

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO

ANA LUIZA ALMEIDA SOARES  
Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Cesar Pedrosa Silva  
Coorientador: Mestre Pedro Saint Clair Garcia

**AVALIAÇÃO DE DIVERSAS APIS DE GECODIFICAÇÃO**  
**SUBTÍTULO**

Ouro Preto, MG  
2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO

ANA LUIZA ALMEIDA SOARES

**AVALIAÇÃO DE DIVERSAS APIS DE GECODIFICAÇÃO**  
**SUBTÍTULO**

Monografia apresentada ao Curso de Ciência da Computação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação.

**Orientador:** Prof. Dr. Rodrigo Cesar Pedrosa Silva

**Coorientador:** Mestre Pedro Saint Clair Garcia

Ouro Preto, MG  
2023

# Errata

AUTOR, **Avaliação de diversas APIs de gecodificação** subtítulo. nº de páginas. Monografia-  
Departamento de Computação, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2023.

Página	Linha	Onde se lê	Leia-se
16	10		

Este elemento pré-textual é opcional e deve ser inserido no texto, geralmente após o trabalho já ter sido impresso, após a folha de rosto. Deve conter a referência do trabalho e o texto da errata com a indicação da página a linha ([ABNT, 2011](#)).

Ana Luiza Almeida Soares

**AVALIAÇÃO DE DIVERSAS APIS DE GECODIFICAÇÃO**  
**SUBTÍTULO**

Monografia apresentada ao Curso de Ciência da Computação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau em Bacharel em Ciência da Computação.

Aprovada em Ouro Preto, XX de mês de Ano.

---

Prof. Dr. Rodrigo Cesar Pedrosa Silva  
Universidade Federal de Ouro Preto  
Orientador

---

Mestre Pedro Saint Clair Garcia  
Universidade Federal de Ouro Preto  
Coorientador

---

Prof. Dr. Membro da Banca 1  
Universidade Federal de ... - UFXX  
Examinador

---

Prof. Dr. Membro da Banca 2  
Universidade Federal de ... - UFXX  
Examinador

*Espaço para prestar uma homenagem ou dedicar o trabalho a alguém.*

# Agradecimentos

Espaço para agradecer às pessoas e/ou instituições que contribuíram de forma relevante à elaboração do trabalho.

Alguma citação importante para a construção do trabalho. A fonte deve ser indicada e também deve constar na lista de referências bibliográficas.

# Resumo

Síntese do trabalho contendo um único parágrafo. O resumo deve ser feito de forma clara, concisa e seletiva de todo o texto, ressaltando o objetivo, o método, os resultados e a conclusão (ABNT, 2003). A norma da ABNT ainda recomenda que a primeira frase seja uma explicação do tema principal, seguindo da informação da natureza do trabalho (pesquisa experimental, pesquisa bibliográfica, estudo de caso, pesquisa de campo, etc.). Apresente os objetivos (geral e específicos); justificativa e a metodologia desenvolvida. Também deve ser inserido as conclusões finais, apresentando uma síntese dos principais resultados alcançados e o valor da pesquisa no contexto acadêmico. Sugere-se entre 150 a 500 palavras.

**Palavras-chave:** Palavra-chave 1. Palavra-chave 2. Palavra-chave 3.

As palavras-chave devem estar separadas por ponto e finalizadas também por ponto. Devem ser escolhidos termos que descrevem o conteúdo do trabalho.



# Abstract

This is the english abstract.

**Keywords:** Keywords1, Keywords2, Keywords3.

# Lista de Ilustrações

Figura 3.1 – Mapa de clusters que mostra a quantidade de escolas em cada região. Ao aproximar o mapa, o usuário consegue ver a localização de cada uma das escolas presentes no banco de dados. . . . .	4
Figura 3.2 – Mapa que mostra a cidade de Belo Horizonte, desenvolvido pela Prodabel. Na barra de pesquisa, é possível pesquisar os endereços e marcá-los no mapa.	5
Figura 3.3 – Esquematização do processo de preparação e geocodificação dos dados . . .	6

