

Análise do transporte público urbano por meio da simulação computacional do deslocamento de usuários

Aluno: Vitor Oliveira Ropke
Orientadores: Fábio Francisco da Costa Fontes
David Custódio de Sena

Sumário

- Problemas
- Solução
- Objetivos
- Acessibilidade ao sistema de transporte público
- Simulação baseada em agentes
- Cenários
- Resultados
- Conclusões e trabalhos futuros

Problemas

- Mobilidade urbana
 - Congestionamentos

Problemas



Problemas

- Mobilidade urbana
 - Congestionamentos
 - Perda de tempo/Demora nas viagens/Prejuízo financeiro
 - Estresse
 - Poluição

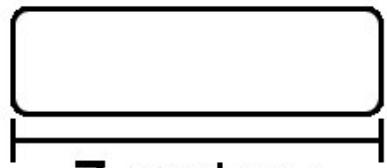
Solução

- Uso do transporte público
 - Alta densidade
 - Geralmente menor custo em comparação com outros meios de transporte
 - Diminui congestionamentos

Comparação

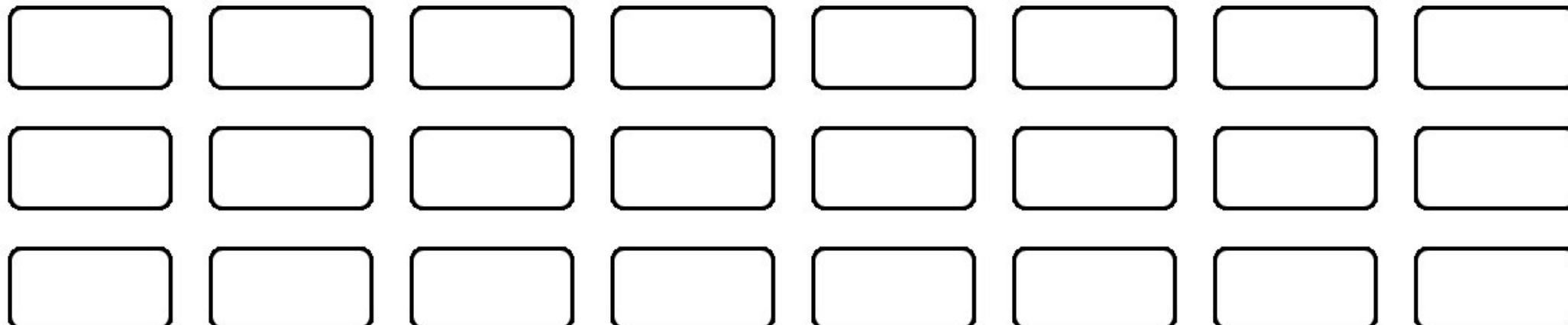
Ônibus

24 passageiros



7 metros

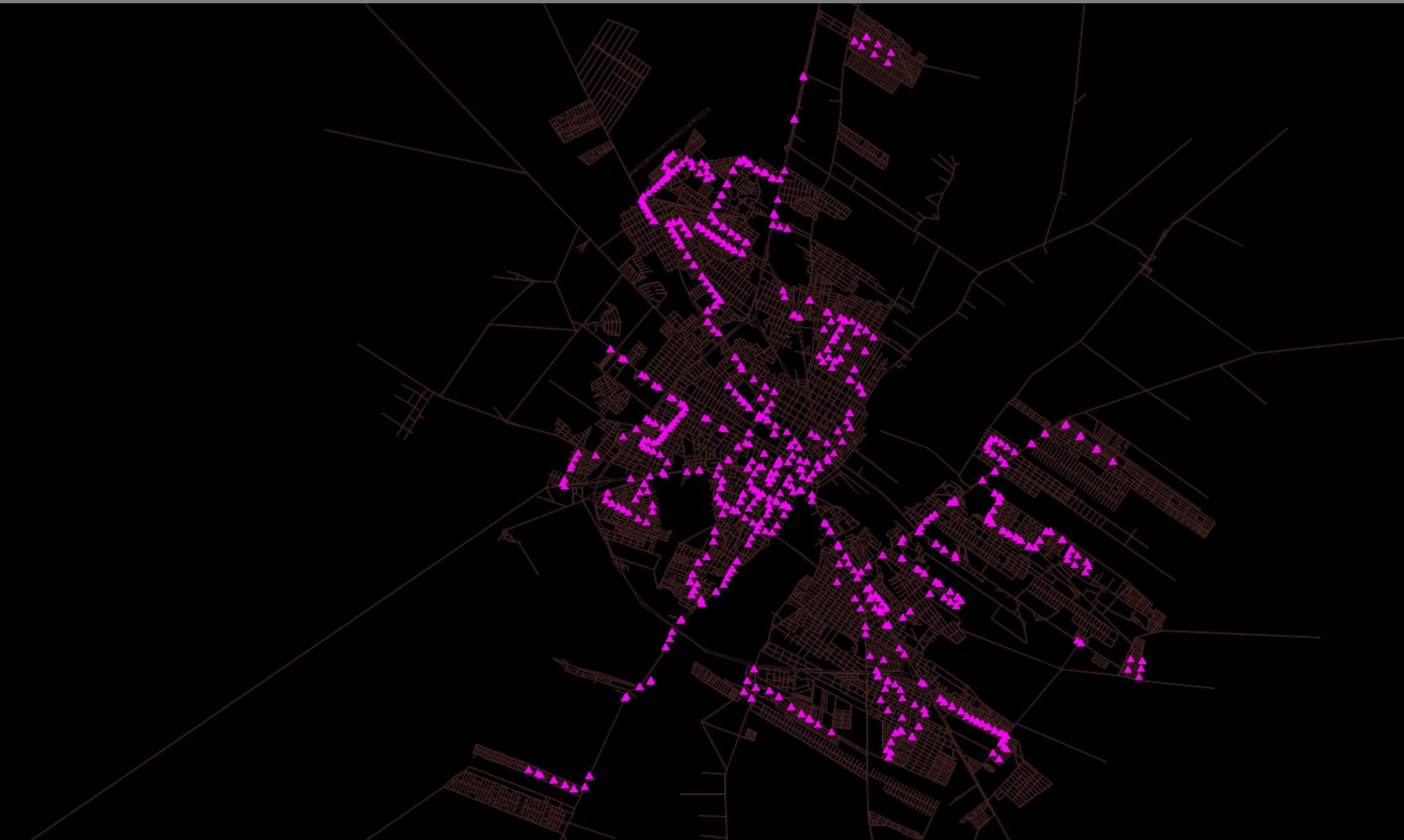
24 carros



4 metros

Problemas

- Transporte público
 - Falta de conforto (Ônibus lotado, falta de ar-condicionado)
 - Demora na frequência do serviço/Longa espera
 - Indisponibilidade do serviço nas proximidades/Necessidade de longos deslocamentos



Objetivos

- Entender onde existe deficiência no transporte público em Mossoró
- Quantificar a eficiência do transporte público nas diferentes regiões da cidade
- Realizar simulações computacionais usando Mossoró como cenário

Acessibilidade ao sistema de transporte público

- A acessibilidade pode ser definida como “uma característica inerente de um lugar ser alcançado de alguma forma que busque superar os seus fatores de resistência, como distância e/ou tempo” (Ingram, 1971)

Índices de acessibilidade

- Quantificar a eficiência do transporte (paradas e rotas)
- 3 índices usados
 - Ingram (1971) - Paradas
 - Allen *et al.* (1993) - Rotas
 - Bracarense e Ferreira (2018) - Rotas

Índices de acessibilidade

- Ingram (1971) - Paradas

$$A_i = \sum_j^n a_{ij}$$

Em que:

A_i : é a acessibilidade integral do ponto i ;

a_{ij} : é a acessibilidade relativa do ponto i para os destinos j ;

n : é o número total de pontos da rede.

