

**FERRAMENTAS ONLINE DE GEOLOCALIZAÇÃO (APIs) PARA EXTRAÇÃO DE LATITUDE E LONGITUDE DE ENDEREÇOS: UM ESTUDO COMPARATIVO**

**ONLINE GEOLOCATION TOOLS (APIs) FOR EXTRACTING LATITUDE AND LONGITUDE FROM ADDRESSES: A COMPARATIVE STUDY**

**HERRAMIENTAS DE GEOLOCALIZACIÓN EN LÍNEA (APIs) PARA EXTRAER LATITUD Y LONGITUD DE DIRECCIONES: UN ESTUDIO COMPARATIVO**

 <https://doi.org/10.56238/arev7n8-266>

**Data de submissão:** 26/07/2025

**Data de publicação:** 26/08/2025

**Gabriel Henrique Lenz**

Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação

Instituição: Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Campus Frederico Westphalen  
E-mail: gabrielxlenz@gmail.com

**Ithalo Argenta**

Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação

Instituição: Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Campus Frederico Westphalen  
E-mail: ithaloargenta@gmail.com

**Evandro Preuss**

Instituição: Departamento de Tecnologia da Informação (DTecInf), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Campus Frederico Westphalen  
E-mail: evandro.preuss@ufsm.br

**Roberto Franciscatto**

Instituição: Departamento de Tecnologia da Informação (DTecInf), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Campus Frederico Westphalen  
E-mail: roberto.franciscatto@ufsm.br

**Solange de Lourdes Pertile**

Instituição: Departamento de Tecnologia da Informação (DTecInf) Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Campus Frederico Westphalen  
E-mail: solange.pertile@ufsm.br

---

**RESUMO**

Este trabalho apresenta um estudo comparativo entre três APIs de geocodificação: Google Maps, OpenStreetMap (Nominatim) e ArcGIS, com o objetivo de avaliar sua precisão e viabilidade na extração automatizada de latitude e longitude a partir de endereços textuais. O estudo contextualiza a importância da geocodificação em aplicações de análise espacial e descreve os conceitos técnicos envolvidos, como sistemas de coordenadas, arquitetura REST e formatos de dados. A metodologia baseou-se em um experimento com endereços brasileiros, utilizando a linguagem Python e a biblioteca GeoPandas para integrar as APIs e calcular a acurácia por meio da distância entre os pontos reais e os obtidos. Os resultados evidenciam variações significativas entre as ferramentas, com o Google Maps destacando-se pela maior precisão e menor número de falhas. O Nominatim, embora

gratuito, apresentou limitações quanto à acurácia e disponibilidade. A análise reforça que a escolha da API ideal depende do contexto de uso, do orçamento e das necessidades técnicas de cada projeto.

**Palavras-chave:** Geolocalização. Geocodificação. Estudo Comparativo de APIs.

## ABSTRACT

This study presents a comparative analysis of three geocoding APIs: Google Maps, OpenStreetMap (Nominatim), and ArcGIS with the goal of evaluating their accuracy and feasibility in the automated extraction of latitude and longitude from textual addresses. The research highlights the importance of geocoding in spatial analysis applications and discusses key technical concepts, such as coordinate systems, REST architecture, and data formats. The methodology involved an experiment using Brazilian addresses with known coordinates, processed via Python and the GeoPandas library to integrate the APIs and calculate accuracy based on the distance between actual and returned points. The results reveal significant variations among the tools, with Google Maps standing out for its higher accuracy and lower number of failures. Nominatim, although free, showed limitations in both accuracy and availability. The analysis reinforces that the choice of the ideal API depends on the usage context, budget, and technical requirements of each project.

**Keywords:** Geolocation. Geocoding. Comparative Study of APIs.

## RESUMEN

Este artículo presenta un estudio comparativo de tres API de geocodificación: Google Maps, OpenStreetMap (Nominatim) y ArcGIS, con el objetivo de evaluar su precisión y viabilidad en la extracción automatizada de latitud y longitud de direcciones textuales. El estudio contextualiza la importancia de la geocodificación en aplicaciones de análisis espacial y describe los conceptos técnicos involucrados, como los sistemas de coordenadas, la arquitectura REST y los formatos de datos. La metodología se basó en un experimento con direcciones brasileñas, utilizando Python y la biblioteca GeoPandas para integrar las API y calcular la precisión en función de la distancia entre los puntos reales y los obtenidos. Los resultados revelan variaciones significativas entre las herramientas, destacando Google Maps por su mayor precisión y menor cantidad de errores. Nominatim, aunque gratuito, presentó limitaciones en términos de precisión y disponibilidad. El análisis refuerza que la elección de la API ideal depende del contexto de uso, el presupuesto y las necesidades técnicas de cada proyecto.

**Palabras clave:** Geolocalización. Geocodificación. Estudio Comparativo de API.

## 1 INTRODUÇÃO

A geocodificação é um processo fundamental que consiste na conversão de endereços textuais em coordenadas geográficas, como latitude e longitude, possibilitando a representação precisa de locais no ambiente digital. A obtenção precisa dessas informações espaciais é essencial para uma ampla gama de aplicações, incluindo análises espaciais, sistemas de informação geográfica (SIG), serviços baseados em localização, estudos de mobilidade urbana, logística e sistemas preditivos. Quando se trata de grandes volumes de dados, torna-se indispensável o uso de processos automatizados para viabilizar a extração eficiente e confiável dessas coordenadas geográficas.

No entanto, embora existam soluções robustas no mercado para esse fim, muitas são pagas e apresentam custos elevados, o que pode representar uma barreira significativa para pequenas e médias empresas, bem como para pesquisadores com recursos limitados. Alternativas gratuitas estão disponíveis, mas frequentemente apresentam restrições em termos de precisão, volume de requisições ou funcionalidades oferecidas, destacadas no comparativo presente neste estudo.

Este trabalho propõe uma análise comparativa entre três APIs amplamente utilizadas para geocodificação: Google Maps, OpenStreetMap (por meio do serviço Nominatim) e ArcGIS. O principal objetivo é avaliar a precisão, a consistência e a viabilidade técnica dessas ferramentas na tarefa de extração automatizada de coordenadas geográficas, como latitude e longitude, a partir de endereços textuais.

A pesquisa busca identificar não apenas a acurácia dos resultados fornecidos por cada API, mas também aspectos como facilidade de integração, limitações de uso, custo-benefício e desempenho para fornecer subsídios para a escolha mais adequada dessas tecnologias em projetos que envolvam aplicações de geolocalização, análise espacial e sistemas baseados em localização.

