

ASM

CONTROLO INTELIGENTE DE TRÂNSITO

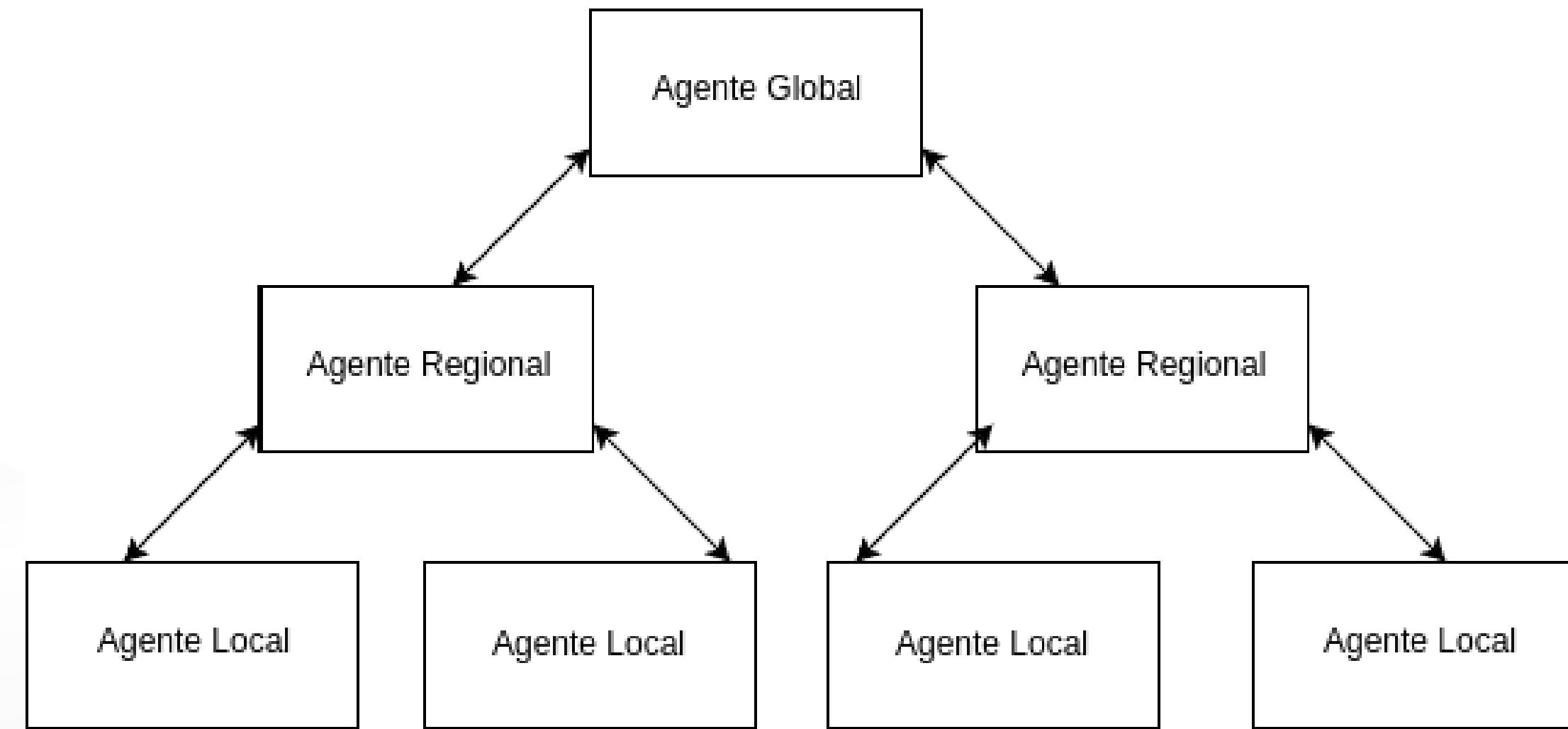
Universidade do Minho – Mestrado em Engenharia Informática