Índices de acessibilidade

- Allen *et al.* (1993) - Rotas

$$A_i = \frac{1}{N-1} \times \sum_j^n C_{ij}$$

Em que:

A_i : é a acessibilidade da zona i ;

N : é o número de pontos utilizados no cálculo;

C_{ij} : é o custo despendido para se deslocar entre as zonas i e j .

- Bracarense e Ferreira (2018) - Rotas

Índices de acessibilidade

$$A_{ij} = \sum_j^n \left(1 - \frac{T_{ij} - T_{min}}{T_{max} - T_{min}} \right)$$

$$T_{ij} = t_{ij}^M + t_{ij}^{NM} + \frac{60}{f_{ij}}$$

Em que:

A_{ij} : é o índice de acessibilidade do nó i para os destinos j ;

T_{ij} : é o tempo de viagem do nó i para o destino j , em minutos;

T_{max} : é o máximo tempo de viagem de i até j para o qual a viagem pode ser considerada viável para o usuário, em minutos;

T_{min} : é o menor tempo de viagem de i até j encontrado para a rede de transportes analisada, em minutos;

f_{ij} : é a frequência de viagem do veículo que atende a rota do nó i para o destino j em veículos/hora;

t_{ij}^M : é o tempo de percurso entre o nó i e o destino j pelo modo motorizado, em minutos;

t_{ij}^{NM} : é o tempo de percurso a pé, anterior ao embarque ou após o desembarque, entre o nó i e o destino j , em minutos;

n : é o número de destinos-chave do tipo j para o qual se analisa a acessibilidade do nó i .

Simulação baseada em agentes

- “Agente é qualquer coisa que pode atuar observando o ambiente e as mudanças que podem ocorrer nele” (Russel e Norvig, 2021)
- Mais fácil e barato que aplicar mudanças no mundo real
- Flexível

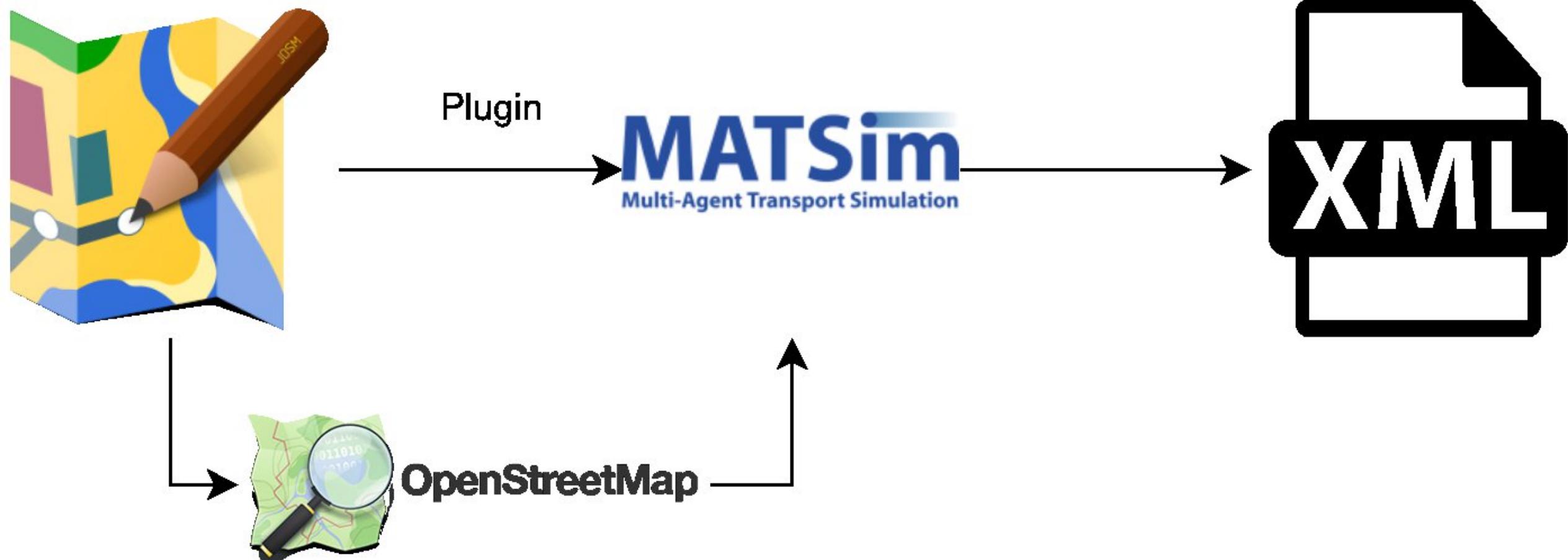
Ferramentas usadas

- MATSim (Multi-Agent Transport Simulation Toolkit)
 - Software livre
 - 6 arquivos: config, network, population, transit-schedule, transit-vehicles e facilities
 - Realiza as simulações do cenário e gera diversos arquivos contendo gráficos, planilhas e outras informações
- Simunto Via
 - Visualiza a simulação feita pelo MATSim (mapa, pontos de destaque, veículos circulando, agentes se deslocando)