Assim, este artigo está estruturado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta o referencial teórico, abordando as APIs de geocodificação consideradas nesta pesquisa. A Seção 3 traz um levantamento de trabalhos relacionados. A Seção 4 detalha a metodologia empregada. A Seção 5 descreve o estudo de caso com a aplicação prática das APIs. Na Seção 6, realiza-se uma análise comparativa dos resultados obtidos. Por fim, a Seção 7 apresenta as considerações finais do estudo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Apresenta-se, nesta seção, um breve referencial teórico sobre as áreas envolvidas neste trabalho, apresentando conceitos relativos a geolocalização e geocodificação, APIs e serviços web, além das principais características de cada API abordado neste artigo.

## 2.1 GEOCODIFICAÇÃO: CONCEITO E APLICAÇÃO

A geocodificação consiste no processo de transformação de descrições textuais de localização, como nomes de lugares ou endereços postais, em coordenadas geográficas representadas por latitude e longitude.

Segundo Longley et al. (2013), esse processo é baseado no princípio do georreferenciamento, pelo qual se atribui uma posição precisa na superfície terrestre com base em referências nominais, como endereços ou códigos postais. Atualmente, a geocodificação é amplamente realizada por meio de APIs especializadas.

A documentação oficial da Google define geocodificação como “o processo de transformar um endereço, como ‘1600 Amphitheatre Parkway, Mountain View, CA’, em coordenadas geográficas (latitude 37.423021 e longitude -122.083739), que podem ser usadas para posicionar esse ponto em um mapa” (Google Developers, 2025).

Essa funcionalidade é essencial para o desenvolvimento de sistemas de informação geográfica, realização de análises espaciais, visualização de dados em mapas digitais e vinculação de informações às suas respectivas localizações.

O processo de geocodificação comprehende várias etapas técnicas. Primeiramente, o endereço de entrada é analisado e dividido em componentes: rua, número, cidade, estado e país. Em seguida, esses componentes são padronizados e comparados a uma base de dados de referência, identificando as correspondências possíveis. Por fim, o sistema retorna as coordenadas mais apropriadas, de acordo com o grau de similaridade e confiabilidade da correspondência.

De acordo com Longley et al. (2013), esse processo depende diretamente da qualidade dos dados de entrada e da estrutura dos bancos de dados geográficos disponíveis, os quais devem manter uma representação precisa das relações espaciais.

A geocodificação reversa, por sua vez, é o processo inverso, onde coordenadas geográficas (latitude e longitude) são convertidas em endereços legíveis. Este processo é amplamente utilizado em aplicações móveis e sistemas de navegação para fornecer informações de localização aos usuários.

O uso de sistemas de coordenadas geográficas permite localizar com precisão qualquer ponto sobre o globo terrestre. Conforme Fitz (2008), essas coordenadas oferecem a base para a representação cartográfica, possibilitando a localização exata de qualquer ponto na Terra através de um sistema numérico. Assim, o WGS84 (*World Geodetic System 1984*) apresenta-se como o sistema de coordenadas geográficas mais utilizado atualmente, servindo de padrão para o GPS e para diversas aplicações de mapeamento digital ao operar com coordenadas expressas em graus de latitude e longitude (Longley et al., 2013).

Para representações em planos, emprega-se o sistema UTM (*Universal Transverse Mercator*), que divide a Terra em 60 zonas de 6 graus de longitude. Cada zona possui seu próprio sistema de coordenadas cartesianas, o que simplifica medições e cálculos de distâncias em áreas mais restritas (Fitz, 2008).

## 2.2 APIs E SERVIÇOS WEB

Uma API (*Application Programming Interface*) pode ser definida como um conjunto de definições e protocolos que permite a comunicação entre diferentes aplicações de software. Richardson e Ruby (2008) definem APIs como interfaces que especificam como componentes de software devem interagir, facilitando a integração entre sistemas distintos.

No contexto de geolocalização, as APIs permitem que aplicações acessem serviços de geocodificação por meio de código, possibilitando a automação de processos que convertem endereços em coordenadas geográficas. Essas interfaces padronizam a comunicação entre o cliente (aplicação solicitante) e o servidor (provedor do serviço).

### 2.2.1 Arquitetura REST e formatos de dados (JSON, XML)

A arquitetura REST (*Representational State Transfer*) trata de um estilo de arquitetura empregado no desenvolvimento de sistemas distribuídos, sobretudo na construção de APIs para aplicações web. Tem sua abordagem orientada em princípios que visam simplicidade, escalabilidade e uso eficiente de recursos web. Richardson e Ruby (2008) descrevem REST como um conjunto de princípios que definem como recursos web devem ser definidos e endereçados, utilizando os métodos padrão do protocolo HTTP.

As APIs Restful usam vários formatos de dados para efetuar as trocas de informações entre sistemas, destacam-se os formatos JSON (*JavaScript Object Notation*) e XML (*eXtensible Markup Language*), que são os mais utilizados. Ainda, o formato JSON tem se tornado o padrão, visto que sua estrutura é simples e leve, otimizando o processamento e a transmissão de dados.

### 2.2.2 Importância das APIs

A utilização de APIs (*Application Programming Interface*) tem grande influência em como sistemas são estruturados hoje em dia, já que permitem que aplicações web interajam com outros sistemas (Idris, Syarif, Winarno, 2022). Uma API atua como um contrato entre o serviço oferecido e o consumidor do serviço (Manuaba, Rudiastini, 2018).

Desta forma, serve como fronteira entre uma parte de sistema de software e outra, definindo um conjunto de operações que um componente fornece para outras partes do sistema. (Madden, 2020). O cliente (consumidor) de uma API pode ser tanto uma aplicação web, móvel, ou, até mesmo, uma outra API.

### 2.3 API DE GEOCODIFICAÇÃO DO GOOGLE MAPS

A Google Maps Geocoding API representa uma das soluções mais amplamente utilizadas no mercado para serviços de geolocalização, sendo parte integrante do Google Maps Platform. Esta API fornece funcionalidades robustas para conversão de endereços em coordenadas geográficas e vice-versa, estabelecendo-se como referência no setor.

O principal objetivo da Google Maps Geocoding API é fornecer uma solução comercial de alta precisão para aplicações que necessitam de serviços de geolocalização confiáveis. A ferramenta foi projetada para atender desde aplicações simples até sistemas complexos de grande escala, oferecendo integração com todo o ecossistema Google Maps Platform.