OBJETIVOS DO TRABALHO

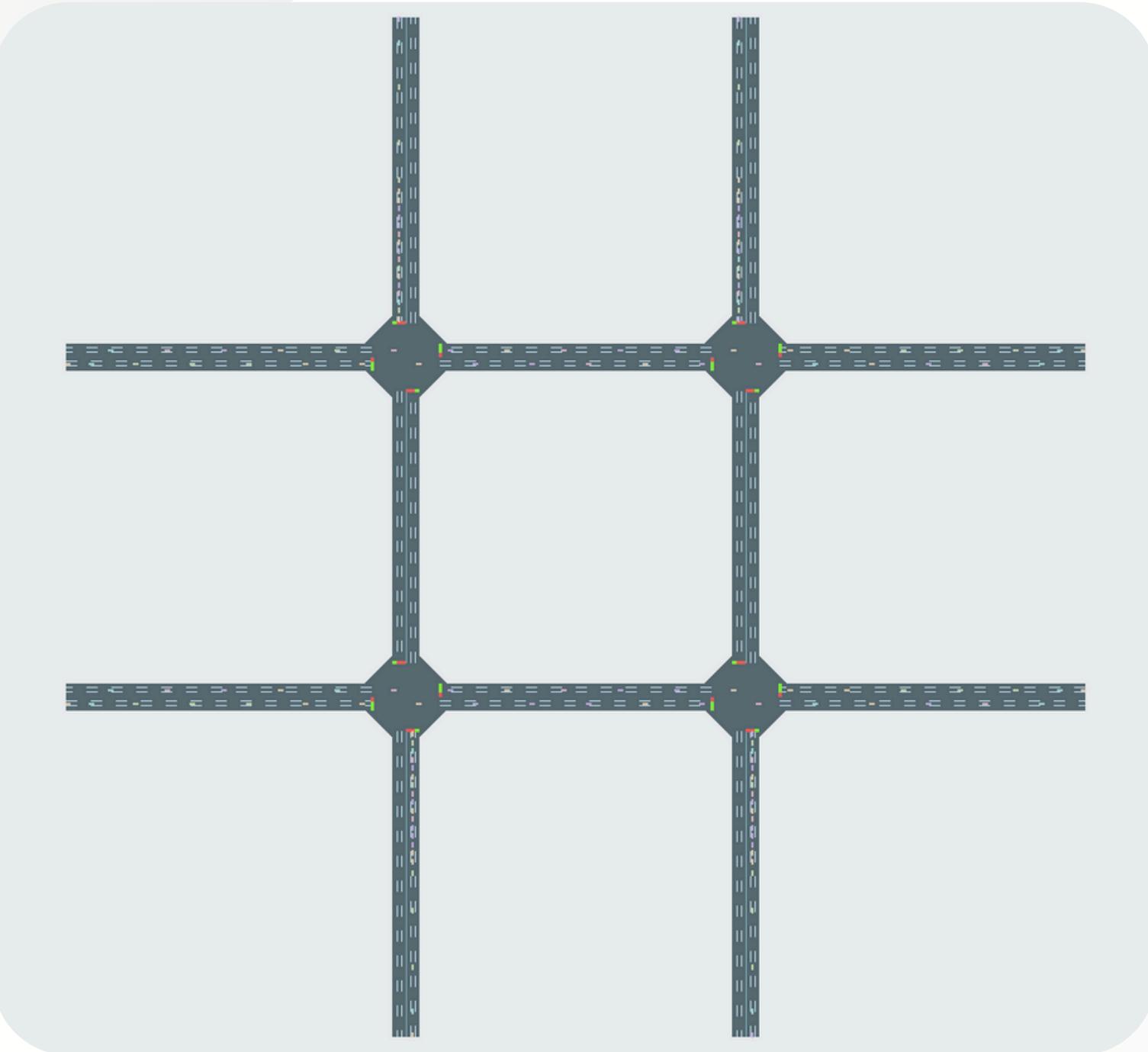
- Desenvolver um sistema multiagente hierárquico para controlo de tráfego urbano.
- Otimizar semáforos com Reinforcement Learning para reduzir tempos de espera.
- Avaliar desempenho comparado ao controlador padrão.