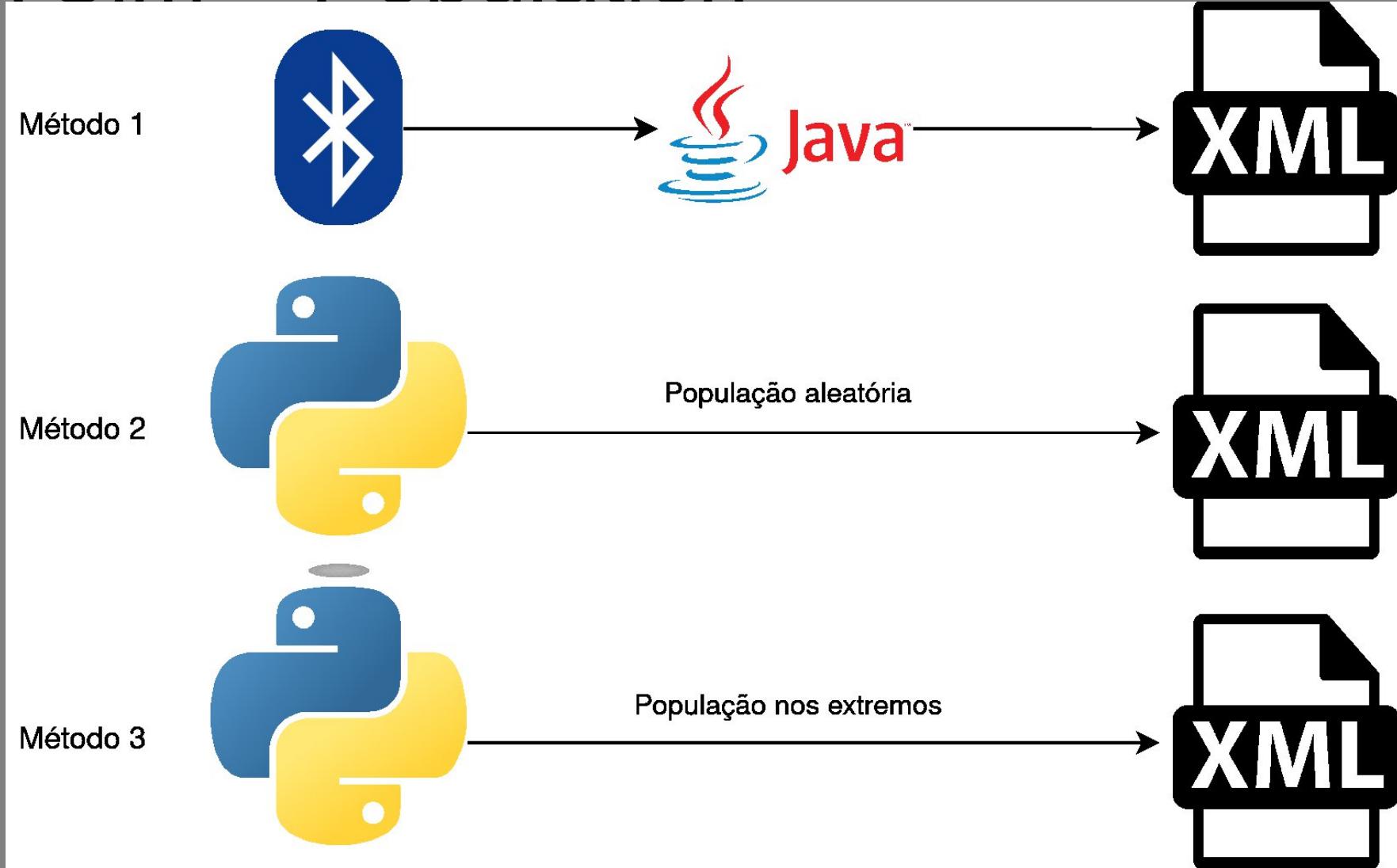
Como foram feitos os arquivos do MATSim – Config

- Arquivo pré-existente nos exemplos do MATSim

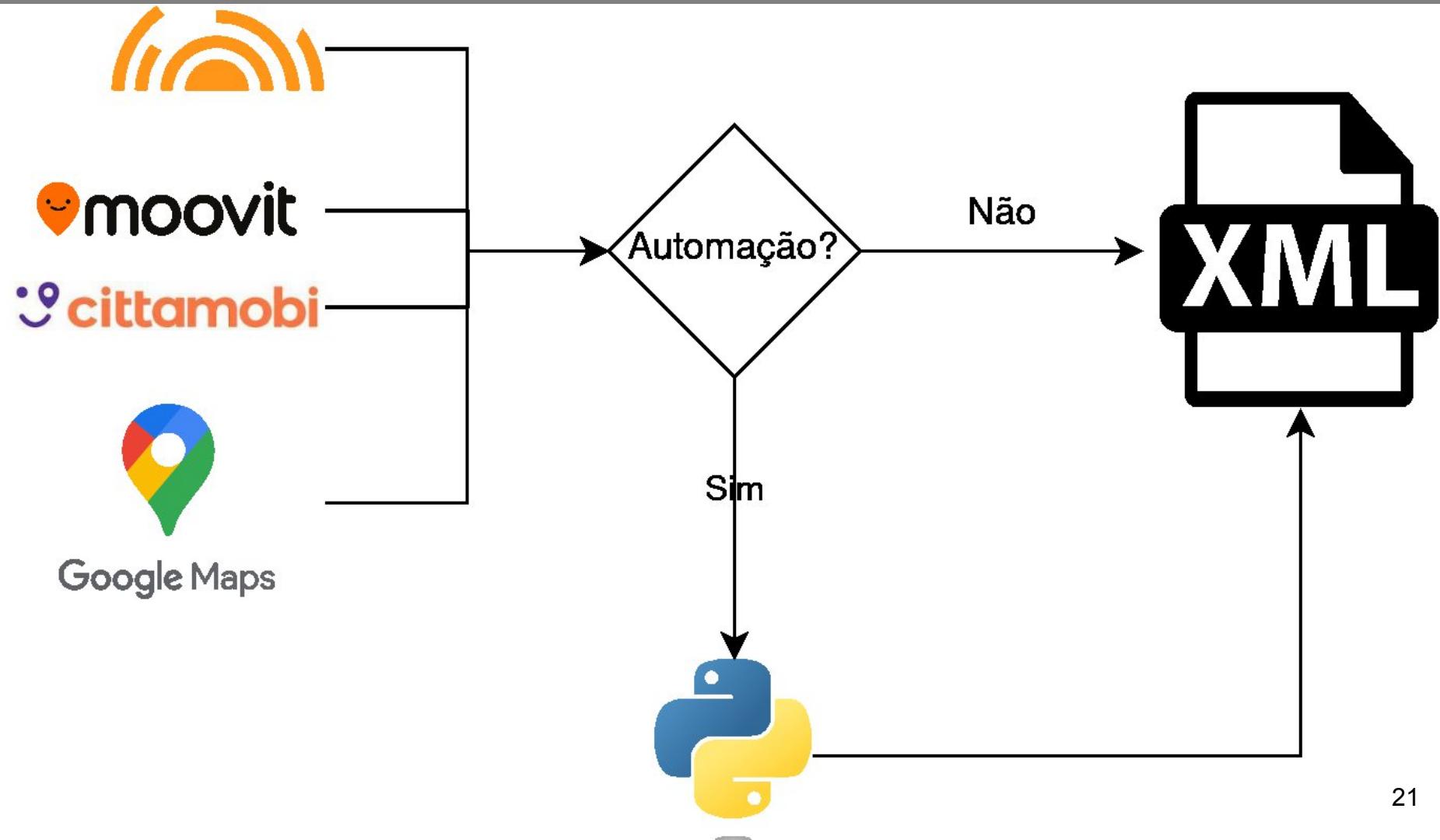
Como foram feitos os arquivos do MATSim – Network



