem suporte técnico e capacitação, e facilitam o diálogo entre os usuários. Elas desempenham um papel crucial na governança, na coordenação, na regulamentação e no engajamento dos diversos atores envolvidos, contribuindo para o sucesso e a sustentabilidade dessas infraestruturas de dados geoespaciais.

(5- Pessoas) As pessoas desempenham diferentes papéis e contribuem de diversas maneiras para o desenvolvimento e sustentabilidade da IDE. Os papéis mais evidentes são os de produtores e consumidores de dados. No entanto, também são as pessoas que coordenam e desenvolvem aplicações. Elas contribuem com

⁷ Harmonização é o processo de assegurar que informações de diferentes fontes possam ser integradas de maneira eficiente através da adoção de padrões comuns.

conhecimentos, recursos, dados e *expertise*, promovendo a colaboração e o compartilhamento.

É importante destacar que o metadado não é um componente em si, mas sim um descritor do dado. Em uma IDE eles devem ser registrados segundo o padrão ISO 19115. Por outro lado, ele pode ser considerado o elemento central das infraestruturas de dados espaciais, por é a partir deles que o usuário encontra, qualifica e só depois acessa o dado propriamente dito. Da mesma forma, o visualizador de mapa não é considerado um componente da infraestrutura, mas sim uma tecnologia utilizada dentro do contexto da IDE. A implementação de uma IDE se dá a partir dos componentes principais. Para cada componente uma série de definições e ações são tomadas para sua efetivação.

A visão e a estruturação das IDEs em torno destes componentes clássicos não impedem o desenvolvimento de projetos de infraestrutura com diferentes objetivos, arranjos e abrangência de atuação, apresentando variações nas escolhas metodológicas e tecnológicas para sua implantação. Desta forma é importante compreender que existem diferentes classificações entre as IDEs.

2.3 Classificação das IDEs

2.3.1 Classificação hierárquica

Os primeiros conceitos de IDE surgem na década de 90 e suas principais discussões estão relacionadas a ideias abrangentes de organização e compartilhamento de dados espaciais, sendo concebidas tanto no âmbito nacional quanto global. Enquanto (MCLAUGHLIN; NICHOLS, 1994b) exploram a visão de uma IDE nacional, (COLEMAN, 1998b) explora a visão de uma IDE global, tendo como base a perspectiva de uma sociedade da informação interconectada globalmente por meio das tecnologias de TIC.

Embora o pensamento de estruturação nacional e global estivesse mais em evidência é preciso ressaltar que já se percebia a necessidade de integração de dados de diferentes temas e jurisdições. É notória a preocupação com este aspecto como podemos verificar em (COLEMAN; MCLAUGHLIN; NICHOLS, 1997b):

“...The NSDI will include both the horizontal (combining various themes) and vertical (local to national to eventually global) integration of data.”⁸

Por exemplo, a cidade de Bangkok na Tailândia foi pioneira na iniciativa de IDE para municípios como nos apresenta (BISHOP *et al.*, 2000). A experiência da capital tailandesa levanta questões importantes quanto à integração vertical das IDEs.

De acordo com (RAJABIFARD; WILLIAMSON, 2001b) a integração vertical é baseada em uma relação hierárquica entre as IDE. Os autores apresentam uma segmentação em níveis, formando uma pirâmide. Na base estariam infraestruturas corporativas e locais, que deveriam se integrar às infraestruturas estaduais, no centro da pirâmide. Estas por sua vez se ligavam às de nível nacional e regional, localizadas mais acima na pirâmide. No topo desta organização hierárquica estariam as IDE globais, que integrariam as instâncias nacionais e regionais. A Figura 2 ilustra o modelo hierárquico de integração vertical.

Figura 2 - Níveis hierárquicos das IDEs segundo sua jurisdição.



Fonte: Adaptado de (RAJABIFARD; WILLIAMSON, 2001)

⁸ A IDE Nacional incluirá tanto a integração horizontal (combinando vários temas) quanto a vertical (do local ao nacional e eventualmente ao global) dos dados (tradução livre).

A organização em níveis hierárquicos é uma forma de governança. Padrões especificados nos níveis superiores seriam seguidos pelos níveis inferiores. Da mesma forma, padrões requeridos pelos níveis inferiores se propagariam para os níveis superiores, garantindo o fluxo da informação.

Os benefícios esperados são, principalmente, a redução de esforços e custos duplicados da geração à distribuição dos dados, como salientam (DELAVAR; RAJABIFARD; REZAYAN, 2003). Os mesmos autores destacam ainda os benefícios para as comunidades e interessados nos dados, que poderão acessá-los de forma integrada em qualquer um dos níveis.

A implementação dos níveis hierárquicos permite duas abordagens: de cima para baixo, considerando que os níveis superiores atuando de forma mais estratégica e de baixo para cima, com os níveis inferiores atuando de maneira mais operacional. Esta metodologia de governança, *top-down e botton-up*, é citada por diversos autores como (BUDHATHOKI; NEDOVIC-BUDIC, 2006; DELAVAR; RAJABIFARD; REZAYAN, 2003; MASSER, 2006; MEIJERE, 2006b; RAJABIFARD; FEENEY; WILLIAMSON, 2002a; RAJABIFARD; WILLIAMSON, 2001a; YAWSON; ARMAH; PAPPOE, 2009).

A implementação de uma governança hierárquica das IDEs, no entanto, enfrenta diversas dificuldades como a responsabilidade e autoridade de cada nó, a coordenação de ações entre diferentes níveis de governo, limites de governança, dentre outros. A criação de um modelo de dados único para diferentes dados temáticos em diferentes níveis de governo é um exemplo deste desafio, como citam autores como (BUDHATHOKI; NEDOVIC-BUDIC, 2006). Para (MASSER, 2006) problemas de jurisdição podem dificultar a articulação em níveis de hierarquia. Como destacam (YAWSON; ARMAH; PAPPOE, 2009), os problemas de governança descentralizada podem se acentuar em países em desenvolvimento, onde instituições podem enfrentar dificuldades de articulação nas diferentes esferas e mesmo entre elas.

2.3.1.1 Organização em rede

Como possíveis arranjos de integração entre IDEs (SJOUKEMA *et al.*, 2021) avaliam cenários onde a integração poderia ser, além do hierárquico, organizadas em rede, onde não existe hierarquia. Os mesmos autores avaliam a possibilidade de

modelos que eles chamam de “deixe fazer”, onde as iniciativas estariam livres e independentes de organizações jurisdicionais e hierárquicas.

Este parece ser um problema ainda não resolvido. Ao analisarmos a infraestrutura nacional, a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais – (INDE), lançada em 2008, verificamos que ela enfrenta dificuldades mesmo nos dias de hoje para integrar entes federais. Iniciativas de outras esferas passaram a fazer parte do catálogo da estrutura nacional recentemente, após um relaxamento das questões de padronização de modelagem de dados e de metadados.

Ainda na atualidade esta parece ser uma questão das mais relevantes. Não faltam autores da atualidade voltando ao tema como percebemos em (AMORIM; PELEGRINA; JULIÃO, 2018; CÉSAR; CASAES; CAETANO BASTOS, 2018a; DRUCKER *et al.*, 2015a; JAAP-WILLEM SJOUKEMA *et al.*, 2021; JABBOUR *et al.*, 2019a; MAPHALE; SMIT, 2020a; MORENO-NAVARRO; LÓPEZ-MAGÁN; AUZ-ARAMILLO, 2021a; SAMPAIO; CARVALHO JÚNIOR, 2021; SJOUKEMA *et al.*, 2021; YAMASHKIN; FEDOSIN, 2019a).

Observa-se que as IDEs tem surgido de forma independente, em sua maioria, e somente após sua operação a articulação com outras infraestruturas são estabelecidas. Podendo inclusive variar ao longo do seu ciclo de vida, mudando entre arranjos hierárquicos ou em rede.

Para além da classificação hierárquica, a evolução temporal também leva à mudanças tecnológicas e funcionais, criando uma segmentação geracional das IDEs.

2.3.2 Classificação geracional

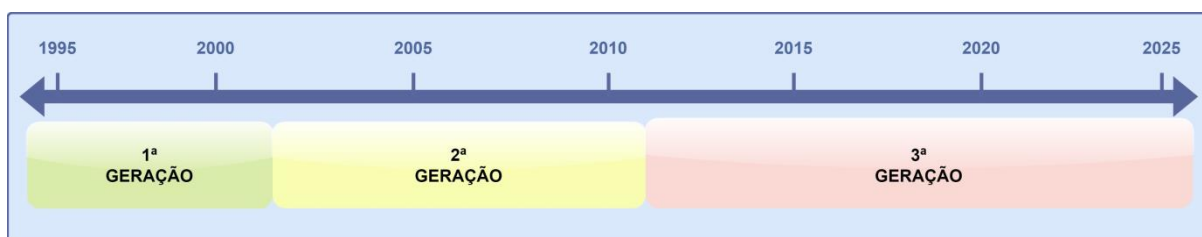
A classificação geracional das IDEs é proposta por autores como (RAJABIFARD; FEENEY; WILLIAMSON, 2002b; RAJABIFARD; WILLIAMSON, 2001b), que identificam três gerações distintas.

A primeira geração das IDEs, conhecida como "IDE 1.0", refere-se às iniciativas iniciais de compartilhamento de dados geoespaciais, muitas vezes baseadas em formatos e protocolos proprietários.

A segunda geração, "IDE 2.0", está associada à adoção de padrões de interoperabilidade e serviços de dados espaciais baseados na web.

A terceira geração, "IDE 3.0", representa uma abordagem mais avançada, integrando dados geoespaciais em tempo real, tecnologias móveis e avanços em análise espacial.

Figura 3 - Evolução geracional das IDEs



Fonte: o autor

No estudo realizado por (BORBA *et al.*, 2015a) são ressaltadas as IDE de 3ª geração, que buscam desenvolver novas aplicações aproveitando o avanço tecnológico e a participação mais abrangente da sociedade, indo além do papel de meros consumidores de dados.

No mesmo trabalho, (BORBA *et al.*, 2015a) ressalta que a visão de diversificar as aplicações nas IDE de terceira geração não é unânime. Essa ideia gera discussões relevantes, como o desvio de função das infraestruturas, levando alguns a argumentar que estas deveriam se concentrar na disseminação de dados. Além disso, questões importantes surgem em relação ao papel do setor privado, que pode se beneficiar dos aplicativos desenvolvidos nas IDE de terceira geração.

Autores mais conservadores como Rajabifard e Williamson enfatizam a importância de considerar tanto a classificação hierárquica quanto a abordagem geracional na construção de uma IDE. Ambos os aspectos são vistos como definições relevantes e complementares para o desenvolvimento adequado dessas infraestruturas.

É fato que as IDE de terceira geração estão ganhando força à medida que as IDE subnacionais, instituições e organizações locais se desenvolvem. Essas iniciativas amplificam e testam o *framework* de implantação das IDEs levando a casos reais de implementação em larga escala. Esse movimento traz à tona os desafios práticos envolvidos na construção das IDEs.

À medida que as IDE são aplicadas em contextos mais específicos e descentralizados, surgem questões relacionadas à interoperabilidade, integração de

dados de diferentes fontes e temas, gestão de infraestruturas locais, engajamento da comunidade e adaptação às necessidades e realidades locais. Esses desafios práticos são cruciais para o avanço das IDEs e exigem soluções inovadoras e adaptáveis para garantir o sucesso e a eficácia dessas iniciativas.

Ao analisar as principais pesquisas que abordam as questões geracionais como em (BORBA *et al.*, 2015b; FREITAS *et al.*, 2019a; KOTSEV *et al.*, 2020; MAPHALE; SMIT, 2020b; MAURICE *et al.*, 2014; REZAEI; MALEK, 2015) ficam claras as propostas de mudança nas aplicações e ampliação das funções de uma IDE. Chama a atenção o trabalho de (MASÓ; PONS; ZABALA, 2012) que analisa diversos casos reais de implementação e propõe os ajustes da segunda para a terceira geração.

A partir da terceira geração, por volta dos anos 2006, como vemos em (DAVIS JR; ALVES, 2006b; HARVEY; TULLOCH, 2006b; MEIJERE, 2006c), surgem diversas propostas de aplicação. Os casos reais e as dificuldades levam às experimentações.

Muitas propostas e iniciativas apresentam projetos de *Volunteered Geographic Information* (VGI), no caminho de construir bases de dados a partir do engajamento voluntário da sociedade. É o que observamos nos trabalhos de (BRAVO; SLUTER, 2015; GOODCHILD, 2007; HACHMANN; JOKAR ARSANJANI; VAZ, 2018; PINHEIRO; DAVIS, 2018). Propostas de uso acadêmico das IDEs são apresentadas e implementadas como podemos ver em (DAVIS JR; FONSECA; CÂMARA, 2009). Algumas propostas caminham no sentido do movimento de dados abertos – *Open Data* – como verificamos em (CÉSAR; CASAES; CAETANO BASTOS, 2018b; IZDEBSKI; ZWIROWICZ-RUTKOWSKA; NOWAK DA COSTA, 2021).

Conforme as IDE evoluem e se expandem, surgem preocupações em relação aos custos e à sustentabilidade dessas infraestruturas. Nesse contexto, surgem propostas que exploram a possibilidade de pagamento pelo uso das IDEs pelo setor privado, como mencionado por (JABBOUR *et al.*, 2019b).

Diversos autores resumem as novas tendências de desenvolvimento em dois grandes grupos: aquelas centradas nos usuários ou aquelas orientadas aos processos das instituições a que estão ligadas. A preocupação com os usuários fica clara em (MAURICE *et al.*, 2014; REZAEI; MALEK, 2015). Já em (BÉJAR *et al.*, 2012; MORENO-NAVARRO; LÓPEZ-MAGÁN; AUZ-ARAMILLO, 2021b), a orientação ao processo da instituição é mais notada.

2.3.3 Classificação quanto a finalidade

À medida que essas classificações e evoluções amadureciam, as IDE nacionais surgiram como as implementações pioneiras. Junto com elas desenvolveu-se um amplo arcabouço de categorias de informações. Eram infraestruturas com finalidade orientada ao compartilhamento de dados multitemáticos (DELAVAR; RAJABIFARD; REZAYAN, 2003).

A ampliação das IDEs, especialmente aquelas voltadas para uso local ou corporativo levaram ao surgimento das chamadas IDEs temáticas. Essas IDE de finalidade temática são projetadas para atender necessidades específicas de determinados setores, disciplinas ou aplicações, agregando recursos e funcionalidades especializados. Elas se concentram em um domínio específico de conhecimento ou em uma área temática particular.

Ao contrário das IDEs abrangentes ou multitemáticas, que visam fornecer uma ampla gama de informações geoespaciais, as IDE temáticas são mais focadas e direcionadas a um campo específico, como meio ambiente, agricultura, transporte, saúde, energia, turismo, entre outros. Elas são desenvolvidas para atender às necessidades de usuários e profissionais que trabalham em um determinado setor e que requerem informações espaciais especializadas (RAUTENBACH; COETZEE; IWANIYAK, 2013). Outros, inclusive, pensam as IDE em granularidade de projetos específicos (YAMASHKIN; FEDOSIN, 2019b). Desta forma a finalidade desta IDE se destinava ao compartilhamento do conhecimento produzido em um projeto, similar à proposta das IDEs acadêmicas.

A informação geográfica exerce papel de extrema relevância em diversas disciplinas e ramos da atividade humana. Notadamente para a gestão territorial urbana (DALLABRIDA, 2016; MOURA, 2014) e para o meio ambiente (SANTOS, 2004; TORRE *et al.*, 2019). A estreita relação entre o meio ambiente e o território impulsionou várias iniciativas de construção de IDE com temática ambiental. Essas iniciativas podem ser encontradas em diferentes partes do mundo. A comunidade europeia já discutia estruturas paralelas à IDE regional (INSPIRE) para facilitar acesso aos dados (GIULIANI; RAY; LEHMANN, 2011).

No Brasil hoje existem diversas experiências. Destaque para os estados do sul e sudeste, que possuem IDE consolidadas com esta temática como o IDEA-SP⁹ e a IDE Sisema-MG¹⁰. Na esfera federal o IBAMA¹¹ também possui projetos de IDE temática ambiental.

Como destacam (GIULIANI; RAY; LEHMANN, 2011) infraestruturas de finalidade temática não diferem das multitemáticas em sua estrutura. Para estes autores os desafios e oportunidades são tecnicamente as mesmas das IDEs mais abrangentes. Todavia, a concentração em um tema específico pode levantar questões particulares como falta de padrões para dados temáticos, particularidade dos processos de negócio que exigem informações específicas, como citam (DRUCKER *et al.*, 2015b). Notadamente os padrões a serem adotados podem demandar adaptações como explicitado por (FREITAS *et al.*, 2019b).