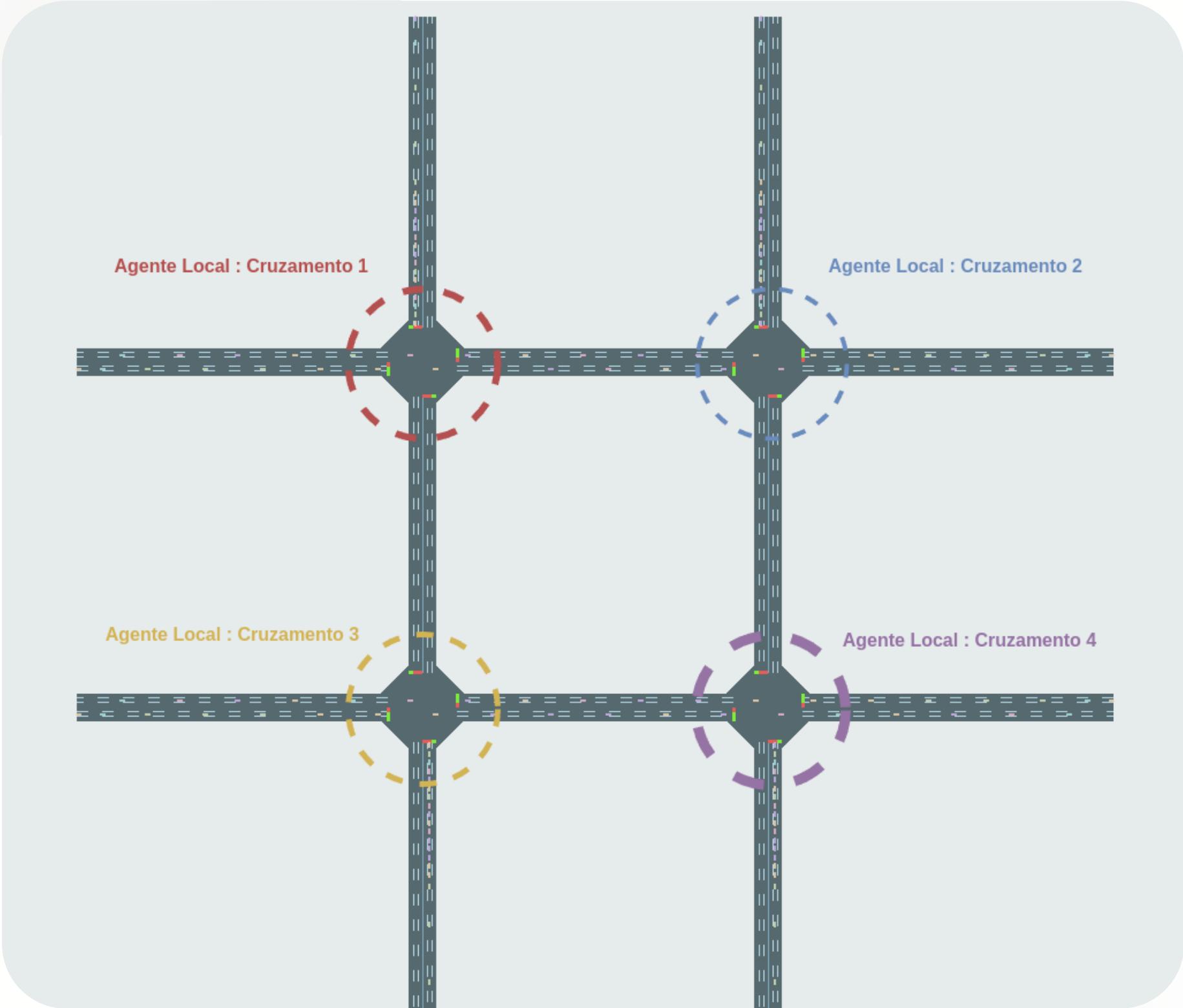
SISTEMA PROPOSTO