A API oferece duas modalidades principais de operação: geocodificação direta (*forward geocoding*) e geocodificação reversa (*reverse geocoding*). A geocodificação direta permite converter endereços textuais em coordenadas geográficas (latitude e longitude), enquanto a geocodificação reversa realiza o processo inverso, convertendo coordenadas em endereços legíveis.

O sistema utiliza uma arquitetura baseada em REST, retornando dados em formato JSON por padrão, embora suporte também XML. A API processa tanto endereços estruturados quanto consultas em formato livre, oferecendo flexibilidade para diferentes tipos de aplicações.

Os principais pontos de destaque da API de Geocodificação do Google Maps são:

- a) **Cobertura global abrangente:** a API oferece cobertura mundial com alta precisão, especialmente em áreas urbanas densamente povoadas. A base de dados é constantemente atualizada através de múltiplas fontes, incluindo dados coletados pelos próprios serviços do Google.
- b) **Precisão e confiabilidade:** o sistema apresenta elevada precisão na geocodificação, especialmente para endereços completos e bem formatados. A API implementa algoritmos sofisticados para interpretação de endereços ambíguos e incompletos.
- c) **Integração com ecossistema Google:** a ferramenta integra-se perfeitamente com outros serviços do Google Maps Platform, como Places API, Roads API e Distance Matrix API, permitindo criar soluções abrangentes.

- d) **Modelo de precificação flexível:** oferece um modelo *freemium* com cota gratuita mensal, seguido por precificação por uso, adequado para diferentes portes de aplicações.
- e) **Suporte técnico e documentação:** disponibiliza documentação extensa, exemplos de código e suporte técnico especializado, facilitando a implementação e manutenção.

A API possui restrições de uso relacionadas aos termos de serviço do Google, incluindo limitações sobre armazenamento de dados geocodificados e obrigatoriedade de exibição em mapas Google. O modelo de precificação pode representar custos significativos para aplicações de alto volume.

#### 2.4 API DO OPENSTREETMAP (NOMINATIM)

O Nominatim é o serviço oficial de geocodificação do projeto OpenStreetMap (OSM), representando uma alternativa open source e gratuita para serviços de geolocalização. Desenvolvido como parte do ecossistema colaborativo do OpenStreetMap, o Nominatim oferece funcionalidades de geocodificação baseadas em dados geográficos de código aberto.

O objetivo principal do Nominatim é democratizar o acesso a serviços de geocodificação, oferecendo uma alternativa gratuita e open source aos serviços comerciais. A ferramenta visa apoiar aplicações que necessitam de independência de fornecedores proprietários e maior controle sobre os dados geográficos utilizados.

O Nominatim utiliza exclusivamente dados do OpenStreetMap, que são coletados e mantidos por uma comunidade global de voluntários. A API oferece funcionalidades de busca, geocodificação reversa e busca de detalhes, todas acessíveis através de endpoints REST.

O sistema processa consultas tanto estruturadas quanto em formato livre, suportando múltiplos formatos de saída incluindo JSON, XML, GeoJSON e GeocodeJSON. A arquitetura é baseada em software livre (PostgreSQL, PostGIS) e pode ser instalada localmente por organizações que necessitam de maior controle sobre os dados.

Os principais pontos de destaque do Nominatim são:

- a) **Acesso gratuito e código aberto:** o Nominatim oferece acesso gratuito e ilimitado (respeitando políticas de uso justo), representando uma alternativa econômica para projetos com orçamento limitado.
- b) **Transparência de dados:** Todos os dados utilizados são provenientes do OpenStreetMap, sendo completamente transparentes e auditáveis. Os usuários podem verificar a fonte e qualidade dos dados geográficos.
- c) **Flexibilidade de implantação:** A possibilidade de instalação local permite customizações

específicas e maior controle sobre performance e disponibilidade do serviço.

- d) **Comunidade ativa:** O projeto beneficia-se de uma comunidade global ativa que contribui constantemente para melhoria dos dados e do software.
- e) **Suporte a múltiplos formatos:** Oferece diversos formatos de saída, incluindo padrões abertos como GeoJSON, facilitando a integração com diferentes sistemas.

A qualidade dos dados varia significativamente entre regiões, dependendo da atividade da comunidade local do OpenStreetMap. O serviço público possui limitações de rate limiting mais restritivas comparado a soluções comerciais e a precisão pode ser inferior em áreas com menor cobertura de dados.

## 2.5 API DA ARCGIS

A ArcGIS Geocoding API é parte integrante da plataforma ArcGIS da Esri, uma das principais fornecedoras de soluções de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) do mundo. Esta API representa uma solução empresarial robusta, projetada para atender às necessidades de organizações que requerem alta precisão e funcionalidades avançadas de geolocalização.

O objetivo principal da ArcGIS Geocoding API é fornecer uma solução de geocodificação de nível empresarial, integrada ao ecossistema ArcGIS. A ferramenta foi projetada para atender organizações que necessitam de alta precisão, funcionalidades avançadas de análise espacial e conformidade com padrões empresariais de qualidade e segurança.

A ArcGIS Geocoding API oferece um conjunto abrangente de funcionalidades incluindo geocodificação simples, geocodificação reversa, busca de candidatos, sugestões automáticas e geocodificação em lote (batch geocoding). A API utiliza o ArcGIS World Geocoding Service, que integra múltiplas fontes de dados autorizadas para fornecer cobertura global.

O sistema suporta geocodificação tanto estruturada quanto não estruturada, com capacidade de processar diferentes tipos de localização incluindo endereços pontuais, pontos de interesse, códigos postais e coordenadas administrativas. A arquitetura REST permite integração com diversas plataformas e linguagens de programação.

Os principais pontos de destaque da ArcGIS Geocoding API são:

- a) **Precisão empresarial:** A API utiliza dados de alta qualidade provenientes de múltiplas fontes autorizadas, incluindo dados governamentais oficiais e fornecedores comerciais especializados, resultando em alta precisão de geocodificação.
- b) **Funcionalidades avançadas:** Oferece recursos sofisticados como geocodificação em lote, sugestões inteligentes, validação de endereços e diferentes tipos de localização (rooftop, street,

administrative).

- c) **Integração com ecossistema ArcGIS:** Integração nativa com toda a plataforma ArcGIS, incluindo ArcGIS Online, ArcGIS Enterprise e ArcGIS Pro, permitindo workflows completos de análise espacial.
- d) **Supporte empresarial:** Disponibiliza suporte técnico especializado, documentação abrangente e ferramentas de administração adequadas para ambientes empresariais.
- e) **Segurança e conformidade:** Implementa padrões de segurança empresariais e oferece opções de deployment on-premises para organizações com requisitos específicos de segurança.
- f) **Geocodificação customizada:** Permite a criação de localizadores customizados utilizando dados próprios da organização, oferecendo flexibilidade para necessidades específicas.