Da mesma forma como as classificações de uma IDE apresentam referências clássicas e variações a partir delas, o processo de construção e tecnologias também se dá a partir de uma referência dita clássica, que também será questionada a partir de novos estudos.

2.4 Implementação de uma IDE clássica

A implementação de uma IDE clássica segue um *framework* composto pelos principais componentes apresentados na seção 2.2. Durante esse processo, são realizadas escolhas e ações articuladas em torno desses componentes, contribuindo para a estruturação da IDE.

Uma etapa inicial importante na construção de uma IDE clássica é a busca pela colaboração das instituições que atuarão como produtores de informações na IDE. Acordos institucionais devem ser estabelecidos para definir as políticas e instrumentos que nortearão a troca de informações e demais aspectos formais como o financiamento da implantação e da operação da infraestrutura.

No contexto brasileiro, considerando a legislação e a prática legal vigentes, é geralmente adotada a criação e publicação oficial de um decreto para conferir legalidade junto aos gestores da IDE em suas atuações específicas.

⁹ Link: <https://datageo.ambiente.sp.gov.br/>

¹⁰ Link: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>

¹¹ Link: <https://pamgia.ibama.gov.br>

A IDE pode adotar uma estrutura centralizada, com um único nó central, ou uma arquitetura distribuída, com um nó central e nós satélites. A escolha entre esses modelos depende do grau de maturidade de cada núcleo e direciona a estratégia para o modelo centralizado ou descentralizado. Núcleos maduros com capacidade de gerenciar seus próprios dados e aparato tecnológico podem ser criados como um nó satélite e conectados ao nó central.

Um aspecto fundamental na construção de uma IDE clássica é a existência prévia de um modelo de dados. A definição da modelagem dos dados, incluindo seus atributos e formas de representação, é uma consideração essencial nesse processo. Questões como a temporalidade e a frequência de atualização dos dados devem ser cuidadosamente avaliadas.

A adoção de normas e padrões é um elemento crucial em uma IDE clássica, sendo a família ISO19100, que trata da qualidade dos dados geográficos, amplamente utilizada. Destacam-se o ISO19115, que define o padrão de metadados geográficos, o ISO19157, que trata da qualidade dos dados geográficos, e o ISO19131, que especifica o controle dos produtos de dados geográficos. Somam-se a este a guarda-chuva os padrões de serviços web da OGC, como Web Map Service (WMS), o *Web Feature Service (WFS)* eo *Catalogue Service for the Web (CSW)*, são fundamentais para garantir a interoperabilidade dos dados. É muito importante posicionar a IDE em relação à sua integração horizontal e vertical. As relações hierárquicas e de colaboração com outras IDE exige a avaliação dos padrões e normas adotadas pelas outras IDE, notadamente aquelas de hierarquia superior.

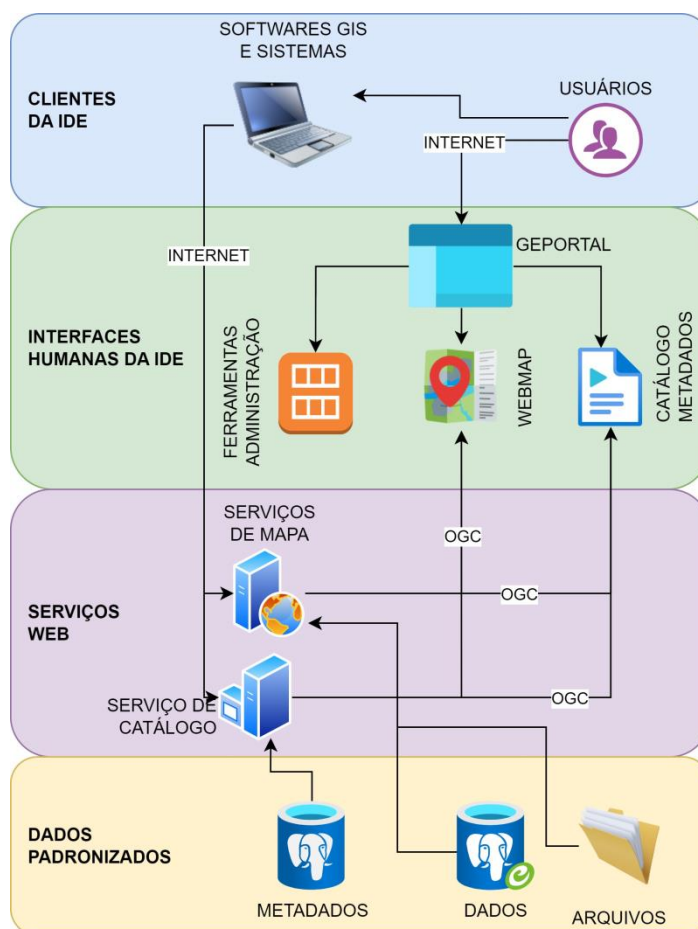
A definição e implementação do arcabouço tecnológico desempenham um papel fundamental no processo de implantação de uma IDE. Essa etapa envolve a seleção adequada de tecnologias que irão fornecer o suporte necessário para o funcionamento eficiente da IDE. Dentre os elementos centrais dessa arquitetura tecnológica, destacam-se:

- Sistema Gerenciador de Banco de Dados Geográficos (SGBDG): É responsável pelo armazenamento e gerenciamento dos dados geoespaciais. Esses bancos de dados são projetados especificamente para lidar com informações espaciais, permitindo consultas e análises geográficas de forma eficiente.

- Servidores de Mapas: São responsáveis por disponibilizar os mapas e camadas de informações geoespaciais para os usuários. Esses servidores possibilitam o acesso aos dados por meio de serviços web, como o *Web Map Service* (WMS) e o *Web Feature Service* (WFS), permitindo a visualização e interação com os mapas.
- Catálogo de Metadados: É um recurso essencial para o registro, busca e descoberta de metadados geoespaciais. O catálogo permite que os usuários encontrem informações sobre os dados disponíveis na IDE, como sua origem, qualidade e outros detalhes relevantes.
- Visualizador Web de Mapas: É uma interface gráfica que permite aos usuários visualizarem os mapas e interagirem com as informações geoespaciais. Esse visualizador pode oferecer recursos como *zoom*, *pan*, seleção de camadas e ferramentas de consulta espacial, proporcionando uma experiência amigável e intuitiva.
- Geoportal: É uma plataforma de acesso centralizado à IDE, onde os usuários podem encontrar e acessar os dados, serviços e aplicativos disponíveis. O geoportal funciona como um ponto de entrada para a IDE facilitando a descoberta e utilização das informações geoespaciais.

Além desses elementos centrais, outras ferramentas complementares podem ser implantadas para auxiliar na administração da IDE, como ferramentas de gerenciamento de usuários, monitoramento de desempenho, geração de relatórios e controle de acesso aos dados como mostra a Figura 4.

Figura 4 - Arquitetura tecnológica típica de uma IDE



Fonte: adaptado de (DAVIS JR; ALVES, 2006c)

Um mapeamento preciso dos atores envolvidos é essencial para identificar os diversos perfis de usuários, suas necessidades e papéis dentro da IDE. Essa etapa tem impacto direto na organização dos dados, nos processos de atualização, na capacitação dos usuários e na segurança da informação, influenciando a gestão da operação de forma significativa.

Para planejar e gerenciar de forma eficaz a implementação e operação da IDE, é comum desenvolver um plano de ação que abrange atividades de curto, médio e longo prazo. Esse plano considera todos os componentes da IDE, bem como os objetivos estabelecidos para cada um deles. Ao adotar uma abordagem estratégica, o plano de ação busca alinhar as atividades de implantação com as metas e diretrizes definidas, garantindo uma implementação bem-sucedida e um funcionamento contínuo da infraestrutura de dados espaciais.

2.5 Contexto brasileiro

No Brasil, o desenvolvimento das Infraestruturas de Dados Espaciais (IDE) ganhou destaque a partir da criação da INDE¹² (Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais) em 2008. A INDE foi estabelecida como uma política governamental, para promover a integração, o acesso e o compartilhamento de informações geoespaciais em todo o país. O IBGE foi escolhido como instituição para administrar a infraestrutura nacional.

A INDE teve como objetivo principal estabelecer diretrizes e padrões para a interoperabilidade entre diferentes instituições e órgãos públicos, além de facilitar o acesso dos usuários aos dados geoespaciais de forma integrada. Essa iniciativa foi fundamental para impulsionar o desenvolvimento das IDEs no Brasil (BRASIL, 2008).

Merecem destaque a Especificação Técnica para elaboração de dados geográficos vetoriais (ET-EDGV), os Metadados Geográfico Brasileiro (MGB) e os Padrões de Interoperabilidade de Governo Eletrônico (e-PING). Hoje a ET-EDGV está em sua terceira versão, enquanto o MGB está em sua segunda versão. Todos os padrões nacionais seguem diretrizes internacionais e são aderentes ao que vem sendo feito globalmente.

A legislação brasileira, notadamente o Estatuto das Cidades (Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001) e suas leis complementares, desempenha um papel crucial na formação e evolução das Infraestruturas de Dados Espaciais (IDEs) no Brasil. Essas leis introduziram paradigmas inovadores no planejamento urbano e gestão de dados geoespaciais, estabelecendo diretrizes para a política urbana com um enfoque significativo no desenvolvimento sustentável, ordenamento territorial e democratização do acesso à informação.

O Estatuto das Cidades requer a adoção de planos diretores que utilizam dados geoespaciais para o planejamento e a gestão urbana eficaz. Esta necessidade impulsiona a criação e aprimoramento de IDEs para gerenciar, compartilhar e divulgar dados espaciais dos municípios de forma eficiente. As leis complementares ao Estatuto, como o Marco Legal da Cidade Sustentável e as normativas relacionadas à gestão de recursos naturais, ampliam ainda mais o escopo e a relevância das IDEs. A necessidade de integração de informações nas decisões de planejamento urbano e

¹² Link: <https://inde.gov.br/>

territorial, solidifica a posição das IDEs como elementos-chave na infraestrutura de dados do país.

Uma das iniciativas pioneiras na implementação das IDEs no Brasil foi o DataGEO, lançado em 2013. O DataGEO¹³ é uma IDE temática que reúne e disponibiliza informações geoespaciais ambientais do estado de São Paulo, permitindo o acesso fácil e integrado a dados como mapas, imagens de satélite e informações geográficas diversas.

Em âmbito estadual, destaca-se a Infraestrutura de Dados Espaciais do Estado de São Paulo (IDESP), criada em 2015. A IDESP¹⁴ tem como objetivo principal promover a integração e o compartilhamento de dados geoespaciais entre os órgãos e entidades do estado de São Paulo, (SÃO PAULO, 2015).

Na mesma época o estado da Bahia criava sua IDE estadual, (BAHIA, 2015). A IDE Bahia¹⁵ fornece uma estrutura de dados e informações integrada em conjunto com os diversos órgãos produtores e consumidores de dados geográficos e espaciais da administração pública daquele estado.

No estado de Minas Gerais, a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) implementou a IDE Sisema¹⁶. Essa iniciativa tem como objetivo integrar os dados geoespaciais relacionados ao meio ambiente e recursos naturais, facilitando a gestão ambiental e a tomada de decisões em Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2022).

No âmbito municipal cabe destacar o BHGeo¹⁷, IDE do município de Belo Horizonte, e o Geosampa¹⁸, IDE do município de São Paulo. A iniciativa da capital mineira data de 2016 e a da capital paulista de 2017.

No contexto acadêmico, destaca-se a iniciativa das IDEs acadêmicas, como a IDE do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o Terrabrasilis¹⁹, e a IDE da Universidade Federal do ABC²⁰ (UFABC), que visam disponibilizar dados e recursos geoespaciais para pesquisas e estudos científicos.

¹³ Link: <https://datageo.ambiente.sp.gov.br/>

¹⁴ Link: <https://www.idesp.sp.gov.br/>

¹⁵ Link: <https://geoportal.ide.ba.gov.br/>

¹⁶ Link: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>

¹⁷ Link: <https://prefeitura.pbh.gov.br/bhgeo>

¹⁸ Link: <https://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/>

¹⁹ Link: <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/>

²⁰ Link: <https://inde.gov.br/CatalogoGeoservicos>

Diversos estados, principalmente no Sul e no Sudeste, desenvolveram ou possuem projetos de criação de suas infraestruturas. Estas iniciativas se concentraram principalmente a partir de 2018 e apenas o estado de Santa Catarina ainda não concluiu sua plataforma. A adesão destas infraestruturas à INDE está em andamento e dez anos depois ainda é um enorme desafio a consolidação da infraestrutura nacional (SILVA; CAMBOIM, 2020). A lista é dinâmica e pode ser consultada por meio do catálogo de geoserviços.

A implementação das IDEs no Brasil é um processo em constante evolução. por intermédio de parcerias entre órgãos governamentais, instituições de pesquisa e setor privado, o país tem buscado aprimorar a disponibilização e o compartilhamento de dados geoespaciais, visando uma gestão mais eficiente do território e o desenvolvimento sustentável.

2.6 Contexto temporal

O desenvolvimento das Infraestruturas de Dados Espaciais (IDE) ao longo do tempo tem sido marcado por avanços significativos e mudanças paradigmáticas. Desde as primeiras iniciativas na década de 1990 até os dias atuais, as IDE evoluíram em termos de abordagem, escopo e tecnologias empregadas.

No final dos anos 90 e início dos anos 2000, surgiram as primeiras infraestruturas, com foco no dado e caracterizadas como IDE de primeira geração. Nesse período, as iniciativas nacionais prevaleceram, buscando estabelecer políticas e estruturas para o compartilhamento de informações geoespaciais dentro dos respectivos países.

A descentralização e a orientação aos processos foram ganhando espaço, impulsionadas pela adoção dos padrões de serviços web do OGC.

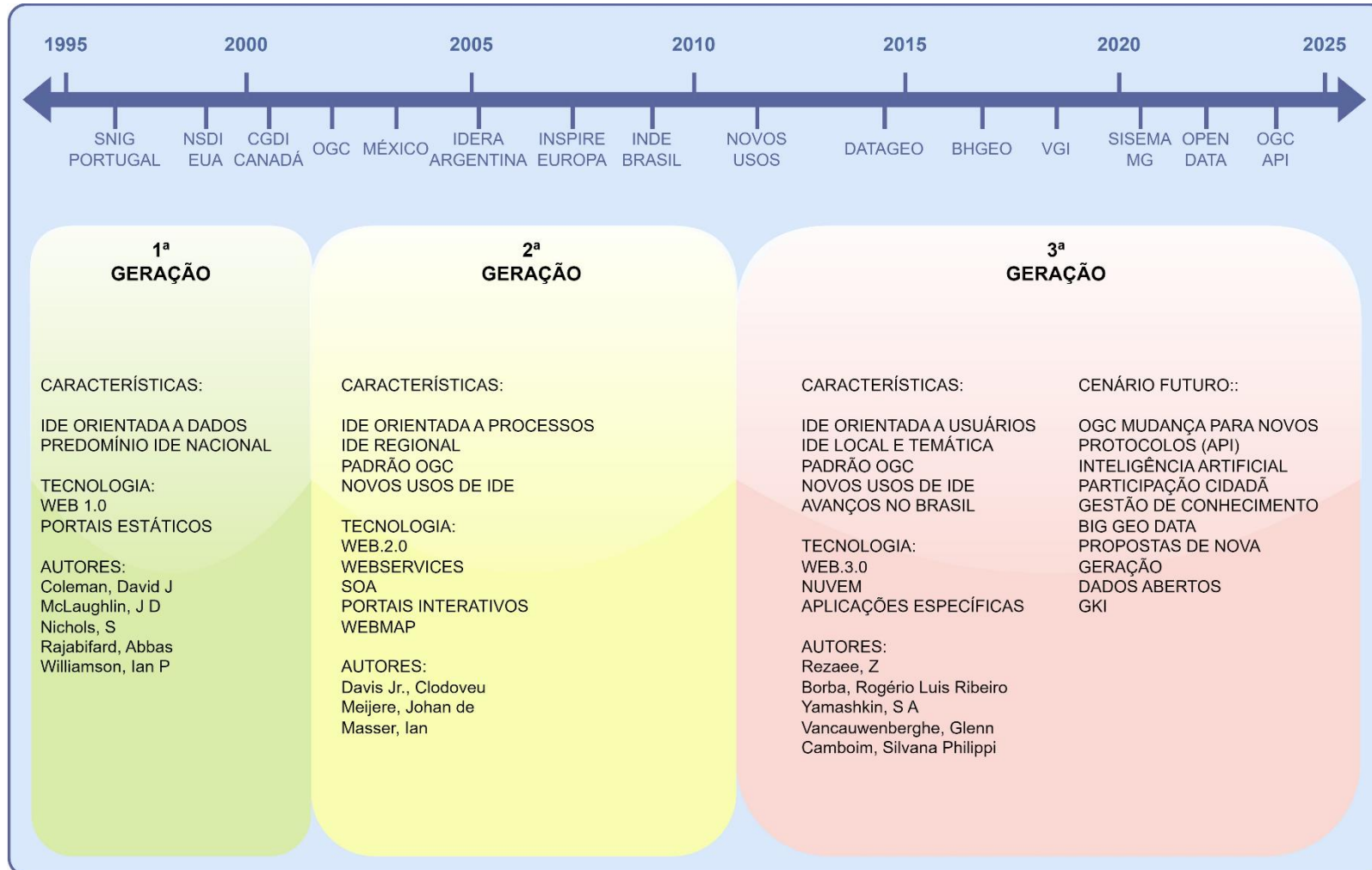
Um marco importante no cenário das IDEs foi a criação da *Infrastructure for Spatial Information in the European Community* (INSPIRE) em 2007. Essa iniciativa da União Europeia teve como objetivo estabelecer um arcabouço legal e técnico para a implementação de uma infraestrutura de dados espaciais em toda a região. A INSPIRE promoveu a interoperabilidade e o acesso aos dados geográficos entre os países membros, tornando-se uma referência para as IDE regionais ao redor do mundo.