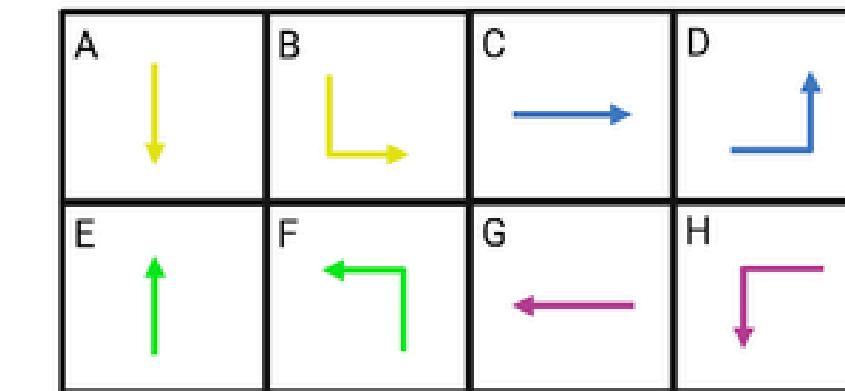
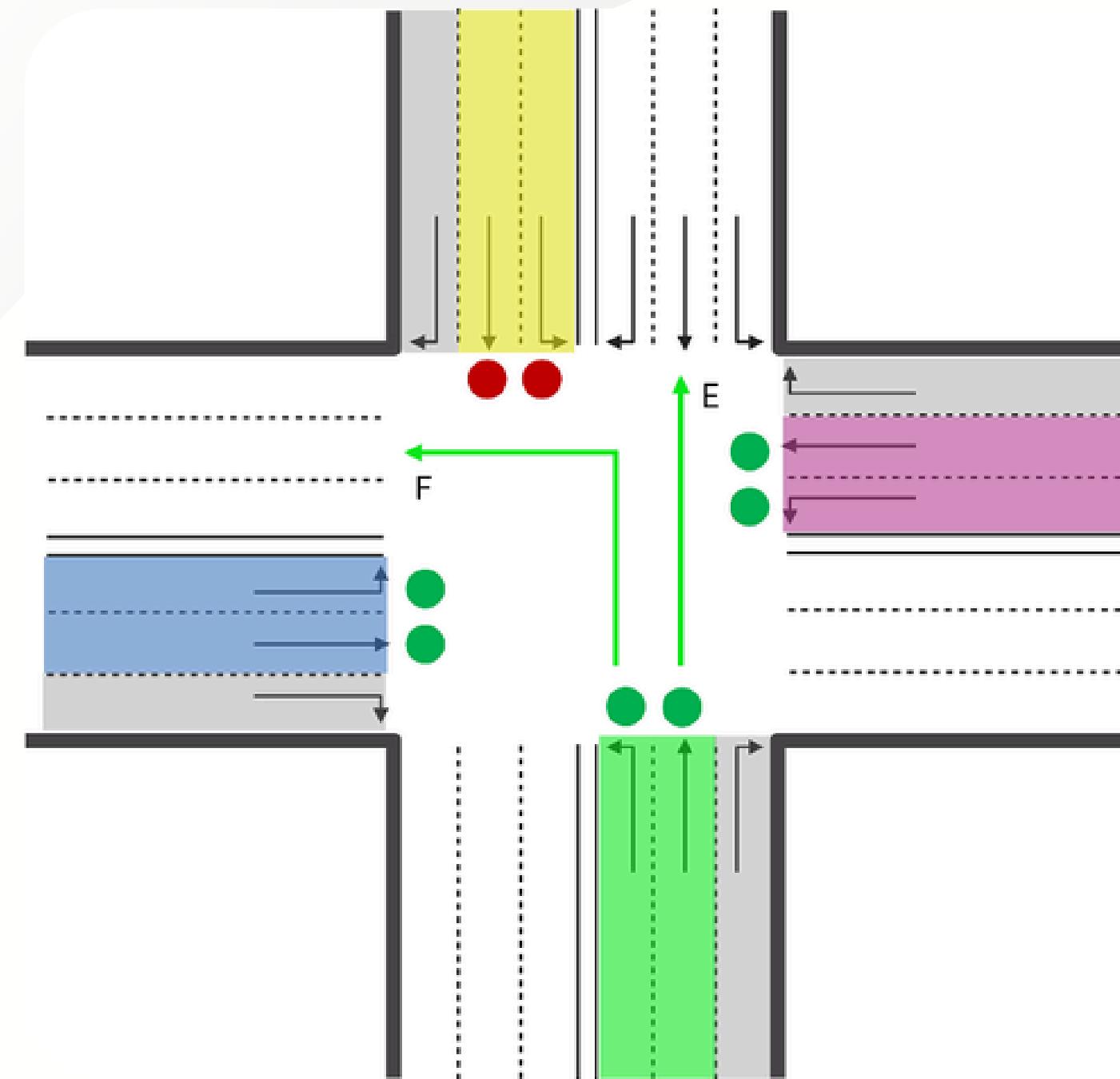
CITYFLOW