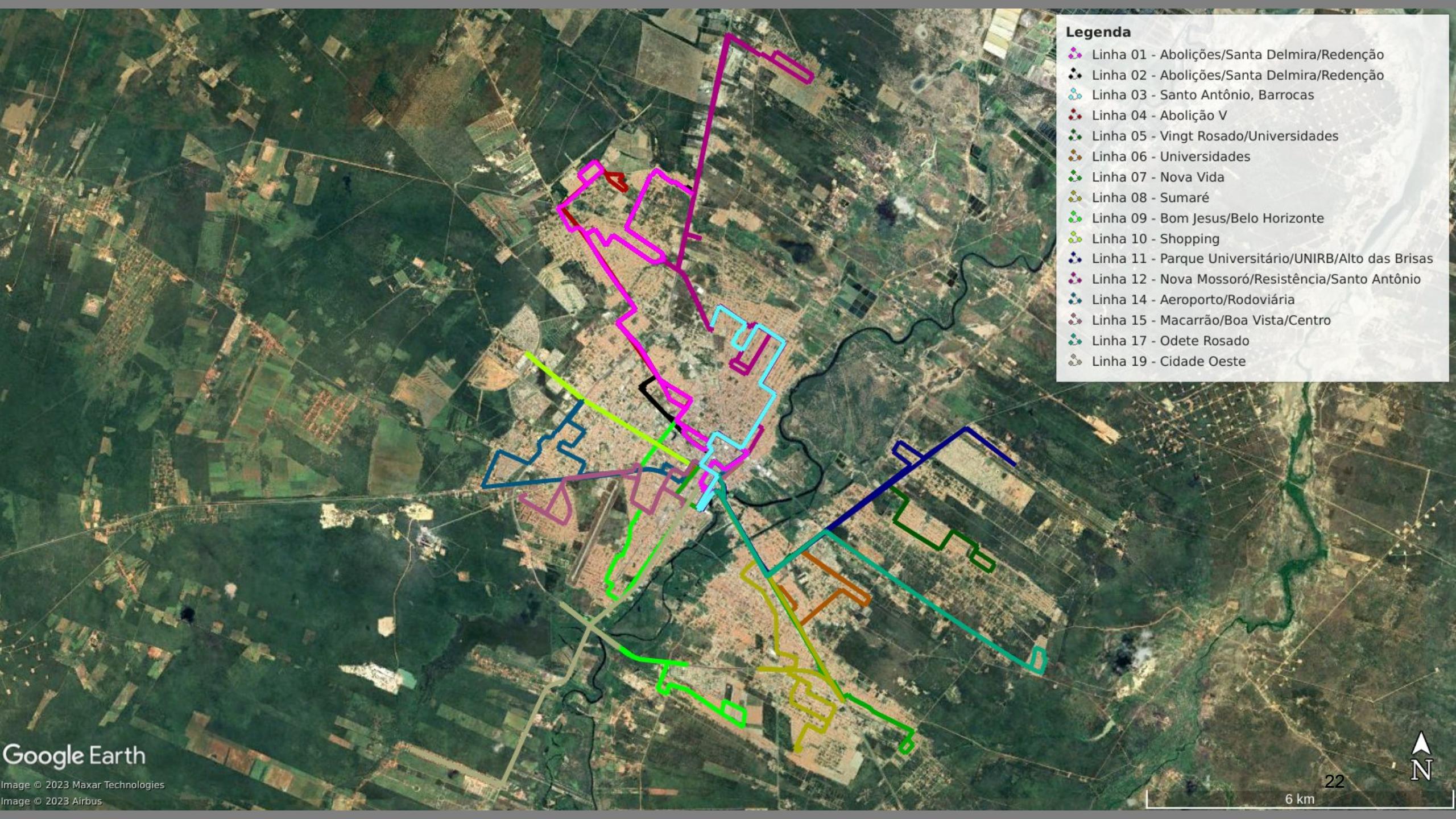
Como foram feitos os arquivos do MATSim – Population



Como foram feitos os arquivos do MATSim – Transit-schedule e facilities



Legenda	
▲	Linha 01 - Abolições/Santa Delmira/Redenção
◆	Linha 02 - Abolições/Santa Delmira/Redenção
△	Linha 03 - Santo Antônio, Barrocas
●	Linha 04 - Abolição V
◆	Linha 05 - Vingt Rosado/Universidades
◆	Linha 06 - Universidades
◆	Linha 07 - Nova Vida
◆	Linha 08 - Sumaré
◆	Linha 09 - Bom Jesus/Belo Horizonte
◆	Linha 10 - Shopping
◆	Linha 11 - Parque Universitário/UNIRB/Alto das Brisas
◆	Linha 12 - Nova Mossoró/Resistência/Santo Antônio
◆	Linha 14 - Aeroporto/Rodoviária
◆	Linha 15 - Macarrão/Boa Vista/Centro
◆	Linha 17 - Odete Rosado
◆	Linha 19 - Cidade Oeste



Como foram feitos os arquivos do MATSim – Transit-vehicle



Cenários

- Agentes partindo dos pontos extremos da cidade

Cenários

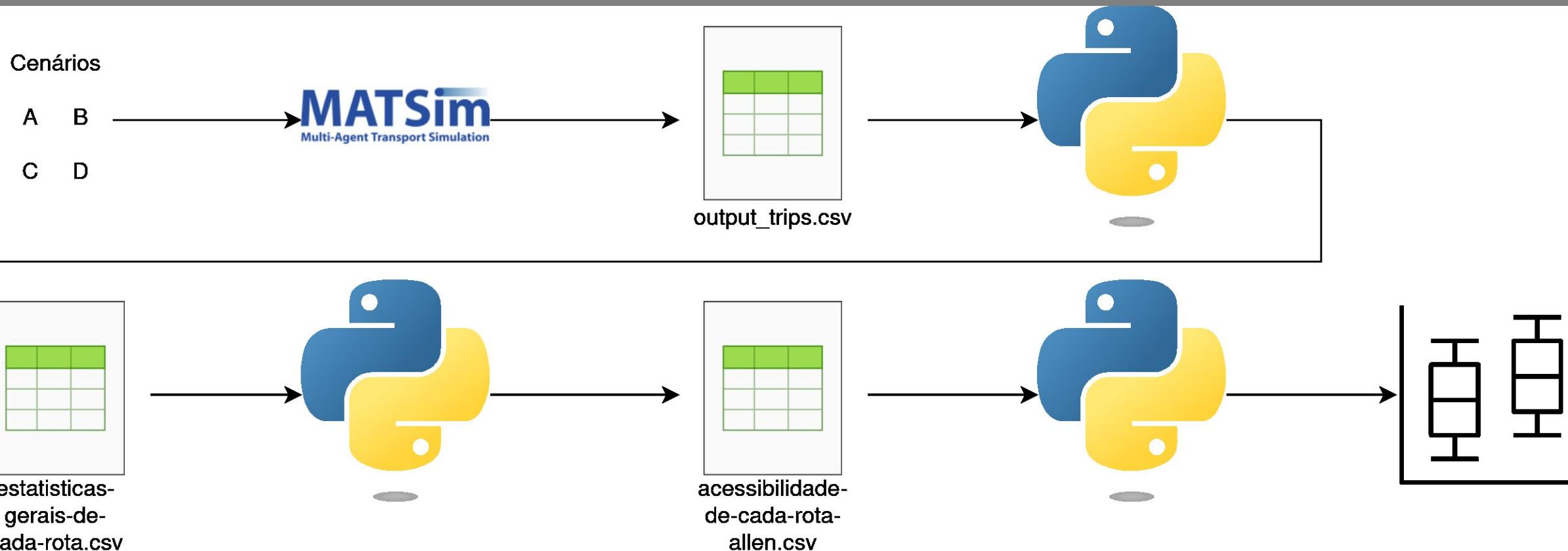


Cenários

- Agentes partindo dos pontos extremos da cidade
- De 05:00 até 23:00 horas
- 4 cenários, com diferentes demandas