Entre 2010 e 2020, presenciamos a expansão das IDEs de terceira geração, voltadas para atender as necessidades dos usuários. Nesse período, as IDE estaduais e locais ganharam destaque no Brasil, com a criação de diversas infraestruturas hierarquicamente abaixo das instâncias nacionais. Essas IDEs estaduais e locais buscaram adaptar as diretrizes e padrões estabelecidos pelas IDEs de nível nacional, incorporando especificidades regionais e promovendo a integração de dados geoespaciais em âmbitos mais próximos dos usuários.

Atualmente, estamos diante de novas mudanças impulsionadas por novos paradigmas e tecnologias emergentes. O movimento Open Data tem proposto novas formas de organização e disponibilização de dados, estimulando a transparência e a participação cidadã. Adicionalmente, ambientes de nuvem, inteligência artificial e outras ferramentas tecnológicas têm exercido influência nas abordagens de implementação das IDEs, viabilizando a criação de aplicações e sistemas mais avançados e eficientes.

A Figura 5 apresenta uma síntese do contexto temporal da implementação das IDEs destacando características e alguns autores consultados.

Figura 5 - Síntese temporal das experiências de IDE



Fonte: o autor

3 METODOLOGIA

3.1 Métricas para avaliação de desempenho de uma IDE

As primeiras propostas de abordagem metodológica para avaliar o desempenho das Infraestruturas de Dados Espaciais (IDEs) surgiram na virada do milênio. Ainda que os benefícios das IDEs sejam amplamente proclamados, a avaliação de seu desempenho tem sido predominantemente um exercício teórico focado em discussões de *frameworks* conceituais. As publicações de (CROMPVOETS *et al.*, 2008) e (GIFF; CROMPVOETS, 2008) exemplificam esta tendência, apresentando discussões teóricas robustas sobre estruturas de avaliação, mas sem mergulhar profundamente na aplicação prática e análise dos resultados efetivos (Figura 6).

Figura 6 - Proposta de indicadores potenciais para avaliar uma IDE

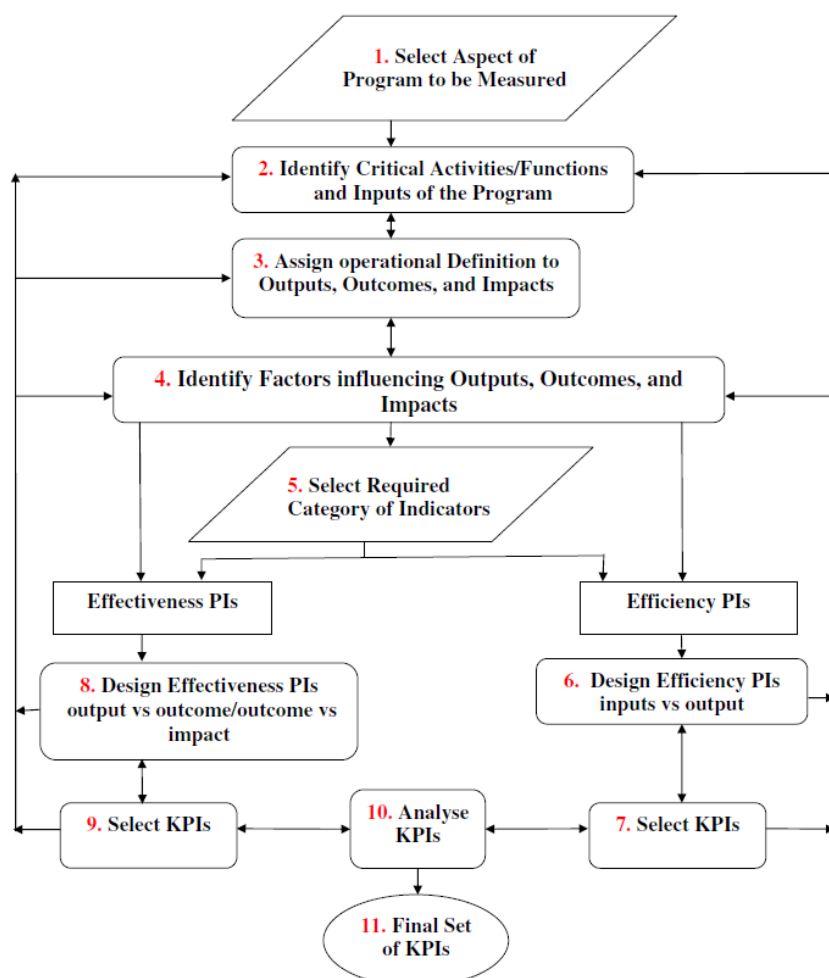
Area	Possible Aspects	Possible Indicators	Good Practice
Policy Level	<ul style="list-style-type: none"> objectives and tasks of the system historic, legal, social, cultural background equity in social and economic terms viability of system (economical, social) 	<ul style="list-style-type: none"> list of objectives and tasks legal and historic indicators social indicators economic indicators (expenses, incomes, fees, costs) 	<ul style="list-style-type: none"> system is well defined by objectives and tasks system responds to needs of society system is equitable for all system is economically viable
Management Level	<ul style="list-style-type: none"> structural definition of system strategic targets institutional and organisational arrangements cooperation and communication between institutions involvement of private sector 	<ul style="list-style-type: none"> definitions and characteristics of system list of strategic targets list of institutions and their responsibilities and strategies links between institutions (legal, organisational, technical) number of contracts with private sector 	<ul style="list-style-type: none"> structure of system is useful and clearly defined strategies are appropriate to reach and satisfy objectives involved institutions have each clearly defined tasks and cooperate and communicate well with each other private sector is involved
Operational Level	<ul style="list-style-type: none"> outcomes technical specifications implementation 	<ul style="list-style-type: none"> products for clients technical indicators implementation factors 	<ul style="list-style-type: none"> products respond to objectives technical specifications and implementations are appropriate to strategic needs
Influencing Factors (Human Resources, Capacity Building, Technology)	<ul style="list-style-type: none"> Human Resources (personnel, training) capacity building professional association technical developments 	<ul style="list-style-type: none"> number of personnel, education continuing education (seminars, etc.) number of universities and students is there a professional association (y/n) new technologies on the market 	<ul style="list-style-type: none"> appropriate number of personnel in relation to task and population continuing education on a regular basis appropriate number of universities and students professional association takes active role new technologies are evaluated on a continuing basis
Assessment of Performance	<ul style="list-style-type: none"> review of objectives and strategies performance and reliability of system user satisfaction 	<ul style="list-style-type: none"> review of objectives and strategies (y/n) turnover, time to deliver, number of errors review of user satisfaction (y/n) 	<ul style="list-style-type: none"> regular review process system is efficient and effective system delivers in time and with few errors appropriate, fast and reliable service to clients

Fonte: (CROMPVOETS *et al.*, 2008)

O Gerenciamento Baseado em Desempenho (PBM) apresenta-se como uma técnica promissora que identifica, analisa e gerencia os pontos fortes e fracos de uma infraestrutura de forma contínua. A prática do PBM envolve uma série de processos sistemáticos e iterativos que, quando aplicados às IDEs, permitem uma avaliação contínua e a melhoria da qualidade do programa, justificando assim o investimento contínuo.

Indicadores de Desempenho, do idioma Inglês *Performance Indicator* (PIs), são componentes cruciais no PBM, funcionando como métricas para medir o grau de alcance das funções-chave de uma organização. PIs bem desenvolvidos, alinhados com os objetivos estratégicos da organização, são essenciais para comunicar eficazmente o desempenho e apoiar a tomada de decisões (Figura 7)

Figura 7 – Modelo de fluxo para definição de indicadores de desempenho para IDEs



Fonte: (GIFF; CROMPVOETS, 2008)

Partindo-se das propostas teóricas apresentadas por (GIFF; CROMPVOETS, 2008) e (CROMPVOETS *et al.*, 2008) representadas na Figura 6 e na Figura 7 e, adotando-se a técnica PBM para controle de desempenho, definiu-se um conjunto de indicadores de desempenho para avaliar o impacto de uma IDE.

Estes PIs foram organizados em quatro áreas principais: 1) política, 2) institucional, 3) operacional e 4) Ciência e inovação. Eles foram separados em cinco dimensões de impacto: 1) dimensão social, 2) dimensão institucional, 3) dimensão científica, 4) dimensão econômica e 5) dimensão temática ou de finalidade. Finalmente, eles foram classificados em duas categorias: 1) indicadores de eficiência ou desempenho e 2) indicadores de eficácia ou resultado. Propôs-se os PIs apresentados na Tabela 1. O Apêndice A traz o descritores dos indicadores.

Tabela 1 - Proposta de indicadores de desempenho para avaliação de uma IDE

ÁREA	DIMENSÃO	CATEGORIA	INDICADOR	META
Político	Social	Eficiência	Número de acessos à plataforma	Aumentar em % o número de acessos ao ano
Político	Social	Eficácia	Perfil de usuários	Aumentar a relação de acessos entre usuários externos em % ao ano
Político	Social	Eficácia	Interface de acesso	Aumentar a relação de acessos entre a interface de máquina em % ao ano
Institucional	Institucional	Eficiência	Força da institucionalização	Número de citações em publicações oficiais ao ano
Institucional	Institucional	Eficácia	Abrangência da institucionalização	Aumentar a relação de citações na esfera legislativa em % ao ano.
Institucional	Institucional	Eficácia	Caráter oficial dos dados	Aumento em % ao ano das indicações de uso como base oficial de dados
Ciência e inovação	Científica	Eficiência	Desenvolvimento científico	Aumentar em % o número de publicações ao ano
Ciência e inovação	Científica	Eficácia	Interdisciplinaridade	Aumentar em % o número de citação em diferentes disciplinas ao ano
Ciência e inovação	Científica	Eficácia	Impacto da publicação	Aumentar em % o número de publicações de pós-graduação ao ano
Operacional	Econômica	Eficiência	Custo-benefício	Economia ou retorno de investimento em % ao ano
Operacional	Temática/ Finalidade	Eficiência	Tipologia de dados acessados	Aumentar o % do número de acesso a dados relacionados com o tema/finalidade da IDE ao ano
Operacional	Temática/ Finalidade	Eficácia	Aderência à finalidade	Aumentar o % de acesso a camadas relacionadas com o tema/finalidade da IDE ao ano

Fonte: o autor adaptado das propostas teóricas e técnica PBM

Os PIs da dimensão social buscam analisar se a principal função da IDE está sendo cumprida que é a de oferecer acesso amplo e facilitado aos dados.

Os PIs da dimensão institucional buscam analisar a oficialidade de seus dados e seu aproveitamento na elaboração de políticas públicas e no ordenamento territorial.

Os PIs da dimensão científica buscam analisar as contribuições para o desenvolvimento da ciência e da inovação na localidade de sua atuação.

Os PIs da dimensão temática/finalidade buscam analisar se a IDE está cumprindo o papel para o qual foi destinada, segundo seu tema principal ou sua finalidade.

A adequação dos indicadores selecionados para medir o desempenho das Infraestruturas de Dados Espaciais (IDEs) reside em sua capacidade de abordar as várias dimensões críticas dessas infraestruturas.

- Indicadores na Dimensão Social:
 - Estes indicadores, como o número de acessos à plataforma, são fundamentais para medir a acessibilidade e o alcance das IDEs.
 - Eles refletem diretamente o sucesso das IDEs em atender às necessidades de diferentes usuários e fornecer um acesso democratizado aos dados espaciais.
 - Avaliam o impacto social das IDEs, mostrando como elas estão sendo utilizadas pela comunidade e a eficácia na disseminação de informações geoespaciais.
- Indicadores na Dimensão Institucional:
 - Medem a integração e a relevância das IDEs no contexto das políticas públicas e do ordenamento territorial. Indicadores como a força da institucionalização e o caráter oficial dos dados demonstram como as IDEs são percebidas e utilizadas no âmbito governamental e institucional.
 - São cruciais para entender a oficialidade e a confiabilidade dos dados gerados, dois aspectos centrais para a eficácia das IDEs em contextos institucionais.
- Indicadores na Dimensão Científica:
 - Focam na contribuição das IDEs para o desenvolvimento científico e inovação. Indicadores como o número de publicações

e a interdisciplinaridade das citações mostram o impacto das IDEs na pesquisa acadêmica e em diversas disciplinas.

- Avaliam a capacidade das IDEs de fomentar a pesquisa e o conhecimento, elementos essenciais para o progresso tecnológico e científico.
- Indicadores na Dimensão Econômica e Temática/Finalidade:
 - Estes indicadores avaliam a eficiência operacional das IDEs (como custo-benefício) e a aderência aos objetivos específicos para os quais foram criadas (como a tipologia de dados acessados).
 - Eles são vitais para avaliar se as IDEs estão cumprindo suas funções designadas de maneira eficiente e econômica, garantindo que os recursos investidos estejam gerando o retorno esperado.
- Alinhamento Estratégico e Gerenciamento Baseado em Desempenho (PBM):
 - Esses indicadores estão alinhados com os objetivos estratégicos das IDEs, permitindo uma avaliação contínua e detalhada do seu desempenho.
 - O uso de PBM assegura que os indicadores não sejam apenas medidas estáticas, mas parte de um processo dinâmico de avaliação e aprimoramento contínuo

A proposição dos indicadores de desempenho deve estar atrelada a objetivos estratégicos claros que devem ser reavaliados de forma periódica, inclusive com uma avaliação das metas estipuladas. É importante que estes objetivos sejam específicos, mensuráveis, atingíveis, realísticos e limitados no tempo.

3.2 Avaliação do Impacto do DataGEO

Para avaliar o impacto obtido com a implementação da IDEIA/SP, desenvolveu-se um conjunto de métricas abrangentes que permitiu a análise de diversas dimensões alcançadas pela IDE ambiental paulista ao longo de quase uma década de operação. Essa análise visa entender de que forma as escolhas metodológicas e

tecnológicas adotadas no projeto influenciaram os resultados pretendidos pela SMA-SP e a eficácia da infraestrutura na consecução de seus objetivos. Os dados de acesso são armazenados pela própria plataforma. Extraíram-se os dados de citações utilizando-se um *framework* em Python que captura informações em websites (Scrapy²¹).

A escolha do DataGEO como estudo de caso se dá pelo histórico de quase dez anos de funcionamento da plataforma, o que permitem observações importantes e com diversos dados disponíveis para análise do impacto que a IDE promoveu no estado de SP.

Estruturou-se a análise em cinco dimensões principais do projeto, cada uma abordando aspectos específicos relacionados ao impacto e desempenho da infraestrutura:

- Dimensão Social – Para esta dimensão avaliou-se como DataGEO tem contribuído para o acesso e uso de informações geoespaciais por diferentes segmentos da sociedade. Averiguou-se a abrangência da IDE, seu alcance entre cidadãos, organizações governamentais e não governamentais e comunidades locais.
- Dimensão Institucional – Nesta dimensão explorou-se a legitimidade alcançada pelo DataGEO e força da sua institucionalização perante as instâncias estaduais e federais.
- Dimensão Científica - Nesta dimensão investigou-se o impacto do DataGEO no cenário científico e acadêmico. Analisou-se como a infraestrutura tem sido utilizada para suporte à pesquisa, produção de conhecimento científico e desenvolvimento de estudos acadêmicos.
- Dimensão Econômica – Nesta dimensão observou-se a economia gerada para os cofres do estado ao optar por uma estrutura baseada em softwares livre, frente aos custos estimados a preços de mercado, com uso de tecnologias proprietárias.
- Dimensão Ambiental – Nesta dimensão estudou-se o uso do DataGEO no que diz respeito aos acessos à informação relacionada com os principais processos ambientais de fiscalização e monitoramento

²¹ Link: <https://docs.scrapy.org/>

ambiental. Também se buscou avaliar sua contribuição para o planejamento de políticas ambientais.

