# Conectividade local

## Bases de dados utilizadas

A superfície de resistência foi calculada usando como base os dados de uso e cobertura do solo fornecida pelo MapBiomas coleção 8.0 para o ano de 2021 (MapBiomas Project 2020). Complementamos essa camada do uso do solo com informações sobre: ::: {} 1. Largura dos rios; 2. Presença de infraestruturas de transporte; 3. Infraestruturas de energia. :::

As informações sobre largura dos rios foram derivadas a partir das camadas de águas do abertas do MapBiomas (MapBiomas Project 2020), a camada de bacias hidrográficas no nível 8 [Lehner &Grill (2013)] e a camada de largura efetiva dos corpos d’água [Yamashida et al. 2014].

As informações sobre infraestrutura de transporte foram originadas a partir das camadas de estradas pavimentadas, estradas não-pavimentadas e ferrovias fornecidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) ([BCIM250, 2021]) (<https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas/15759-brasil.html?=&t=downloads>).

As bases de infraestrutura de energia correspondem às camadas de aerogeradores, centrais geradoras de energia fotovoltaicas, linhas de transmissão de energia eólica e usinas termelétricas fornecidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (<https://gisepeprd2.epe.gov.br/WebMapEPE/>) e a camada de linhas de transmissão de energia fornecida pelo IBGE ([BCIM250, 2021]).

## Cálculo de resistência

Os valores de resistência são medidas relativas do grau de dificuldade de deslocamento dos organismos nos diferentes tipos de cobertura do solo. Esses valores foram atribuídos por bioma, seguindo a premissa de que quanto maior for a diferença estrutural entre um dado tipo de cobertura do solo e a vegetação original do bioma, maior será o valor de resistência da classe de cobertura do solo em questão.

As análises de mapeamento das áreas resilientes às mudanças climáticas estão na resolução espacial de 90 metros. Desta forma, reamostramos os dados do MapBiomas (MapBiomas Project 2020) , que estão na resolução de 30 metros, para uma resolução de 90 metros e as diferentes classes de uso do solo receberam valores de resistência baseados na a diferença estrutural da classe de cobertura do solo para o hábitat original do bioma **?@tbl-resistencia**.

Para avaliar o efeito das larguras do rio na movimentação das espécies foi necessário avaliar o tamanho máximo do corpo d’água regionalmente. Para isso, a classe do MapBiomas equivalente a águas abertas (rios, lagos e oceanos) foi subdividida em quatro classes distintas de acordo com a largura dos corpos d’água já que rios mais largos tendem a ser barreiras mais resistêntes à movimentação das espécies. Para fazer a divisao, extraímos a máscara de corpos d’água e dividimos essa classe única em pedaços menores, regionalizando suas larguras por trechos que foram utilizados como unidades espaciais de consulta da base de largura efetiva máxima dos corpos d’água, de margem a margem (base GWD – LR de **Yamashida et al. 2014)**. Todos os corpos d’água foram então divididos em quatro classes de resistência **?@tbl-resistencia**: :::{}  
i. 1 a 250 metros, ii. 250 a 1000 metros, iii. 1000 a 4000 metros e iv. maiores de 4000 metros :::.

As camadas de infraestrutura de transportes e energia estavam em formatos vetoriais e foram convertidos para *raster*, com pixels de tamanho aproximado de 90 m e agrupados em um único arquivo matricial que foi sobreposto sobre ao mapa de uso do solo do Mapbiomas e da largura dos rios, sendo que prevalecia o valor do pixel com resistência mais alta nas situações em que havia sobreposição entre pixels de infraestrutura, uso do solo ou largura de rios.

Os pixels do mapa consolidado de cobertura do solo, largura dos rios e infraestrutura de transportes e energia receberam valores de resistência em cada bioma que buscaram traduzir o grau de dificuldade de movimentação da biodiversidade numa dada classe de cobertura do solo. Os valores de resistência dos pixels de cada uma das classes foram atribuídos pela equipe do projeto, separadamente por bioma, e podem ser vistos na **?@tbl-resistencia** e o **mapa final de resistência** ((**fig\_res?**)) foi usado como base do cálculo de **Conectividade Local**.

Valores de resistência para as 39 classes de uso e cobertura do solo - resultante da junção das superfícies de uso do solo do MapBiomas (N: 1 - 28), as separações do tamanho dos rios por bacias hidrográficas (N 29 - 32) e de infraestrutura de transporte e energia (N: 33 - 39).{#tbl-resistencia}