Cenários	Intervalo entre ônibus	Demanda
Cenário A	1 hora	Cenário base
Cenário B	1 hora (horários de pico)	Metade do cenário base
Cenário C	30 minutos	Dobro do cenário base
Cenário D	1 minuto	Cenário base multiplicado por 60

Passo-a-passo para obter os valores do índice de Allen *et al.* (1993)



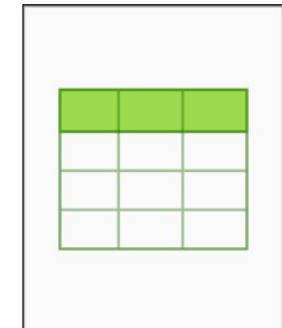
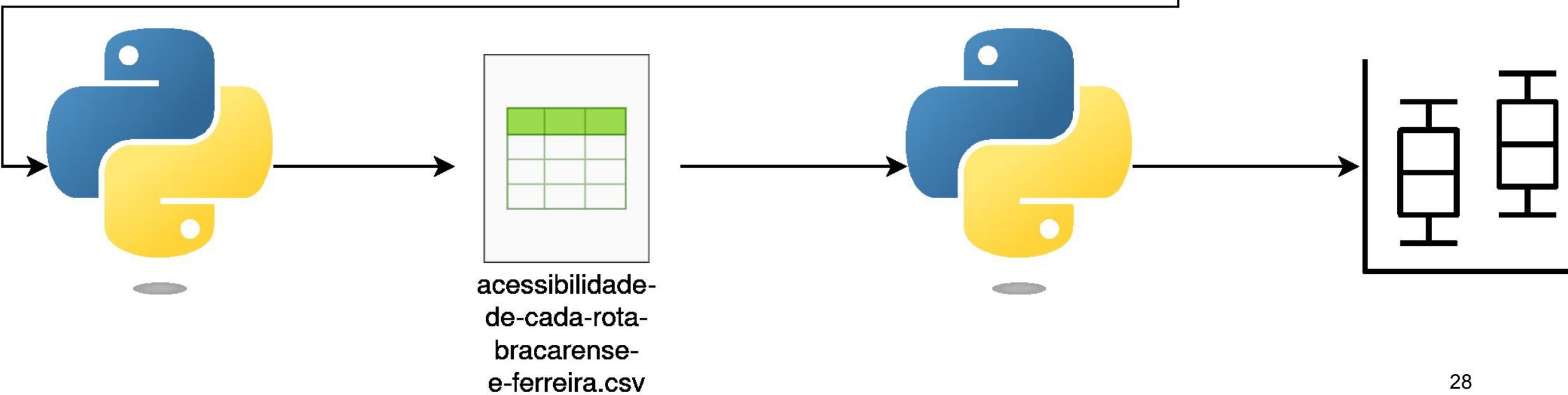
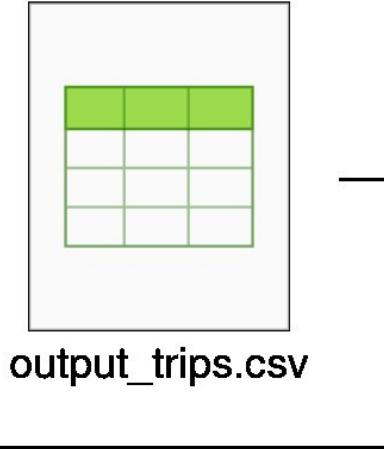
Passo-a-passo para obter os valores do índice de Bracarense e Ferreira (2018)

Cenários

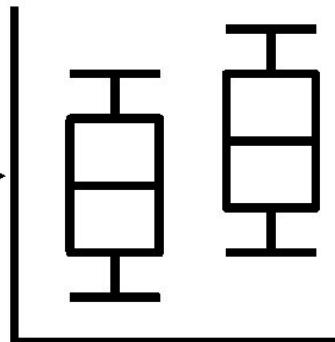
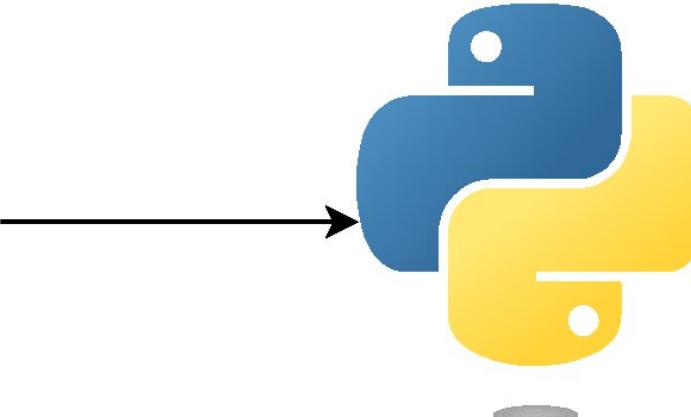
A B



