



Regiões de Influência das Cidades

2018

Nota metodológica

**Base de referência de distâncias
rodoviárias, hidroviárias e aéreas**

2021

Presidente da República
Jair Messias Bolsonaro

Ministro da Economia
Paulo Roberto Nunes Guedes

Chefe da Assessoria Especial de Estudos Econômicos
Rogério Boueri Miranda

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE

Presidente
Eduardo Luiz G. Rios Neto

Diretor Executivo
Marise Maria Ferreira

ÓRGÃOS ESPECÍFICOS SINGULARES

Diretoria de Pesquisas
Cimar Azeredo Pereira

Diretoria de Geociências
Claudio Stenner

Diretoria de Tecnologia da Informação
Carlos Renato Pereira Cotovio

Centro de Documentação e Disseminação de Informações
Carmen Danielle Lins Mendes Macedo

Escola Nacional de Ciências Estatísticas
Maysa do Sacramento de Magalhães

UNIDADE RESPONSÁVEL

Diretoria de Geociências
Coordenação de Geografia
Cayo de Oliveira Franco

Ministério da Economia
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE
Diretoria de Geociências
Coordenação de Geografia

Regiões de Influência das Cidades

2018

Nota metodológica

**Base de referência de distâncias
rodoviárias, hidroviárias e aéreas**

2021


Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Rio de Janeiro
2022

Introdução

A base de referência de distâncias rodoviárias, hidroviárias e aéreas da REGIC 2018 disponibiliza rotas, distâncias e tempos de deslocamento estimado entre Municípios brasileiros, segundo as conexões intermunicipais presentes na pesquisa *Regiões de Influência das Cidades 2018* – REGIC 2018 (IBGE, 2020). A consulta a essas informações está disponível em um módulo da Plataforma Geográfica Interativa (PGI) da REGIC 2018, na opção *distâncias*. (Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/regic/#/mapa/>). O painel interativo permite buscar, por Município, rotas rodoviárias, hidroviárias e aéreas para outros Municípios do País, entre as 71 mil ligações intermunicipais da REGIC 2018. As consultas individuais podem ser visualizadas ou baixadas em formato de tabela ou de arquivo vetorial, assim como toda a base de dados de rotas das ligações.

Essa base de referência é uma opção para aferir a acessibilidade geográfica entre os Municípios brasileiros, pois disponibiliza um amplo conjunto de ligações intermunicipais com rotas, distâncias e tempos de deslocamento estimados a partir de um mesmo critério para cada modal. Além disso, a base inclui os Municípios amazônicos onde o transporte hidroviário é predominante, os quais frequentemente não estão cobertos por rotas e estimativas de distância e tempo em outras aplicações online. Entretanto, essa base de referência não substitui outras plataformas de consulta de rotas, pois os trajetos nesta base são apenas entre sedes municipais cujos vínculos façam parte da rede urbana da REGIC 2018 – não há busca por endereço – e os caminhos são os mais curtos entre o par de Municípios conectados, segundo o modelo aplicado.

O tempo de deslocamento é estimado de acordo com classificação de porte da via para trajetos rodoviários e segundo uma velocidade específica de embarcação para o transporte hidroviário. Nesse sentido, os tempos de deslocamentos são aproximações que podem ser mais bem aproveitadas em comparações realizadas entre trajetos dentro da própria base.

A disponibilização dessa base de referência de rotas, distâncias e tempos deslocamento cumpre os seguintes objetivos:

1) Divulgar dados que auxiliem o entendimento da acessibilidade geográfica potencial das sedes municipais brasileiras e suas relações de vizinhança com os centros urbanos mais próximos, oferecendo ao usuário uma alternativa de acesso a um amplo conjunto de ligações entre Municípios.