A API possui custos relativamente elevados quando comparados a alternativas gratuitas, sendo mais adequada para organizações que dispõem de orçamento específico para soluções de geoprocessamento (GIS). A complexidade da plataforma pode representar uma curva de aprendizado mais acentuada para equipes não familiarizadas com o ecossistema ArcGIS.

## 2.6 RESUMO COMPARATIVO DAS FERRAMENTAS

O quadro 1 apresenta um comparativo em diferentes critérios sobre as APIs de geolocalização estudadas neste trabalho.

Quadro 1 - Resumo comparativo das principais APIs de Geolocalização

Critério	Google Maps Geocoding API	OpenStreetMap (Nominatim)	ArcGIS Geocoding API
<b>Site Oficial</b>	<a href="https://developers.google.com/maps/documentation/geocoding">https://developers.google.com/maps/documentation/geocoding</a>	<a href="https://nominatim.org/">https://nominatim.org/</a>	<a href="https://developers.arcgis.com/rest/geocode/api-reference/overview-world-geocoding-service.htm">https://developers.arcgis.com/rest/geocode/api-reference/overview-world-geocoding-service.htm</a>
<b>Tipo de Solução</b>	Comercial/Freemium	Open Source/Gratuita	Comercial/Empresarial
<b>Protocolo Formatos de Saída</b>	REST/HTTPS JSON, XML	REST/HTTPS JSON, XML, GeoJSON, GeocodeJSON	REST/HTTPS JSON, XML
<b>Geocodificação Direta/Reversa</b>	Sim	Sim	Sim
<b>Geocodificação em Lote</b>	Não	Não recomendado	Sim

<b>Instalação Local</b>	Não	Sim	Sim
<b>Fonte de Dados</b>	Proprietária + Múltiplas fontes	OpenStreetMap	Múltiplas fontes autorizadas
<b>Frequência de Atualização</b>	Contínua	Contínua (comunidade)	Regular
<b>Modelo de Precificação</b>	Pay-per-use	Gratuito/Doações	Créditos/Licenças
<b>Supporte Técnico</b>	Pago	Comunidade	Empresarial
<b>Documentação</b>	Excelente	Boa	Excelente

Fonte: autores (2025)

### 3 TRABALHOS RELACIONADOS

Nessa seção apresentam-se alguns trabalhos relacionados à análise proposta. Foram selecionados quatro trabalhos que possuem relação com análise geoespacial ou extração de dados.

#### 3.1 CHALLENGES IN GEOCODING: AN ANALYSIS OF R PACKAGES AND WEB SCRAPING APPROACHES

O trabalho apresentado por Pérez, Aybar (2024), apresenta a problemática em relação à obtenção de dados georreferenciados provenientes de soluções de código aberto, já que muitas carecem de automação na geocodificação, além da não garantia de sua confiabilidade nos dados. A proposta do projeto se baseia na apresentação da análise de quinze métodos/pacotes do R. A partir dos resultados obtidos, também é proposta a aquisição de dados a partir de *web scraping* reduzindo significativamente as taxas de erro e valores ausentes, porém levanta preocupações quanto às questões legais.

O trabalho aborda *APIs* que facilitam o processo de automação de extração de dados geográficos, entre elas:

- Google Maps Geocoding API;
- OpenCage Geocoding API;
- HERE Geocoding & Search API;
- Bing Maps API;
- Esri ArcGIS REST APIs – Geocoding Services;
- Mapbox Geocoding API;
- TomTom Geocoding API;

- MapQuest Geocoding API;
- Nomination (API de geocodificação gratuita e de código aberto, que utiliza dados do OpenStreetMap).

Além de comparar o tempo de execução, o projeto se propôs a calcular a confiabilidade dos dados extraídos. Os dados em questão contam com informações específicas sobre cada endereço, como a via, nome da rua, número do imóvel, tipo de numeração, identificadores únicos da via, código de distrito e bairro, códigos postais e coordenadas geográficas (como latitude e longitude), além de ângulo da sinalização do número do imóvel em relação à fachada do edifício. Para calcular a confiabilidade desses dados, foi realizado um cálculo entre a distância das coordenadas obtidas no processo de geocodificação e as coordenadas já incluídas no conjunto de dados utilizado.

O uso das APIs fornece uma forma rápida e eficiente de obter coordenadas geográficas porém, muitas vezes pouco confiáveis. Uma alternativa encontrada é a utilização de *web scraping* (técnica utilizada para extrair informações de sites de forma automatizada) em visualizadores de mapas online. O *web scraping* pode ser aplicado diretamente em websites que fornecem o serviço de mapas online, como Google Maps, Bing Maps, HERE WeGo e OpenStreetMap.

A comparação entre as formas de extração levou em consideração a mediana da distância entre a localização fornecida pelo dataset e a que foi encontrada pelas ferramentas.

### 3.2 ANALYZING ROAD USERS BEHAVIOR: A DATA MINING APPROACH USING GOOGLE MAPS POPULAR TIME AND WEB SCRAPING FOR REST AREA VISITATION PATTERNS ON HIGHWAYS AND TOLL ROADS

O projeto proposto por Prasetyani, Isnanto, Widodo (2024), visa analisar os padrões de uso das áreas de descanso em rodovias e estradas com pedágio. Utiliza uma abordagem de mineração de dados, extraíndo informações com *web scraping* e da API do Google Maps, que fornece imagens de satélite, mapas rodoviários, fotos aéreas, visualizações panorâmicas interativas e planejamento de rotas. Inicialmente foram coletadas informações de horários populares do Google Maps por meio de técnicas de *web scraping* utilizando ferramentas como o Puppeteer, que permite a extração rápida e eficiente de dados do site do Google Maps. Após isso, os dados foram analisados.

Após a coleta de dados, foi realizada a Mineração de dados, que consiste em encontrar padrões e tendências. O objetivo principal nessa etapa era obter a densidade de visitantes nas áreas de descanso do Google Maps Places, através de uma análise de dados históricos. As informações extraídas com *web scraping* incluíam horários de visita e número de visitantes em diferentes áreas de descanso.

Também foi realizado um pré-processamento dos dados em várias etapas para garantir a qualidade dos dados. Inicialmente os dados foram salvos em um banco de dados no formato CSV. Esse pré-processamento incluiu a limpeza dos dados para remover informações incompletas, irrelevantes ou duplicadas. Após isso, foram realizadas algumas etapas como integração, seleção e transformação dos dados.

