

# **PTR 3514 – “Fundamentos” de ITS**



**“Fundamentos” de  
Sistemas “Inteligentes” de  
Transportes (ITS)  
[Intelligent Transport Systems]**

# Agenda

- **Modelos de “Macrossimulação” de Tráfego**
  - ▣ **Modelo de 4 Etapas**
- Gerenciamento de Fluxos de Tráfego
  - ▣ Previsão de Tráfego de Curto Prazo
- Gerenciamento de Demanda
  - ▣ Estimação de Matriz O/D

# Modelagem macroscópica de tráfego: construção da rede viária [Aula Cidades VISUM 1]

- Para começar a simular uma rede, assim como no software VISSIM, primeiro é necessário construí-la
- Os elementos de rede são “parecidos” com os do VISSIM, no entanto, existem alguns a mais

1º) Sobre uma imagem de "*background*" ou "imagem de fundo", importada de serviços de mapas como o **Open Street Maps**, usam-se três elementos: *links*, *nós*, e *turns*

## Laboratório VISUM 1 (ITS10) – Construção de rede viária no VISUM

2º) Criam-se **zonas**, polígonos responsáveis por representar grandes regiões da área de simulação

- Para efeitos de simulação, a zona é representada com todas as suas propriedades por um elemento pontual chamado centróide
- Todo o tráfego oriundo e entrante, numa zona, é carregado em seu centróide
- Conecta-se, através do objeto "conectores", o centróide aos nós que representam adequadamente a origem do tráfego em cada uma das zonas

# Modelagem macroscópica de tráfego: análise da demanda

## [Aula Cidades VISUM 2]

- Para começar a simular uma rede, assim como no software VISSIM, primeiro é necessário construí-la
- Os elementos de rede são “parecidos” com os do VISSIM, no entanto, existem alguns a mais

1º) Sobre uma imagem de "*background*" ou "imagem de fundo", importada de serviços de mapas como o Open Street Maps, usam-se três elementos: *links*, *nós*, e *turns*

Laboratório VISUM 2 (ITS11) – Construção de rede viária no VISUM

## 2º) Criam-se **zonas**, polígonos responsáveis por representar grandes regiões da área de simulação

- Para efeitos de simulação, **a zona é representada com todas as suas propriedades por um elemento pontual chamado centróide**
  - **Todo o tráfego oriundo e entrante, numa zona, é carregado em seu centróide**
  - Conecta-se, através do objeto "**conectores**", o centróide aos nós que representam adequadamente a origem do tráfego em cada uma das zonas
- **Laboratório VISUM 2 (ITS11) – Construção de rede viária no VISUM**

# Modelo 4 Etapas: 1 e 2

## [Aula Cidades VISUM 3]

- **(1) Geração de Viagens**
  - ▣ Visa **estimar as viagens que serão atraídas por uma zona** em um determinado período de tempo
  - ▣ Nesse processo considera-se a soma de viagens produzidas e atraídas em cada zona
  - ▣ **Laboratório VISUM 4 (ITS13)**
  
- **(2) Distribuição de Viagens**
  - ▣ O objetivo é **estimar o número de viagens entre cada zona de tráfego, ou seja, calcular as viagens entre cada par origem e destino**
  - ▣ **Laboratório VISUM 5 (ITS14)**

# Modelo 4 Etapas: 3 e 4

## [Aula Cidades VISUM 4]

### □ (3) Divisão Modal

- ▣ Visa chegar a uma estimativa de como será a divisão modal destas viagens inseridas na matriz
- ▣ Ou, visa conhecer quantas destas viagens ocorrerão por meio de cada sistema de transporte, como carro, ônibus, bicicleta, a pé, metrô etc.
- ▣ Laboratório VISUM 6 (ITS15)

### □ (4) Alocação de tráfego

- ▣ Ocorre o carregamento da rede, de acordo com o número de viagens determinadas
- ▣ Laboratório VISUM 7 (ITS16)

# Avaliação de sistemas de otimização semafórica em tempo real: um estudo de caso na Cidade de São Paulo

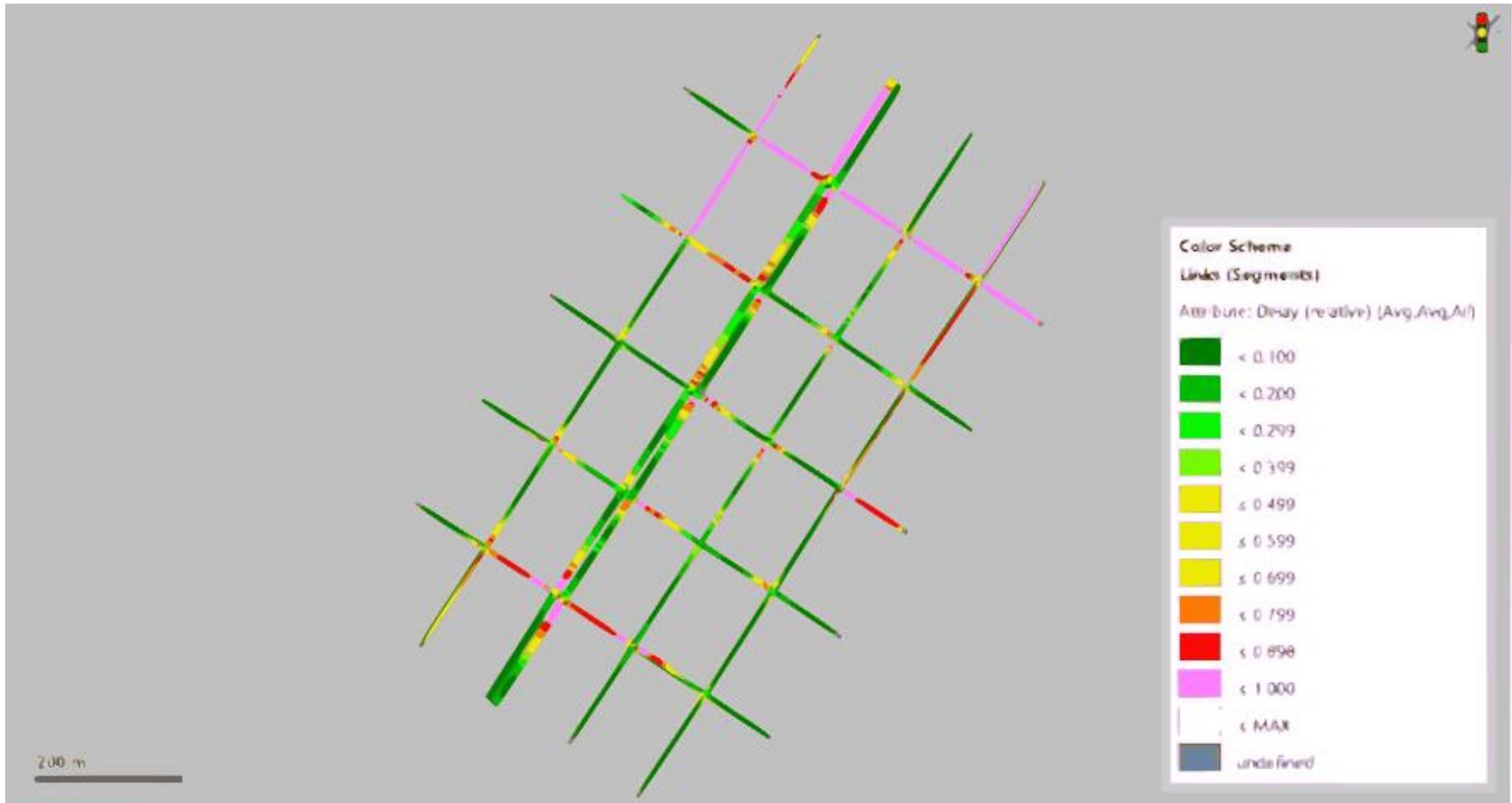
2019

LUCA Di Biase

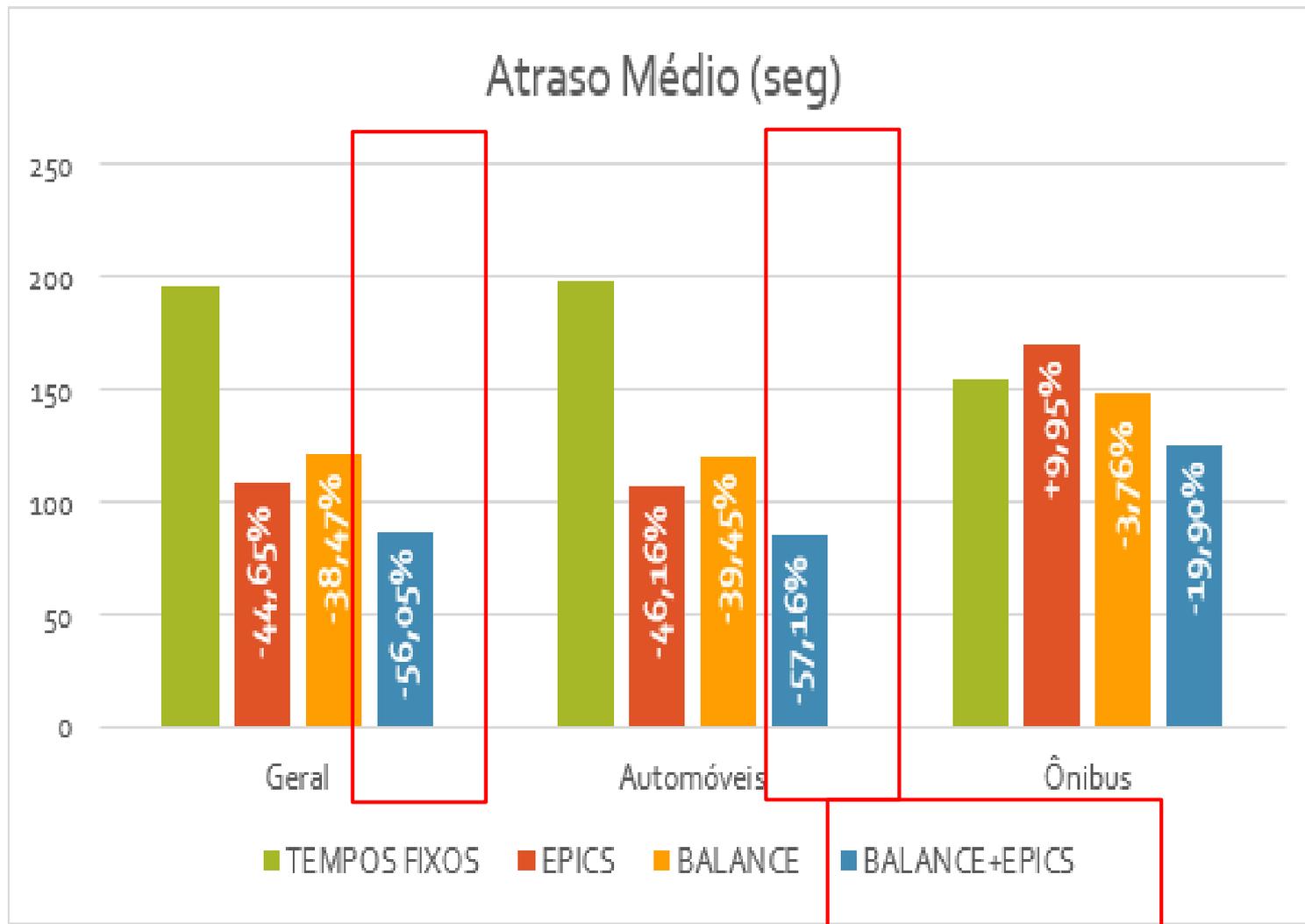
# Área de estudo



# Mapa de calor do indicador “Atraso Médio” para o cenário atual / referência (Tempos Fixos)



# Comparação entre cenários considerando o indicador “Atraso Médio”



# Modelagem macroscópica de tráfego: comparação de cenários

- Uma ferramenta importante do VISUM é a **comparação de cenários diferentes de um mesmo trecho de rede viária**
- Assim como no VISSIM, mediante uma rede viária já construída e calibrada, pode-se construir cenários diferentes que simulam alterações nessa rede
- É possível **compará-los quanto aos parâmetros desejados** para avaliar as mudanças:
  - ▣ Velocidades médias em determinados trechos das vias
  - ▣ Volumes de tráfego por hora em determinados pontos