# **Lista de Tabelas**

# **Lista de Algoritmos**

# Lista de Abreviaturas e Siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
DECOM	Departamento de Computação
UFOP	Universidade Federal de Ouro Preto

# Lista de Símbolos

$\Gamma$	Letra grega Gama
$\Lambda$	Lambda
$\zeta$	Letra grega minúscula zeta
$\in$	Pertence

# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
1.1	Justificativa	1
1.2	Objetivos	1
1.3	Organização do Trabalho	2
1.3.1	Estrutura da Monografia	2
<b>2</b>	<b>Avaliação da Geocodificação</b>	<b>3</b>
2.1	Geocodificação	3
2.2	APIs de Geocodificação	3
<b>3</b>	<b>Bases de Dados e Métodos de Geocodificação e Avaliação</b>	<b>4</b>
3.1	Bases de Dados	4
3.2	Processo de Geocodificação	5
3.3	Método de Avaliação	7
3.3.1	Erro, Acurácia e Discrepância	7
<b>4</b>	<b>Resultados</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>Considerações Finais</b>	<b>9</b>
5.1	Conclusão	9
5.2	Trabalhos Futuros	9
5.3	Publicações Realizadas	9
	<b>Referências</b>	<b>10</b>
	<b>Apêndices</b>	<b>11</b>
	<b>APÊNDICE A Diferença entre Anexo e Apêndice</b>	<b>12</b>
	<b>APÊNDICE B Formatação</b>	<b>13</b>
	<b>Anexos</b>	<b>14</b>
	<b>ANEXO A Exemplo</b>	<b>15</b>

# 1 Introdução

Segundo o (ZANDBERGEN, 2009) endereço é a principal forma de de conceitualizar localização no mundo atual. Isso se deve ao fato dos endereços serem utilizados em diversas aplicações de diferentes campos de estudo, como na saúde (ON..., 2001; HAY et al., 2009; MAZUMDAR et al., 2008), nas ciências sociais (CHOW; LIN; CHAN, 2011), na análise de criminal ou judiciária (OLLIGSCHLAEGER, 1998), na análise ambiental (GILBOA et al., 2006), na ciência da computação (ZANDBERGEN, 2009), na economia (WHITSEL et al., 2006) entre outras. A representação computacional de endereços físicos é uma necessidade constante pois possui diversas aplicações em muitas áreas da sociedade. Como Para realizar essa tarefa, é preciso traduzir os endereços, geralmente expressos em sequências de palavras, para coordenadas em um plano. A forma mais comum de representar essas coordenadas é através de latitude e longitude. Esse processo de tradução é conhecido como Geocodificação e, como qualquer processo, está sujeito a erros.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade da geocodificação de diferentes tecnologias em duas grandes cidades do Brasil. Para isso, será utilizada uma base de referência para analisar o erro, a discrepância e a acurácia de cada uma das tecnologias empregadas.

## 1.1 Justificativa

A representação de endereços é amplamente utilizada em diversas aplicações, desde funções mais óbvias, como softwares de roteamento e pesquisa de endereços, até aplicações mais complexas, como o uso de informações geográficas em sistemas de inteligência artificial para indicação de produtos.

Nesse contexto, é de extrema importância que os softwares responsáveis pela tradução de endereços apresentem alta qualidade em suas respostas. Compreender a qualidade das APIs utilizadas é fundamental para tomar decisões adequadas de acordo com a aplicação em questão. Além disso, conhecer as falhas dessas APIs é relevante para aprimorar as aplicações que dependem de geocodificação.

## 1.2 Objetivos

O principal objetivo deste trabalho é avaliar o erro, a discrepância e a acurácia de cinco APIs utilizadas no laboratório de pesquisa e capacitação em desenvolvimento de software - TerraLAB. As APIs em análise são: Google Maps, TomTom, Open Route Service (ORS), Mapbox e Here. O erro será analisado quanto às respostas fornecidas pelas APIs diferirem do esperado. A



discrepância medirá o nível de discordância entre as APIs. Por fim, a acurácia será utilizada para verificar a precisão das respostas fornecidas pelas APIs.