Analisou-se a dimensão social a partir da estatística dos registros de acesso à plataforma que apontam dados como número de acessos, endereço eletrônico de origem do acesso (IP) e volume de dados. Separou-se a estatística de acesso em usuários internos e externos.

Mediu-se a dimensão institucional contabilizando-se as referências ao DataGEO nas publicações do Diário Oficial do Estado e dos Municípios, utilizando técnicas de bibliometria (COELHO; MELLO, 2018). Coletou-se a quantidade de citações à IDE, datas, tema e outros dados complementares.

Avaliou-se a dimensão científica contabilizando as referências ao DataGEO nas publicações em bibliotecas digitais de universidades paulistas, utilizando-se técnicas de bibliometria (COELHO; MELLO, 2018). Buscou-se registrar a quantidade de citações, datas e outros dados complementares.

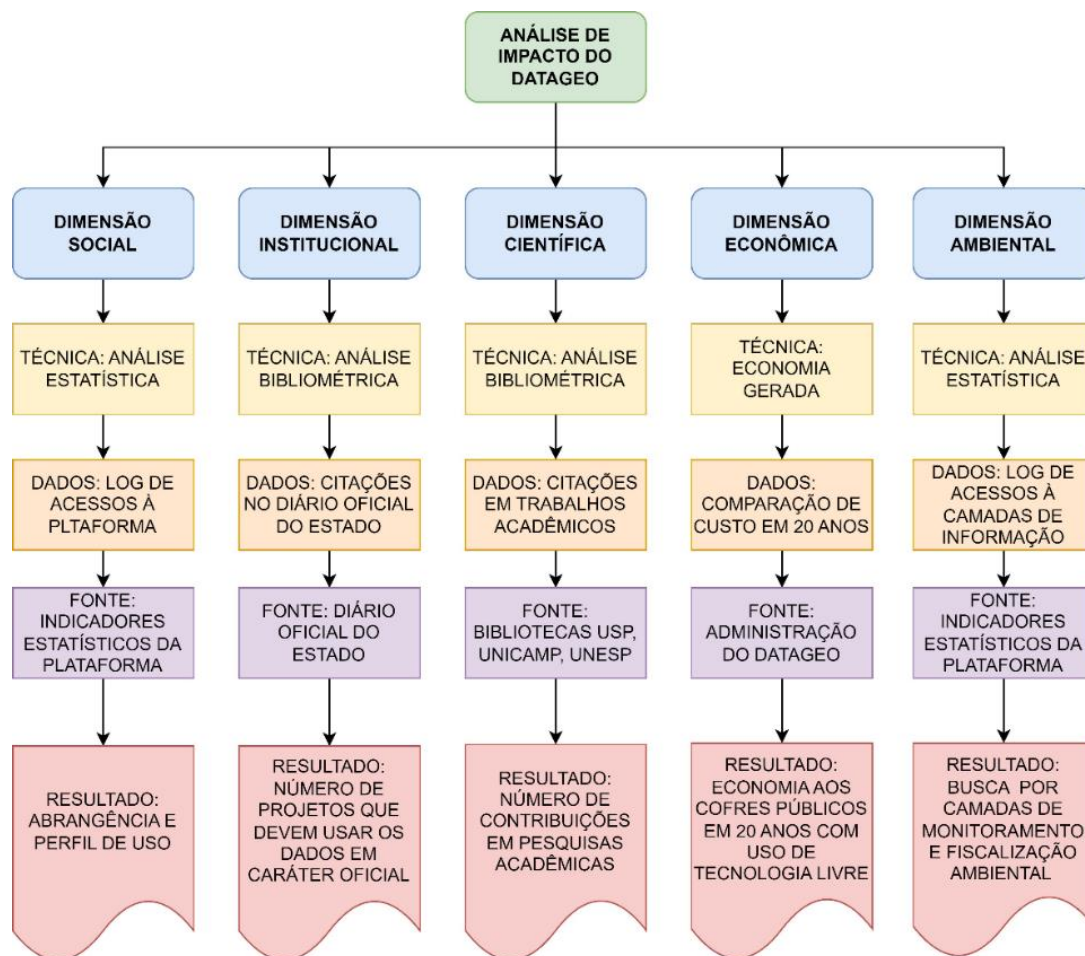
Abordou-se a dimensão econômica contabilizando os gastos realizados pela administração pública com o DataGEO e calculando a diferença com os gastos estimados caso a IDEIA/SP tivesse adotado softwares proprietários.

Calculou-se a dimensão ambiental a partir da análise estatística dos registros de acesso à plataforma que apontam dados como as camadas mais acessadas e classificando-as conforme o uso nos processos ambientais de gestão, licenciamento, monitoramento e fiscalização.

Com a abordagem dessas cinco dimensões, buscou-se obter uma visão completa e abrangente dos efeitos alcançados pelo DataGEO no contexto da infraestrutura de dados espaciais ambientais de São Paulo. Com essa análise compreendeu-se melhor o alcance e os resultados da IDEIA, bem como identificar os desafios e oportunidades para o seu aprimoramento contínuo.

A Figura 8 apresenta um resumo da metodologia que se adotou para avaliar o impacto do DataGEO nestas cinco dimensões.

Figura 8 - Síntese da estrutura de análise de impacto do projeto



Fonte: o autor

O DataGEO não possui um plano de ação estabelecido. Possui apenas indicadores de número de acesso como forma de gerenciar o crescimento da plataforma. Para aplicar a metodologia proposta no estudo de caso definiu-se as seguintes metas, tendo como base o histórico de 10 anos de sua operação. Os valores definidos na tabela a seguir representam a partir do histórico um crescimento contínuo e regular da IDE. (Tabela 2).

Tabela 2 - Metas e indicadores para a serem aplicados no estudo de caso

ÁREA	DIMENSÃO	CATEGORIA	INDICADOR	META
Político	Social	Eficiência	Número de acessos à plataforma	Aumentar em 20% o número de acessos ao ano
Político	Social	Eficácia	Perfil de usuários	Aumentar a relação de acessos entre usuários externos em 5% ao ano
Político	Social	Eficácia	Interface de acesso	Aumentar a relação de acessos entre a interface de máquina em 5% ao ano
Institucional	Institucional	Eficiência	Força da institucionalização	Ao menos 2 publicações no diário oficial por mês
Institucional	Institucional	Eficácia	Abrangência da institucionalização	Aumentar a relação de citações na esfera legislativa em 5% ao ano.
Institucional	Institucional	Eficácia	Caráter oficial dos dados	Aumento em 5% ao ano das indicações de uso como base oficial de dados
Ciência e inovação	Científica	Eficiência	Desenvolvimento científico	Aumentar em 10% o número de publicações ao ano
Ciência e inovação	Científica	Eficácia	Interdisciplinaridade	Aumentar em 5% o número de citação em diferentes disciplinas ao ano
Ciência e inovação	Científica	Eficácia	Impacto da publicação	Aumentar em 5% o número de publicações de pós-graduação ao ano
Operacional	Econômica	Eficiência	Custo-benefício	Economia ou retorno de investimento em 10% ao ano
Operacional	Temática/ Finalidade	Eficiência	Tipologia de dados acessados	Aumentar em 5% o número de acesso a dados relacionados com o tema/finalidade da IDE ao ano
Operacional	Temática/ Finalidade	Eficácia	Aderência à finalidade	Aumentar 5% de acesso a camadas relacionadas com o tema/finalidade da IDE ao ano

Fonte: o autor.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Escolhas metodológicas do DataGEO

Os conceitos e paradigmas das IDEs clássicas serviram como base para a definição das diretrizes que guiaram a criação do projeto DataGEO pela Secretaria de Meio Ambiente do estado de São Paulo (SMA-SP) entre 2008 e 2010. Nesse período, a SMA-SP contratou a elaboração de um edital para contratação de serviços para a organização e publicação dos dados geográficos da instituição. Os professores Dr. Clodoveu Davis (DCC/UFMG) e Dr. José Quintanilha (POLI/USP) foram responsáveis por especificar o desenvolvimento de uma IDE de temática ambiental, a IDEA/SP.

Nos anos seguintes, entre 2010 e 2012, ocorreu o processo licitatório e a contratação da execução do projeto. O desenvolvimento efetivo da IDEA/SP teve início em fevereiro de 2013 e foi colocada em operação no início de 2015. O intervalo entre a especificação em 2008 e a conclusão em 2015 foi marcado por uma efervescência de experiências de implantação de IDE, com destaque para a INDE, lançada em 2008, que estabeleceu as principais normas e especificações para a construção desse tipo de plataforma no país.

A concepção e o desenvolvimento da IDEA/SP dentro do projeto DataGEO trouxeram diversos desafios, muitas vezes confrontando as ideias de alguns autores e as normas da INDE com as decisões técnicas adotadas no projeto, levando em consideração a realidade, as necessidades e as especificidades da SMA-SP. Muitas das escolhas metodológicas e tecnológicas feitas no projeto apresentam conflitos com as escolhas mais ortodoxas para construção de IDE clássicas.

A IDE ambiental de São Paulo consolidou-se e é amplamente utilizada. Tornou-se uma fonte de informação e uma ferramenta de trabalho essencial para os servidores do estado. Além do uso interno pelas agências estaduais, a infraestrutura é utilizada de forma abrangente pela sociedade, alcançando resultados relevantes.

4.1.1 Estratégia e escolhas de implementação do DataGEO

O edital de licitação, a INDE e a INSPIRE foram elementos-chave que nortearam as decisões durante o processo de criação da IDE ambiental em São Paulo. O contexto temporal desse período teve um papel significativo nas decisões tomadas,

uma vez que havia poucas referências de implementação de IDE no Brasil naquele momento.

O edital solicitava a implementação do aparato tecnológico e dos padrões indicados para uso em IDE. Havia lacunas quanto ao componente institucional e não se falava na redação de um decreto para torná-la oficial. Com relação aos dados também era clara a necessidades de GIS Corporativo a serem atendidas, principalmente na organização dos dados. Com relação às pessoas é nítida a orientação do edital a contemplar o público interno da Secretaria, reforçando o caráter de GIS Corporativo.

Naquele momento A INDE trazia a primeira versão dos padrões ET-EDGV, MGB e e-PING. Ela ainda apresentava um plano de implantação contendo as etapas de desenvolvimento e principais ações a serem executadas, com visão de curto, médio e longo prazo. A INDE adotava *softwares* livres na sua construção.

A INSPIRE por sua vez ampliava os padrões ISO, em particular os metadados ISO19115, e influenciava no desenvolvimento dos padrões OGC e nas ferramentas de *software* livre voltadas para IDE.

O contexto temporal é de suma relevância para as decisões tomadas. Entre 2013 e 2015 não havia muitas referências de implementação de IDE no país. A INDE, lançada em 2008, teve dificuldade para quebrar a inércia inicial e se firmar na esfera federal. As iniciativas de conexão vertical ficaram prejudicadas pelas adversidades enfrentadas pela infraestrutura nacional. De forma ainda mais específica não se tinha notícias de uma IDE temática em andamento no país. As iniciativas temáticas internacionais pareciam distantes da realidade da SMA-SP.

Este contexto faz do DataGEO umas das iniciativas pioneiras no Brasil. A posição de precursora colocou holofotes sobre a IDE/SP levantando discussões sobre as escolhas de implementação e o enquadramento ou não de tais estruturas como uma IDE.

As escolhas do DataGEO e respectivas justificativas são detalhadas seguindo a lógica de separação dos componentes de uma IDE indicados no item 2.2:

1. Dados

Dentre as escolhas do DataGEO a organização dos dados é uma das mais sensíveis. Os dados ambientais possuem forte componente temporal, vários com frequência de atualização horária ou diária, como no caso de dados de

monitoramento. Na INDE, naquele momento, grande parte das informações possuíam caráter menos dinâmico, com baixa frequência de atualização anual ou até estáticos.

Além do caráter ativo, os conjuntos de dados da SMA-SP possuíam forte componente corporativo, ou seja, eram dados necessários para funcionamento da própria casa e requeridos pelos processos ambientais, do planejamento à fiscalização.

Esta característica impactou diretamente em uma importante diretriz das IDEs clássicas: a de não confundir funções de sistemas operacionais da organização com funções de IDE. Uma IDE deve se concentrar na publicação do dado, não na sua geração. Para que alguns dados do DataGEO pudessem ser publicados era necessário garantir o fluxo operacional. Em grande medida isto ocorria pela falta de sistemas de informações transacionais na SMA-SP.

Esta particularidade refletiu diretamente nas escolhas de estratégia de implementação, de normas, de padrões e de tecnologias a serem adotados ao longo de toda IDE.

Não foram criados sistemas transacionais, porém foram desenvolvidos mecanismos para garantir um fluxo automático de coleta, tratamento e armazenamento.

No banco de dados ainda foram criados mecanismos e funções para garantir a integridade temporal dos dados e suas relações. Por exemplo, era necessário relacionar qual versão de limite de área de proteção deveria ser avaliado quando analisado em conjunto com uma autuação ambiental de data específica, por exemplo para resolver questões legais.

A falta de referências e escassez de relatos de experiências de implementação de IDE naquele momento dificultaram as decisões de como endereçar estes problemas. A INDE também não orientava sobre estas questões específicas. Provavelmente porque boa parte do seu conjunto de dados se referia à cartografia de referência ou mapeamento sistemático, como topografia e hidrografia.

2. Normas e padrões

Somada à característica dos dados já citadas anteriormente, a própria classificação da tipologia utilizada na SMA-SP era bastante diferente daquelas propostas no MGB pela INDE. Mais uma vez a nomenclatura das classes de dados se aproximavam mais daquelas utilizadas pelos técnicos da casa do que aquelas trazidas pelo padrão de metadados nacional.

O conflito com o padrão de metadados não se limitou às classes de dados. O perfil de metadados completo da INDE era demasiadamente extenso. Já o perfil resumido era simplificado demais. As escolhas tecnológicas nos impuseram ainda o uso de alguns elementos metadados específicos.

A solução para o perfil de metadados foi o de adotar o padrão MGB e expandi-lo, criando classes e elementos específicos para a IDEIA/SP quando não era possível fazer um enquadramento entre o necessário para Secretaria e o existente na norma da INDE. É importante ressaltar que o modelo utilizado pelo DataGEO é 95% aderente ao da INDE. A mesma estratégia foi adotada como solução pela INSPIRE para harmonizar os interesses nacionais na Europa, ampliando o ISO19115.

Outro padrão importante diz respeito à modelagem dos dados. A INDE apresentou diagramas de classes detalhados ao nível de atributos alfanuméricos para alguns dados que podem ser verificados na ET-EDGV. No entanto, a falta de especificação para classes temáticas, como meio ambiente, deixou o DataGEO sem referências, forçando-o a adotar uma modelagem própria e aderente às necessidades operacionais da Secretaria. Desta forma a ET-EDGV não foi adotada por trazer basicamente propostas de modelagem para dados de cartografia de referência. Cabe destacar que as demais normas de qualidade da ISO foram adotadas como na INSPIRE.

Com relação ao padrão de interoperabilidade o DataGEO fez a escolha pelos mesmos padrões utilizados na INDE e que dominavam as escolhas das IDEs internacionais, o OGC. No entanto, cabe aqui ressaltar que embora o padrão fosse claro, diversas ferramentas de mercado utilizavam implementações diferentes para o padrão, criando conflito na adoção de ferramentas tecnológicas.

3. Tecnologias

A proposta de implementação do DataGEO era baseada integralmente em *softwares* livres. Porém, a SMA-SP possuía um ativo de mais de 100 licenças de GIS *desktop* e mais uma licença de servidor de mapas, ambos baseados em tecnologia proprietária ArcGIS. Além da ferramenta GIS, já existia uma licença de banco de dados utilizando tecnologia da Microsoft SQLServer. Esta configuração levou a mudanças estratégicas nas escolhas tecnológicas do projeto.

Manteve-se o SQL Server existente como sistema gerenciador de banco de dados. Um compartilhamento de rede padrão Windows abrigava os dados que não

precisavam ser armazenados no banco. A INDE adotou o PostgreSQL como ferramenta de banco de dados.

Como solução para os serviços de mapa adotamos o Geoserver, também de código aberto. Ele foi utilizado como servidor principal do DataGEO, ficando o ArcGIS Server especificamente para publicação de cartogramas. O Geoserver é o servidor de mapas escolhido tanto pela INDE quanto pela INSPIRE e está presente na grande maioria das soluções de IDE.