# Modelagem macroscópica de tráfego: comparação de cenários

- Vários cenários diferentes podem ser gerados, comparados e gerenciados em uma **ferramenta de Gestão de Cenários**
- Nela há uma janela que explicita as mudanças realizadas em cada cenário que viabiliza
  - ▣ **após simulações simultâneas** feitas nos diferentes cenários criados
  - ▣ **avaliar que mudanças** em volumes de tráfego e velocidades médias ao longo da via foram observadas em cada um dos cenários
- Isso permite ao **gestor de transportes** decidir quais são as **alterações viárias mais significativas**
  - ▣ **E assim dispende recursos financeiros de maneira otimizada**
- **Laboratório VISUM 3 (ITS12) – Simulação de Implantação de Melhorias na Rede de Transporte e Comparação dos Cenários Gerados no software VISUM**



# Laboratório ITS12 (VISUM 3)- Gerenciamento de Cenários"

Edit project

Basic settings | Scenarios | Modifications | Procedure parameter sets | Comparison patterns | Distributed computing | Multi-user mode |

Count: 4	Active	Number	Code	Description	Procedure parameter set	Modifications	Calculation state	Progress	Last calculation	Vehicle hours traveled tCur (AP)	V / C
1	<input checked="" type="checkbox"/>	1	DoMin	DoMinimum	1 AssignPrT	...	Calculated		06/06/2017 22:30:14	154987h 23s	120
2	<input checked="" type="checkbox"/>	2	Br	Bridge	1 AssignPrT	1	Calculated		06/06/2017 22:30:14	124209h 20min 7s	117
3	<input checked="" type="checkbox"/>	3	Dem2020	Demand2020	1 AssignPrT	2	Calculated		06/06/2017 22:30:27	218213h 53min 37s	132
4	<input checked="" type="checkbox"/>	4	Br2020	Bridge2020	1 AssignPrT	1,2	Calculated		06/06/2017 22:30:31	173352h 24min 1s	128

# Modelagem macroscópica de tráfego: apresentação de resultados

- O VISUM permite uma visualização gráfica das alocações de tráfego através de *Flow Bundles*, Isócronas e Volumes de Viragem
  - ▣ *Flow Bundles* representam os volumes de tráfego que ocorrem nas vias após o transporte alocado por meio de barras gráficas
    - Quanto maior o volume de tráfego, maiores serão essas barras no mapa da rede

# Modelagem macroscópica de tráfego: apresentação de resultados

- O VISUM permite uma visualização gráfica das alocações de tráfego através de *Flow Bundles*, **Isócronas** e **Volumes de Viragem**
  - ▣ **Isócronas**
    - colorem os pontos do mapa em escala gradativa de cores, conforme o maior tempo de viagem necessário para a chegada, a partir de um ponto central definido
  - ▣ **Volumes de viragem** representam, graficamente, em cada nó da via, que permite múltiplos caminhos, qual é a quantidade de tráfego que se encaminha para cada um deles

# Agenda

- Modelos de “Macrossimulação” de Tráfego
  - ▣ Modelo de 4 Etapas
- **Gerenciamento de Fluxos de Tráfego**
  - ▣ **Previsão de Tráfego de Curto Prazo**
- Gerenciamento de Demanda
  - ▣ Estimação de Matriz O/D

# 14813 – 1: Domínios de serviços (grupos) ITS

## Arquitetura de referência de ITS

### 2. Operações e gerenciamento de tráfego

**2.1 Gerenciamento e controle de tráfego**

2.2 Gerenciamento de incidentes relacionados ao transporte

2.3 Gerenciamento de demanda

2.4 Gerenciamento de manutenção da infraestrutura do transporte

2.5 Diretrizes/ cumprimento das regras de trânsito

# Caracterização das condições de tráfego, em tempo próximo ao real, para uso em sistemas de previsão de tráfego em cidades de grande porte

# Previsão de tráfego de curto prazo

2019

Pereira, M; Zema, D.; Ferreira, Y.

# MOTIVAÇÃO INICIAL



**TEMOS MUITOS DADOS QUE  
NÃO UTILIZAMOS DE MODO  
INTELIGENTE**



**A CENTRAL DE OPERAÇÕES  
PRECISA DE FERRAMENTAS**

# MOTIVAÇÃO do ORIENTADOR

Vocês da CET sabem operar São Paulo,  
só não sabem dizer como se faz isso

Eu quero o manual de Operação da  
Cidade! Como operar a Cidade?

## QUESTÕES DE PESQUISA

- Como caracterizar as condições de tráfego no ambiente urbano?
- Como complementar as falhas de dados dos sensores em tempo próximo ao real?
- Como detectar a existência de incidentes imprevistos nas vias e como utilizar essa informação na ferramenta de previsão de tráfego?
- É possível definir padrões sazonais para o tráfego que sirvam de base para a melhoria da ferramenta de previsão?
- Como prever a situação do tráfego de uma grande cidade como São Paulo em tempo próximo ao real e para prazos acima de 30 minutos?

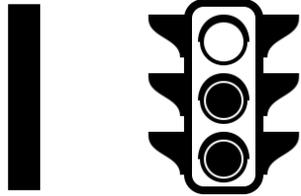
# O objetivo é prever o tráfego para ao menos **60 minutos à frente** para auxiliar a **tomada de decisões** aos gestores de cidades para uso em **situações atípicas**

TRABALHO DE QUALIFICAÇÃO DE MESTRADO – OLÍMPIO BARROS

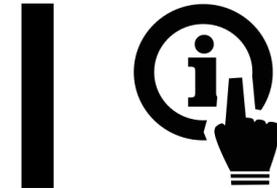
INTRODUÇÃO

Exemplos de utilidades para a previsão de tráfego na tomada de decisões aos gestores de cidades

Coordenação  
semafórica



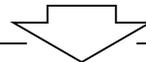
Informação aos  
usuários



Programação e  
operação de  
veículos de  
transporte público



Programação de  
frotas de transporte  
de cargas e  
roteamento de  
veículos



O trabalho visa propor uma metodologia que permita a **organização**, a **preparação** e a **análise** de **diferentes fontes de dados**, visando **caracterizar** as condições de tráfego, em **tempo próximo ao real**

# Etapas da previsão de tráfego

TRABALHO DE QUALIFICAÇÃO DE MESTRADO – OLIMPIO BARROS

ETAPAS

## Estimação

## Caracterização

## Previsão

Tratar dados de diversas fontes

Caracterizar as condições de tráfego

Previsão de tráfego de curto prazo

Esta é a etapa na qual ocorre o tratamento dos dados vindos de diversas fontes com o objetivo de caracterizar o tráfego

- Sensores (radares)
- Aplicativos (Waze)
- Sistemas de gestão (CET)
- Precipitação (IAG)

Uso de **Reconhecimento de Padrões**

Dados estimados são **organizados** em formato que possam ser utilizados nos simuladores de tráfego

Determinar as condições em que o tráfego estará após algum tempo

Uso de **simulador de tráfego**

- Baseado em matrizes de Origem e Destino pré-formatadas e na rede viária existente

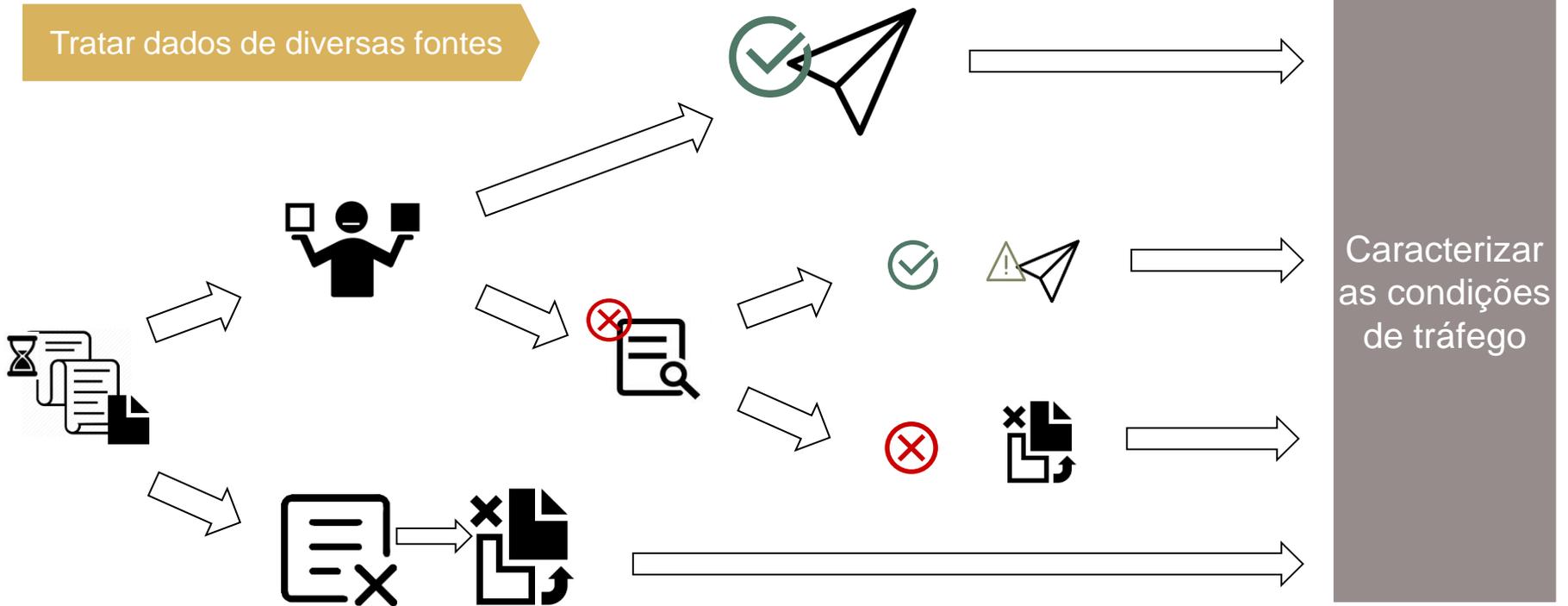
Vamos fazer previsão **sem o uso de simuladores!**

Usando **algoritmos de programação de Big Data**

# Estimação - realizada com o uso de ferramentas de Reconhecimento de Padrão

## Estimação

Tratar dados de diversas fontes



## Caracterização

Caracterizar as condições de tráfego

# Caracterização - os dados de oferta são organizados com base em links e nós, e os de demanda em matrizes OD de alocação dinâmica

## Caracterização

Caracterizar as condições de tráfego

### Tráfego (Demanda)

Dados da etapa de estimação

- Waze
- Sensores de Tráfego
- Radar
- Telepedágio (Sem Parar)