Uma parte essencial do trabalho é compreender os pontos onde essas APIs apresentam falhas, e, portanto, a análise espacial dessas medidas terá grande destaque na pesquisa.

## 1.3 Organização do Trabalho

Um parágrafo fazendo uma descrição dos capítulos restantes do documento.

### 1.3.1 Estrutura da Monografia

Segue uma **sugestão** para a estrutura da monografia:

**Capítulo 1:** Introdução.

**Capítulo 2:** Revisão Bibliográfica/ Embasamento Teórico (com o referencial teórico e trabalhos relacionados).

**Capítulo 3:** Metodologia ou Desenvolvimento (material e métodos).

**Capítulo 4:** Resultados e Discussões.

**Capítulo 5.1:** Conclusão (e trabalhos futuros).

## **2 Avaliação da Geocodificação**

### **2.1 Geocodificação**

### **2.2 APIs de Geocodificação**

## 3 Bases de Dados e Métodos de Geocodificação e Avaliação

Para avaliar a qualidade das APIs de geocodificação utilizadas no TerraLAB duas bases de dados padrão ouro foram usadas como referência. Chamaremos essas bases de Bases Gold. Com as bases, foi obtida a medida de erro e realizadas métricas diversas utilizando essa medida.

### 3.1 Bases de Dados

Foram coletadas duas bases de dados distintas para o presente trabalho.

A primeira base coletada foi a base do [Centro de Estudos da Metrópole \(CEM\)](#). A base consiste 12.500 endereços de escolas públicas e particulares do ensino básico da região metropolitana de São Paulo. Essa base foi coletada de forma manual pelo CEM utilizando o GPS para a coleta das coordenadas. Além de informações sobre o endereço, a base também conta com informações diversas sobre as escolas, permitindo com que se façam avaliações diversas em relação a esses dados. O CEM também disponibilizou um [mapa de cluster](#), com todas as escolas, permitindo uma melhor visualização da localização de cada uma delas e da densidade das escolas em São Paulo e região.

A segunda base coletada foi a base de dados da [Prodabel](#), empresa de informática e informação da prefeitura de Belo Horizonte. A base de dados foi descoberta por meio da referência