2) Criar uma base de dados de referência para as pesquisas da área de Redes e Fluxos Geográficos do IBGE, em especial para a pesquisa REGIC. As referências de distâncias e tempos de deslocamento baseados em rotas constituíam uma lacuna em publicações anteriores desta área, em especial a pesquisa *Ligações Rodoviárias e Hidroviárias 2016* (IBGE, 2017) e a REGIC 2018. Nesta última pesquisa, por exemplo, utilizou-se a distância em linha reta entre os Municípios para se realizar comparações em nível nacional quanto ao alcance da influência de serviços das Cidades brasileiras para populações que habitam outros Municípios,

conforme os quesitos da pesquisa. Com esses novos dados de rotas, futuras análises e pesquisas terão referência em distâncias mais próximas às reais.

3) Aprimorar o modelo de cálculo de rotas, distâncias e tempos que vem sendo utilizado pela Coordenação de Geografia. O resultado da aplicação da primeira versão desse modelo remonta ao estudo *Classificação dos espaços rurais e urbanos*, em 2017 (IBGE, 2017) Desde então, esse modelo vem sendo utilizado para solução de demandas específicas, e passa por constantes atualizações. A disponibilização de mais resultados contribuirá para o processo de aprimoramento do modelo.

Características das ligações entre as sedes municipais desta base de referência

As ligações entre as sedes municipais para as quais as rotas, distâncias e tempos de deslocamento foram calculados neste estudo são oriundas da pesquisa REGIC 2018. Nesse sentido, as conexões entre Municípios que foram consideradas nesta base de referência têm origem no resultado agregado dos questionários do módulo principal e agropecuário da REGIC 2018, além das ligações das regiões de influência – apenas as ligações oriundas do módulo internacional da pesquisa ficaram ausentes do presente estudo. Isso significa que cada par de ligação entre Municípios presente nesta base de referência pode ter motivação muito diversa segundo os dados da REGIC 2018: fluxos de acesso a serviços, fluxos agropecuários de produtos determinados, ligações entre sedes e filiais de empresas ou ainda jurisdições de órgãos públicos considerados naquela pesquisa.

Orientação das ligações entre sedes municipais

Os pares de ligação entre sedes de Municípios na base de dados deste estudo não possuem orientação, ou seja, desconsideram a influência dos sentidos das vias. Portanto, para um determinado par de ligação intermunicipal, a distância e o tempo são atribuídos para o agregado do par de Municípios, independente da ordem em que o Município de origem ou de destino aparece na base de dados. A ligação Euclides de Cunha (BA) - Serrinha (BA), por exemplo, aparece nessa ordem na base de dados, mas a rota, distância e tempo de deslocamento desse registro é o mesmo para o sentido inverso, Serrinha (BA) - Euclides de Cunha (BA) (143,3 km de distância e 104,5 minutos de deslocamento). Em deslocamentos reais, os sentidos diferentes podem gerar alterações significativas de rotas, distâncias e tempos de deslocamento, mas essa dimensão ainda não está incorporada à modelagem de cálculo utilizado neste estudo.

Quantidade e repetições de ligações intermunicipais

Cada par de Municípios desta base de referência pode ter de um a três resultados de rota, distância e tempo de deslocamento. A imensa maioria das ligações entre sedes municipais apresenta apenas um resultado de rota, distância e tempo de deslocamento: grande parte no modal rodoviário, um número pequeno nos modais hidroviário e hidro-rodoviário, e algumas exceções apenas com ligações aéreas, como as que envolvem a ilha de Fernando de Noronha (PE). Entretanto, há um pequeno número de conexões intermunicipais na base de dados, menos de 1,0% do total, que apresentam dois ou três registros de ligações, de acordo com os modais de transporte detectados para as localidades a partir do modelo deste estudo. A intenção é que se possa avaliar de forma independente as acessibilidades rodoviária,, hidroviária, a combinação desses dois (rodoviário + hidroviário) e aérea, distinção que pode ser de fundamental importância em contextos regionais específicos. Não há duplicidade de rotas para um mesmo par de Municípios num mesmo modal, a seleção para cada um foi estabelecida a partir da rota mais rápida encontrada pelo modelo utilizado neste estudo para o modal em questão.