### Rede (Oferta)

Rede viária básica



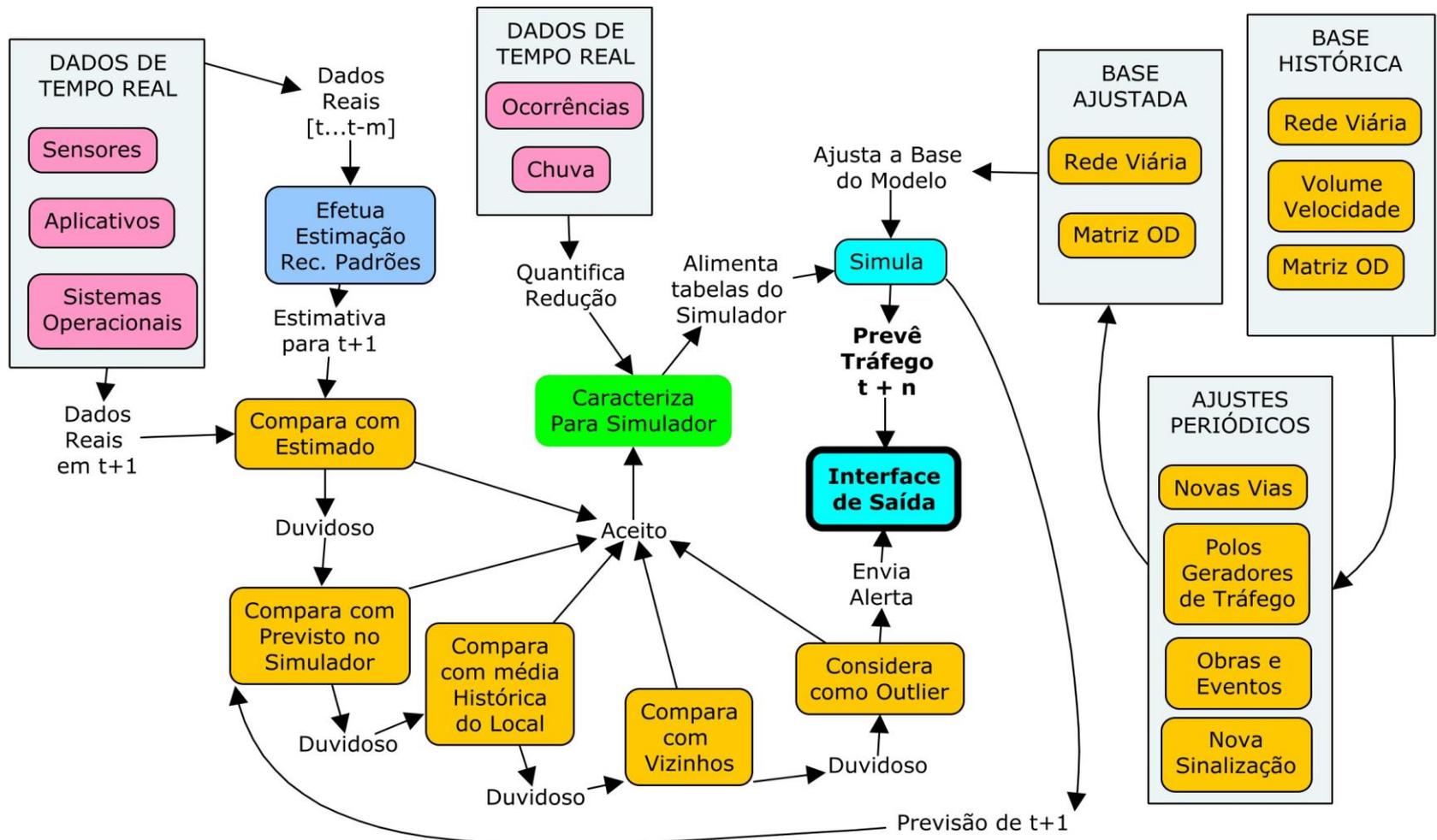
Atualização da rede viária



Ocorrências

Chuva

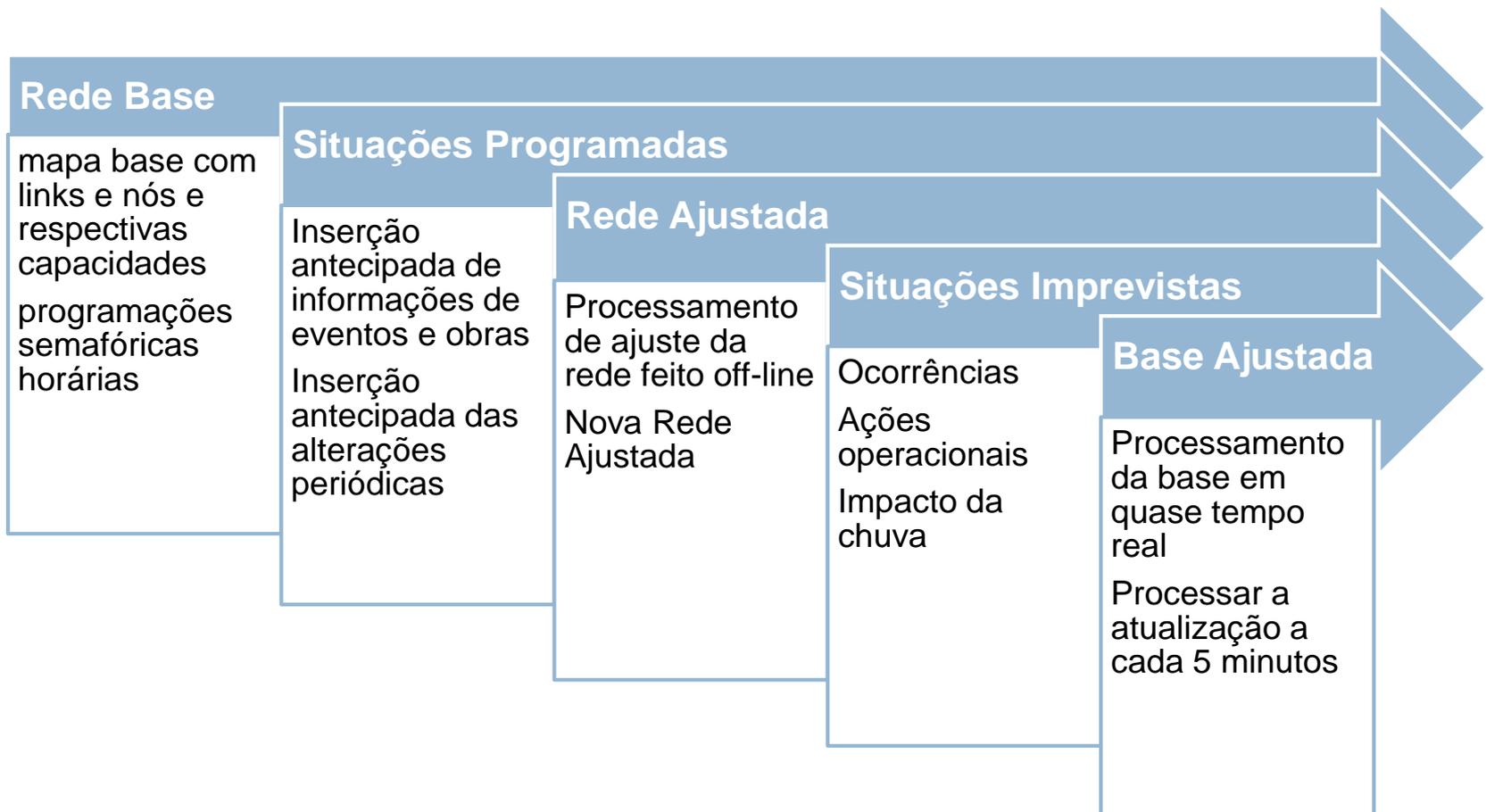
Ações operacionais



- Fluxo de Ajuste da Base
- Fluxo de Análise dos Dados de Tempo Real e Detecção de “Outlier”
- Envio de dados para Interface de Saída

## Modelo Proposto

# PREPARO DA REDE VIÁRIA



# Uso de Simuladores em Previsão de Tráfego em Tempo Real

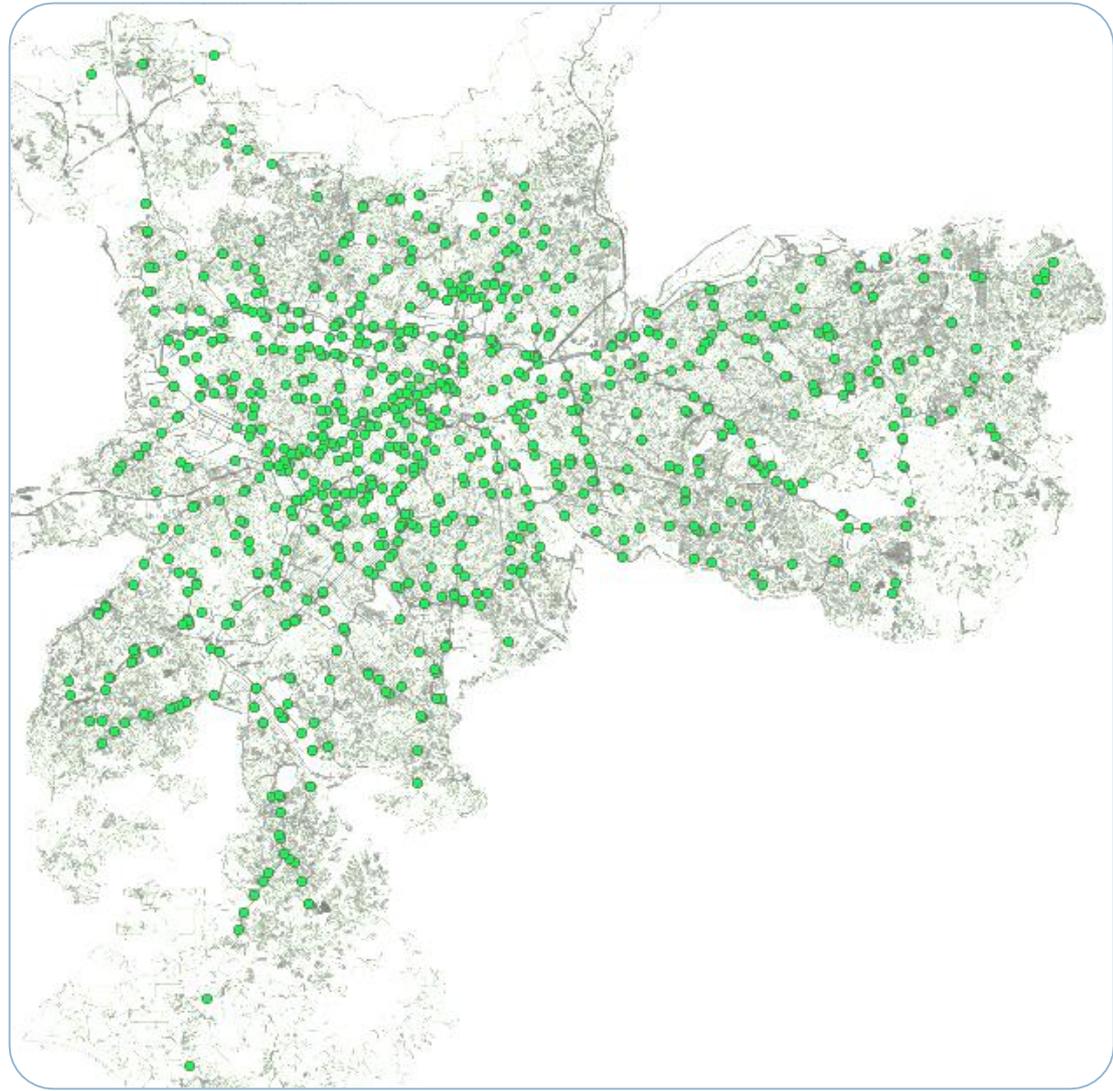
- BEN-AKIVA, M. et al. **Real Time Simulation of Traffic Demand-Supply Interactions within DynaMIT**. (2002)
- BURGHOUT, W.; KOUTSOPOULOS, H. N.; ANDREASSON, I. **Incident Management and Traffic Information Tools and Methods for Simulation-Based Traffic Prediction**. (2010)
- BURGHOUT, W. **Mesoscopic Simulation Models for Short-Term Prediction Hybrid microscopic-mesoscopic traffic simulation View project**. (2005)
- KUCHARSKI, R.; KOSTIC, B.; GENTILE, G. **Real-time traffic forecasting with recent DTA methods**. (2017)
- LU, Y. et al. **DynaMIT2.0: Architecture Design and Preliminary Results on Real-Time Data Fusion for Traffic Prediction and Crisis Management**. (2015)
- PELL, A.; MEINGAST, A.; SCHAUER, O. **Trends in Real-time Traffic Simulation**. (2017)
- XU, Y.; KONG, Q.-J.; LIU, Y. **Comparison of urban traffic prediction methods between UTN-based spatial model and time series models**. (2012)