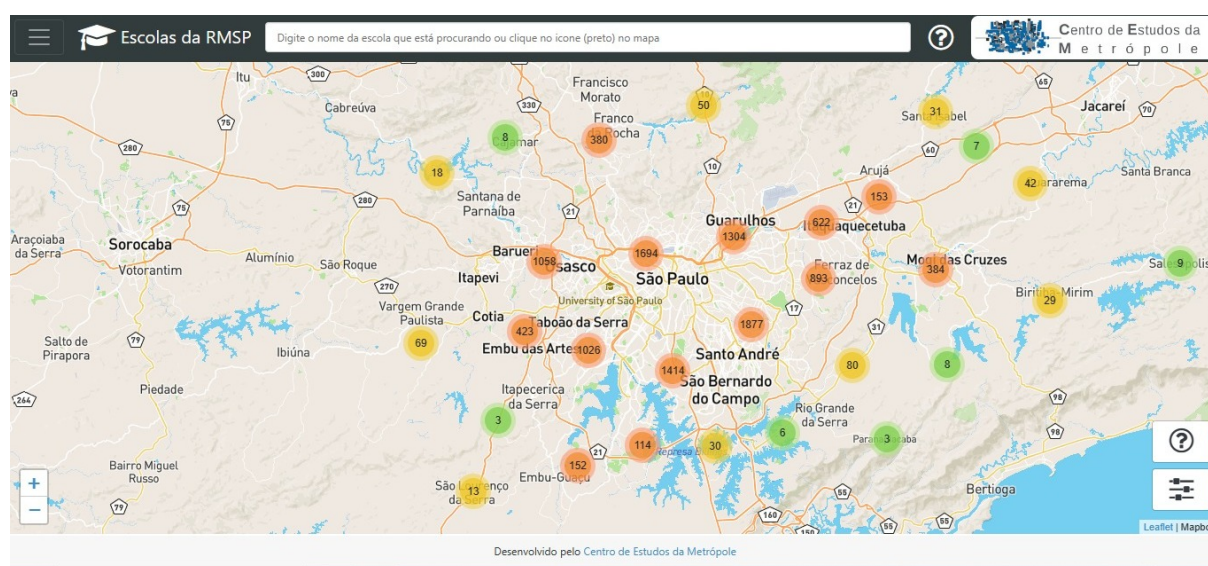


Figura 3.1 – Mapa de clusters que mostra a quantidade de escolas em cada região. Ao aproximar o mapa, o usuário consegue ver a localização de cada uma das escolas presentes no banco de dados.

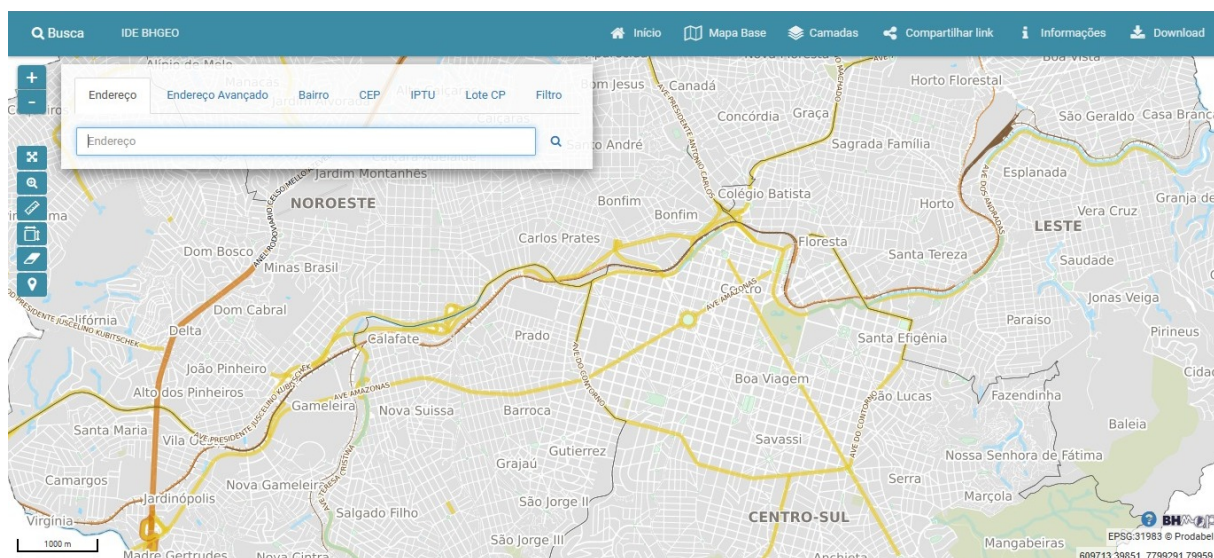


Figura 3.2 – Mapa que mostra a cidade de Belo Horizonte, desenvolvido pela Prodelabel. Na barra de pesquisa, é possível pesquisar os endereços e marcá-los no mapa.

1. É uma base de dados mantida e atualizada mensalmente por 27 empresas públicas e privadas de Belo Horizonte. As empresas têm a responsabilidade de reportar qualquer inconsistência que encontrarem, bem como fornecer novos dados a medida que são adquiridos por ela. É uma base considerada confiável pois é constantemente atualizada e é utilizada por diversos serviços da prefeitura. Um exemplo de serviço que utiliza a base de dados é a distribuição dos alunos da rede pública por meio de georeferenciamento. A base conta com 740.000 endereços na data de coleta. A prefeitura também disponibiliza [site com um mapa](#) para visualização dos endereços registrados. O endereço está posicionado em cima do edifício representado. Isso pode gerar erro de alguns metros devido a maioria das APIs colocarem o endereço na frente do edifício representado.