C D



acessibilidade-
de-cada-rota-
bracarense-
e-ferreira.csv



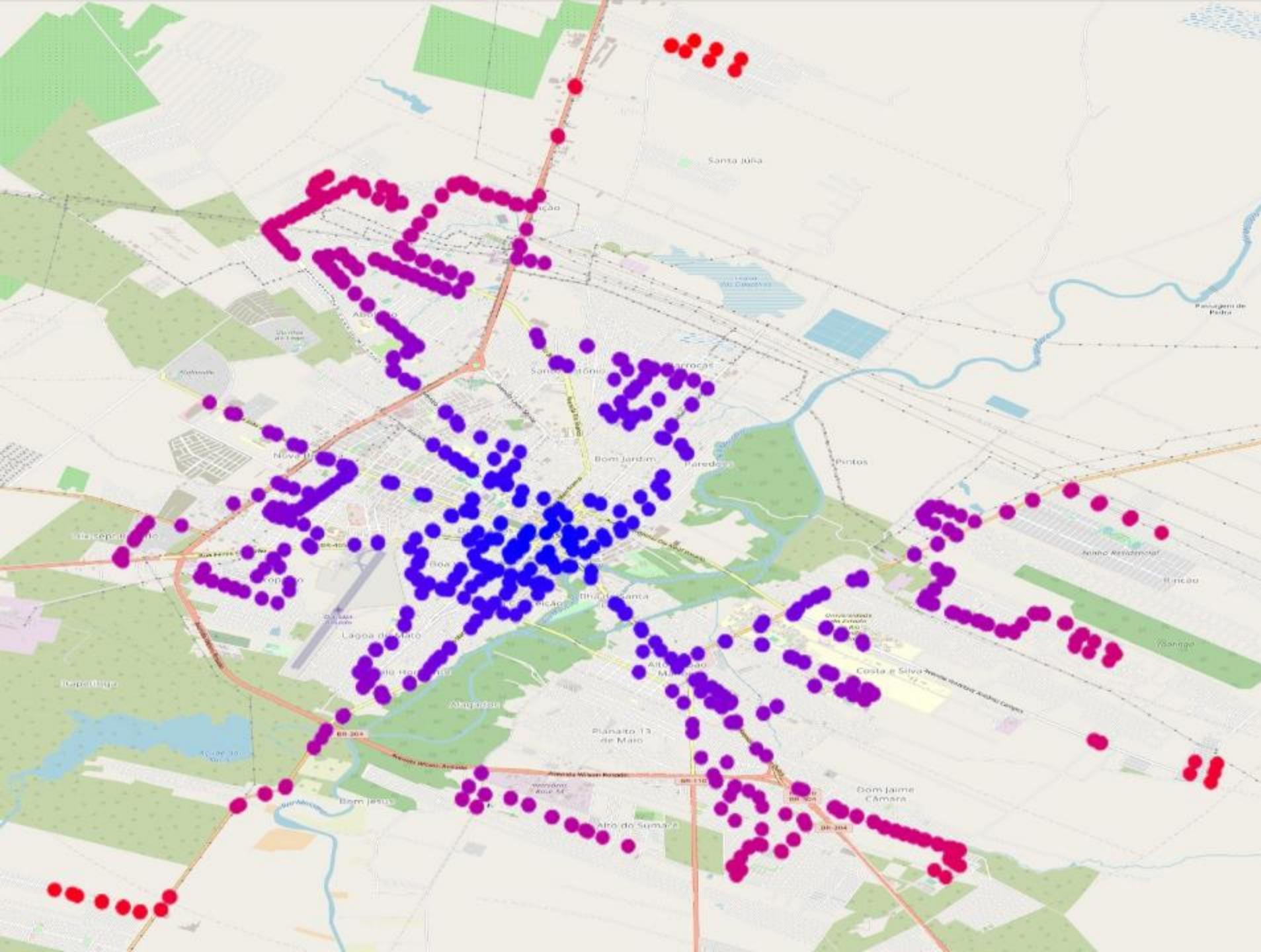
Resultados

Tempo mínimo entre veículos na mesma linha em Mossoró

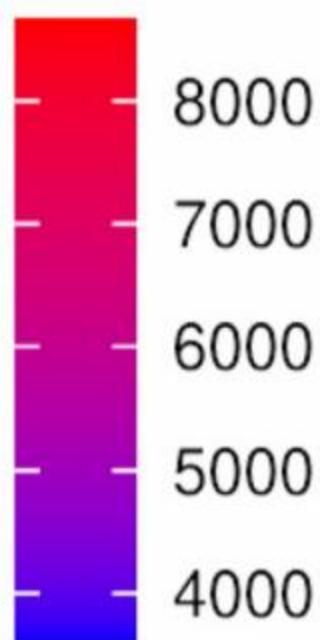


Resultados

- Usando o índice de Ingram (1971), foi possível fazer um mapa de calor das paradas de Mossoró



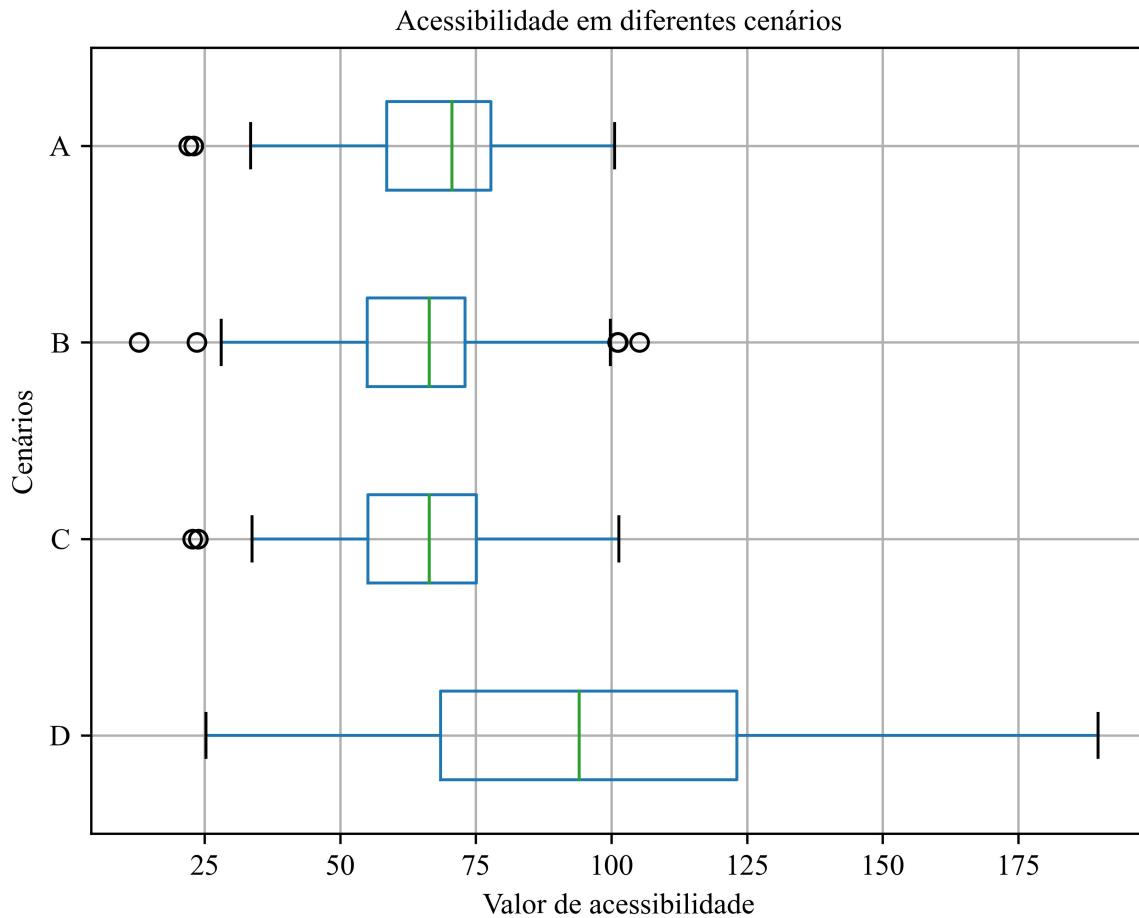
Acessibilidade



Resultados

- Usando os índices de Allen et al. (1993) e Bracarense e Ferreira (2018), obteve-se o valor de acessibilidade em cada rota