# FONTES DE DADOS DISPONÍVEIS PARA O ESTUDO

<b>Sensores ITS (Radar)</b>	Volume	Quantidade de veículos que passam pelo equipamento em determinado intervalo de tempo, classificados por tipo: moto, auto, ônibus e caminhão
	Velocidade	Média ou Mediana das velocidades dos veículos que foram detectados, num determinado intervalo de tempo
	Velocidade de Percurso	Média da velocidade de percurso entre dois radares, com base no pareamento de placas
<b>Aplicativos e Redes Sociais (Waze)</b>	Filas	Conforme fornecido pelo aplicativo, com via, extensão, e final do trecho. Informação com geolocalização disponível.
	Velocidade de Percurso	Obtida diretamente do aplicativo para os trechos onde se registram atrasos.
	Alertas	Diretamente do aplicativo, com tipo e geolocalização, conforme indicado pelos usuários
<b>Dados Operacionais (CET)</b>	Filas	Diretamente do sistema Pintalent da CET, com extensões e trechos das vias monitoradas, necessário tratar a geolocalização
	Ocorrências	Do sistema de gestão de ocorrências da CET, com geolocalização e ocupação da via
<b>Meteorologia (IAG)</b>	Precipitação	Total de precipitação num determinado intervalo de tempo, por subprefeitura do Município de São Paulo

# Mapa dos Pontos com Sensores

**852 Radares da SMT-  
SP em funcionamento  
no dia 09/05/18**



# QUANTIDADE DOS DADOS DE SENSORES (RADARES)

	Média Diária (Amostra 6 dias)	Porcentagem
Quantidade de registros no bando de dados	50.649.453	205,46%
Registros com erro - ilegíveis	806	0,002%
Duplicidades detectadas	25.996.702	105,46%
<b>Registros de passagem de Veículos</b>	<b>24.651.945</b>	<b>100,00%</b>
Registros com Placa Identificada	18.354.894	74,75%
Registros sem Placa Identificada	6.225.597	25,25%
Velocidade Pontual Nula ou em branco	629.294	2,55%
Velocidade Pontual Excessiva (>150 km/h)	3.383	0,01%

# Agenda

- Modelos de “Macrossimulação” de Tráfego
  - ▣ Modelo de 4 Etapas
- Gerenciamento de Fluxos de Tráfego
  - ▣ Previsão de Tráfego de Curto Prazo
- **Gerenciamento de Demanda**
  - ▣ **Estimação de Matriz O/D**

# 14813 – 1: Domínios de serviços (grupos) ITS

## Arquitetura de referência de ITS

### 2. Operações e gerenciamento de tráfego

2.1 Gerenciamento e controle de tráfego

2.2 Gerenciamento de incidentes relacionados ao transporte

**2.3 Gerenciamento de demanda**

2.4 Gerenciamento de manutenção da infraestrutura do transporte

2.5 Diretrizes/ cumprimento das regras de trânsito

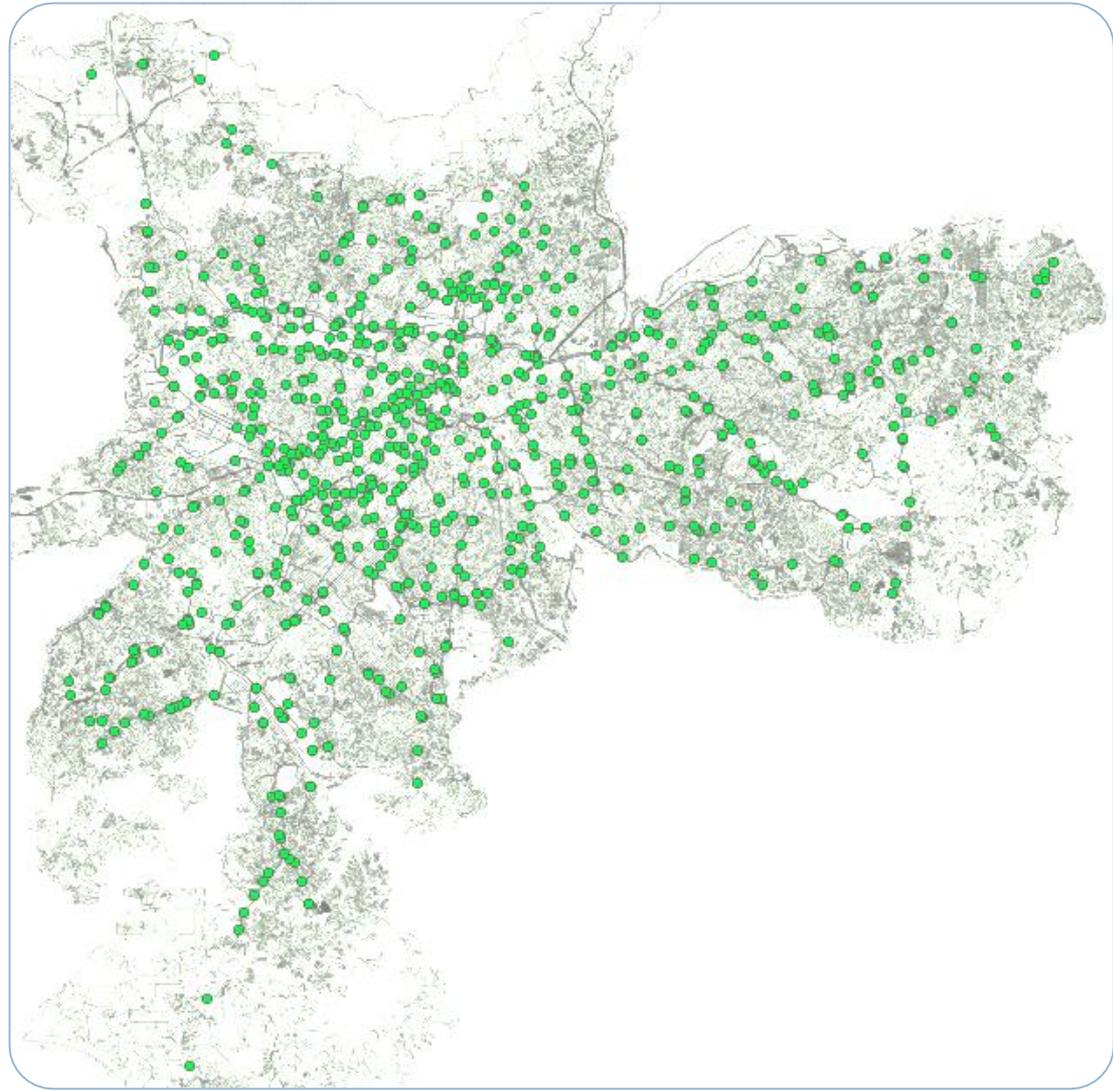
Estimativa de viagens  
**intermunicipais** usando  
dados de sistemas de  
identificação automática de  
veículos (**radares**)

2019

ANDRADE, A. C. B. F.; LIPOVETSKY, I. J.;  
NETO, J. M. A. R.

# Mapa dos Pontos com Sensores

**852 Radares da SMT-  
SP em funcionamento  
no dia 09/05/18**



# Scalable method for origin-destination demand estimation using automatic vehicle identification data

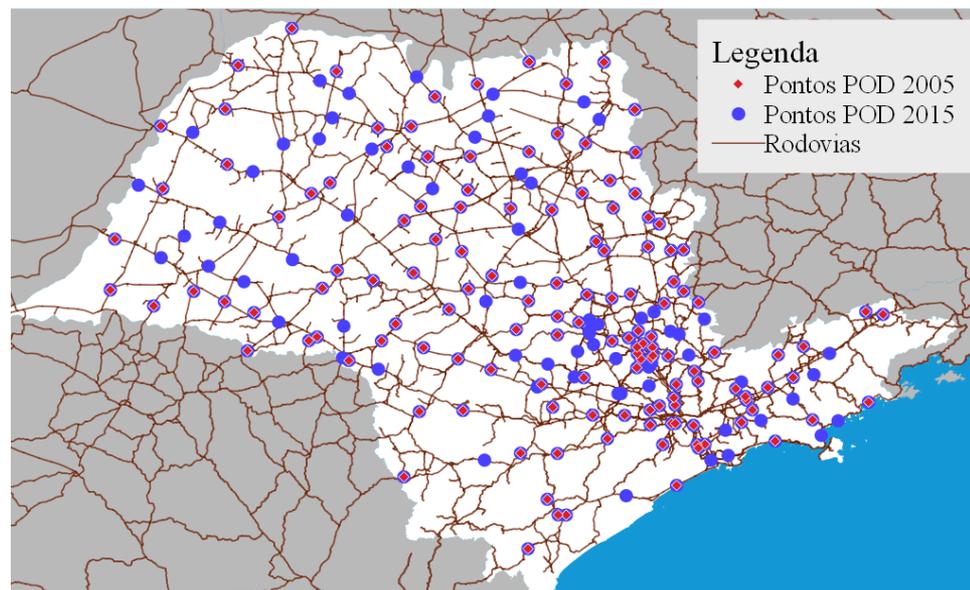
2019 (Qualif)

DOUGLAS F W Capelossi Martins

# Pesquisas ODs no Estado de SP

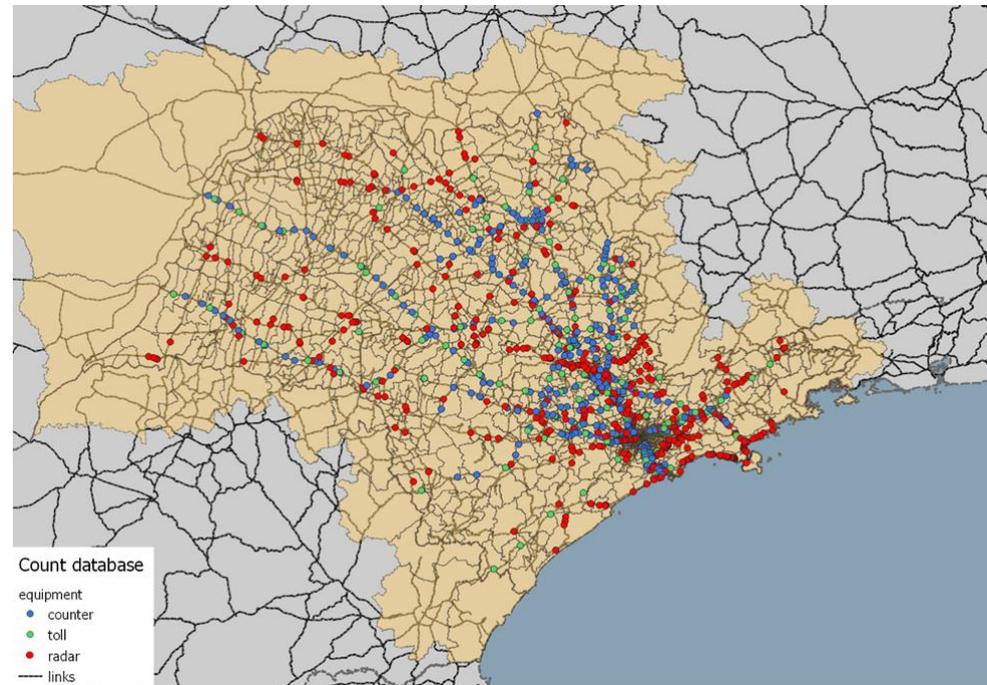
## □ Rodoviária:

- 2005-2015
- 128-230 pontos de pesquisa
- Dificuldades com custo, interrupção de tráfego, segurança, aspectos sazonais da demanda.