## 3.2 Processo de Geocodificação

A preparação de dados e geocodificação desempenham um papel crucial em muitos estudos e projetos que envolvem informações geográficas. Nesta pesquisa, esses processos desempenham um papel fundamental na obtenção de dados consistentes e na atribuição de coordenadas geográficas aos endereços. A etapa de preparação de dados envolve a seleção dos campos relevantes da base de dados, como o nome da rua, número, bairro, CEP e cidade. Além disso, é realizada uma homogeneização dos dados, onde abreviações comumente utilizadas são substituídas por suas formas completas correspondentes. Essa etapa é essencial para garantir resultados mais precisos na geocodificação. A geocodificação, por sua vez, consiste em atribuir coordenadas geográficas (latitude e longitude) a cada endereço presente na base de dados. Utilizando ferramentas adequadas, o processo de geocodificação é realizado, possibilitando a localização precisa de cada endereço no espaço geográfico. Para realizar a geocodificação, os endereços previamente preparados são inseridos no banco de dados do Crawler, onde as ferramentas de geocodificação estão

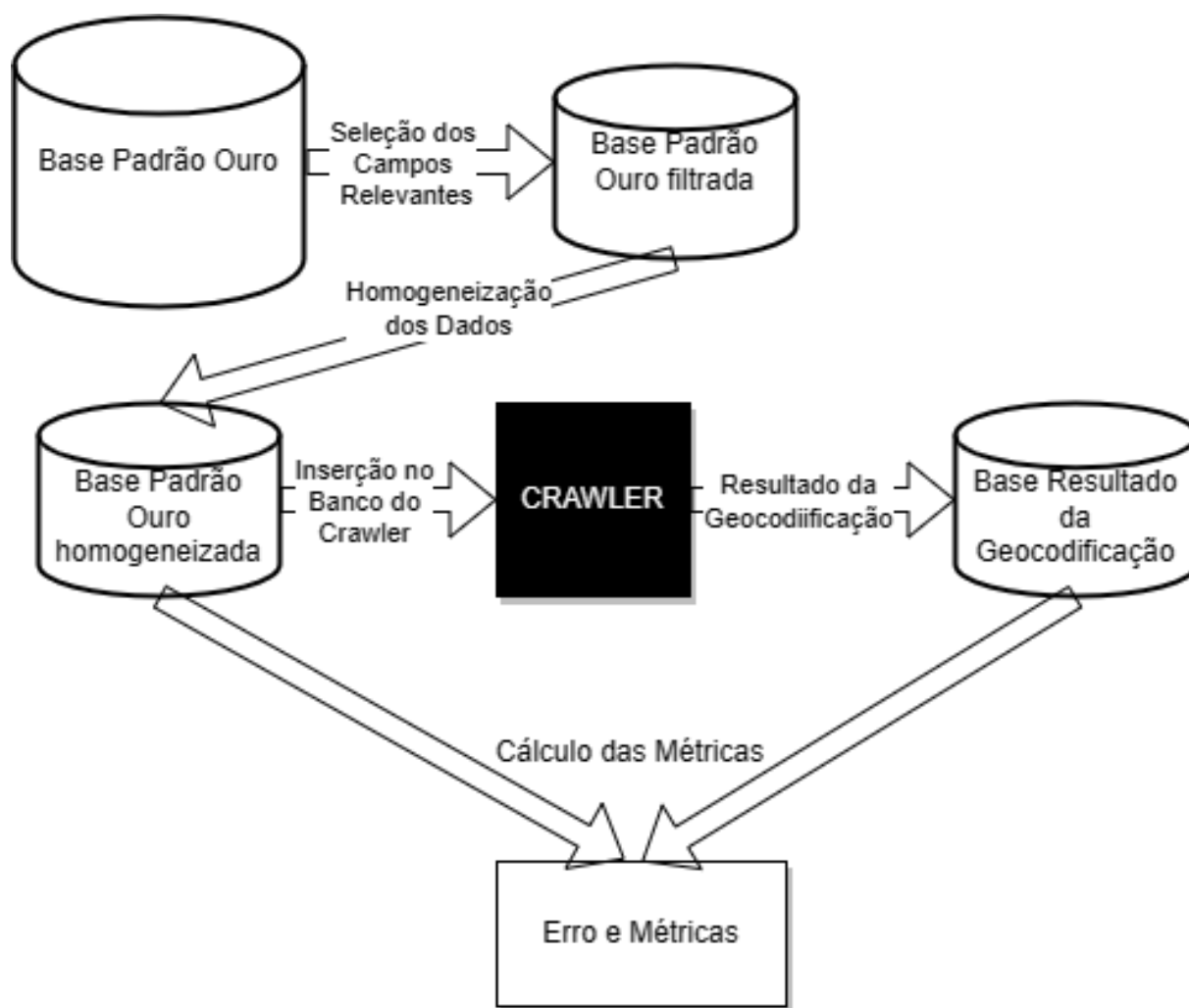


Figura 3.3 – Esquematização do processo de preparação e geocodificação dos dados

disponíveis. Essas ferramentas utilizam algoritmos e informações geográficas para identificar e atribuir as coordenadas geográficas correspondentes a cada endereço. É importante ressaltar que o processo de geocodificação é realizado pela equipe de Back-end do TerraLAB, portanto, vemos esse processo como uma caixa preta. Uma vez concluída a geocodificação, os endereços geocodificados, juntamente com suas coordenadas geográficas, são armazenados no banco de dados. Esses dados geocodificados podem ser utilizados para análises espaciais, mapeamento e visualização de informações geográficas, contribuindo para a compreensão de padrões e tendências em determinada área de estudo. Portanto, a preparação de dados e geocodificação são etapas essenciais para garantir a qualidade e a utilidade das informações geográficas utilizadas neste estudo. Esses processos permitem a obtenção de dados consistentes e georreferenciados, facilitando a análise e interpretação dos resultados obtidos