Geometria das rotas por modais de transporte

Todas as ligações entre sedes municipais desta base de referência são representadas por linhas nos arquivos vetoriais. Os trajetos rodoviários têm o formato do conjunto de trechos de estradas que configuram o caminho mais rápido encontrado pelo modelo deste estudo, as quais podem ser constituídas por todos os tipos de estradas: federais, estaduais, municipais, pavimentadas, não-pavimentadas, etc. As rotas hidroviárias têm padrão semelhante, com a diferença que os trechos em questão são constituídos por cursos hidrográficos. As ligações aéreas disponíveis neste modelo têm a particularidade de serem representadas por linhas geodésicas que expressam a menor distância entre as duas sedes municipais em questão, portanto não representam trajetos de voos efetivamente realizados.

Metodologia

Pesquisa e coleta dos dados

As fontes dos dados utilizados na modelagem das rotas, distâncias e tempos de deslocamento estimados entre as sedes municipais estão listadas a seguir:

Sistema de transporte rodoviário

- Open Street Maps (OSM); 2021.
- Observatório Nacional de Transporte e Logística (EPL, 2019).

Hidrografia

- Base Cartográfica Contínua do Brasil, escala 1:250.000 – BC250 (IBGE, 2018); Categorias hidrográficas: ET-EDGV.
- Censo Agropecuário 2017: Trajetos dos Recenseadores (IBGE, 2019).

Fluxos aéreos

- Ligações Aéreas 2019-2020 (IBGE, 2021).

Sedes municipais

- IBGE; 2021.