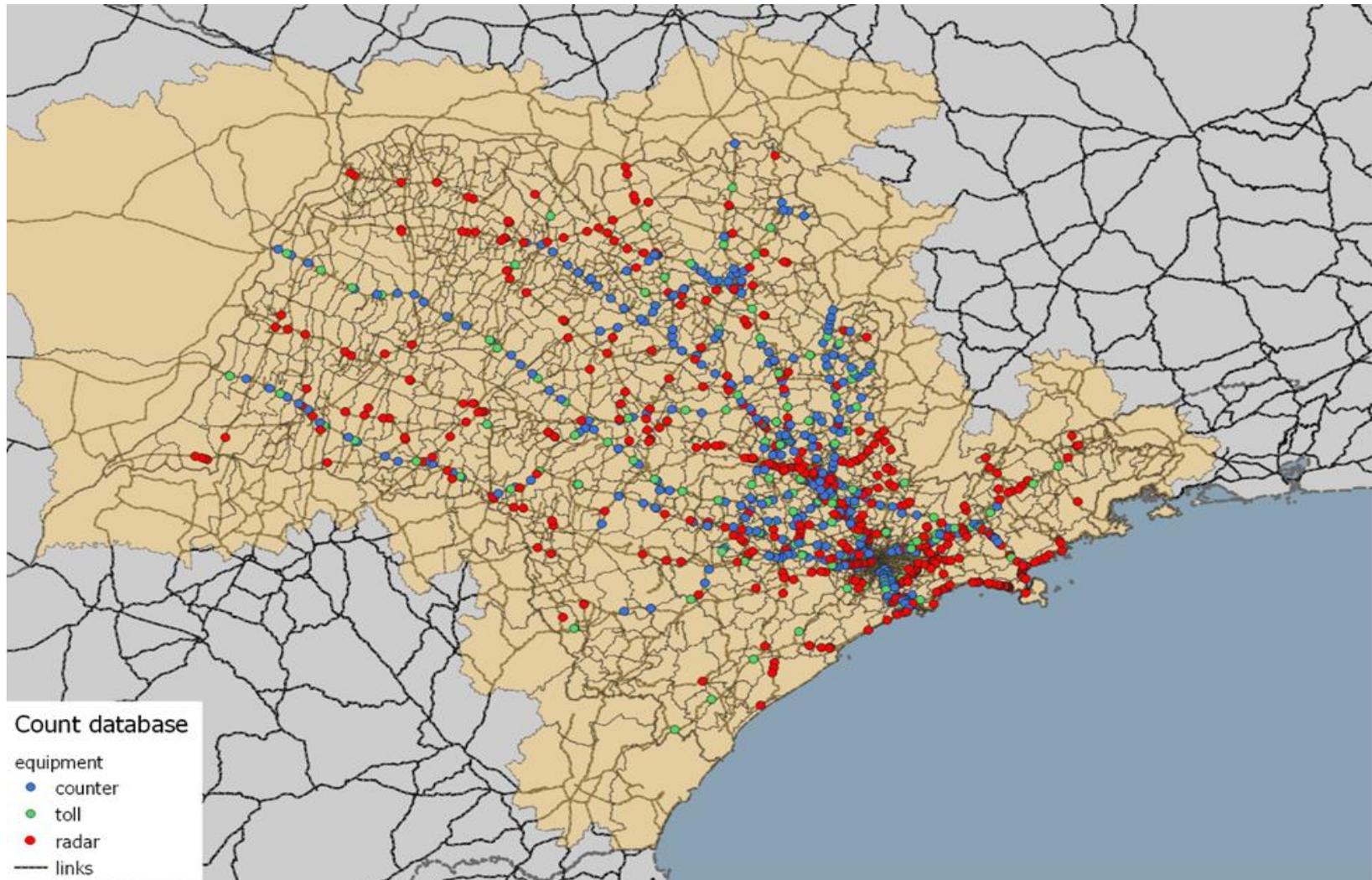


# Dados disponíveis: contagens e sistemas AVI

- Equipamentos com informações disponíveis:
  - **Praças de pedágio:** com **sistemas AVI** de cobrança automática de pedágios.
  - **Radares:** com sistemas AVI e com captura por OCR de placas.
  - **Contadores de tráfego.**
- Acima de 2.000 pontos disponíveis.  
Fontes ARTESP, ANTT, DER e COPOM.

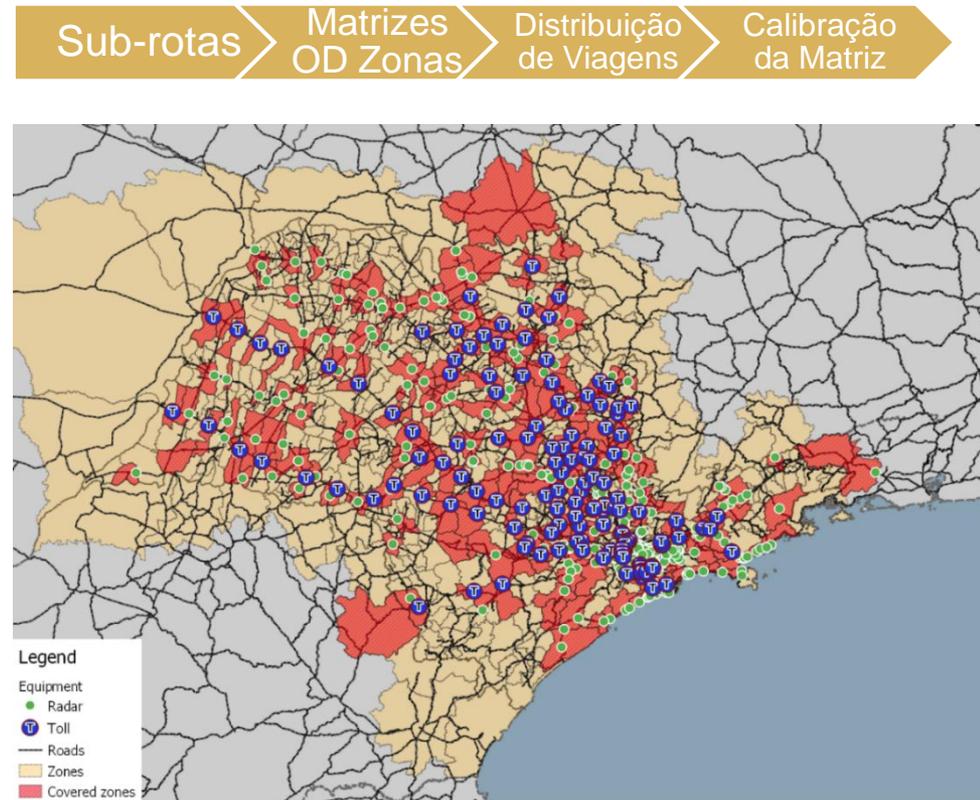


# Pontos de coleta de dados disponíveis



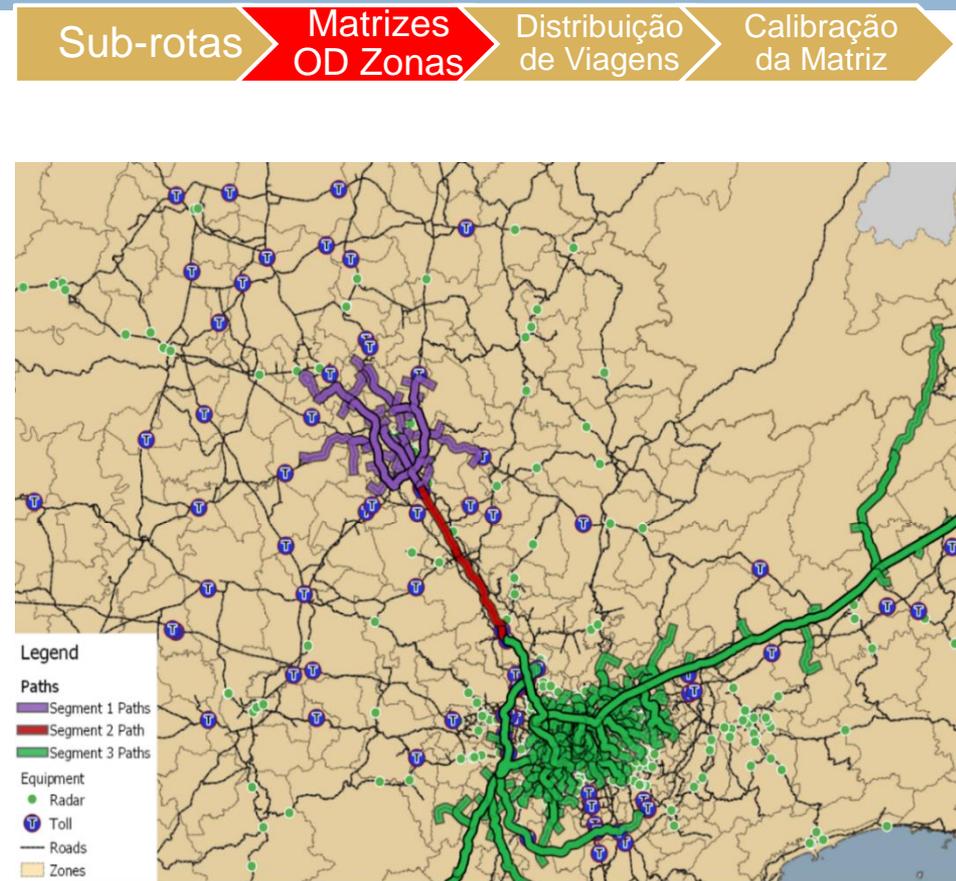
# Método Proposto

- Utiliza os bancos de dados disponíveis e recursos selecionados
  - com o objetivo de construir matrizes origem-destino para o Estado de SP
- A figura apresenta a distribuição geográfica dos equipamentos de identificação automática disponíveis.



# Matrizes OD Zonas

- Sub-rotas obtidas na etapa anterior são subdivididas em 3 segmentos:
  - i. Zona origem -> Primeiro equipamento;
  - ii. Primeiro equipamento -> Último equipamento;
  - iii. Último equipamento -> Zona destino.
- Procedimento determina o conjunto de zonas candidatas a origem (segmentos I) e zonas candidatas a destino (segmentos III).