Algumas bibliotecas Python foram utilizadas, como o Matplotlib, para a criação de gráficos. Por fim, o estudo conseguiu demonstrar o potencial que é possível alcançar com informações públicas do Google Maps e técnicas de web scraping.

### 3.3 COMPARING ESRI ARCGIS AND SAS GEOCODING APPROACHES: TEST CASE WITH 3,238 WISCONSIN ADDRESSES

Neste estudo realizado por Johnson, Hampton, Arroyo, Schultz, Gangnon, Malecki e Trentham-Dietz (2024), observamos um comparativo realizado entre duas ferramentas de geocodificação: o procedimento GEOCODE da plataforma SAS e o ArcGIS Geocoding. A pesquisa focou em avaliar o quanto comparáveis são os dados gerados por diferentes métodos de associação entre informações resultadas de pesquisas e representações espaciais utilizadas como indicadores de exposição ambiental e socioeconômica. Os autores escolheram para realizar a análise o ArcGIS e SAS GEOCODE por conta das funcionalidades locais e offline, que contribuem para preservar a confidencialidade dos dados utilizados.

Para a comparação, os pesquisadores utilizaram um conjunto de 3.238 endereços localizados no estado norte-americano de Wisconsin. Tais dados foram geocodificados e, em seguida, foram relacionados a oito diferentes conjuntos de dados públicos sobre fatores ambientais e socioeconômicos, em diversas escalas geográficas (como condado, setor censitário e grupo de bloco censitário) para avaliar o desempenho das ferramentas SAS GEOCODE e ArcGIS Geocoding na associação de endereços a coordenadas geográficas e, consequentemente, na representação espacial de fatores ambientais e socioeconômicos.

Ainda, além de feita a comparação de desempenho, o projeto testou a validade e a acurácia das duas tecnologias. Foram colhidos como resultados uma assertividade de 97,7% do ArcGIS contra 95,9% do SAS nas correspondências por ponto de latitude/longitude e rua. Assim, foi notado um alto índice de concordância entre as duas tecnologias quando feita a classificação dos endereços em níveis geográficos mais amplos, como condados (99,6%), setores censitários (96,5%) e grupos de bloco censitário (94,7%). Igualmente, em dados vinculados aos endereços, como informações sobre status socioeconômico e poluição do ar, o estudo evidenciou que as duas plataformas, ARcGis e SAS

obtiveram resultados muito parecidos, com grau de similaridade acima de 98%. Por volta de 4% dos endereços não obtiveram correspondência, sendo eles principalmente em áreas rurais. Com isso, o estudo conclui que apesar do SAS GEOCODE ser uma escolha lógica para usuários da plataforma SAS, pois não tem custo adicional, comprovou-se que as duas plataformas são opções comparáveis para a maioria das localizações de endereços.

### 3.4 ACURÁCIA DOS SERVIÇOS DE GEOCODIFICAÇÃO AUTOMÁTICA: UM ESTUDO UTILIZANDO ENDEREÇOS DE PRONTUÁRIOS HOSPITALARES EM TEMUCO, CHILE

O trabalho realizado por Quinteros et al. (2022) teve como enfoque na avaliação da acurácia de tecnologias de geocodificação automática. Foram examinados na pesquisa três serviços online — Google Earth Pro, Google Maps (API) e Bing Maps (API) — empregados na geocodificação de uma subamostra de 300 endereços manuscritos oriundos de prontuários hospitalares da cidade de Temuco, Chile. Os autores compararam de forma precisa as coordenadas obtidas pelos serviços em relação a um método de referência manual, baseado em Google Street View e GPS, que representa as coordenadas reais dos endereços.

Para a análise, foram adotados dois critérios: a taxa de sucesso na geocodificação e a magnitude do erro posicional, calculada a partir da distância euclidiana entre as coordenadas retornadas pelos serviços e as coordenadas do padrão de referência. Verificou-se que a taxa de correspondência das tecnologias Google Maps e Google Earth demonstraram desempenho superior, com mais de 80% de acerto, quando comparados ao Bing Maps. Contudo, o Bing demonstrou melhores resultados na acurácia posicional, tendo em 88% dos endereços geocodificados com erro inferior a 20 metros, já enquanto Google Maps e Google Earth apresentaram variações maiores.

O estudo evidenciou que as tecnologias de geocodificação automática obtiveram um desempenho aceitável. Os resultados indicaram significativa variabilidade entre as ferramentas analisadas. O estudo alerta sobre os riscos decorrentes do uso indiscriminado desses métodos sem avaliação prévia da qualidade dos dados, uma vez que podem gerar vieses nas análises. Como estratégia alternativa, os autores sugerem a adoção de um protocolo em camadas (tiered protocol), que combine múltiplos serviços para otimizar a acurácia dos resultados.

## 4 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho baseia-se em um estudo experimental, com o objetivo de comparar o desempenho de diferentes APIs de geocodificação quanto à precisão na extração de

coordenadas geográficas a partir de endereços. A seguir, são descritas as etapas envolvidas no processo de coleta, tratamento e análise dos dados.

#### 4.1 ETAPAS DO ESTUDO

O processo metodológico seguiu as seguintes etapas principais:

- a) **Seleção do conjunto de dados:** foram escolhidos 100 endereços válidos e localizados no Brasil, contendo as informações de rua, número, município, estado e, como referência de comparação, as coordenadas reais (latitude e longitude).
- b) **Padronização dos endereços:** os dados foram formatados de forma uniforme (ex: "Rua Nome da Rua, Número, Município - Estado") para garantir consistência na consulta às APIs.
- c) **Extração de coordenadas geográficas via APIs:** utilizou-se a biblioteca Python GeoPandas, com a função “geocode()”, para realizar as requisições às seguintes APIs: Google Maps Geocoding API; Nominatim (OpenStreetMap); ArcGIS Geocoding API. Cada endereço foi submetido às três APIs, com retorno das coordenadas geográficas (latitude e longitude) correspondentes.
- d) **Tratamento e validação dos dados:** após a extração, as coordenadas retornadas foram comparadas com as coordenadas reais contidas no dataset original, utilizando o cálculo da distância em metros entre os pontos (real x estimado), com base na fórmula de Haversine implementada em Python.
- e) **Cálculo das métricas de avaliação:** Para análise comparativa, foram aplicadas as seguintes métricas:
  - Média da distância: indica o erro médio entre as coordenadas reais e as fornecidas por cada API, embora sensível a outliers.
  - Mediana da distância: oferece uma medida mais robusta frente a valores extremos, sendo útil para avaliar a dispersão dos erros.
- f) **Análise de faltantes e falhas:** foram contabilizadas as falhas de cada API, identificando casos em que a resposta foi nula, incompleta ou claramente imprecisa, visando avaliar a confiabilidade e disponibilidade das ferramentas.