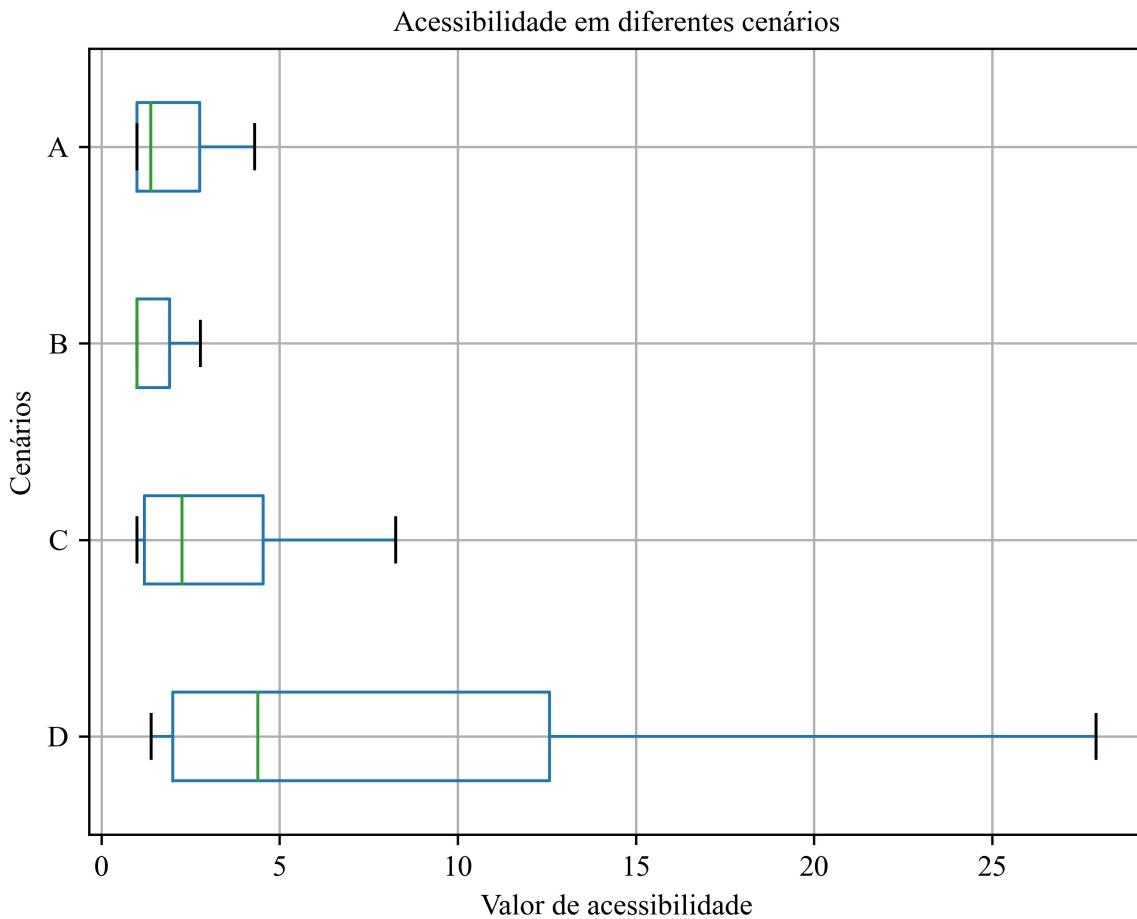
Resultados



Cenários	Intervalo entre ônibus
Cenário A	1 hora
Cenário B	1 hora (horários de pico)
Cenário C	30 minutos
Cenário D	1 minuto

Allen et al. (1993) - Quanto menor o valor, mais acessível

Resultados

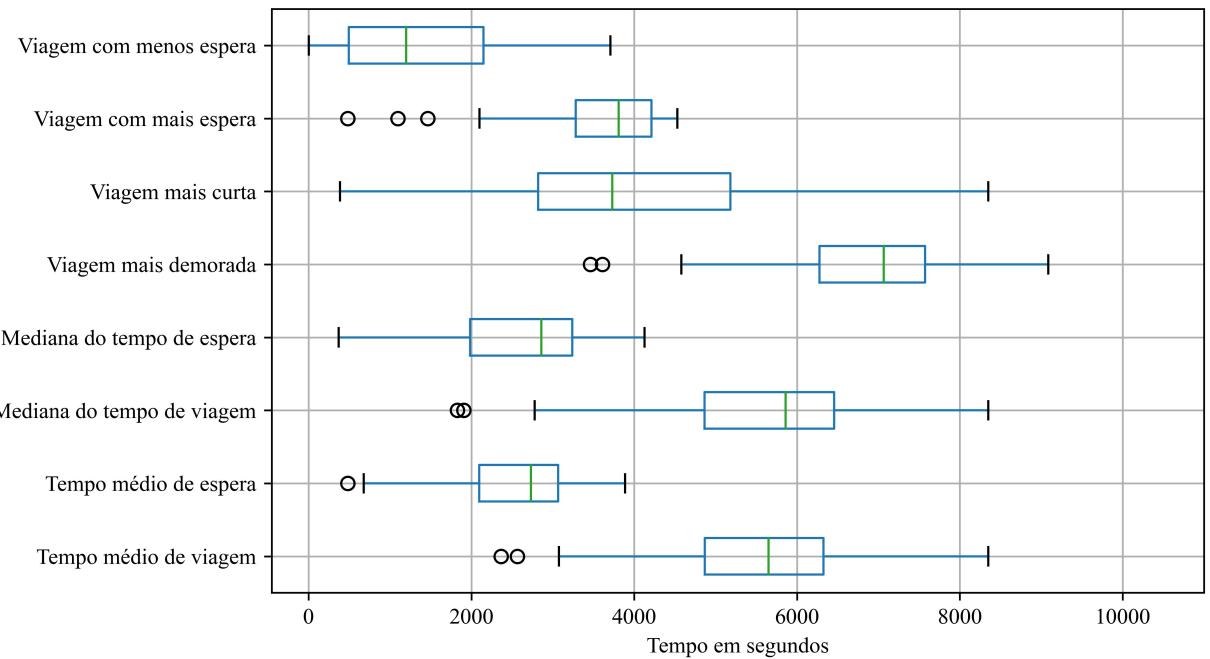


Cenários	Intervalo entre ônibus
Cenário A	1 hora
Cenário B	1 hora (horários de pico)
Cenário C	30 minutos
Cenário D	1 minuto