# Matrizes OD Zonas

- Em seguida alguns exemplos práticos que ilustram

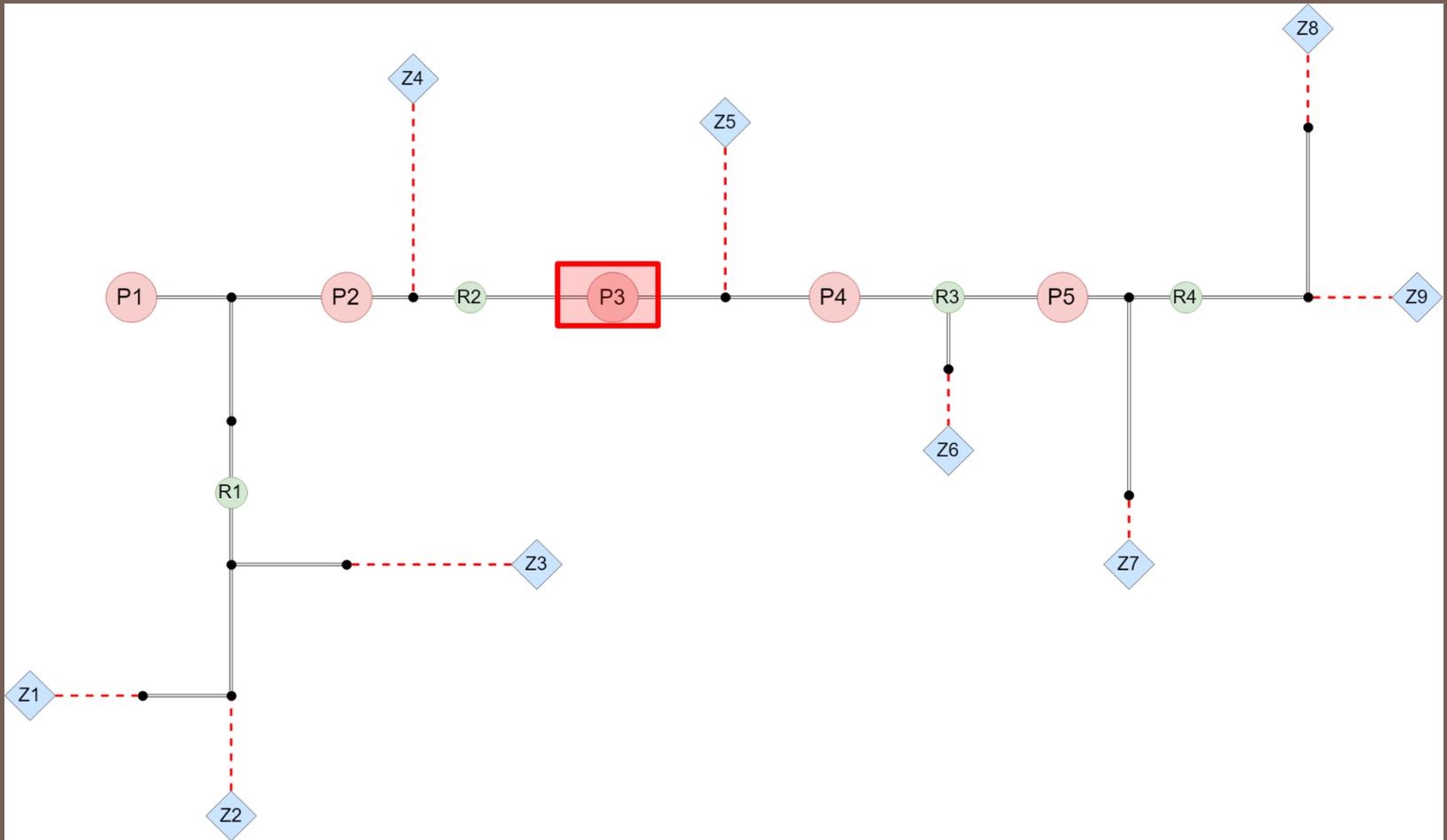
Sub-rotas

Matrizes  
OD Zonas

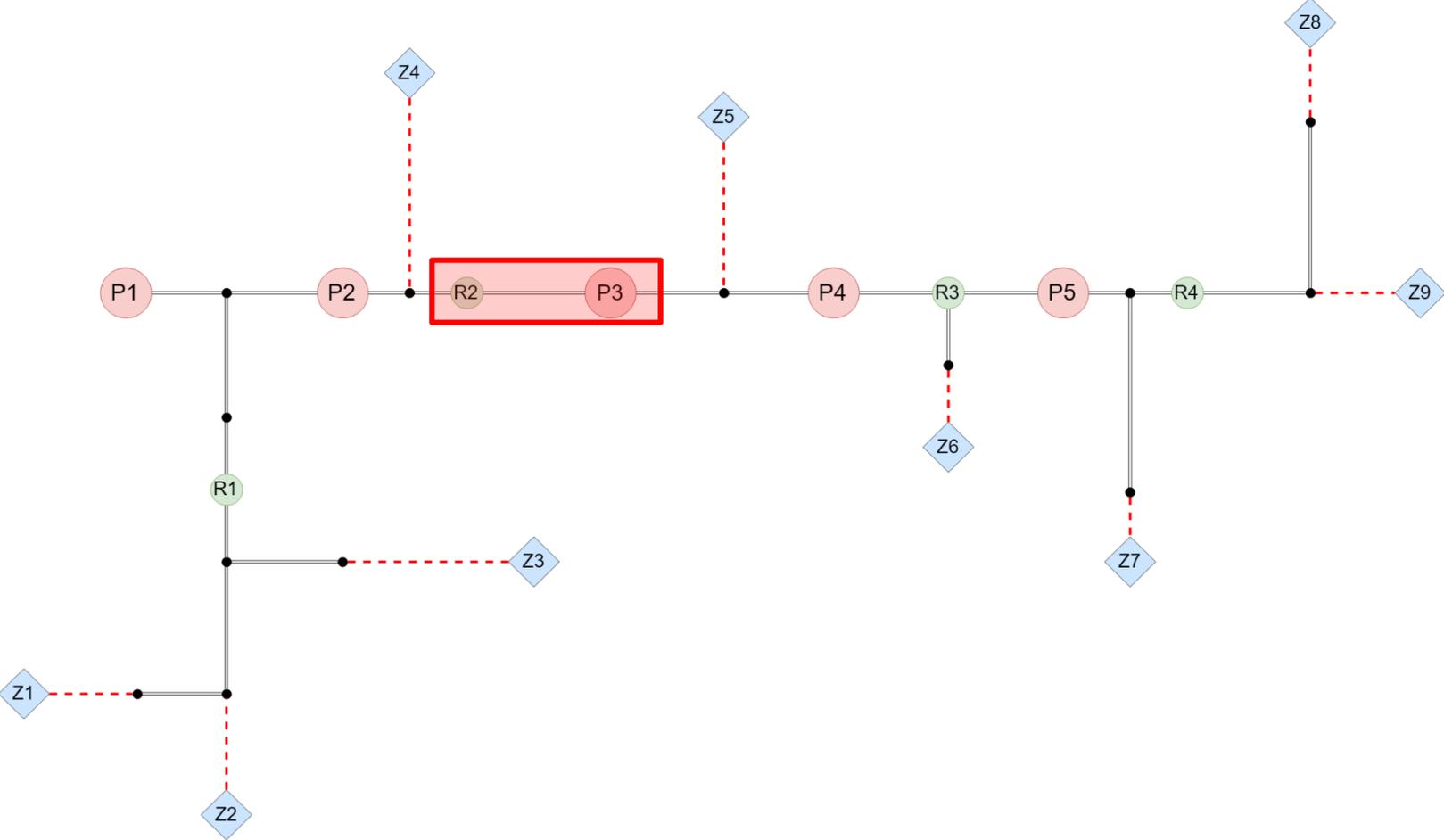
Distribuição  
de Viagens

Calibração  
da Matriz

Sub-rotas: R2,P3

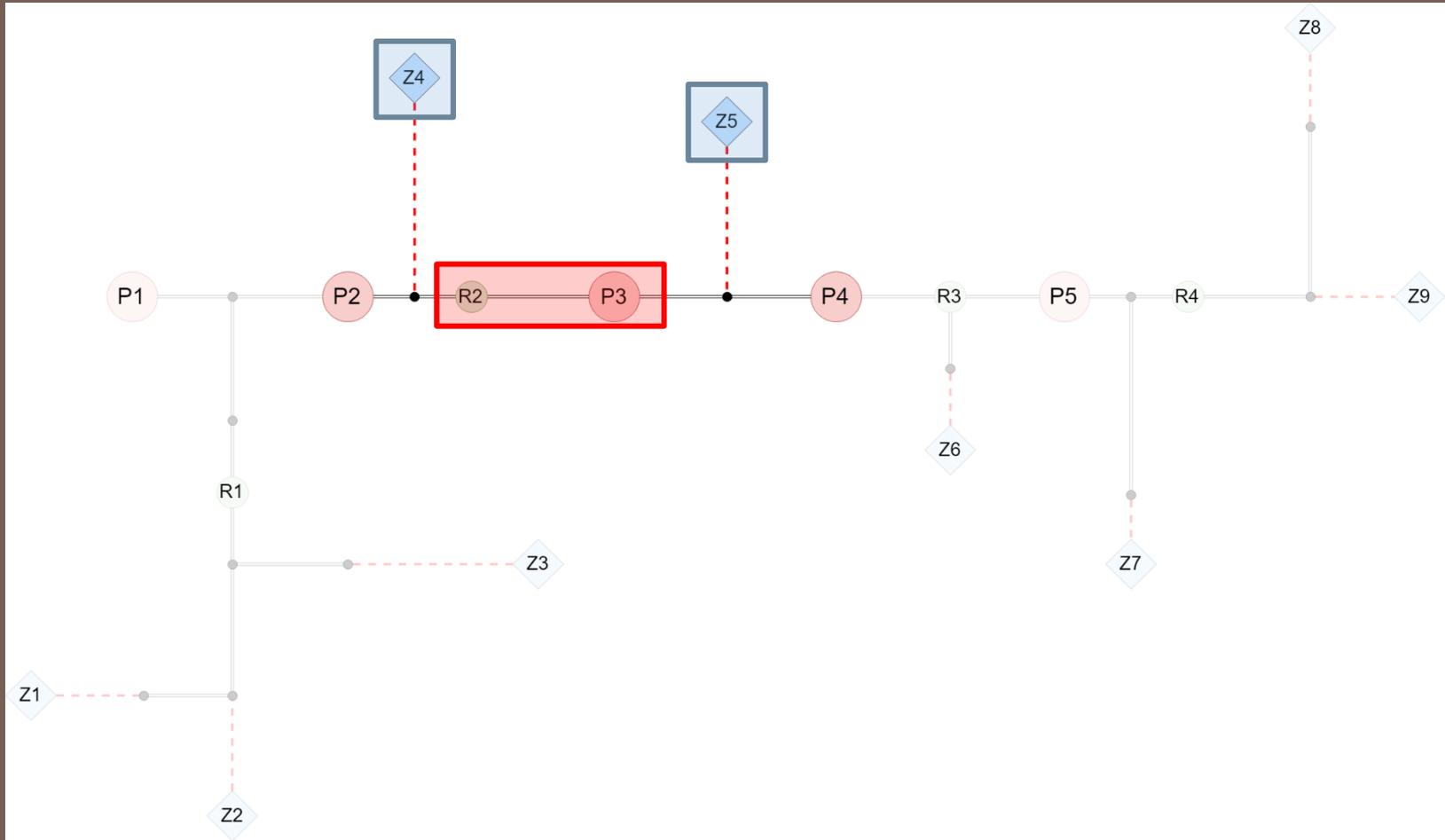


Sub-rota: R2,P3

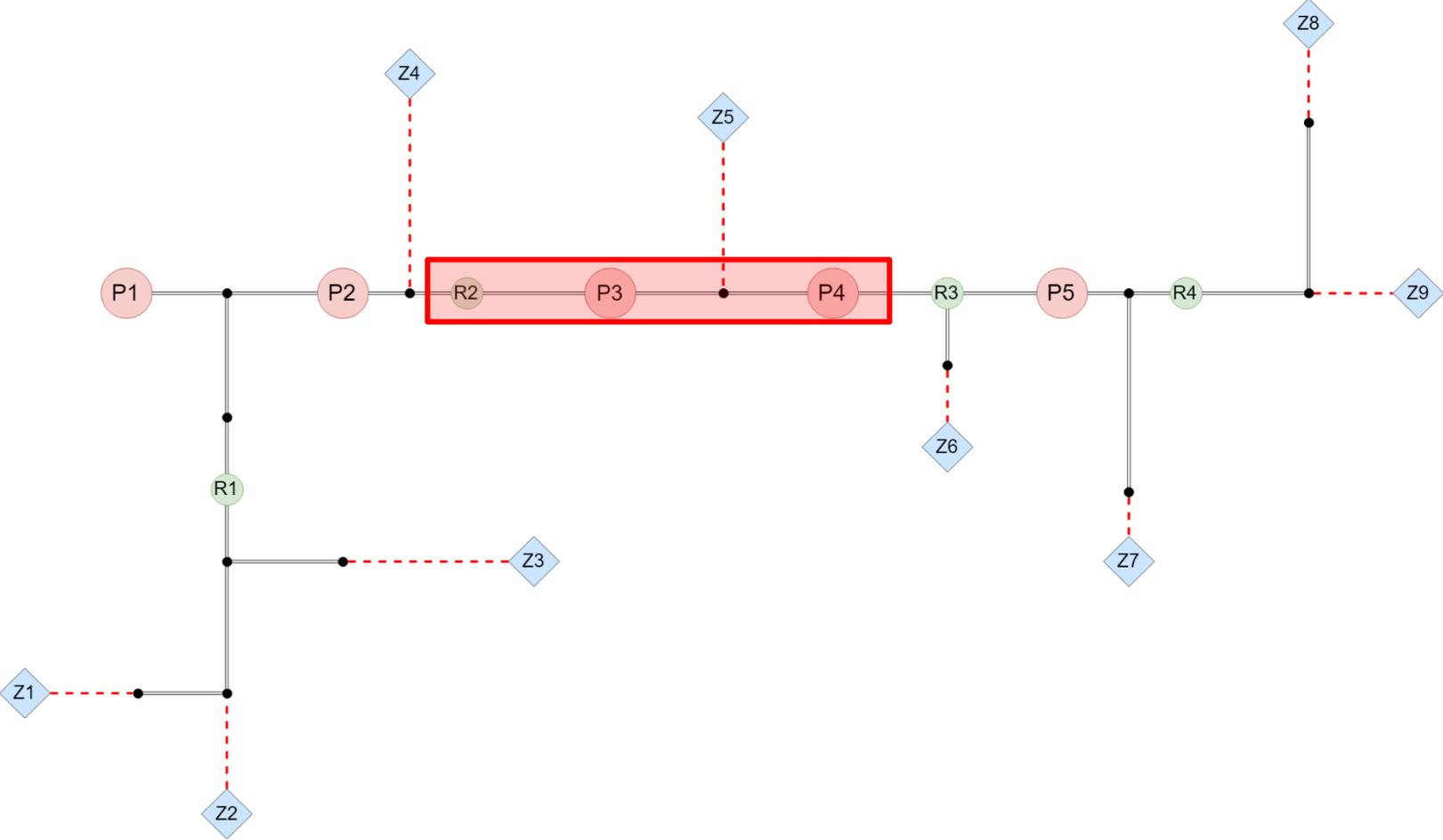