#### 4.2 TECNOLOGIAS UTILIZADAS

Para a implementação do estudo, foram utilizadas as seguintes tecnologias:

- g) **Linguagem Python:** bibliotecas GeoPandas (para geocodificação e análise espacial); Shapely (para manipulação geométrica); Pandas (para manipulação de dados tabulares) e Math (para

cálculo das distâncias).

- h) **Ambiente de desenvolvimento:** Jupyter Notebook e VSCode.
- i) **Provedores de API:** Google Maps (limite gratuito: 10.000 requisições/mês); Nominatim (limite: 1 requisição por segundo); ArcGIS (com uso livre limitado).

## 5 ESTUDO DE CASO

Com o objetivo de validar na prática a eficácia das APIs de geocodificação analisadas neste estudo, foi desenvolvido um experimento aplicado a um conjunto real de endereços. O foco foi avaliar o desempenho das ferramentas Google Maps Geocoding API, OpenStreetMap (Nominatim) e ArcGIS Geocoding API na tarefa de extrair automaticamente coordenadas geográficas (latitude e longitude) a partir de descrições textuais de endereços brasileiros.

Para isso, utilizou-se a linguagem de programação Python, com a biblioteca GeoPandas, em ambiente Google Colab, o que possibilitou a execução dos scripts de forma prática e reproduzível. As coordenadas obtidas por cada API foram posteriormente comparadas com os dados reais, previamente conhecidos, de forma a mensurar a acurácia e a confiabilidade de cada ferramenta em um cenário aplicado.

### 5.1 BIBLIOTECAS PYTHON E AMBIENTE DE EXECUÇÃO

Projetos de ciência de dados frequentemente requerem bibliotecas especializadas. No caso deste estudo, o Python se mostrou adequado pela ampla disponibilidade de recursos para manipulação espacial e integração com APIs. Bibliotecas como GeoPandas, Shapely, Pandas e Math foram essenciais para leitura, análise, transformação de dados e cálculo de distâncias.

A escolha pelo Google Colab se deu por ser uma plataforma online gratuita que oferece suporte à execução de scripts em Python, com acesso facilitado à internet para chamadas às APIs e sem a necessidade de configuração local.

### 5.2 GEOPANDAS

A biblioteca GeoPandas estende as funcionalidades da tradicional biblioteca Pandas, introduzindo estruturas geométricas como o GeoDataFrame. Essa estrutura permite o armazenamento e manipulação de dados espaciais em conjunto com dados tabulares.

Com ela, é possível realizar: leitura e escrita de arquivos geoespaciais; visualização de mapas; cálculo de distâncias geográficas; manipulações geométricas e transformações de projeções. Essas

funcionalidades permitiram a automatização da extração e análise das coordenadas fornecidas pelas APIs.

### 5.3 EXTRAÇÃO VIA API NO GOOGLE COLAB

A função geocode() da biblioteca GeoPandas foi utilizada como interface para as chamadas às APIs. Por meio dela, foi possível fornecer uma lista de endereços e definir o provedor da API a ser utilizada, como Nominatim, Google ou Arcgis. A função retornou a geometria (ponto) correspondente a cada endereço, permitindo a obtenção direta da latitude e longitude. Durante a execução, observaram-se as seguintes limitações gratuitas impostas pelas APIs:

- a) **Google Maps**: até 10.000 requisições gratuitas por mês;
- b) **Nominatim**: limite de uma requisição por segundo (com risco de bloqueio em excesso);
- c) **ArcGIS**: uso livre em pequena escala, sujeito a restrições conforme volume e autenticação.

Os scripts implementados realizaram a chamada para cada provedor individualmente, conforme os exemplos mostrados nas figuras 1 a 4. Após a extração, foi calculada a distância entre o ponto retornado pela API e a coordenada de referência utilizando a fórmula de Haversine, conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 1 - Exemplo de chamada utilizando a biblioteca geopandas

```
● ● ●  
import geopandas as gpd  
from geopandas.tools import geocode  
  
gdf = geocode(enderecos, provider="nominatim", user_agent="")
```

Fonte: autores (2025)

Figura 2 - Chamada para a API de Geolocalização Nominatim

```
● ● ●  
import geopandas as gpd  
from geopandas.tools import geocode  
  
gdf = geocode(enderecos, provider="nominatim", user_agent="teste_geocodificador")
```

Fonte: autores (2025)

Figura 3 - Chamada para a API de Geolocalização Google

```
import geopandas as gpd
from geopandas.tools import geocode

API_KEY = "SUA_API_KEY"

gdf = geocode(enderecos, provider="googlev3", api_key=API_KEY)
```

Fonte: autores (2025)

Figura 4 - Chamada para a API de Geolocalização ArcGIS

```
import geopandas as gpd
from geopandas.tools import geocode

gdf = geocode(enderecos, provider="arcgis")
```

Fonte: autores (2025)

Figura 5 - Código para cálculo das distâncias em metros

```
from geopy.distance import geodesic

# Função para calcular distância geodésica em metros
def calcular_distancia(coord1, coord2):
    return geodesic(coord1, coord2).meters

# Função auxiliar para adicionar coluna de distância
def adicionar_distancia(df_geo, nome_provedor):
    distancias = []
    for i, row in df_geo.iterrows():
        coord_original = (df_original.loc[i, "latitude"], df_original.loc[i, "longitude"])
        coord_geocodificada = (row["latitude"], row["longitude"])
        distancia = calcular_distancia(coord_original, coord_geocodificada)
        distancias.append(distancia)
    df_geo[f"distancia_m_{nome_provedor}"] = distancias
    return df_geo
```

Fonte: autores (2025)

#### 5.4 RESULTADOS DO ESTUDO DE CASO

Para mensurar a acurácia das APIs, foram utilizados 100 endereços reais com campos completos (rua, número, município, estado e coordenadas conhecidas). As três APIs foram testadas com o mesmo conjunto, e a distância entre os pontos obtidos e os reais foi computada. As métricas utilizadas foram:

- Média das distâncias (em metros), sensível a outliers;
- Mediana das distâncias, menos sensível a valores extremos;
- Número de falhas, representando os casos em que a API não retornou resultado adequado.