## 3.3 Método de Avaliação

### 3.3.1 Erro, Acurácia e Discrepância

A principal métrica utilizada para avaliar a qualidade da geocodificação é o erro do endereço. Esse erro é calculado como a distância entre o ponto de referência e o ponto geocodificado pela GeoAPI. Com base nesse erro, calcularemos medidas estatísticas, como a média, a mediana, o desvio padrão e a média aparada em 5%, para analisar a precisão das GeoAPIs.

Outra métrica utilizada é a taxa de resposta por API. Para alguns endereços da base de dados, as GeoAPIs podem retornar um erro, não fornecendo uma geocodificação válida. Nesse caso, nada é inserido no banco de dados. A taxa de resposta é calculada como a quantidade de endereços geocodificados dividida pela quantidade de endereços originais na base de dados. Esse valor, normalmente entre 0 e 1, é convertido em uma porcentagem para facilitar a compreensão dos resultados.

## 4 Resultados

Neste capítulo são apresentados, interpretados e analisados todos os resultados alcançados no trabalho. A análise deve ser realizada de forma que fique claro que os objetivos específicos foram atendidos. Se possível, faça uma comparação com os resultados da literatura, destacando a importância da pesquisa realizada no contexto acadêmico.

## **5 Considerações Finais**

Neste capítulo deve ser explicitado se todos os objetivos descritos na introdução foram atingidos e ressaltar a contribuição do trabalho para o meio acadêmico.

São apresentados de forma sucinta os resultados obtidos e um fechamento de todo trabalho desenvolvido.

### **5.1 Conclusão**

Em resumo, nesta seção devem ser apresentadas as considerações finais do trabalho. Faça uma recapitulação a respeito de cada um dos objetivos específicos, sintetize os resultados obtidos e conclua se o objetivo principal do trabalho foi alcançado.

### **5.2 Trabalhos Futuros**

Apresente propostas de continuidade do seu trabalho.