# Sub-rotas: R2,P3

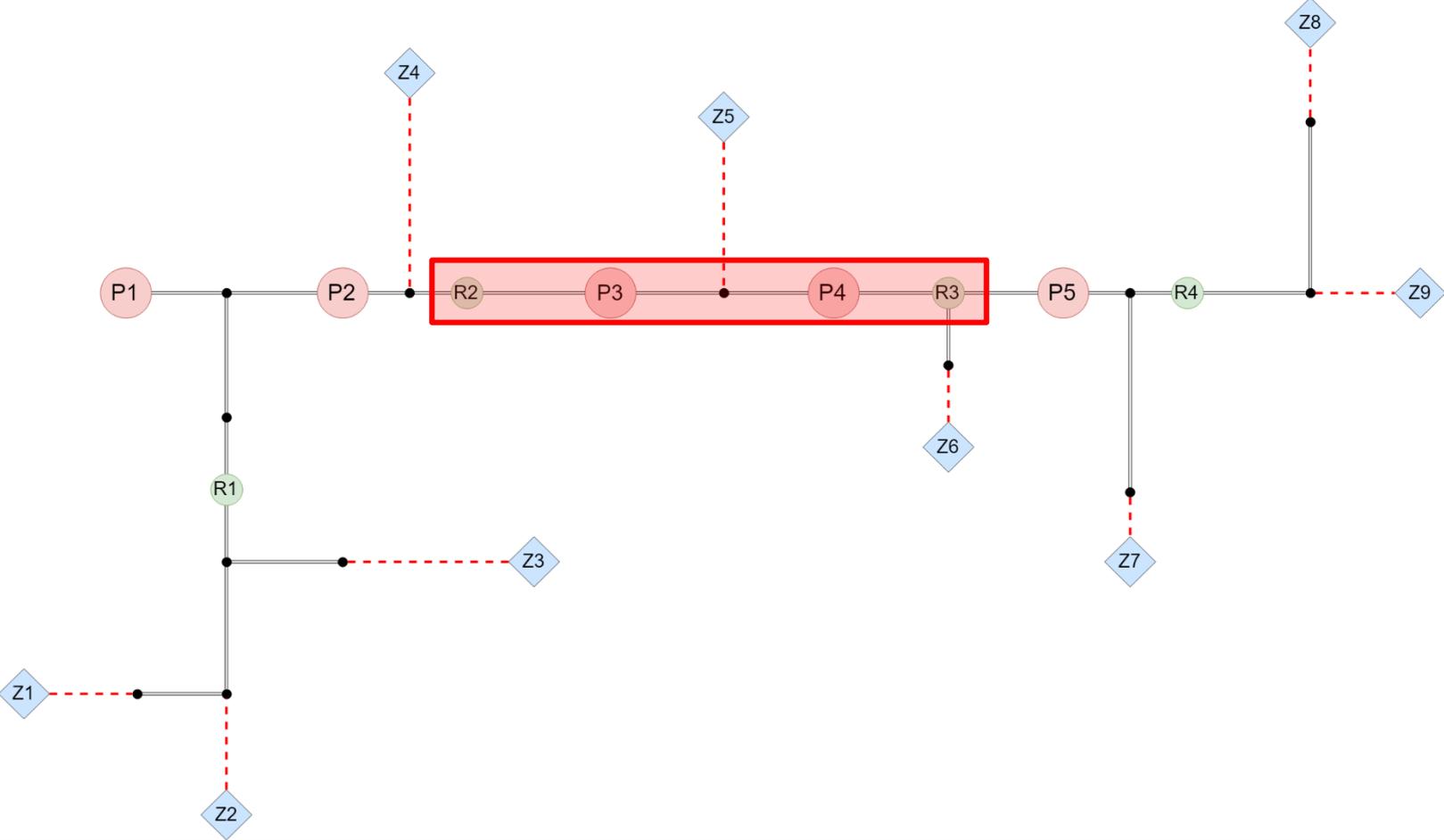
- Zonas Origem: Z4
- Zonas Destino: Z5



Sub-rota: R2,P3,P4

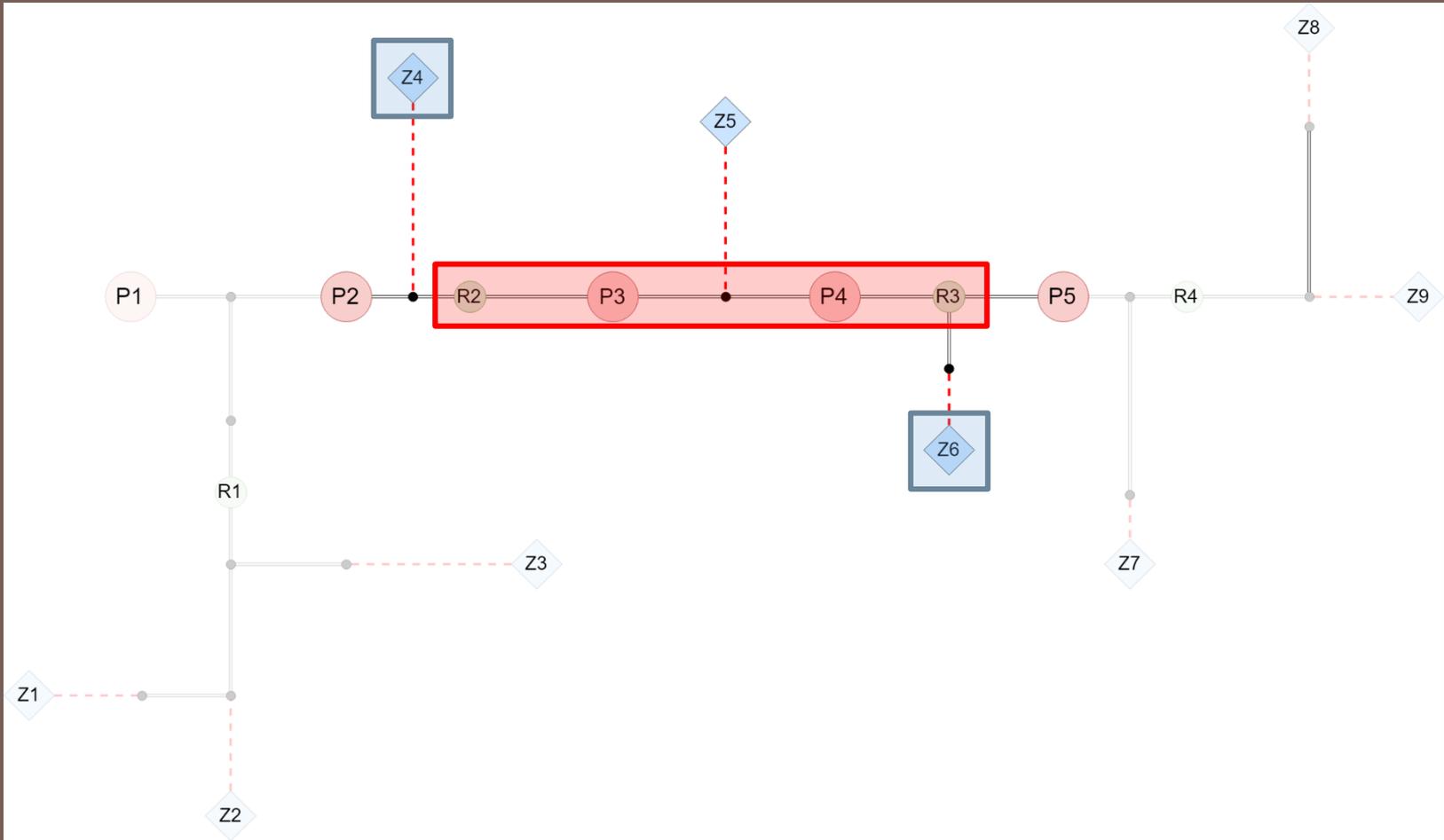


Sub-rota: R2,P3,P4,R3

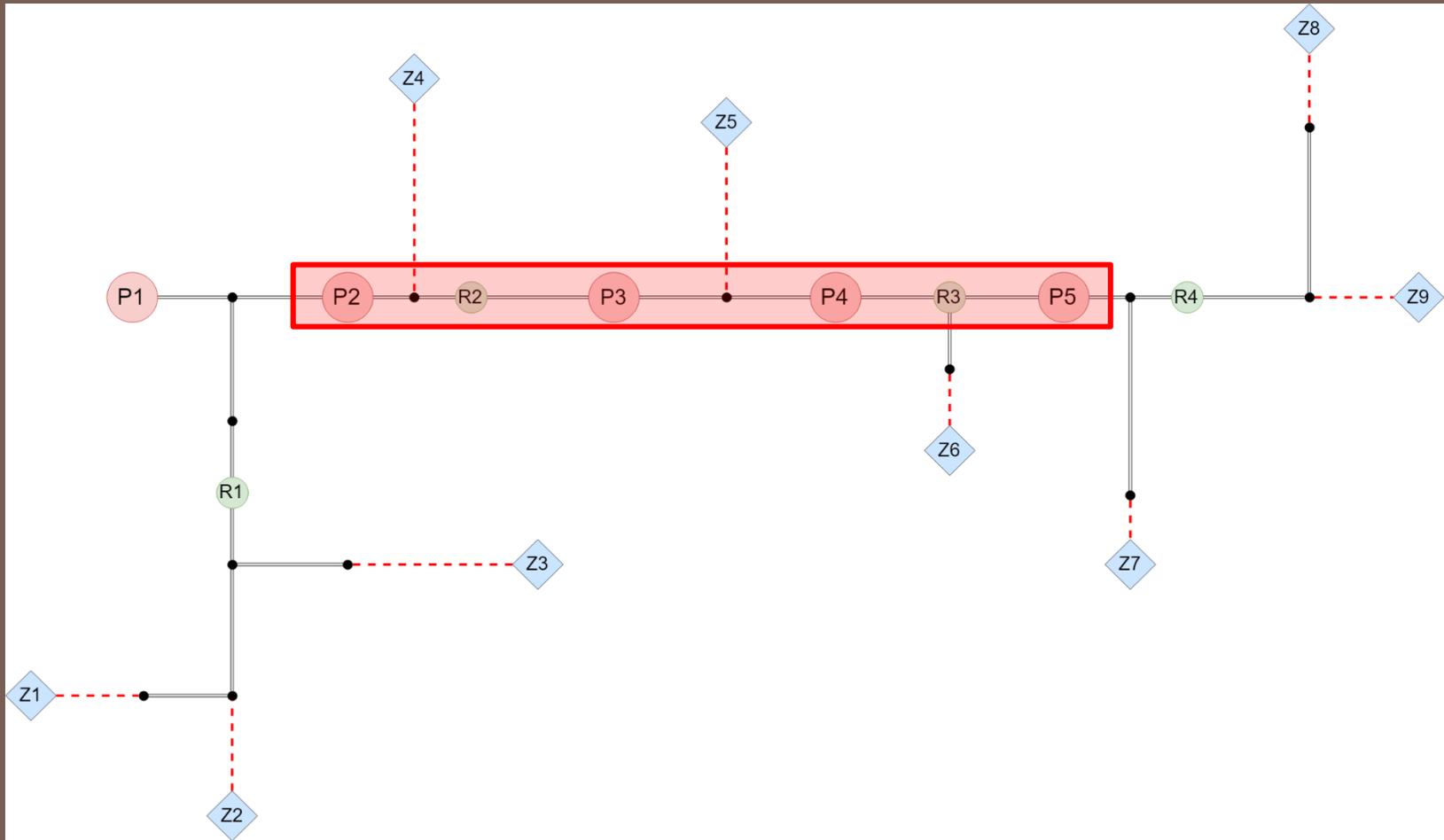


Sub-rotas: R2,P3,P4,R3

- Zonas Origen: Z4
- Zonas Destino: Z6



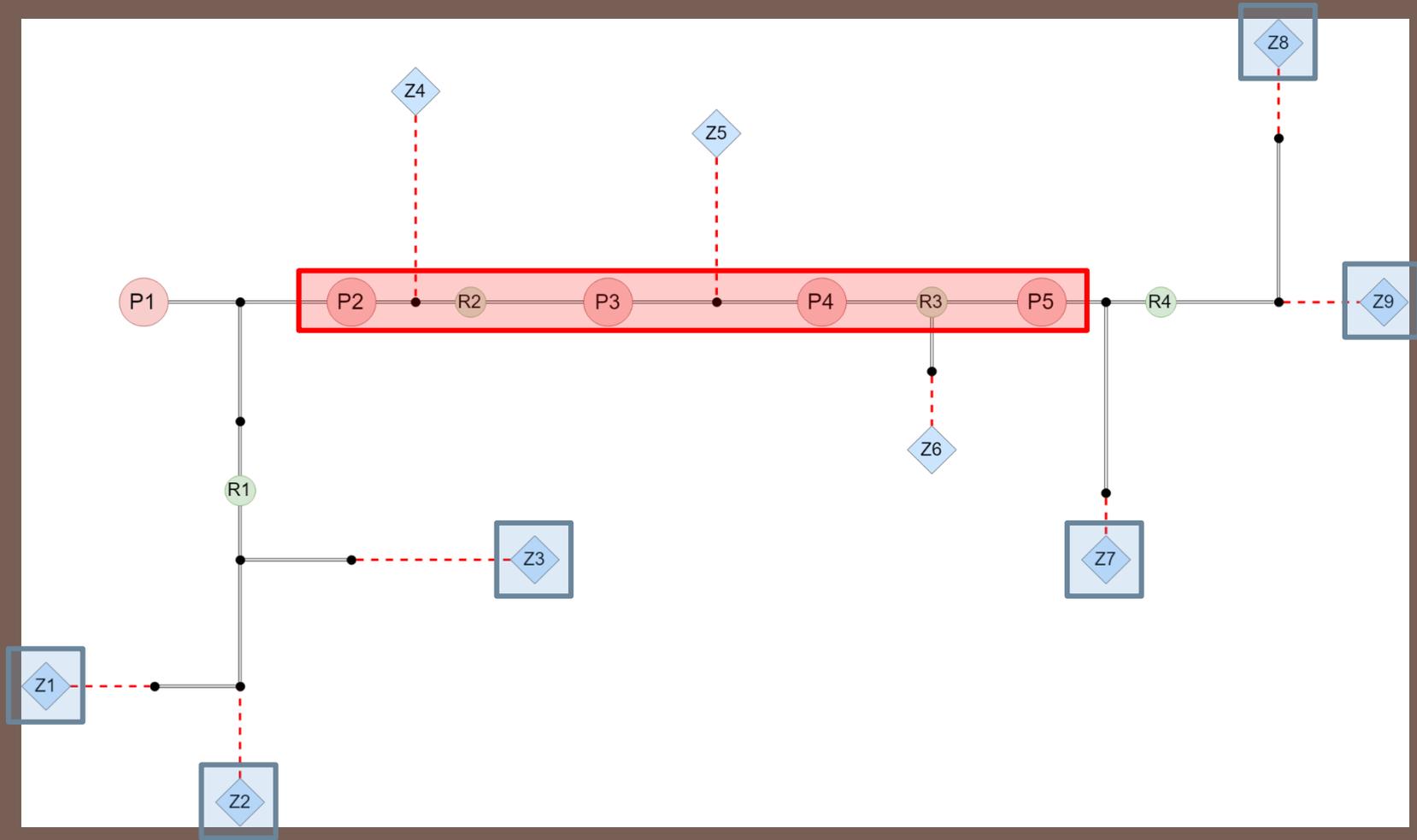