Para o catálogo de metadados adotamos a ferramenta livre ESRI Geoportal Server. Embora ligada ao ArcGIS, até sua 4ª versão a ferramenta manteve-se aberta. A escolha foi feita pela compatibilidade e possibilidade de usos que ela oferecia aos usuários de ArcGIS Desktop, amplamente utilizado dentro e fora da Secretaria. As principais IDE baseadas em *software* livre adotaram o Geonetwork como ferramenta.

Diversas IDE utilizam o próprio Geonetwork como solução de Geoportal, porém grande parte delas adota uma solução de portal. O DataGEO adotou o Liferay como ferramenta de portal de internet. A escolha se baseou na adoção do Java como tecnologia padrão de aplicações.

A escolha por tecnologias livres, proprietárias ou mistas geralmente não impacta na construção de uma arquitetura tecnológica clássica (Figura 4). A arquitetura do DataGEO não se difere clássica na essência. Todavia, há uma ferramenta que foi incorporada à arquitetura, o ETL (*Extract, Transform and Load*). Geralmente ela é utilizada para facilitar a manipulação na carga de dados. No DataGEO ela é utilizada para manter o fluxo de atualização contínua de dados na IDE.

4. Instituição

No Brasil a institucionalização de instrumentos como uma IDE é oficializada a partir da publicação de um Decreto. A INDE seguiu este modelo e grande parte das IDEs que se seguiram no país também providenciariam sua formalização a partir da publicação de um decreto. A exceção são as IDE corporativas que não necessitam de tal dispositivo *a priori*. As experiências internacionais também utilizam algum tipo de instrumento para formalizar a relação entre as instituições, principalmente quando se implanta algum tipo de ligação hierárquica. Este é o chamado modelo *Top Down*, imposto de cima para baixo.

O DataGEO optou por fazer seus acordos institucionais no modelo *Bottom Up*, de baixo para cima. A institucionalização foi sendo implementada de baixo para cima

entre os técnicos. No entanto, nunca foi editado um decreto institucionalizando a IDEA/SP de forma oficial.

5. Pessoas

Para este componente adotamos os mesmos perfis de atores e papéis propostos pela INDE, com separação entre produtores e consumidores de dados, administradores e usuários. Esta separação de atores e suas funções é também observada nas demais experiências de implementação de IDE descritas.

Cabe apenas ressaltar que boa parte dos usuários do DataGEO é formada por profissionais da própria secretaria e demais agências de Estado. O caráter de GIS corporativo impõem um perfil de uso diferente, principalmente pelo número de sistemas internos apoiados na IDEA/SP.

4.2 Dimensão social

A ampla disseminação da informação geográfica é um dos principais objetivos de uma IDE. O DataGEO tem alcançado êxito nessa missão com um número de quase 100.000 usuários acessando seu geoportal mensalmente em 2023, conforme apresentado na Tabela 3. Assumindo-se um intervalo de 12 horas diárias na concentração de uso da plataforma pelos usuários, esses dados evidenciam que a plataforma atende cerca de 400 usuários simultaneamente a cada hora. Este resultado supera o indicador de número de acessos estipulado.

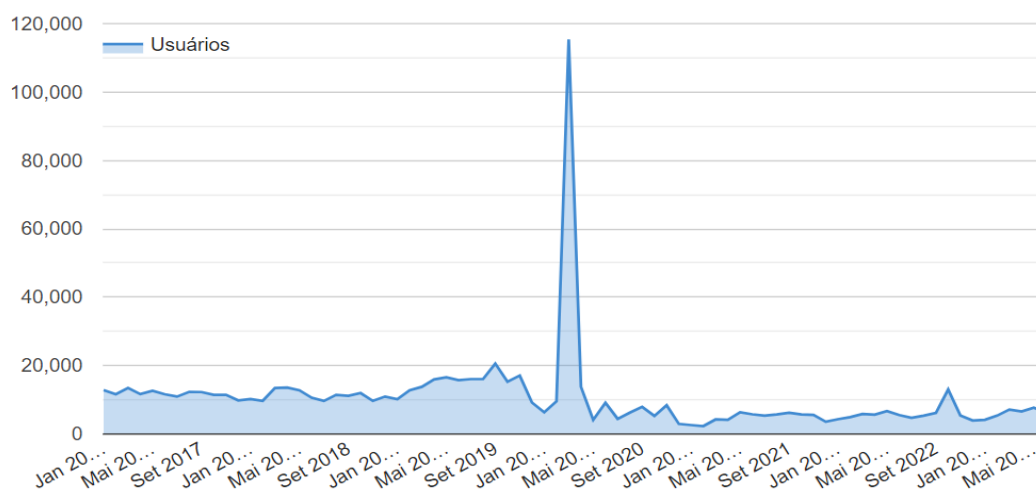
Tabela 3 - Número de usuários do DataGEO entre 2014-2023

MÊS	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Jan	402	2.895	5.783	9.406	14.136	7.038	29.289	43.956	48.621
Fev	355	3.117	6.640	9.792	14.186	10.920	33.645	46.281	58.371
Mar	339	3.991	8.378	14.727	20.223	13.641	43.203	59.442	73.110
Abr	551	3.600	9.279	11.824	20.970	13.221	41.712	55.221	67.590
Mai	512	4.372	10.264	14.451	22.728	13.806	44.430	55.251	71.202
Jun	325	3.624	9.139	12.775	19.445	30.483	43.467	56.787	66.966
Jul	522	3.673	8.244	15.456	18.858	33.969	48.744	55.647	63.114
Ago	685	4.754	10.192	19.088	23.768	37.281	61.023	60.783	73.119
Set	657	6.220	14.576	17.407	22.341	43.959	68.847	59.514	74.379
Out	5.403	6.104	11.557	17.788	20.042	50.283	71.883	51.555	70.458
Nov	3.061	6.073	10.574	16.452	19.021	36.237	68.256	49.263	64.800
Dez	2.327	4.828	8.778	13.534	14.301	28.758	50.979	41.139	63.951

Fonte: CIGI/DIA/SMA-SP – Módulo de administração do DataGEO

A INDE, por exemplo, que agrega a geoinformação nacional, recebe cerca de 10% deste volume de usuários mensalmente, Figura 9.

Figura 9 – Estatística de acessos à INDE entre 2013 e 2023

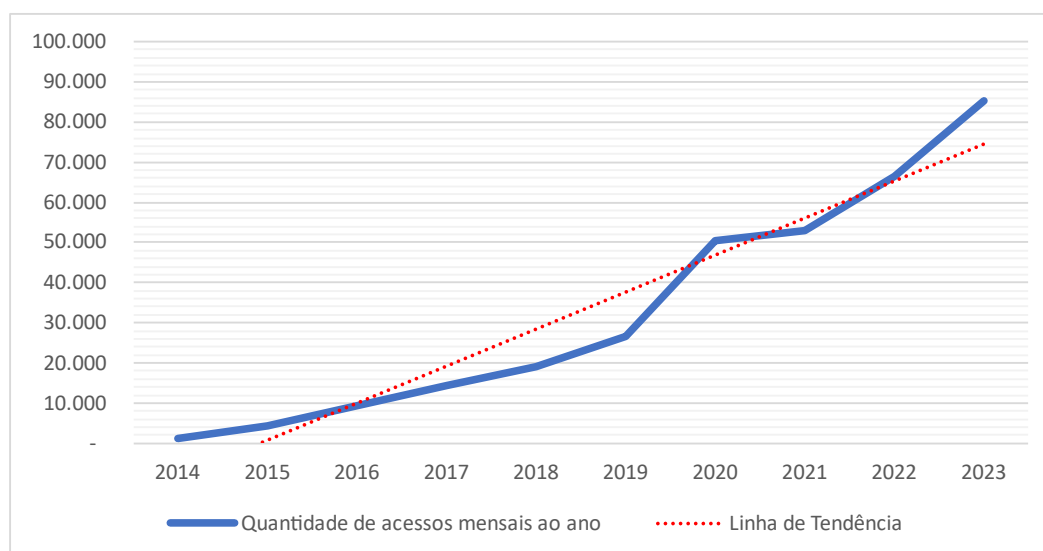


Fonte: <https://www.ibge.gov.br/novo-portal-estatisticas-do-site.html>

Esses números nos fornecem uma noção da escala alcançada pelo DataGEO.

Ao longo dos dez anos, a curva de crescimento do DataGEO continua mostrando uma tendência ascendente de acessos, Figura 10. Em 2019, a plataforma passou por uma expansão de seus recursos computacionais para atender à crescente demanda, o que acelerou ainda mais seu crescimento, conforme evidenciado na Figura 10.

Figura 10 - Média mensal de acessos entre 2014 e 2023



Fonte: CIGI/DIA/SMA-SP – Módulo de administração do DataGEO

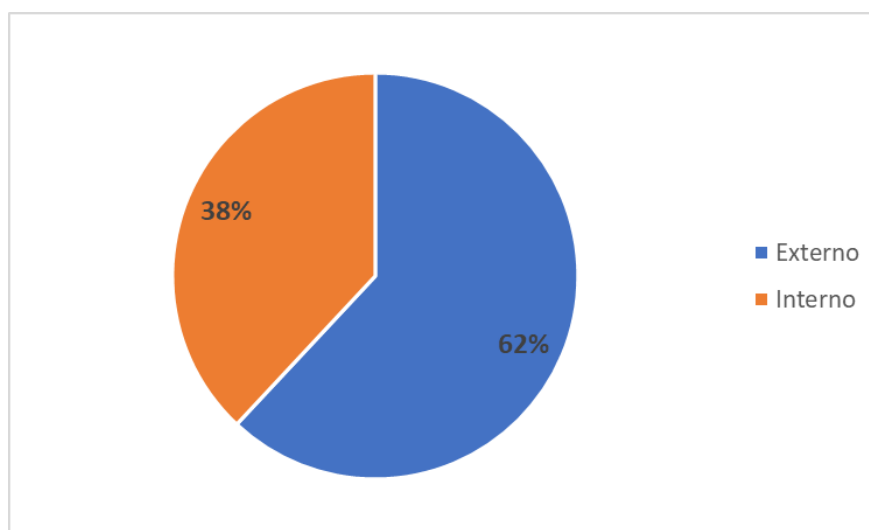
Além do volume, é crucial compreender o perfil do público que acessa o DataGEO. Como uma ferramenta financiada com recursos públicos, é importante que

ela atenda a diversos segmentos da sociedade de maneira abrangente. Por outro lado, a SMA-SP tinha o objetivo de fornecer uma ferramenta de trabalho para os técnicos da instituição.

Portanto, o DataGEO deve conciliar a disponibilização de informações para o público em geral com o suporte específico para os profissionais da casa.

O gráfico da Figura 11, com dados de acesso dos últimos dozes meses (abr-22 a abr-23), evidencia que o principal público da IDE é externo, 62%, ou seja, os acessos são feitos pela internet. Porém, parcela significativa dos acessos, 38%, chega através da intranet do governo de São Paulo. O valor de 62% em 10 anos também alcança a meta de 5% ao ano para este indicador.

Figura 11 - Relação entre usuários internos e externos do DataGEO

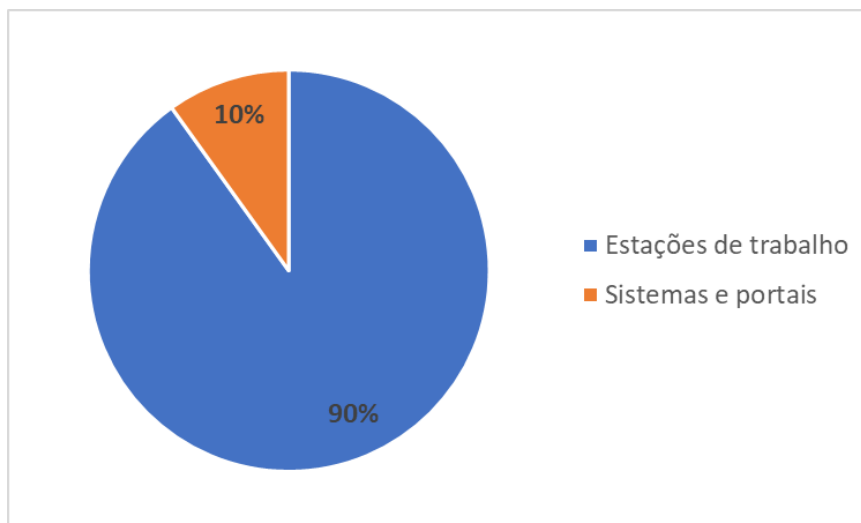


Fonte: CIGI/DIA/SMA-SP – Módulo de administração do DataGEO

Aproximadamente 90% dos acessos internos são registrados por IP de estações de trabalho de uso dos servidores estaduais. O restante dos acessos internos, 10%, é feito de forma direta por ferramentas e portais, Figura 12.

O indicador de interface de acesso mostra que a meta de 5% ao ano de não foi alcançada e que os usuários internos ainda acessam o dado pelo *desktop* e que poucos sistemas foram desenvolvidos apoiados na IDE.

Figura 12 - Relação dos acessos internos por origem

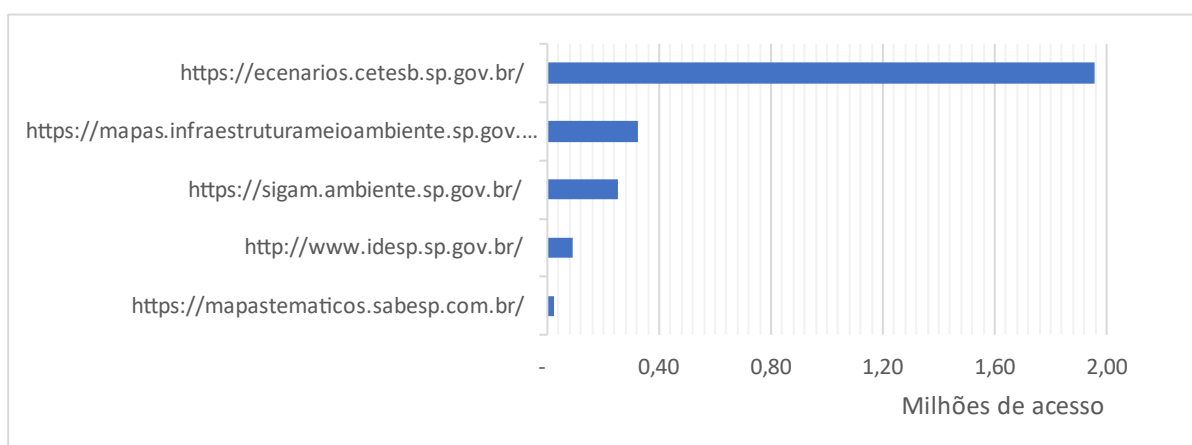


Fonte: CIGI/DIA/SMA-SP – Módulo de administração do DataGEO

O uso da IDE a partir de ferramentas e portais mostra a preocupação em atender as necessidades dos usuários. Trata-se de um uso interessante pois gera diversos benefícios diretos e indiretos como, por exemplo, reduz o esforço com montagem de bases de dados, que são então ofertados pelo DataGEO.

Analisando-se os acessos por ferramentas e portais internos, Figura 13, a Sala de Cenários da Cetesb, responsável por avaliar os licenciamentos de maior impacto do estado, concentra a maior quantidade de requisições no último ano. Chama a atenção que a IDESP está entre os cinco portais que mais acessam o DataGEO.

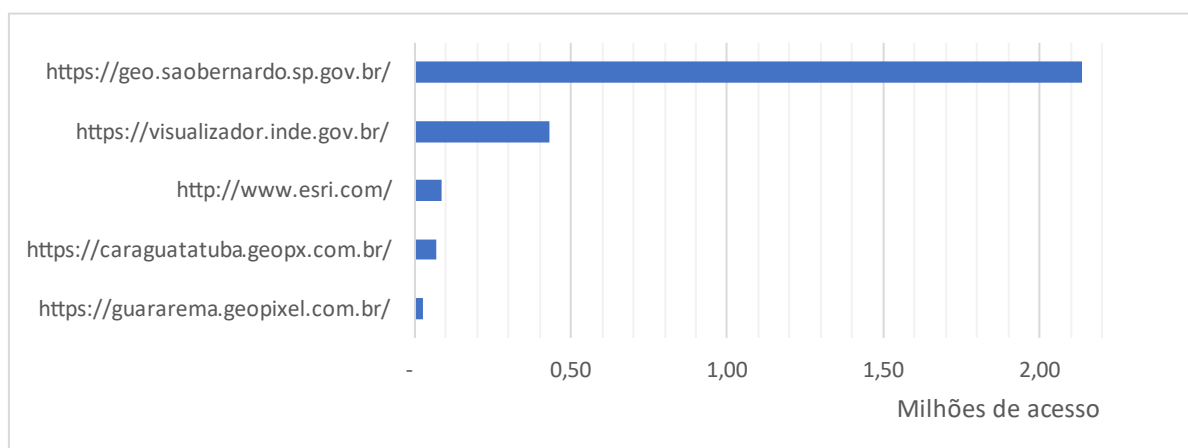
Figura 13 - Principais sistemas internos apoiados no DataGEO, por requisições



Fonte: CIGI/DIA/SMA-SP – Módulo de administração do DataGEO

O público externo revela um uso significativo por parte de prefeituras e pela própria INDE, reforçando o papel do DataGEO como IDE conectadas a outras infraestruturas, Figura 14. O gráfico evidencia ainda o uso significativo por empresas privadas que utilizam os dados para oferecer serviços ao mercado.