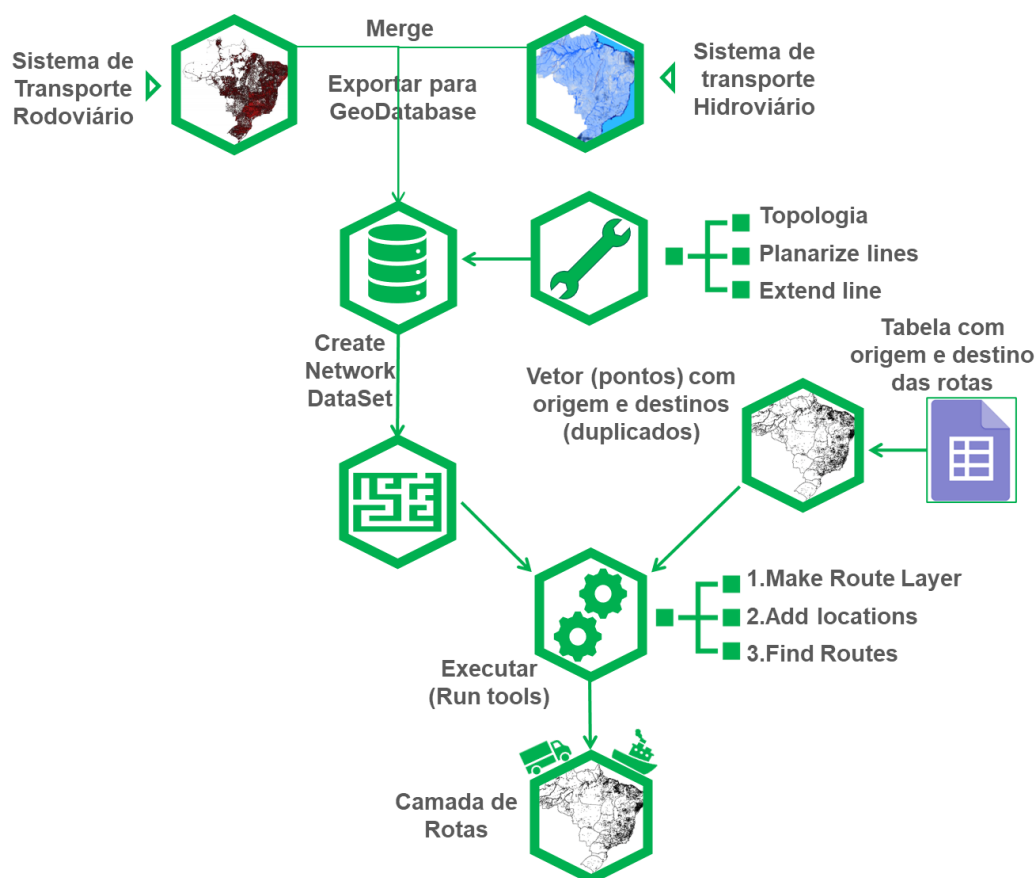
Processamento dos dados

A metodologia para a geração das rotas, distâncias e tempos de deslocamento estimado entre sedes municipais deste estudo é composta por 4 etapas:

- 1) Organização da rede de transporte rodoviário
- 2) Organização da rede hidrográfica
- 3) Criação do conjunto de dados de rede unificado (*network dataset*)
- 4) Criação das rotas e cálculos de distâncias e tempos de deslocamento rodoviários e hidroviários
- 5) Incorporação dos dados de ligações aéreas

Utilizou-se as ferramentas de geoprocessamento do software *ArcGIS* nas etapas metodológicas. A Figura 1 a seguir sintetiza o fluxo das etapas metodológicas.

Figura 1 – Fluxo de processos de modelagem da base de referência de distâncias



1) Organização da rede de transporte rodoviário

O arquivo vetorial inicial da rede de transporte rodoviário foi obtido por meio da malha do Open Street Maps (OSM, 2021). As redes rodoviárias oriundas desta base foram editadas com o propósito de simplificação, por meio do processo de fusão de estradas (com a ferramenta *merge divided roads*), unificando linhas paralelas com menos de 20 m de distância entre elas.

2) Organização da rede hidrográfica

A rede hidrográfica básica utilizada para o modelo é a definida pela BC250 (IBGE, 2018). Essa base hidrográfica inicial foi complementada pontualmente com os trajetos dos recenseadores do Censo Agropecuário 2017 (IBGE, 2019), com o objetivo de capilarizar a rede hidrográfica em algumas regiões. Com a rede hidrográfica definida, foram identificadas as sedes municipais que se conectam a outras preponderantemente por meio hidroviário.

3) Criação do conjunto de dados de rede unificado (*network dataset*)

Os arquivos de rede de rodovias e hidrografia foram unificados (*merge*) em uma base de dados geográfico (*geodatabase*), tendo como parâmetros distância mínima entre pontos de 20 m e sistema de coordenadas espacial SIRGAS 2000.

O arquivo resultante foi editado para corrigir inconsistências na topologia. Foram removidas as sobreposições (*overlap*) de linhas da rede com a ferramenta *planarize lines*. As linhas da rede com menos de 10 m de distância entre si foram conectadas (com a ferramenta *extend lines*), de modo a remover descontinuidades na rede de linhas (*dangles*). A partir do arquivo resultante foi gerada uma nova base de dados em rede (*network dataset*), tendo como parâmetro todas as linhas da rede serem de via dupla.

4) Criação das rotas e cálculos de distâncias e tempos de deslocamento rodoviários e hidroviários

As vias geradas na etapa anterior foram classificadas de acordo com valores de velocidade (km/h) estimadas para cada segmento da rede e de acordo com os tipos de vias, conforme o Quadro 1. Além disso, foram definidas hierarquias para os tipos de vias, para simular a preferência de um motorista que opta por viajar em vias mais expressas, como em rodovias ao invés de estradas locais, mesmo que isso signifique viagens mais longas. O uso de uma hierarquia faz com que o modelo priorize no cálculo estradas de ordem superior (1) às estradas de ordem inferior (2,3...).