Sub-rotta: P2,R2,P3,P4,R3,P5



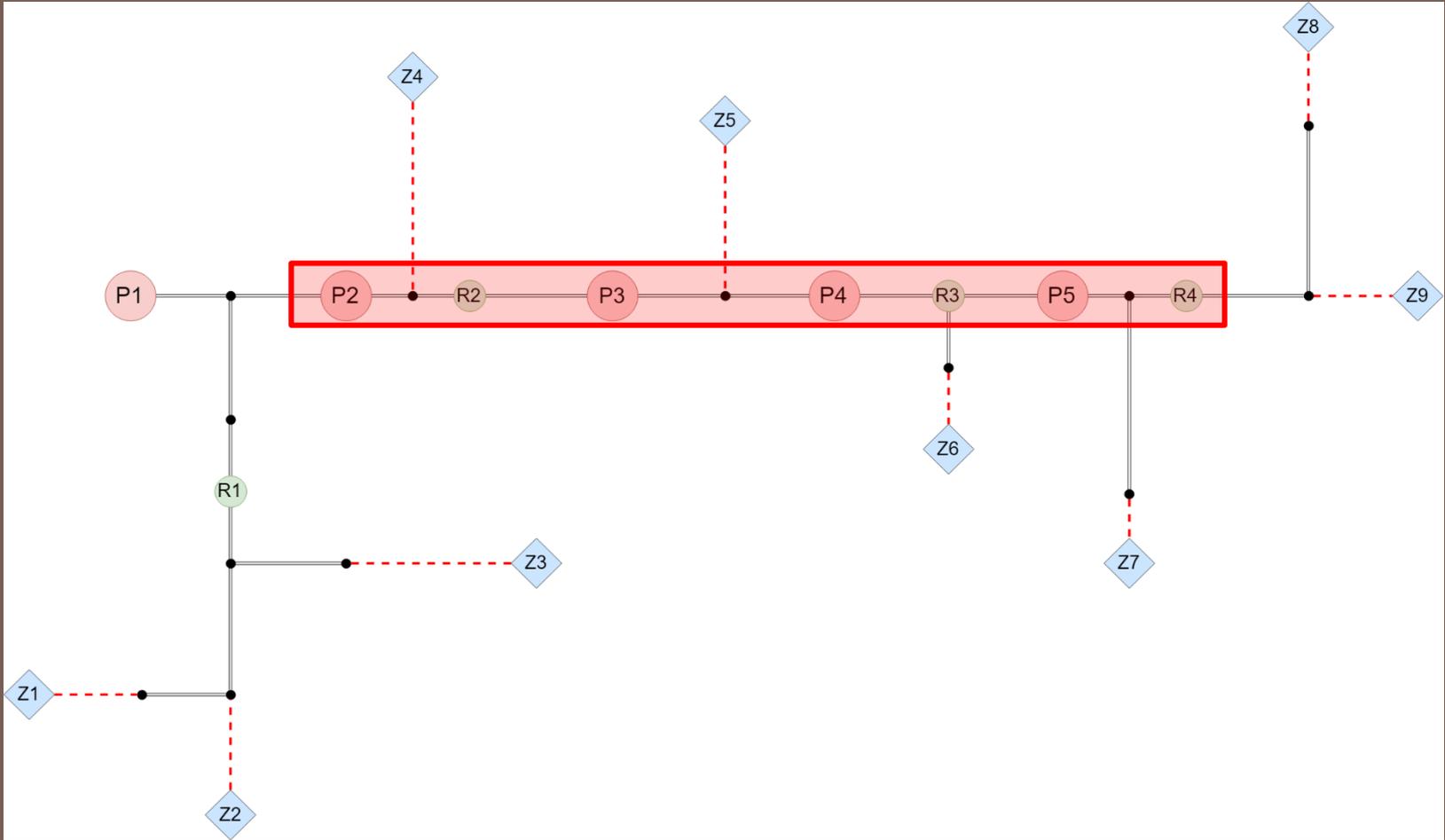
Sub-rota: P2,R2,P3,P4,R3,P5

□ Zonas Origem: Z1,Z2,Z3

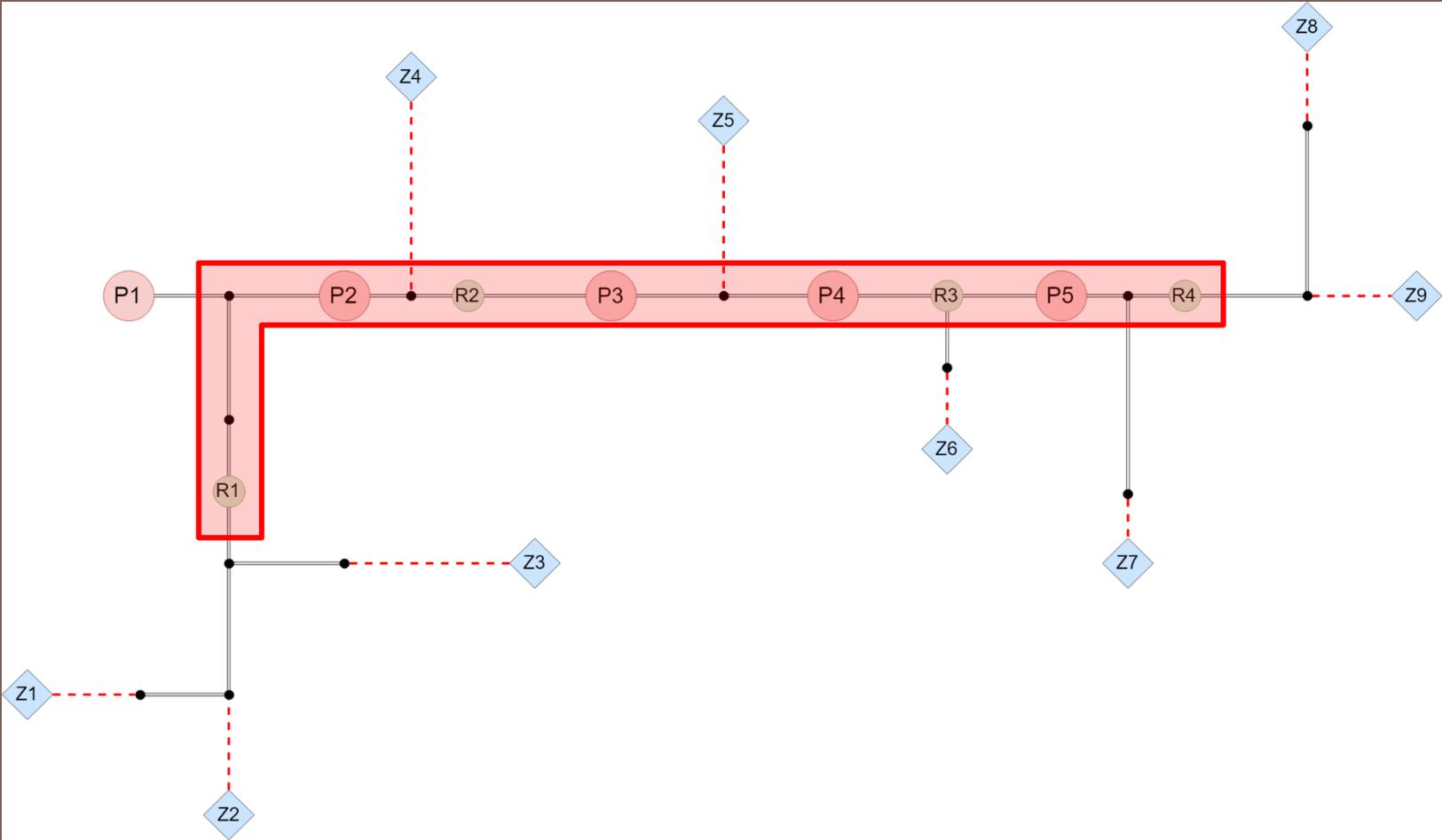
□ Zonas Destino: Z7,Z8,Z9



Sub-rota: P2,R2,P3,P4,R3,P5,R4



Sub-rota: R1,P2,R2,P3,P4,R3,P5,R4



Sub-rota: R1,P2,R2,P3,P4,R3,P5,R4

□ Zonas Origem: Z1,Z2,Z3

□ Zonas Destino: Z8,Z9