Figura 14 - Principais ferramentas externas apoiadas no DataGEO por requisições



Fonte: CIGI/DIA/SMA-SP – Módulo de administração do DataGEO

Os dados analisados para avaliar a dimensão social colocam em evidência o caráter dual do DataGEO, que funciona como uma ferramenta corporativa da SMA-SP e como uma IDE ao mesmo tempo. Os resultados ressaltam ainda a abrangência da plataforma atingindo o setor público nas diferentes esferas e o setor privado fomentando o empreendimento no estado. O volume de acesso à IDE-SP mostra que ela cumpre o papel de disseminar a informação de forma ampla e restrita.

4.3 Dimensão institucional

Embora o DataGEO não conte com uma formalização oficial por meio de um decreto, seu uso e abrangência legitimaram sua atuação no estado de São Paulo. Os dados da dimensão social que apresentam a relação entre usuários internos e externos evidenciam que o DataGEO assume ao mesmo tempo uma posição de IDE corporativa e de nível estadual.

O fato da INDE, da IDESP e de diversas plataformas municipais consumirem de forma significativa os dados do DataGEO mostram sua institucionalização. Cabe salientar que não é possível definir nestas relações com outras IDE um arranjo

hierárquico rígido. A conexão em torno do DataGEO parece ser mais colaborativa e horizontal.

A Tabela 4 mostra o número de citações mensais extraídas dos resultados de busca do diário oficial do estado de São Paulo, no período de 2014 a 2023. Foram consultadas publicações nas seções dos três níveis de poderes, tendo o DataGEO como termo de busca, totalizando 274 citações. Este indicador atende às metas estipuladas.

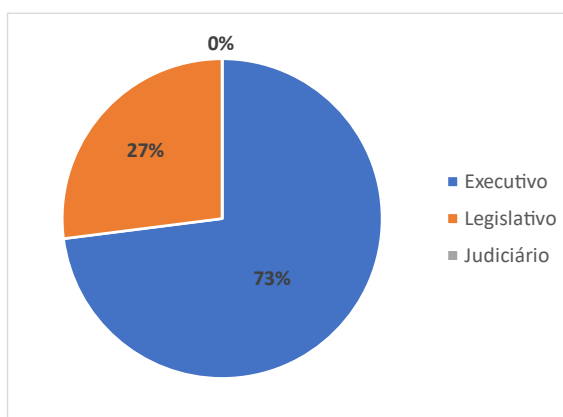
Tabela 4 - Número de citações ao DataGEO no diário oficial do estado entre 2014 e 2022

MÊS	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Jan			2	3		2	2		3
Fev			2	1	3	1	3	7	4
Mar	2		5	1	3	1	1	2	1
Abr	1	1		1	4	5	2	1	1
Mai	4			2	9	4	1	6	4
Jun	3	1	1	1	2		1	6	6
Jul		1	3			2	1	4	
Ago			3	1	2	4		5	4
Set		1	2	3	10	2	2	2	4
Out				3	1	7	9	8	9
Nov	1		2	1	1	5	1	1	2
Dez	1	2	1	4	12	2	1	8	10
Subtotal	12	6	21	21	47	35	24	50	48

Fonte: <http://www.imprensaoficial.com.br/>

Como ferramenta do executivo, esperava-se maior quantidade de citações nas publicações deste nível de poder, o que se confirmou, Figura 15. As citações relacionadas com o poder legislativo evidenciam o papel da IDE como ferramenta de suporte à formulação de políticas públicas ambientais. Nenhuma ocorrência foi localizada no caderno do judiciário. Este indicador não atingiu a meta de crescimento de 5% ao ano, no entanto, nota-se um apoio considerável em políticas de estado.

Figura 15 - Percentual de citações ao DataGEO no diário oficial por esfera de poder

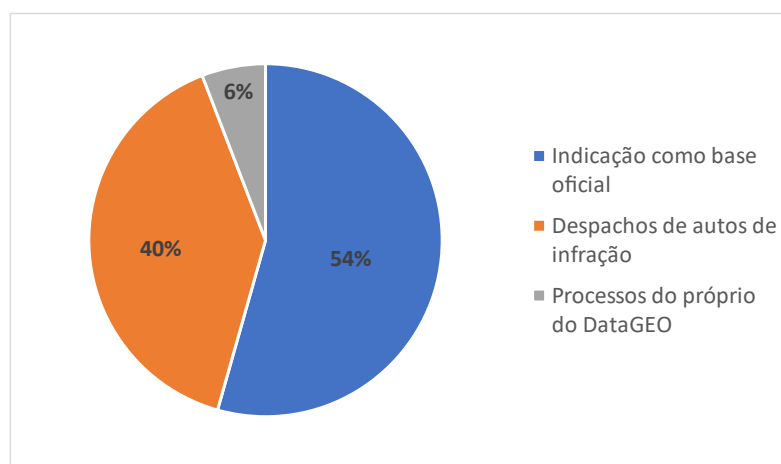


Fonte: <http://www.imprensaoficial.com.br/>

Observando o tema principal das publicações fica claro o papel do DataGEO como base de dados ambientais oficial do estado. As publicações relacionadas com autos de infração sugerem seu uso muito além do planejamento e da gestão, participando ativamente do controle e da fiscalização ambiental.

Esperava-se que ao menos 50% das citações estivessem relacionadas com a indicação da IDE como fonte oficial da base de dados ambiental do estado. Esta meta foi atingida.

Figura 16 – Distribuição das citações ao DataGEO no diário oficial por tema



Fonte: <http://www.imprensaoficial.com.br/>

Os dados analisados para estudar a dimensão institucional sugerem que a estratégia de construir os acordos institucionais do nível técnico para os níveis administrativos surtiu efeito e o DataGEO construiu legitimidade. Por outro lado, como os acordos são tácitos, sem a formalização por meio de dispositivos legais, a institucionalização pode ser frágil e incompleta, o que pode sugerir a falta de citações nas publicações oficiais do nível judiciário.

4.4 Dimensão científica

Escolheu-se avaliar o impacto acadêmico do DataGEO a partir do seu apoio para a produção científica no estado de São Paulo, particularmente. Construiu-se métricas com base nos atributos dos resultados de busca, pelo termo DataGEO, em portais das principais bibliotecas universitárias do estado. A Tabela 5 mostra o número de publicações por instituição de ensino e por ano que citam a IDE.

Tabela 5 - Número de publicações científicas por instituição por ano

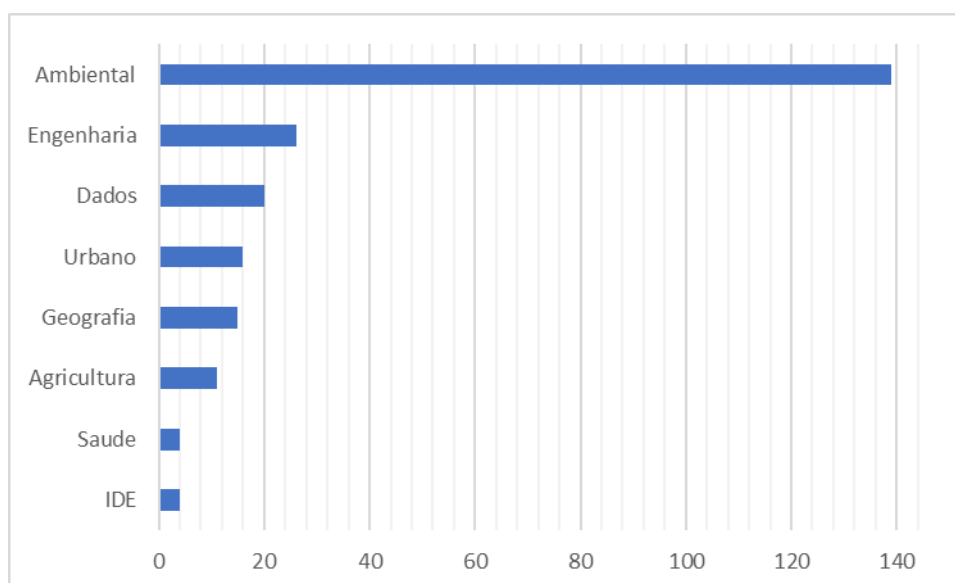
Instituição	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Subtotal
USP	12	12	18	28	24	28	24	1	14	13	174
UNICAMP						1	1			1	3
UNESP				4	4	1	1	1	4	3	18
UFSCAR				3	3	1	1	2	3	4	17
PUC-SP	2			3	1	3	2	5	1		17
MAKENZIE						1	2	2		1	6
Subtotal	14	12	18	38	32	35	31	11	22	22	235

Fonte: Repositórios das instituições de ensino

A ferramenta de busca da USP oferece um mecanismo que realiza a pesquisa no conteúdo das publicações, enquanto os demais repositórios limitam suas buscas em alguns atributos como autor, título e palavras-chave, o que pode explicar a grande diferença entre as instituições. Ainda assim, o total de 235 publicações é um número relevante de citações em trabalhos acadêmicos.

Como esperado a temática ambiental domina o conjunto das publicações que citam a IDE ambiental paulista. As publicações com temática de engenharia estão relacionadas com a tradição em trabalhos de geoinformação da escola Politécnica da USP. As questões urbanas também são recorrentes nos trabalhos científicos do estado, que concentra a maioria da população brasileira e conta com ao menos três regiões metropolitanas, Figura 17.

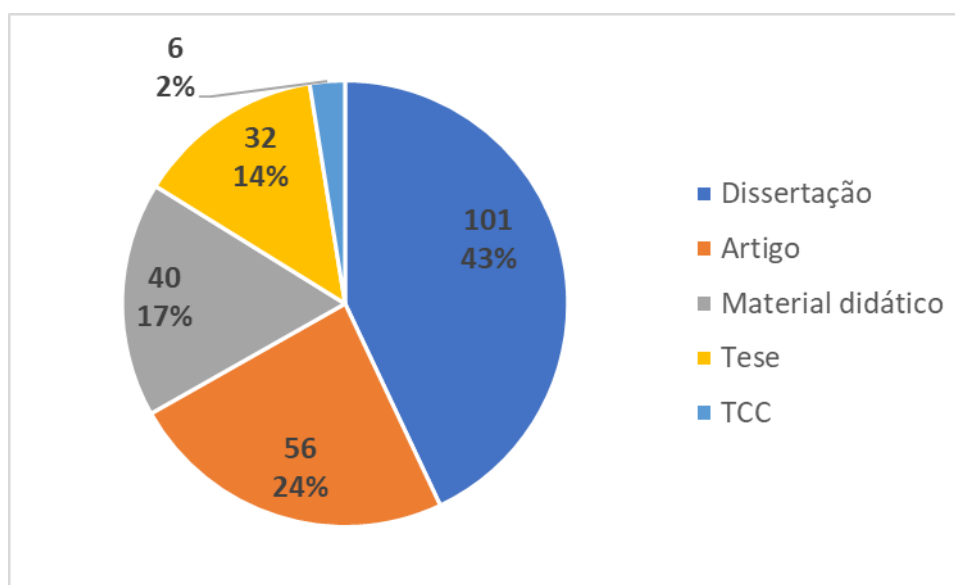
Figura 17 - Número de citações ao DataGEO por temática de publicação



Fonte: Repositórios das instituições de ensino

As publicações de pós-graduação correspondem à grande maioria das publicações que citam o DataGEO, somadas teses e dissertações equivalem a 57% da produção científica analisada. Os artigos científicos também são um tipo recorrente de trabalhos que mencionam a IDE ambiental como fonte de informação. A pesquisa na USP ainda retornou um número significativo de materiais didáticos que citam a plataforma, Figura 18.

Figura 18 - Tipo de publicações que citam o DataGEO



Fonte: Repositórios das instituições de ensino

A análise da dimensão científica mostra que além de auxiliar na elaboração de estudos ambientais, no desenvolvimento de políticas públicas e fomentar investimentos no estado, os dados disponíveis e acessíveis são importantes para o desenvolvimento técnico e científico de uma população. Aqui a IDE atende a todos os indicadores e metas estipuladas.

4.5 Dimensão econômica

Boa parte da discussão em torno das IDEs passa pelo modelo de financiamento. As cifras envolvidas com sua construção e operação levanta questionamentos sobre cobrança por uso das infraestruturas, principalmente quando se observa o uso dos dados por agentes privados. Por outro lado, há quem aponte que os investimentos são feitos com dinheiro público, com origem em arrecadação de impostos.

O DataGEO custou aos cidadãos do estado de São Paulo o total de R\$11,23 milhões de reais em dez anos, considerando gastos com implantação e operação.

Tabela 6.

Tabela 6 - Recursos investidos no DataGEO entre 2013 e 2023.

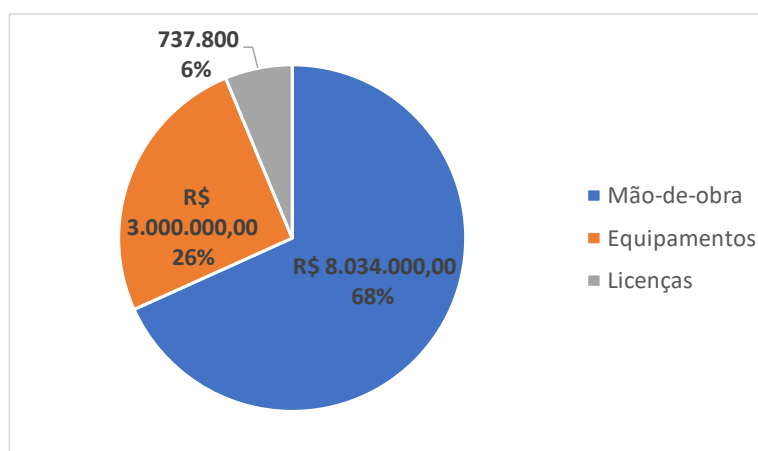
Rubrica	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Implantação	1,62	1,62	1,62	1,62							
Expansão						0,26	0,26	0,26			
Manutenção					0,15				0,10	0,38	0,14
Servidores	0,54					0,50		0,83	0,83		
Storage								0,15	0,15		
Licenças de software	0,27						0,27	0,20			
Sutotal	2,43	1,62	1,62	1,62	0,15	0,76	0,53	1,44	1,08	0,38	0,14

Fonte: CIGI/DIA/SMA-SP. Dados em milhões de reais.

Estes gastos correspondem a uma média de pouco mais de R\$1 milhão por ano. Levando-se em consideração o orçamento oficial da pasta, aproximadamente R\$4 bilhões por ano, a IDEIA/SP custa menos de 0,03% dos gastos com o aparato ambiental do estado de São Paulo.

O perfil de investimentos, Figura 19, mostra ainda que a maior parte dos recursos é gasto com mão-de-obra, cerca de 68%. Este valor inclui manutenção, expansão e a construção propriamente dita. Equipamentos de infraestrutura computacional respondem por 26% destes valores. Por se tratar de *software* livre os gastos com licenciamento respondem por apenas 6% dos gastos.

Figura 19 – Perfil de gastos realizado por tipo de investimento



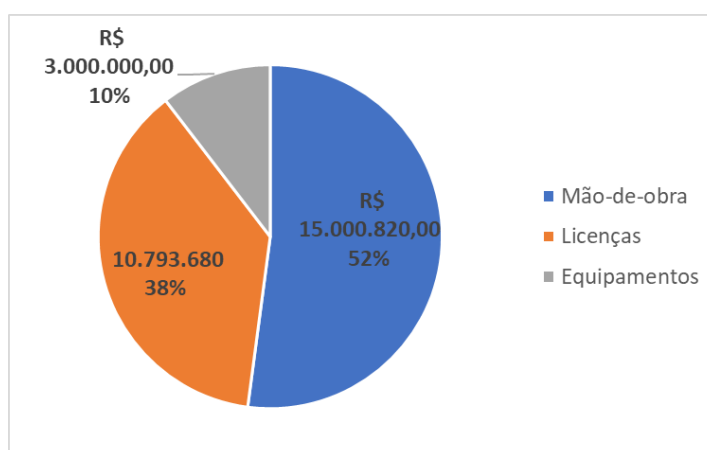
Fonte: CIGI/DIA/SMA-SP

O DataGEO iniciou em 2013 com um único servidor. Ele contava com ao menos duas aplicações de serviços de mapa e um *webgis* consumindo cerca de 24 núcleos de processamento. Em 2019 ele passou por uma expansão e chegou a três servidores, com 8 aplicações de serviços mapa e mais 4 *webgis* totalizando 67 núcleos de processamento.