### **5.3 Publicações Realizadas**

Caso o trabalho tenha originado publicações é válido acrescentar essa informação, visto que pode creditar ainda mais o estudo. Assim, elas devem ser apresentadas na forma de uma subseção do capítulo conclusão. Por exemplo:

Os trabalhos seguintes, que foram originados das metodologias propostas, foram aceitos para apresentação em conferências nacionais:

1. Autor. Título do Artigo. Cidade: Conferência, Ano.



# Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 6028:2003*: Informação e documentação – resumo – apresentação. Rio de Janeiro, 2003. 0-2 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 14724:2011*: Informação e documentação – trabalhos acadêmicos – apresentação. Rio de Janeiro, 2011. 0-15 p.

CHOW, T. E.; LIN, Y.; CHAN, W.-y. D. The development of a web-based demographic data extraction tool for population monitoring. *Transactions in GIS*, v. 15, n. 4, p. 479–494, 2011. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1467-9671.2011.01274.x>>.

GILBOA, S. M.; MENDOLA, P.; OLSHAN, A. F.; HARNESS, C.; LOOMIS, D.; LANGLOIS, P. H.; SAVITZ, D. A.; HERRING, A. H. Comparison of residential geocoding methods in population-based study of air quality and birth defects. *Environmental Research*, v. 101, n. 2, p. 256–262, 2006. ISSN 0013-9351. Women's Occupational and Environmental Health. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001393510600020X>>.

HAY, G.; KYPRI, K.; WHIGHAM, P.; LANGLEY, J. Potential biases due to geocoding error in spatial analyses of official data. *Health Place*, v. 15, n. 2, p. 562–567, 2009. ISSN 1353-8292. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1353829208001081>>.

MAZUMDAR, S.; RUSHTON, G.; SMITH, B. J. et al. Geocoding accuracy and the recovery of relationships between environmental exposures and health. *International Journal of Health Geographics*, v. 7, n. 1, p. 13, 2008. Disponível em: <<https://ij-healthgeographics.biomedcentral.com/articles/10.1186/1476-072X-7-13>>.

OLLIGSCHLAEGER, A. M. Artificial neural networks and crime mapping. In: WEISBURD, D.; MCEWEN, T. (Ed.). *Crime Mapping and Crime Prevention*. Monsey, NY: Criminal Justice Press, 1998, (Crime Prevention Studies, v. 8). p. 313–347.

ON the wrong side of the tracts? Evaluating the accuracy of geocoding in public health research. *American Journal of Public Health*, v. 91, n. 7, p. 1114–1116, 2001. PMID: 11441740. Disponível em: <<https://doi.org/10.2105/AJPH.91.7.1114>>.

WHITSEL, E. A.; QUIBRERA, P. M.; SMITH, R. L. et al. Accuracy of commercial geocoding: Assessment and implications. *Epidemiologic Perspectives Innovations*, v. 3, n. 1, p. 8, 2006. Disponível em: <<https://epi-perspectives.biomedcentral.com/articles/10.1186/1742-5573-3-8>>.

ZANDBERGEN, P. A. Geocoding quality and implications for spatial analysis. *Geography Compass*, v. 3, n. 2, p. 647–680, 2009. Disponível em: <<https://compass.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1749-8198.2008.00205.x>>.

# **Apêndices**

# **APÊNDICE A – Diferença entre Anexo e Apêndice**

Os apêndices “São textos ou documentos elaborados pelo autor, a fim de complementarem sua argumentação, sem prejuízo da unidade nuclear do trabalho” ([ABNT, 2011](#)). Podem ser incluídos nos apêndices: os questionários da pesquisas, as tabulação de dados, ilustrações e outros documentos que necessariamente foram preparados pelo autor. Já os anexos, em conformidade com a norma ([ABNT, 2011](#)) “são textos ou documentos não elaborados pelo autor, que servem de fundamentação, comprovação ou ilustração à parte do trabalho”, como por exemplo leis, ilustrações, demonstrações de formulas, tabulações de dados de trabalhos referenciados, etc.

## **APÊNDICE B – Formatação**

Os apêndices devem ser identificados por letras maiúsculas consecutivas (APÊNDICE A, APÊNDICE B, etc), travessão e os respectivos títulos, devendo estar centralizados na folha.

# **Anexos**

# **ANEXO A – Exemplo**

Utiliza a mesma formatação dos apêndices.