| N | Classe de cobertura do solo | Amazônia | Caatinga | Cerrado | Mata Atlântica | Pampa | Pantanal |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | Afloramento rochoso | 3 | 1 | 2 | 3 | 2 | - |
| 2 | Algodão | 7 | 7 | 10 | - | - | - |
| 3 | Aquacultura | - | 10 | 7 | 7 | 7 | - |
| 4 | Área urbana | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 5 | Áreas alagadas (Campos e Pântanos) | 1 | - | 1 | 2 | 1 | 1 |
| 6 | Arroz | - | - | 10 | 10 | 10 | - |
| 7 | Café | - | 7 | 10 | 4 | - | - |
| 8 | Cana de açúcar | 15 | 10 | 10 | 10 | - | 10 |
| 9 | Citrus | - | - | 10 | 4 | - | - |
| 10 | Dendê | 10 | - | - | - | - | - |
| 11 | Floresta alagada | 1 | - | - | - | - | - |
| 12 | Formação campestre (campos) | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| 13 | Formação de savana | 1 | 1 | 1 | 2 | - | 1 |
| 14 | Formação florestal | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 15 | Mangue | 1 | 1 | 1 | 1 | - | - |
| 16 | Mineração | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 17 | Mosaico de usos | 10 | 7 | 10 | 10 | 10 | 7 |
| 18 | Outras áreas não vegetadas | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 19 | Outras culturas perenes | 10 | 7 | 7 | 4 | - | - |
| 20 | Outras culturas temporárias | 15 | 7 | 10 | 10 | 10 | 5 |
| 21 | Outras formações não florestais | - | 7 | - | 2 | - | - |
| 22 | Pastagem | 17 | 7 | 7 | 9 | 7 | 7 |
| 23 | Praia, duna e areal | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 24 | Salina (Apicum) | 2 | 1 | 2 | 2 | - | - |
| 25 | Silvicultura (floresta plantada) | 7 | 2 | 7 | 3 | 10 | 5 |
| 26 | Soja | 17 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 27 | Vegetação de restinga arbórea | - | 1 | - | 1 | 1 | - |
| 28 | Vegetação de restinga herbácea | - | 1 | - | 2 | 1 | - |
| 29 | Corpos d’águas abertas até 250 metros | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 30 | Corpos d’águas abertas de 250 a 1000 metros | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 31 | Corpos d’águas abertas de 1000 a 4000 metros | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 32 | Corpos d’águas abertas acima de 4000 metros | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 33 | Aerogeradores | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 34 | Centrais geradoras de energia solar | 15 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 |
| 35 | Estradas não pavimentadas | 10 | 10 | 7 | 10 | 7 | 3 |
| 36 | Estradas pavimentadas | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 37 | Ferrovias | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 38 | Linhas de transmissão (tradicionais e anexas ao sistema eólico) | 10 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 39 | Termelétricas | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |

|  |
| --- |
| Figura 1: Mapa final de classificação da resistência à movimentação de organismos dos diferentes tipos de uso e cobertura da terra. |

## Conectividade: análise de circuitos

Calculamos a conectividade baseada em teoria de circuitos (McRae 2006) utilizando a implementação de Omniscape para Julia (Landau et al. 2021, Hall et al. 2021).

Como base para estas análises, utilizamos:

* o raster de resistência utilizado como base para a conectividade local;
* um raio da área de interesse de 200 pixels (18km);
* agrupamentos de 19 pixels de interesse para a janela móvel (~1.7km).

O raio da área de interesse é o raio de busca ou tamanho da janela móvel circular. O tamanho da janela foi equivalente ao utilizado no cálculo dos valores de Z (200 pixels), o valor é levemente diferente devido à limitação do tamanho do bloco central da janela ser um número ímpar de pixels (agrupamento de 19) e segundo Landau et al. (2021) esse valor não deve ultrapassar 10% do raio.

Consideramos o uso de *kernel* sobre a superfície de resistência como entrada para o Omniscape, entretanto, os resultados da análise com *kernel* diluíram muito corredores e passagens menores, por conta da natureza de suavização da superfície de resistência pelo *kernel*. Dessa maneira, ao utilizar a resistência sem *kernel* como entrada, preservamos estruturas espaciais menores, mas importantes para a conectividade da paisagem.

O *output* do Omniscape são três arquivos de conectividade relacionados:

* flow\_current é o fluxo que aconteceria sem levar em conta a camada de resistência. Ele leva em conta a configuração espacial da paisagem (estreitos, barras) e dos pixels de baixa resistência de origem. Nem todo pixel é *source* pixel, mas a corrente que entra em cada pixel de baixa resistência entra sem resistência. Flow current é usado como um “modelo nulo” de conectividade.
* cummulative\_current é a corrente acumulada, levando em conta a configuração espacial e os valores de resistência.
* normalized\_current equivale a e controla o efeito da configuração espacial do cálculo de conectividade.

Devido à alta demanda computacional a superfície de resistência para todo o Brasil foi fragmentada em 9 tiles com o dobro do raio (total de 400 pixels) de sobreposição entre eles, dessa maneira após o processamento individual dos tiles, foram removidos os 200 pixels de cada borda sobreposta, eliminando o efeito de borda para a execução o mosaico dos tiles, resultando na superfície de conectividade para todo o Brasil. Essa fragmentação para o processamento de grandes regiões é importante para que as análises possam ser feitas com menos poder computacional, sem prejuízo nos resultados.

Hall, K. R., R. Anantharaman, V. A. Landau, M. Clark, B. G. Dickson, A. Jones, J. Platt, A. Edelman, e V. B. Shah. 2021. [Circuitscape in Julia: Empowering Dynamic Approaches to Connectivity Assessment](https://doi.org/10.3390/land10030301). Land 10:301.

Landau, V., V. Shah, R. Anantharaman, e K. Hall. 2021. [Omniscape.jl: Software to compute omnidirectional landscape connectivity](https://doi.org/10.21105/joss.02829). Journal of Open Source Software 6:2829.

MapBiomas Project. 2020. [Collection 7 of the Annual Series of Land Use and Land Cover Maps of Brazil](https://projects/mapbiomas-workspace/public/collection7/mapbiomas_collection70_integration_v2).

McRae, B. H. 2006. Isolation by resistance. Evolution 60:1551–1561.