Considerando-se que o DataGEO fosse construído integralmente com tecnologias proprietárias, os gastos estimados com base em preços de mercado e os recursos utilizados seria de R\$31,60 milhões, cerca de 2,7 vezes maior que o realizado. Estes gastos contemplam a arquitetura do DataGEO com o número de aplicações de mapa, portais e núcleos de processamento, principal modelo de custos para aquisição de licenças.

A Figura 20 mostra o peso que o licenciamento e o aumento com custos de mão-de-obra com serviços de personalização, manutenção e suporte poderiam alcançar.

Figura 20 - Perfil estimados de gastos considerando tecnologia proprietária



Fonte: CIGI/DIA/SMA-SP

Considerando-se a dimensão econômica de forma mais ampla outros benefícios poderiam ser contabilizados. Por exemplo, a economia realizada na construção de novos sistemas que utilizam o DataGEO como base de dados. Alguns intangíveis, para citar a economia em licenças de GIS Desktop substituídos pelos mapas interativos do DataGEO. Todavia não se vislumbrou neste estudo um conjunto de métricas que pudessem capturar estes resultados.

A escolha por tecnologias livres gerou uma economia de cerca de R\$20,37 milhões de reais aos cofres do estado de São Paulo ao longo dez anos. Aqui também todos os indicadores e metas foram atendidos.

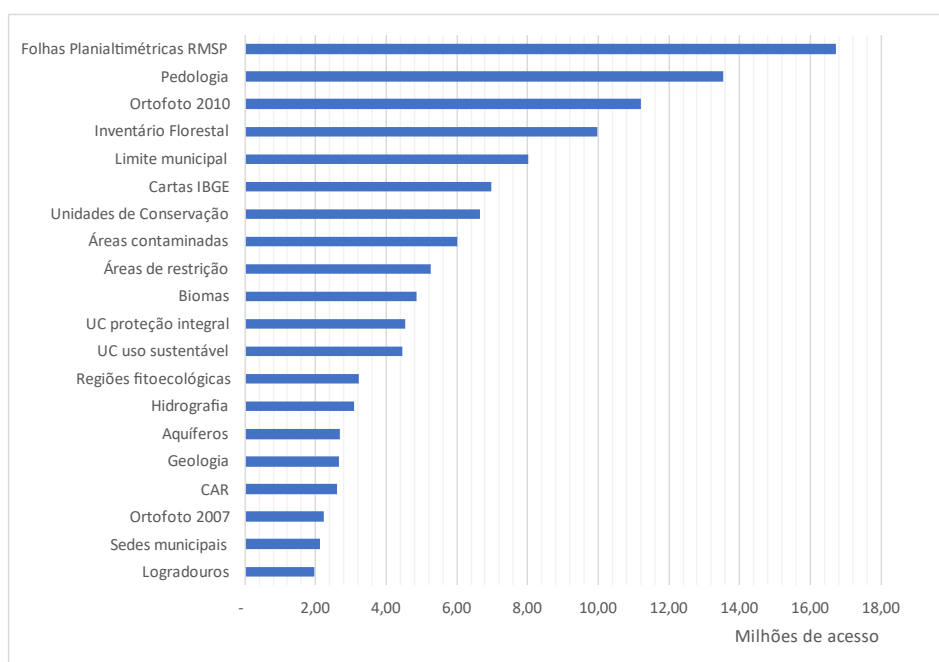
4.6 Dimensão temática/finalidade

Desde 2015 a agenda ambiental se voltou para os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), firmado pelos países signatários do acordo firmado pela cúpula das Nações Unidas. Dentre as metas a serem alcançadas diversas delas estão relacionadas com a conservação e gestão ambiental.

A governança ambiental para se alcançar estes objetivos deve se apoiar em dados, seja para subsidiar diagnósticos seja para monitorar o atingimento de metas. Uma IDE pode contribuir para estas metas na medida em que fornece dados oficiais e de qualidade. A Figura 21 apresenta as 20 camadas mais acessadas nos últimos 12 meses pelos usuários do DataGEO.

O DataGEO possui hoje mais de 1600 camadas publicadas. As vinte mais acessadas correspondem por mais de 45% dos acessos. Elas revelam ainda um distanciamento com os objetivos e metas da ODS, notadamente os objetivos 9c, 13.1 e 13.b, relacionados com o acesso às tecnologias, melhoria no planejamento e contribuição aumento da resiliência às mudanças climáticas, na medida que parecem mais alinhados com a tradição dos ritos burocráticos do processo de licenciamento do Brasil e menos relacionados com informações para planejamento e ações para redução de geração de carbono, por exemplo.

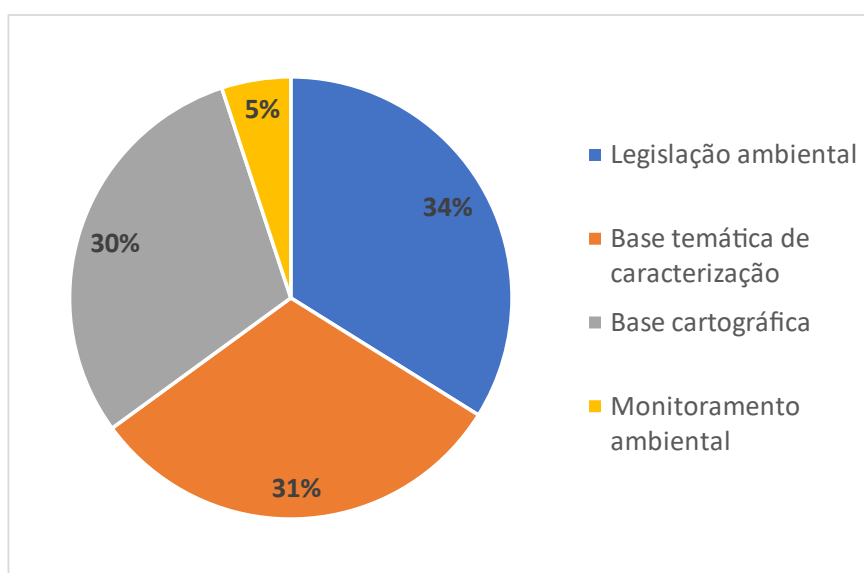
Figura 21 - Camadas mais acessadas do DataGEO nos últimos 12 meses



Fonte: CIGI/DIA/SMA-SP – Módulo de administração do DataGEO.

Este perfil de uso reforça a posição da IDE como ferramenta de apoio à gestão ambiental. A Figura 22 mostra um equilíbrio entre três das quatro categorias dos dados mais acessados segundo sua finalidade. 95% dos dados, somando-se as três categorias mais acessadas, são comumente utilizadas nos estudos ambientais. Além do licenciamento estes dados são ponto de partida para o planejamento e acompanhamento de políticas públicas ambientais. Apenas 5% dos acessos referem-se camadas utilizadas no processo de monitoramento ambiental.

Figura 22 - Categorias de camadas mais acessadas



Fonte: CIGI/DIA/SMA-SP – Módulo de administração do DataGEO

Outras contribuições para o meio ambiente podem ser identificadas, como o exemplo do projeto Municípios Paulistas Resilientes da SMA-SP que se apoia fortemente no DataGEO. Entretanto não existem mecanismos bem definidos para se aferir os impactos destes projetos. Também não foi possível encontrar dados para se estabelecer métricas correlacionando os efeitos da IDE/SP com melhoria da qualidade dos estudos ambientais ou gestão da paisagem, por exemplo.

4.7 Resumo da análise de desempenho

A tabela a seguir resume o resultado dos indicadores aplicados ao DataGEO.

Tabela 7 - Resumo do resultado dos indicadores aplicados ao DataGEO

INDICADOR	META	VALOR MEDIDO	SITUAÇÃO
Número de acessos à plataforma	2.000%	2.700%	Atendeu
Perfil de usuários	50%	62%	Atendeu
Interface de acesso	50%	10%	Não Atendeu
Força da institucionalização	240	274	Atendeu
Abrangência da institucionalização	50%	27%	Não Atendeu
Caráter oficial dos dados	50%	54%	Atendeu
Desenvolvimento científico	10%	15,7%	Atendeu
Interdisciplinaridade	50%	57%	Atendeu
Impacto da publicação	50%	69%	Atendeu
Custo-benefício	50%	270%	Atendeu
Tipologia de dados acessados	50%	69%	Atendeu
Aderência à finalidade	50%	70%	Atendeu

Fonte: o autor.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação teve como objetivo geral desenvolver uma metodologia robusta para análise de desempenho de uma IDE. Os objetivos específicos incluíram a identificação de indicadores de performance chave e a aplicação desta metodologia em um estudo de caso, utilizando o DataGEO como exemplo prático. Por meio da técnica de *Performance-Based Management* (PBM), a pesquisa buscou estabelecer uma abordagem sistemática e replicável, que pudesse ser aplicada a qualquer IDE.

A técnica de PBM mostrou-se fundamental na estruturação da metodologia proposta. Ela permitiu uma abordagem focada em resultados, facilitando a medição do desempenho e a tomada de decisões baseada em dados. Os indicadores de desempenho (PIs) escolhidos, alinhados com os princípios do PBM, provaram ser eficazes na avaliação das capacidades operacionais, eficiência e impacto do DataGEO, oferecendo insights valiosos sobre áreas de melhoria e sucesso.

Em resumo, a aplicação de PIs nas IDEs é um processo contínuo que demanda um enquadramento conceitual, acompanhamento e ajuste constantes para refletir os objetivos estratégicos e as mudanças no ambiente de dados espaciais. Recomenda-se que as metas sejam incorporadas nos planos de ação de implantação dos projetos de IDE. Desta forma a avaliação de performance pode ser utilizada como instrumento de gestão da própria IDE auxiliando nas tomadas de decisão ao longo do ciclo de vida de uma IDE.

A metodologia desenvolvida nesta dissertação representa um avanço significativo na avaliação de desempenho de IDEs. Sua aplicabilidade foi demonstrada com sucesso no estudo de caso do DataGEO, validando sua eficácia e flexibilidade. Cabe salientar que as metas apresentadas neste estudo, de escolha do autor, tinham como objetivo primário avaliar o crescimento regular da IDE ao longo dos dez anos de sua operação. Estes elementos permitiram uma análise abrangente e detalhada, destacando a importância de uma abordagem sistemática na avaliação de IDEs. Portanto, cabe aos gestores das IDEs definirem seus objetivos e estabelecerem metas coerentes com sua realidade.

Os resultados alcançados pela IDE ambiental de São Paulo mostram que o DataGEO se incorporou de forma bastante efetiva como um dos principais instrumentos de governança de dados ambientais no estado de São Paulo. Ele

impactou positivamente nos processos do chamado Sistema Ambiental Paulista, responsável pela gestão ambiental no território paulista. A IDE/SP contribui ainda para o desenvolvimento sustentável do estado. Os indicadores escolhidos mostram a força institucional, a contribuição para a ciência e a abrangência de seu uso, potencializando o retorno dos investimentos financeiros do estado na IDE/SP. Apenas dois indicadores, Interface de acesso e Abrangência da institucionalização ficaram abaixo da meta definida como ideal, indicando que ainda mais sistemas e aplicações apoiadas em suas bases de dados devem ser fomentados e que há espaço para a criação de políticas públicas que utilizem a IDE como ferramenta.

A metodologia proposta, embora validada no contexto do DataGEO, possui potencial de aplicabilidade a uma variedade maior de IDEs. Este potencial se baseia em três aspectos principais:

- **Universalidade dos Indicadores** - A escolha dos indicadores de desempenho foi guiada por critérios de universalidade e relevância. Os indicadores selecionados, como eficiência operacional e impacto institucional, são aplicáveis a diversas IDEs, independentemente de suas especificidades locais ou temáticas. Esta universalidade permite que a metodologia proposta seja adaptada para avaliar o desempenho de IDEs em diferentes contextos geográficos e setoriais.
- **Flexibilidade da Metodologia** - A metodologia desenvolvida demonstrou flexibilidade, permitindo ajustes para acomodar diferentes tipos de IDEs. Esse aspecto é crucial, pois as IDEs variam significativamente em termos de escopo, objetivos e desafios. A abordagem baseada em PBM fornece um arcabouço que pode ser adaptado para atender às necessidades específicas de diferentes IDEs, garantindo que a avaliação seja relevante e eficaz.
- **Adaptação às Mudanças Tecnológicas e de Política** - As IDEs estão em constante evolução, influenciadas por avanços tecnológicos e mudanças políticas. A metodologia proposta é suficientemente dinâmica para se adaptar a estas mudanças, permitindo revisões periódicas dos indicadores e da abordagem de avaliação. Isso é essencial para garantir que a avaliação de desempenho permaneça relevante e alinhada com os objetivos estratégicos e mudanças no ambiente de dados espaciais.

As descobertas desta pesquisa têm implicações significativas para a gestão e avaliação de IDEs. Recomenda-se que estudos futuros explorem a aplicação desta metodologia em uma variedade maior de IDEs, para validar ainda mais sua aplicabilidade em diferentes contextos e escalas. Além disso, investigações adicionais poderiam focar na otimização dos indicadores de desempenho e na exploração de novas métricas relevantes para o campo emergente das IDEs.

A evolução das IDEs está fortemente atrelada ao desenvolvimento das tecnologias de informação e comunicação. Novos paradigmas e inovações tecnológicas influenciarão novas gerações de IDE. Quanto mais abrangente maior a demanda pelo dado analisado e acesso ao conhecimento gerado em torno dos dados espaciais.

A IDEIA/SP pode ser acessada pelo link do DataGEO na web: <https://datageo.ambiente.sp.gov.br>.

REFERÊNCIAS

AMORIM, Amilton; PELEGRINA, Marcos Aurélio; JULIÃO, Rui Pedro. **Infraestruturas de dados espaciais. Cadastro e gestão territorial: uma visão luso-brasileira para a implementação de sistemas de informação cadastral nos municípios.** [S.l.]: Editora UNESP, 2018. p. 37–52.

BAHIA. **DECRETO Nº 16.219 DE 24 DE JULHO DE 2015.** Disponível em: <https://geoportal.ide.ba.gov.br/geoportal/conteudo/institucional/DECRETO_16219.pdf>. Acesso em: 8 jul. 2023.

BÉJAR, Rubén et al. **SDI-based business processes: A territorial analysis web information system in Spain.** Computers and Geosciences, v. 46, p. 66–72, set. 2012. Acesso em: 04 ago. 2022.

BISHOP, Ian D. et al. **Spatial data infrastructures for cities in developing countries: Lessons from the Bangkok experience.** Cities, v. 17, n. 2, p. 85–96, 1 abr. 2000a. Acesso em: 04 ago. 2022.

BORBA, Rogério Luís Ribeiro et al. **Uma proposta para a nova geração de infraestrutura de dados espaciais.** Revista Brasileira de Cartografia, v. 67, n. 6, p. 1145–1166, 2015.

BRASIL. **Decreto nº 6666 Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais - INDE.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6666.htm>. Acesso em: 04 ago. 2022.

BRAVO, João Vitor Meza; SLUTER, Claudia Robbi. **O Problema Da Qualidade De Dados Espaciais Na Era Das Informações Geográficas Voluntárias.** Boletim de Ciências Geodésicas, v. 21, n. 1, p. 56–73, mar. 2015.

BUDHATHOKI, Nama Raj; NEDOVIC-BUDIC, Zorica. **Towards an Extended SDI Knowledge Base and Conceptual Framework.** GSDI-9 Research and Theory in Advancing Spatial Data Infrastructure Concepts, Santiago, Chile, GSDI, 2006.

CÉSAR, Júlio; CASAES, Costa; CAETANO BASTOS, Lia. **Proposta De Modelo Teórico-Conceitual Para A Governança De Dados Abertos Governamentais**. [S.l: s.n.], 2018.

COELHO, Livia; MELLO, D E. **Análise Bibliométrica De Teses E Dissertações Brasileiras Sobre O Conhecimento Tradicional (2010-2015)**. 2018. 162 f. Doutorado – UFSC, São Carlos - SP, 2018.

COLEMAN, David J. **Defining global geospatial data infrastructure (GGDI): components, stakeholders and interfaces**. *Geomatica*, v. 52, n. 2, p. 129–143, 1998.