O quadro 2 apresenta um resumo consolidado dos resultados obtidos:

Quadro 2 - Comparação dos Resultados Obtidos na Amostra

	Google	Nominatim	ArcGIS
Média	4955,59	245622,1	11186,65
Mediana	47,49	247142,31	144830,23
Faltantes	0	31	0

Fonte: autores (2025)

Os dados demonstram que o Google Maps obteve a melhor performance geral, com menor erro médio e mediano, além de não apresentar falhas. O ArcGIS, embora tenha retornado todas as localizações, apresentou resultados com erro médio e mediano significativamente maiores. Já o Nominatim, apesar de gratuito, apresentou o pior desempenho: além dos maiores erros nas distâncias, foi o único serviço que não retornou resultados para parte dos endereços testados.

Ressalta-se que, como os dados utilizados incluíam apenas campos como rua, município e estado (sem bairro, CEP ou coordenadas exatas de entrada), os serviços podem ter enfrentado ambiguidade ou múltiplas possibilidades de geolocalização. Isso pode justificar parte das imprecisões, principalmente no caso do Nominatim, cuja base depende da colaboração da comunidade.

Adicionalmente, é importante destacar que a média pode ser fortemente influenciada por valores extremos (outliers), enquanto a mediana representa uma métrica mais robusta para avaliar o desempenho típico. No caso do Google Maps, a mediana de apenas 47,49 metros indica que, em pelo menos metade dos casos, os pontos retornados estavam muito próximos da localização real.

## 6 SÍNTESE COMPARATIVA DAS FERRAMENTAS AVALIADAS

Após a realização do estudo de caso e análise dos resultados obtidos, torna-se possível estabelecer uma comparação mais ampla entre as APIs avaliadas, considerando não apenas métricas de acurácia, mas também aspectos técnicos, operacionais e contextuais.

Esta seção busca sintetizar os pontos fortes e limitações de cada ferramenta, bem como orientar a escolha mais adequada conforme diferentes cenários de uso.

### 6.1 GOOGLE MAPS GEOCODING API

A API do Google Maps destacou-se pela alta precisão na geocodificação, com os menores valores de erro médio e mediano observados no experimento, além de não apresentar falhas de retorno. Sua cobertura geográfica global, infraestrutura escalável e documentação robusta contribuem para sua adoção em larga escala, especialmente em ambientes comerciais e aplicações críticas.

Os principais pontos fortes são: elevada precisão nos resultados, infraestrutura confiável e escalável, excelente documentação e suporte, integração com todo o ecossistema Google.

As limitações envolvem o modelo de cobrança baseado em volume de requisições (pay-per-use), restrições contratuais quanto ao armazenamento e exibição dos dados, dependência de um fornecedor proprietário.

Assim, API do Google Maps é mais indicada para aplicações comerciais e logísticas, sistemas com alto requisito de precisão e integração com o Google Maps Platform.

## 6.2 OPENSTREETMAP (NOMINATIM)

O Nominatim, serviço *open source* vinculado ao OpenStreetMap, apresenta-se como uma alternativa gratuita e transparente. Apesar de suas vantagens em termos de custo zero, código aberto e possibilidade de instalação local, a ferramenta demonstrou baixa acurácia e alto índice de falhas no estudo de caso, o que compromete sua adoção em contextos que exigem confiabilidade.

Os pontos fortes são: totalmente gratuito, transparência dos dados e formato aberto, possibilidade de uso local, com controle total sobre os dados.

As principais limitações estão relacionadas ao desempenho altamente dependente da qualidade da base colaborativa, restrições de taxa (*rate limiting*) no serviço público, precisão inferior, especialmente em regiões menos mapeadas.

Assim, o Nominatin é mais indicado para projetos acadêmicos ou protótipos com restrições orçamentárias, aplicações que valorizam independência de fornecedores, situações onde seja possível tolerar imprecisões ou configurar servidores próprios.

## 6.3 ARCGIS GEOCODING API

A API da ArcGIS apresentou funcionalidades avançadas e foco em uso empresarial. Apesar de sua precisão não ter superado a do Google Maps no estudo, ela oferece vantagens como geocodificação em lote, suporte especializado e integração com a plataforma ArcGIS, sendo ideal para instituições que já utilizam o ecossistema da ESRI.

Os pontos fortes são: recursos empresariais robustos, cobertura global com fontes autorizadas, suporte técnico de nível corporativo, suporte a geocodificação customizada e em lote.

As limitações envolvem o modelo de precificação baseado em créditos/licenças, curva de aprendizado mais elevada e custo elevado para pequenos projetos.

A API da ArcGIS é mais indicada para organizações que já utilizam a plataforma ArcGIS, projetos que exigem análise espacial avançada e ambientes com necessidade de segurança, SLA e compliance rigorosos.

#### 6.4 RECOMENDAÇÕES POR CENÁRIO DE USO

Além da análise técnica e dos resultados obtidos no estudo de caso, buscou-se identificar cenários de uso recomendados para cada uma das APIs avaliadas. Com base nas características funcionais, métricas de desempenho e restrições de cada ferramenta, elaboraram-se duas tabelas-resumo para apoiar a tomada de decisão.

Com base nas análises técnicas e práticas, elaborou-se o Quadro 3, que apresenta recomendações específicas conforme o cenário de aplicação, considerando critérios como custo, robustez e acurácia esperada.

Quadro 3 - Cenário, Recomendação e Justificativa

Cenário	Recomendação	Justificativa
Startup/MVP	Nominatim → Google Maps	Começar gratuito, migrar conforme crescimento
E-commerce	Google Maps	Precisão crítica para entregas
Análise Acadêmica	Nominatim	Transparência e custo zero
Sistema Corporativo	ArcGIS	Funcionalidades empresariais avançadas
Alto Volume	Google Maps/ArcGIS	Performance e SLA garantidos
Compliance Rigoroso	ArcGIS	Controles empresariais

Fonte: autores (2025)

#### 6.5 RECOMENDAÇÕES POR TIPO DE APLICAÇÃO

O Quadro 4 apresenta a adequação das APIs aos principais tipos de aplicação, como sistemas web/mobile, ambientes corporativos e iniciativas de pesquisa e prototipagem.

Quadro 4 - Casos de Uso Recomendados

API	Google	Nominatim	ArcGIS
Aplicações Web/Mobile	Ideal	Adequado	Ideal
Sistemas Empresariais	Muito Adequado	Adequado com ressalvas	Ideal

Prototipagem/Pesquisa	Adequado	Ideal	Limitado (Custo)
<b>Alto Volume</b>	Sim (com custo)	Limitado	Sim

Fonte: autores (2025)

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo demonstrou a importância de avaliar cuidadosamente os serviços de geocodificação ao se trabalhar com dados espaciais, especialmente em contextos que exigem alta precisão, como aplicações logísticas, científicas ou comerciais.