Quadro 1 – Velocidades por segmentos da rede de transportes

Modal	Fonte	Tipo de vias ¹	Velocidade (km/h)	Hierarquia
Rodoviário	OSM	Trunk; Motorway	de 60 a 110 ²	1
		Primary	de 60 a 100	1
		Secondary; Tertiary	de 40 a 80	2
		Residencial; outros	40	3
Hidroviário	IBGE	Rotas Hidroviárias	20	4
Aéreo	ANAC	Rotas aéreas	Sem velocidade	-

Cada segmento do arquivo de rede tem uma velocidade específica estimada a partir desses parâmetros, segundo os quais se calcula o tempo de deslocamento estimado na etapa seguinte. A exceção são as ligações aéreas, que já possuem tempo de deslocamento estabelecido a partir dos dados da Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC, utilizada nesta modelagem segundo o estudo Ligações Aéreas 2019-2020 (IBGE, 2021).

Os segmentos de vias mapeadas no Open Street Maps têm atribuídos uma velocidade específica, que varia de acordo com os tipos de vias mostrados na Tabela 1. No caso das ligações hidroviárias, o valor de 20 km/h foi arbitrado especificamente para este modelo. Esse parâmetro tem como propósito estabelecer um tempo de deslocamento intermediário entre embarcações mais velozes (como lanchas ou voadeiras) e mais lentas (como barcos, *ferrys*, ou embarcações pequenas com motor mais modesto). É importante destacar que os trajetos hidroviários possuem uma flexibilidade de natureza muito diferente das rotas rodoviárias. Alguns exemplos desses fatores de modelagem complexa para os trajetos hidroviário são a influência do porte e tipo dos rios (largos, profundos, estreitos, sinuosos, etc.), a época do ano (que pode implicar em períodos de cheia ou redução do volume do rio), o sentido das embarcações contra ou a favor da correnteza, a enorme pluralidade de tipos de embarcações, etc. Apesar dessa ampla variabilidade das velocidades de deslocamento hidroviário não

¹ Os tipos de vias delimitam intervalos de velocidades admitidas por segmentos de vias do OSM. Nesse sentido, um segmento de via do tipo *primary* pode ter velocidade de 70 ou 80 km/h, por exemplo, desde que não ultrapasse os limites máximos e mínimos para o tipo (60-100 km/h para o *primary*). Para os casos de segmentos de vias do OSM em que não há velocidade registrada no mapeamento original, atribuiu-se uma velocidade acordo com o seguinte critério: *trunk* e *motorway*: 90 km/h; *primary*: 60 km/h; *secondary* e *tertiary*: 60 km/h; *residential* e outros: 40 km/h.

² Na base de dados do OSM, há segmentos de vias do tipo *trunk* ou *motorway* com velocidades acima de 110 km/h, porém neste estudo reduziu-se a 110 km/h os valores máximos para diminuir o risco de superestimação de tempos de deslocamento.

estarem contempladas neste modelo, os trajetos e distâncias entre sedes municipais gerados oferecem um fundamento importante para aprimoramentos na modelagem dos tempos de deslocamento em experiências futuras.

Sobre esta base de dados em rede (*network dataset*), com as velocidades de deslocamento dos segmentos já estabelecidas, foi realizada uma análise de rede utilizando a ferramenta *network analyst*. Primeiro foi criada uma camada de informação de origem e destino (*make route layer*), com a localização das sedes municipais em ambas as camadas (origem e destino). Para corrigir distorções de posicionamento entre o local da sede (*add locations*) e a rede viária, foi definido um raio de 1 km, para alocar a sede no ponto mais próximo (*snap offset 1.000 m*). Adicionou-se também todos os pontos de pedágio existentes (EPL, 2019), por meio da ferramenta *point barriers (add cost)* acrescentando dois minutos por pedágio existente em uma rota. Por último, com todas as camadas e fontes de informação definidas, foi executada a ferramenta de definição de rotas (*find routes*). Os resultados finais encontram-se ordenados por geocódigo. A velocidade média das ligações entre sedes municipais foi incorporada à base de dados final, mas foi calculada posteriormente, e reflete a divisão da distância pelo tempo de deslocamento estimado, nesse sentido não representa a velocidade de nenhum segmento de via em particular.