COLEMAN, David J; MCLAUGHLIN, J D; NICHOLS, S. **Building a spatial data infrastructure**. 1997, [S.l: s.n.], 1997. p. 89–104.

CROMPVOETS, Joep et al. **A multi-view framework to assess SDIs**. [S.l.]: Wageningen University, RGI, 2008.

DALLABRIDA, Valdir Roque. **Território, Governança e Desenvolvimento Territorial**. 1. ed. [S.l: s.n.], 2016. v. 1.

DAVIS JR, Clodoveu; ALVES, Leonardo L. **Infraestruturas de Dados Espaciais: Potencial para Uso Local**. *Revista IP Ano8 N*, p. 65–80, 2006.

DAVIS JR, Clodoveu; FONSECA, Frederico; CÂMARA, Gilberto. **Infraestruturas de Dados Espaciais na Integração entre Ciência e Comunidades para Promover a Sustentabilidade Ambiental**. ago. 2009.

DELAVAR, Mahmoud; RAJABIFARD, Abbas; REZAYAN, Hani. **NSDI and IT Evolution**. *Map Asia*, fev. 2003.

DRUCKER, Debora Pignatari et al. **Preservação e organização da geoinformação em instituições: o caso da construção da Infraestrutura de Dados Espaciais da Embrapa**. 2015a.

FREITAS, Christian et al. **SDI as a Corporate Tool and Sharing Instrument: Datageo's Role in São Paulo's Environmental System**. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 69, p. 8, ago. 2019.

GIFF, Garfield A.; CROMPVOETS, Joep. **Performance Indicators a tool to Support Spatial Data Infrastructure assessment**. *Computers, Environment and Urban Systems*, v. 32, n. 5, p. 365–376, set. 2008.

GIULIANI, Gregory; RAY, Nicolas; LEHMANN, Anthony. **Grid-enabled Spatial Data Infrastructure for environmental sciences: Challenges and opportunities**. *Future Generation Computer Systems*, v. 27, n. 3, p. 292–303, mar. 2011. Acesso em: 04 ago. 2022.

GOODCHILD, Michael F. **Citizens as sensors: the world of volunteered geography**. *Geojournal*, v. 69, n. 4, p. 211–221, 2007.

HACHMANN, Samyra; JOKAR ARSANJANI, Jamal; VAZ, Eric. **Spatial data for slum upgrading: Volunteered Geographic Information and the role of citizen science**. *Habitat International*, v. 72, p. 18–26, 1 fev. 2018. Acesso em: 04 ago. 2022.

HARVEY, F; TULLOCH, D. **Local-government data sharing: Evaluating the foundations of spatial data infrastructures**. *International journal of geographical information science: IJGIS*, v. 20, n. 7, p. 743–768, 2006.

IZDEBSKI, Waldemar; ZWIROWICZ-RUTKOWSKA, Agnieszka; NOWAK DA COSTA, Joanna. **Open data in spatial data infrastructure: the practices and experiences of Poland**. *International Journal of Digital Earth*, v. 14, n. 11, p. 1547–1560, 2021. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=tjde20>>.

JAAP-WILLEM SJOUKEMA et al. **Governance interactions of spatial data infrastructures: an agent-based modelling approach**. [S.l.]: Taylor & Francis. Disponível em: <https://tandf.figshare.com/articles/dataset/Governance_interactions_of_spatial_data_infrastructures_an_agent-based_modelling_approach/13559541/1>., 2021

JABBOUR, Chady et al. **Spatial data infrastructure management: A two-sided market approach for strategic reflections**. International Journal of Information Management, v. 45, p. 69–82, 1 abr. 2019. Acesso em: 04 ago. 2022.

KOTSEV, Alexander et al. From **Spatial Data Infrastructures to Data Spaces—A Technological Perspective on the Evolution of European SDIs**. ISPRS International Journal of Geo-Information 2020, Vol. 9, Page 176, v. 9, n. 3, p. 176, 16 mar. 2020. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2220-9964/9/3/176/html>>. Acesso em: 04 ago. 2022.

MAPHALE, Lopang; SMIT, Julian L. **a Theoretical Proposition for Spatial Data Infrastructure On-Going Improvement**. ISPRS International Journal of Geo-Information, v. 10, n. 1, p. 9, 28 dez. 2020.

MASÓ, Joan; PONS, Xavier; ZABALA, Alaitz. **Tuning the second-generation SDI: theoretical aspects and real use cases**. International journal of geographical information science: IJGIS, v. 26, n. 6, p. 983–1014, 2012.

MASSER, Ian. **Multi-level Implementation of-SDIs: Emerging Trends and Key Strategic Issues**. GIM INTERNATIONAL, v. 20, n. 2, p. 31, 2006.

MAURICE, De Kleijn et al. **Towards a User-centric SDI Framework for Historical and Heritage European Landscape Research**. International journal of spatial data infrastructures research, v. 9, n. 1, 2014.

MCLAUGHLIN, John; NICHOLS, Sue. **Developing a National Spatial Data Infrastructure**. Journal of Surveying Engineering, v. 120, n. 2, p. 62–76, maio 1994.

MEIJERE, Johan De. **Developing Spatial Data Infrastructures: From Concept to Reality**. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, v. 8, n. 1, p. 73–74, jan. 2006.

MINAS GERAIS. RESOLUÇÃO CONJUNTA SEMAD/FEAM/IEF/IGAM N° 3.147, DE 7 DE JUNHO DE 2022. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=55963>>. Acesso em: 8 jul. 2023.

MORENO-NAVARRO, J. G.; LÓPEZ-MAGÁN, E.; AUZ-ARAMILLO, L. **The Evolution of Connectivity in Sig-T Modeling. The Case of the Spatial Data Infrastructure of Andalusia.** *Transportation Research Procedia*, v. 55, p. 1381–1388, 2021a. Acesso em: 04 ago. 2022.

MOURA, Ana Clara Mourão. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano.** 1. ed. [S.l: s.n.], 2014. v. 1.

PAIXÃO, Silvane Karoline Silva; NICHOLS, Sue; COLEMAN, David. **Towards a spatial data infrastructure: Brazilian initiatives.** *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 60, n. 2, 2008.

PINHEIRO, Michele B.; DAVIS, Clodoveu A. **Open Geospatial Data, Software and Standards ThemeRise: a theme-oriented framework for volunteered geographic information applications.** *Open Geospatial Data, Software and Standards*, v. 1, n. 3, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/s40965-018-0049-4>>.

RAJABIFARD, Abbas; FEENEY, Mary-Ellen F; WILLIAMSON, Ian P. **Future directions for SDI development.** *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v. 4, n. 1, p. 11–22, 2002.

RAJABIFARD, Abbas; WILLIAMSON, Ian P. **Spatial data infrastructures: concept, SDI hierarchy and future directions.** 2001a, [S.l: s.n.], 2001.

RAUTENBACH, Victoria; COETZEE, Serena; IWANIAK, Adam. **Orchestrating OGC web services to produce thematic maps in a spatial information infrastructure.** *Computers, Environment and Urban Systems*, v. 37, n. 1, p. 107–120, jan. 2013. Acesso em: 04 ago. 2022.

REZAEI, Z; MALEK, M R. **The Gradual Evolution of Spatial Information Systems to the Third Generation of SDI by User Centric Approach.** *Geospatial Engineering Journal*, v. 6, n. 4, p. 23–34, 2015.

SAMPAIO, Cárta da Silva; CARVALHO JÚNIOR, Mario Orlando De. **Interoperabilidade de dados geoespaciais brasileiros: uma análise da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais entre 2008 e 2020.** 2021.

SANTOS, ROZELY FERREIRA DOS. **Planejamento Ambiental - Teoria e Prática**. 1. ed. [S.l: s.n.], 2004. v. 1.

SÃO PAULO. **DECRETO Nº 61.486, DE 11 DE SETEMBRO DE 2015**. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2015/decreto-61486-11.09.2015.html>>. Acesso em: 8 jul. 2023.

SILVA, Leonardo Scharth Loureiro; CAMBOIM, Silvana Philippi. **Brazilian Nsdi Ten Years Later: Current Overview, New Challenges and Propositions for National Topographic Mapping**. Boletim de Ciências Geodésicas, v. 26, n. 4, p. 1–14, 2020.

SJOUKEMA, Jaap Willem et al. **Governance interactions of spatial data infrastructures: an agent-based modelling approach**. International Journal of Digital Earth, v. 14, n. 6, p. 696–713, 2021.

TORRE, Pedro et al. **Governança e planejamento ambiental: adaptação e políticas públicas na Macrometrópole Paulista**. [S.l.]: Letra Capital Editora LTDA, 2019.

TUCHYNA, Martin. **Establishment of spatial data infrastructure within the environmental sector in Slovak Republic**. Environmental Modelling and Software, v. 21, n. 11, p. 1572–1578, nov. 2006. Acesso em: 04 ago. 2022.

YAMASHKIN, S A; FEDOSIN, S A. **Project-Oriented Spatial Data Infrastructures**. International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET), v. 10, n. 2, p. 1181–1190, 2019a. Disponível em: <<http://www.iaeme.com/IJCIET/index.asp1181http://www.iaeme.com/ijciyet/issues.asp?JType=IJCIET&VType=10&IType=2http://www.iaeme.com/IJCIET/issues.asp?JType=IJCIET&VType=10&IType=2>>.

YAWSON, David O.; ARMAH, Frederick A.; PAPPOE, Alex N.M. **Enabling sustainability: Hierarchical need-based framework for promoting sustainable data infrastructure in developing countries**. Sustainability, v. 1, n. 4, p. 946–959, 2009.

APÊNDICE A - Descritores dos indicadores

Nome	Número de acessos à plataforma
Definição	Número absoluto de acessos à plataforma indicando a efetividade da IDE no papel de disseminar dados geoespaciais de forma abrangente
Fórmula	Contagem de acessos mensais
Unidade de medida	Acessos
Objetivo/meta	Aumentar em % o número de acessos ao ano
Responsável	Gestor da IDE
Frequência de medição	Anual
Fonte de dados	Log de acessos aos servidores da IDE

Nome	Perfil de usuários
Definição	Relação entre a quantidade de acessos que partiram da própria instituição em relação a usuários de fora da instituição indicando a efetividade da IDE em promover o acesso junto ao público externo
Fórmula	$(\text{número de acessos da rede local} / \text{número de acessos da internet}) \times 100$
Unidade de medida	%
Objetivo/meta	Aumentar a relação de acessos entre usuários externos em % ao ano
Responsável	Gestor da IDE
Frequência de medição	Anual
Fonte de dados	Log de acessos aos servidores da IDE

Nome	Interface de acesso
Definição	Relação entre a quantidade de acessos originados por um browser de internet em relação aos acessos que partiram de outros tipos de sistemas, indicando a efetividade da IDE em apoiar outros sistemas de informação ou IDEs
Fórmula	$(\text{número de acessos via browser de internet} - \text{número de acessos através de sistemas de informação}) / \text{número de acessos no ano} \times 100$
Unidade de medida	%
Objetivo/meta	Aumentar a relação de acessos entre a interface de máquina em % ao ano
Responsável	Gestor da IDE
Frequência de medição	Anual
Fonte de dados	Log de acessos aos servidores da IDE

Nome	Força da institucionalização
Definição	Contagem do número de citações diretas à IDE no diário oficial, indicando a oficialidade dos dados publicados através da IDE.
Fórmula	Contagem de citações
Unidade de medida	Citações
Objetivo/meta	Número de citações em publicações oficiais ao ano
Responsável	Gestor da IDE
Frequência de medição	Anual
Fonte de dados	Contagem de citações extraídas da publicação oficial do nível de governo.

Nome	Abrangência da institucionalização
Definição	Relação entre as citações no caderno do diário oficial da esfera legislativa em relação às citações nos cadernos das demais esferas de poder
Fórmula	$(\text{número de citações no caderno legislativo} / \text{número de citações nos demais cadernos}) \times 100$
Unidade de medida	%
Objetivo/meta	Aumentar a relação de citações na esfera legislativa em % ao ano.
Responsável	Gestor da IDE
Frequência de medição	Anual
Fonte de dados	Contagem de citações extraídas da publicação oficial do nível de governo.

Nome	Caráter oficial dos dados
Definição	Relação entre as citações no caderno do diário oficial da esfera legislativa em relação às citações nos cadernos das demais esferas de poder
Fórmula	$(\text{citações que indicam a IDE como fonte do dado a ser utilizada} / \text{quantidade de citações totais}) \times 100$
Unidade de medida	%
Objetivo/meta	Aumento em % ao ano das indicações de uso como base oficial de dados
Responsável	Gestor da IDE
Frequência de medição	Anual
Fonte de dados	Contagem de citações extraídas da publicação oficial do nível de governo.

Nome	Desenvolvimento científico
Definição	Contagem do número de citações diretas à IDE em trabalhos científicos, indicando o uso da IDE como fonte confiável e oficial para estudos científicos e inovação tecnológica
Fórmula	$(\text{contagem de citações do ano} - \text{contagem de citações do ano anterior}) / \text{contagem de citações do ano anterior} \times 100$
Unidade de medida	%
Objetivo/meta	Aumentar em % o número de publicações ao ano
Responsável	Gestor da IDE
Frequência de medição	Anual
Fonte de dados	Contagem de citações extraídas de publicações técnico científicas extraídas de bibliotecas universitárias e/ou revistas científicas

Nome	Interdisciplinaridade
Definição	Contagem do número de citações diretas à IDE em trabalhos científicos, separados por área temática, indicando a diversidade de uso dos dados da IDE para o desenvolvimento de metodologias e tecnologias de gestão territorial
Fórmula	$(\text{número de citações por temática no ano corrente} - \text{número de citações por temática no ano anterior}) / \text{número de citações por temática no ano anterior} \times 100$
Unidade de medida	%
Objetivo/meta	Aumentar em % o número de citação em diferentes disciplinas ao ano
Responsável	Gestor da IDE
Frequência de medição	Anual
Fonte de dados	Contagem de citações extraídas de publicações técnico científicas extraídas de bibliotecas universitárias e/ou revistas científicas

Nome	Impacto da publicação
Definição	Contagem do número de citações diretas à IDE em trabalhos científicos, por nível de formação indicando a efetividade no grau de desenvolvimento científico e inovação promovido
Fórmula	$\frac{\text{número de citações por titulação - número de citações por titulação no ano anterior}}{\text{número de citações por titulação no ano anterior}} \times 100$
Unidade de medida	%
Objetivo/meta	Aumentar em % o número de publicações de pós-graduação ao ano
Responsável	Gestor da IDE
Frequência de medição	Anual
Fonte de dados	Contagem de citações extraídas de publicações técnico científicas extraídas de bibliotecas universitárias e/ou revistas científicas

Nome	Custo-benefício
Definição	Retorno de investimento ou economia gerada aos cofres públicos frente aos investimentos públicos realizados e acumulados nas fases de implantação e operacionalização da IDE.
Fórmula	$\frac{(\text{gasto total considerado no cenário atualizado} - \text{gasto efetivo acumulado até o ano corrente})}{\text{gasto efetivo acumulado até o ano corrente}} \times 100$
Unidade de medida	%
Objetivo/meta	Economia ou retorno de investimento em % ao ano
Responsável	Gestor da IDE
Frequência de medição	Anual
Fonte de dados	Informações de gastos obtidos no portal de transparência ou lei de acesso à informação

Nome	Tipologia de dados acessados
Definição	Avaliar se os perfis de dados acessados na IDE são aderentes à finalidade para qual a IDE foi concebida a partir da contagem da quantidade de acessos por camadas de dados
Fórmula	$\frac{(\text{soma do número de acessos por camada própria no ano} - \text{soma do número de acessos por cama de terceiros no ano})}{\text{número total de acessos no ano}} \times 100$
Unidade de medida	%
Objetivo/meta	Aumentar o % do número de acesso a dados relacionados com o tema/finalidade da IDE ao ano
Responsável	Gestor da IDE
Frequência de medição	Anual
Fonte de dados	Log de acessos aos servidores da IDE

Nome	Aderência à finalidade
Definição	Avaliar a qualidade do uso dos dados acessados na IDE contabilizando a quantidade de acessos por categoria e sua aderência à finalidade para qual a IDE foi concebida
Fórmula	$\frac{(\text{soma do número de acessos por categoria no ano} - \text{soma do número de acessos por categoria no ano anterior})}{\text{número total de acessos no ano anterior}} \times 100$
Unidade de medida	%
Objetivo/meta	Aumentar o % de acesso a camadas relacionadas, por categoria, com o tema/finalidade da IDE ao ano
Responsável	Gestor da IDE
Frequência de medição	Anual
Fonte de dados	Log de acessos aos servidores da IDE