A partir da comparação entre três APIs amplamente utilizadas Google Maps Geocoding, OpenStreetMap (Nominatim) e ArcGIS Geocoding foi possível observar que há diferenças significativas em termos de acurácia, cobertura e desempenho.

Os resultados evidenciaram que o serviço do Google Maps apresentou a melhor performance geral, com menor erro médio e mediano na geocodificação dos endereços testados, além de não apresentar ocorrências de falhas ou dados faltantes.

Por outro lado, o Nominatim, apesar de ser uma alternativa gratuita e de código aberto, apresentou limitações consideráveis em relação à precisão e disponibilidade de dados, sendo o único serviço a registrar falhas de resposta.

O ArcGIS, embora apresente funcionalidades robustas e foco no público empresarial, também demonstrou limitações na precisão dos resultados para o conjunto de dados avaliado, ficando atrás do Google Maps em termos de desempenho.

Além disso, os critérios de escolha da API ideal dependem diretamente do cenário de aplicação. Enquanto soluções gratuitas e de código aberto como o Nominatim são adequadas para projetos acadêmicos ou protótipos com baixo orçamento, ambientes empresariais e sistemas críticos podem exigir ferramentas mais precisas e com suporte técnico consolidado, como o Google Maps e o ArcGIS.

Dessa forma, este trabalho ressalta que a escolha da ferramenta de geocodificação deve considerar uma análise criteriosa de custo, precisão, volume de requisições e objetivo do projeto. O uso combinado ou hierarquizado das APIs, conforme sugerido por outros trabalhos relacionados, pode ser uma estratégia válida para mitigar limitações individuais e otimizar a confiabilidade dos dados geográficos utilizados.

## REFERÊNCIAS

BOLSTAD, P. **GIS Fundamentals**: A First Text on Geographic Information Systems. 6. ed. White Bear Lake: Eider Press, 2019.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Base Cartográfica Contínua do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em:  
[https://geoftp.ibge.gov.br/cartas\\_e\\_mapas/bases\\_cartograficas\\_continuas/bc250/versao2021/informacoes\\_tecnicas/bc250\\_documentacao\\_tecnica.pdf](https://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc250/versao2021/informacoes_tecnicas/bc250_documentacao_tecnica.pdf). Acesso em: 17 jul. 2025.

CHANG, K. **Introduction to Geographic Information Systems**. 9. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2019.

ESRI. **ArcGIS World Geocoding Service – API Documentation**. ArcGIS Developer, 2025. Disponível em: <https://developers.arcgis.com/rest/geocode/>. Acesso em: 17 jul. 2025.

ESRI INC. **ArcGIS REST API: World Geocoding Service**. Redlands: Esri, 2024. Disponível em:  
<https://developers.arcgis.com/rest/geocode/api-reference/overview-world-geocoding-service.htm>. Acesso em: 17 jul. 2025.

ESRI INC. **Best Practices for Geocoding with ArcGIS**. Redlands: Esri, 2023. (Technical Report). Disponível em: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/data/geocoding/tips-for-improving-geocoding-performance.htm>. Acesso em: 17 jul. 2025.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicaçāo**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

GEOPANDAS. **Getting started – Introduction**. 2025. Disponível em:  
[https://geopandas.org/en/stable/getting\\_started/introduction.html](https://geopandas.org/en/stable/getting_started/introduction.html). Acesso em: 17 jul. 2025.

GOLDBERG, D. W. Advances in geocoding research and practice. **Transactions in GIS**, v. 15, n. 6, p. 727-733, 2011. DOI:  
<https://doi.org/10.1111/j.1467-9671.2011.01298.x>.

GOOGLE DEVELOPERS. **Geocoding API Overview**. Google Maps Platform, 2025. Disponível em:  
<https://developers.google.com/maps/documentation/geocoding/overview>. Acesso em: 17 jul. 2025.

GOOGLE LLC. **Google Maps Platform Documentation: Geocoding API**. Mountain View: Google Developers, 2024. Disponível em: <https://cloud.google.com/maps-platform>. Acesso em: 17 jul. 2025.

GRUS, J. **Data science do zero: noções fundamentais com Python**. 2. ed. Rio de Janeiro: Alta Books, 2021.

IDRIS, M.; SYARIF, I.; WINARNO, I. Web Application Security Education Platform Based on OWASP API Security Project. **International Journal of Engineering Technology**, 2022.

JOHNSON, L. et al. Comparing Esri ArcGIS and SAS Geocoding Approaches: Test case with 3,238 Wisconsin addresses. **Journal of Geospatial Health**, 2024.

LONGLEY, P. A.; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D. W. **Sistemas e ciência da informação geográfica**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

MADDEN, N. **API Security in Action**. Shelter Island: Manning, 2020.

MANUABA, I. B. P.; RUDIASTINI, E. API REST Web service and backend system of Lecturer's Assessment Information System on Politeknik Negeri Bali. In: **International Conference on Smart-Green Technology in Electrical and Information Systems (ICSGTEIS)**, 2018.

NOMINATIM. **Overview – Nominatim API Documentation (v5.1.0)**. OpenStreetMap Foundation, 2025. Disponível em: <https://nominatim.org/release-docs/latest/api/Overview/>. Acesso em: 17 jul. 2025.

OPENSTREETMAP FOUNDATION. **Nominatim API Documentation**. Cambridge: OpenStreetMap Foundation, 2024. Disponível em: <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Nominatim>. Acesso em: 17 jul. 2025.

PÉREZ, A.; AYBAR, C. Challenges in Geocoding: An Analysis of R Packages and Web Scraping Approaches. **Revista de Teledetección**, 2024.

PRASETYANI, A. R.; ISNANTO, R. R.; WIDODO, A. P. Analyzing Road Users Behavior: A Data Mining Approach Using Google Maps Popular Time and Web Scraping for Rest Area Visitation Patterns on Highways and Toll Roads. **Journal of Big Data**, 2024.

QUINTEROS, J. G. et al. Acurácia dos serviços de geocodificação automática: um estudo utilizando endereços de prontuários hospitalares em Temuco, Chile. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 38, n. 5, 2022.

RICHARDSON, L.; RUBY, S. **RESTful Web Services**. Sebastopol: O'Reilly Media, 2008.  
ROONGPIBOONSOPIT, D.; KARIMI, H. A. Comparative evaluation and analysis of online geocoding services. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 24, n. 7, p. 1081-1100, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1080/13658810903289478>.