5) Incorporação dos dados de ligações aéreas

A última etapa foi incorporar as ligações aéreas à base de dados de rotas, distâncias e tempos de deslocamento. Os pares de ligações aéreas incorporados à base de dados são aqueles cujas Cidades estabelecem voos regulares de passageiros entre si, segundo a data de referência da pesquisa *Ligações Aéreas 2019-2020* (IBGE, 2021). Os tempos de deslocamento refletem os tempos médios de travessia segundo informações da ANAC (IBGE, 2021).

Referências

EPL – EMPRESA DE PLANEJAMENTO E LOGÍSTICA. Geoportal ONTL (Observatório Nacional de Transporte e Logística). S.l.: EPL, 2019.

Disponível em: <https://geo.epl.gov.br/portal/home/item.html?id=b0ae6b4fd86a4b598ab33e5e96f3e716> . Acesso em: ago. 2022.

IBGE. Ligações Aéreas 2019-2020. Rio de Janeiro: IBGE, 2021a. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/redes-e-fluxos-geograficos/15798-regioes-de-influencia-das-cidades.html?=&t=acesso-ao-produto> >. Acesso em: 25 out. 2022.

IBGE. Sedes Municipais. Banco de Estruturas Territoriais – BET; Base Operacional; Geográfica – BOG. IBGE/Coordenação de Estruturas Territoriais – CETE, 2021.

IBGE. Regiões de Influência das Cidades 2018. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/redes-e-fluxos-geograficos/15798-regioes-de-influencia-das-cidades.html?=&t=acesso-ao-produto> >. Acesso em: 25 out. 2022.

IBGE. Censo Agropecuário 2017: nota técnica 02/2019: trajetos dos recenseadores. Rio de Janeiro, IBGE, 2019. Disponível em: <<https://censoagro2017.ibge.gov.br/resultados-censo-agro-2017/trajetos-dos-recenseadores.html>>. Acesso em: 25 out. 2022.

IBGE. Base Cartográfica Contínua do Brasil (BC250); 2018; Escala: 1:250.000. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas/15759-brasil.html?=&t=acesso-ao-produto> >. Acesso em: jul. 2021.

IBGE. Classificação e Caracterização dos Espaços Rurais e Urbanos do Brasil: Uma primeira aproximação. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/tipologias-do-territorio/15790-classificacao-e-caracterizacao-dos-espacos-rurais-e-urbanos-do-brasil.html?=&t=acesso-ao-produto> >. Acesso em: 25 out. 2022.

IBGE. Ligações rodoviárias e hidroviárias 2016. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. 79. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/redes-e-fluxos-geograficos/15794-rodoviaras-e-hidroviarias.html?edicao=15967&t=acesso-ao-produto> >. Acesso em: 25 out. 2022

IBGE. Logística dos Transportes no Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2014. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/redes-e-fluxos-geograficos/15793-logistica-dos-transportes.html?=&t=acesso-ao-produto> >. Acesso em: jul. 2022.

OPEN STREET MAPS (OSM). OpenStreetMap Data Extracts. S.l.: OSM, 2021. Disponível em: < <https://www.openstreetmap.org/> >. Acesso em: jul. 2022.

Equipe tecnica

Diretoria de Geociencias

Coordenacao de Geografia

Cayo de Oliveira Franco

Gerencia de Redes e Fluxos Geograficos

Bruno Dantas Hidalgo

Planejamento e supervisao do estudo

Felipe Mendes Cronemberger

Colaboradores

Evelyn Andrea Arruda Pereira

Gustavo Medeiros de Pinho

Marcelo Paiva da Motta

Thiago Gervasio Figueira Arantes

Diretoria de Tecnologia da Informacao

Coordenacao de Metodologia e Banco de Dados

Bianca Fernandes Sotelo

Gerencia de Aplicacoes de Geociencias

Maria Teresa Marino

Plataforma Geografica Interativa (PGI)

Maria Tereza Carnevale

talo Leite Ferreira Portinho

Raphael Pithan Brito