Bracarense e Ferreira (2018) - Quanto menor o valor, menos acessível

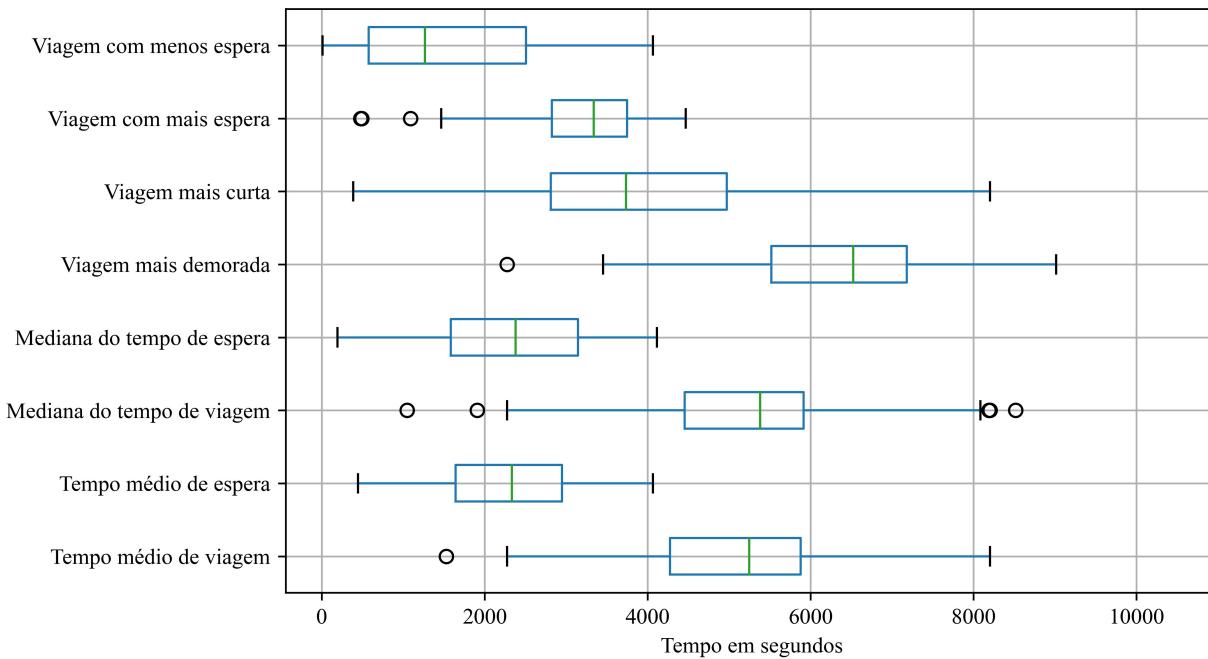
Dados estatísticos do cenário A

Dados estatísticos



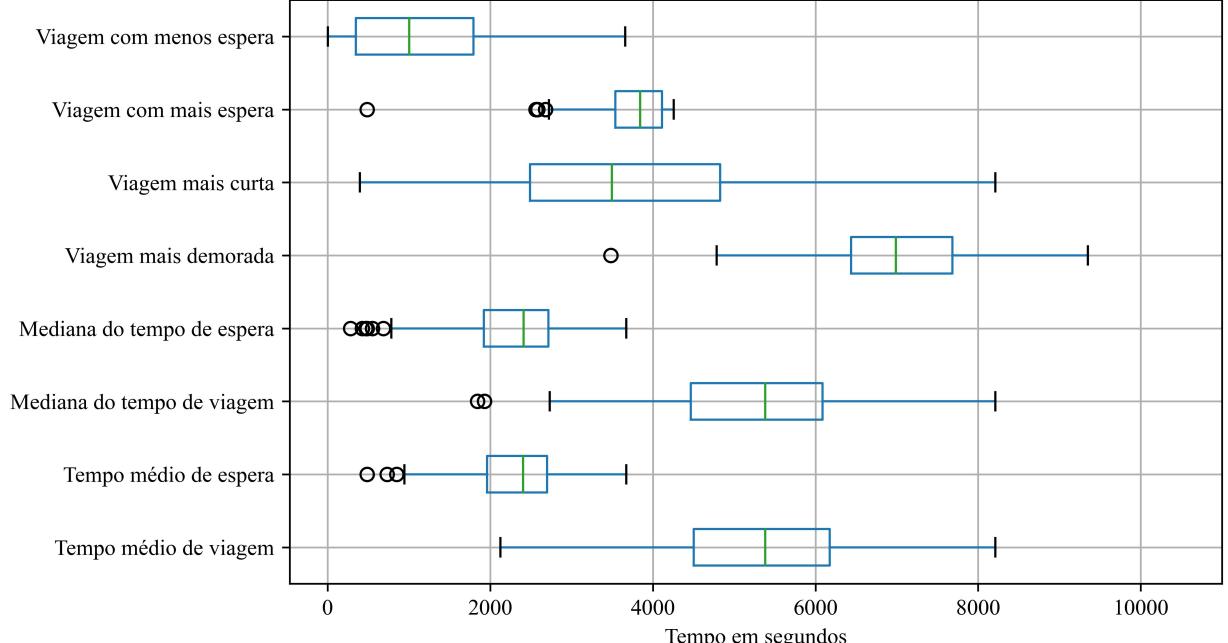
Dados estatísticos do cenário B

Dados estatísticos



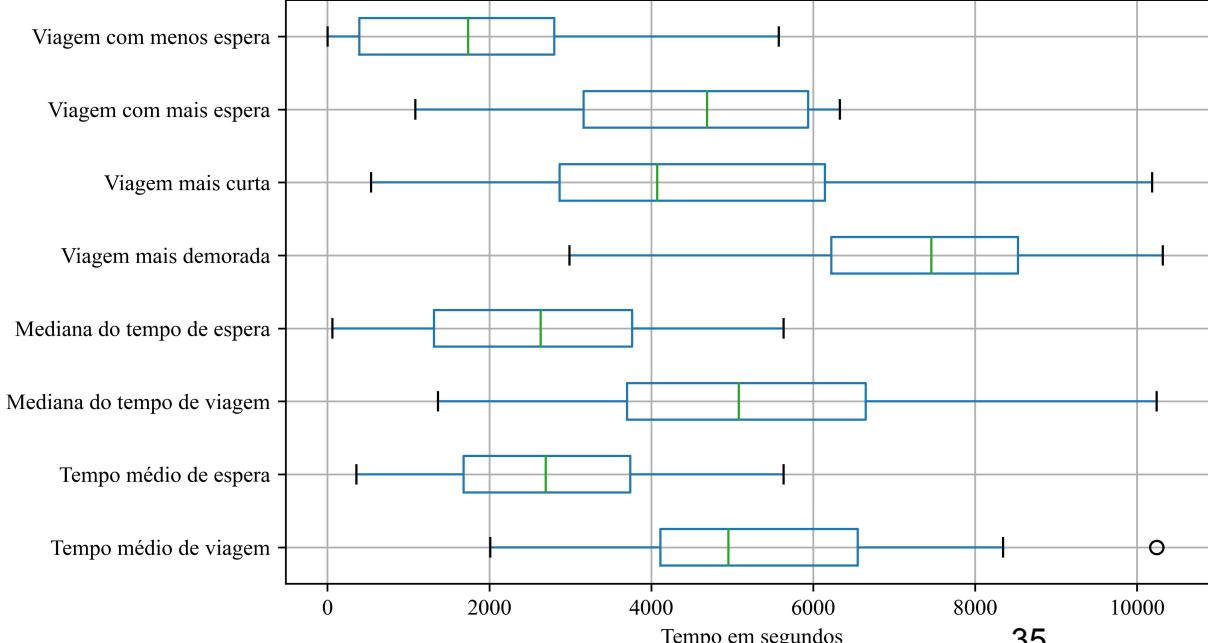
Dados estatísticos do cenário C

Dados estatísticos



Dados estatísticos do cenário D

Dados estatísticos



Conclusões

- Níveis de acessibilidade insatisfatórios (De 1 a 27, usando a fórmula de Bracarense e Ferreira [2018])
- Rotas com grandes esperas (De 5 a 101 minutos)

Trabalhos futuros

- São necessários dados reais de demanda para ter valores reais de acessibilidade
 - Dados reais usando o Bluetooth
- Propor nova rede com novas paradas e rotas

MUITO OBRIGADO!!!!!!

vitor.ropke@alunos.ufersa.edu.br

vitorropke@hotmail.com