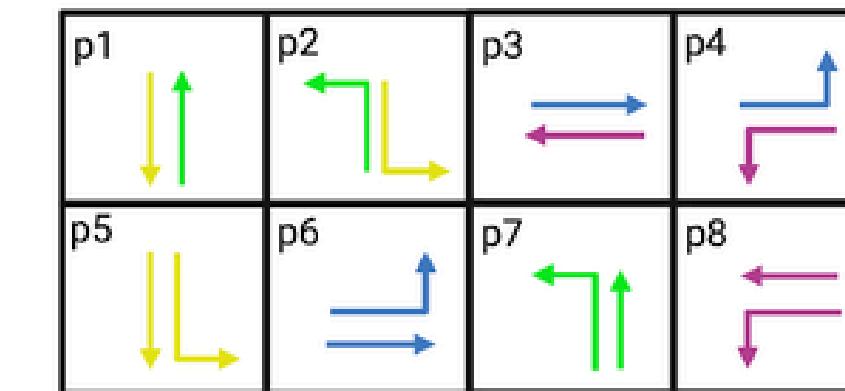
DIVISÃO DE AGENTES



CRUZAMENTO

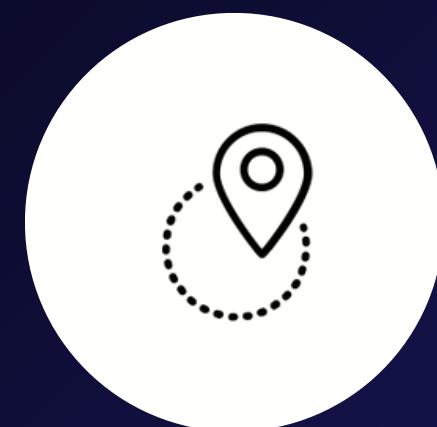


Movement: traffic movement enabled by green light in front of each lane



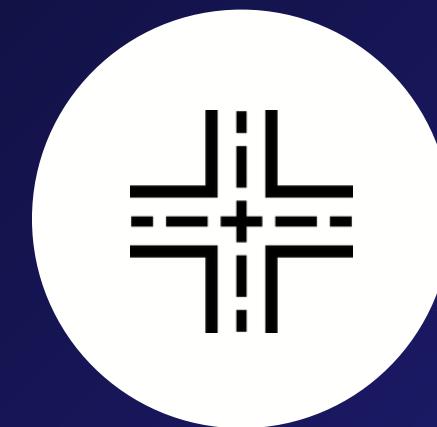
Phase: non-conflict combinations of movements

ARQUITETURA MULTIAGENTE



Gestor Regional

Responsável por uma
região



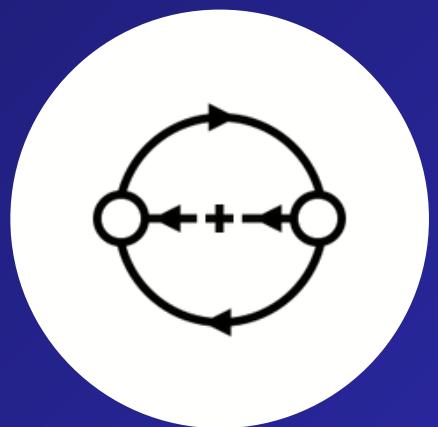
Gestor de
Cruzamento

Responsável por um
cruzamento



Ambiente CityFlow

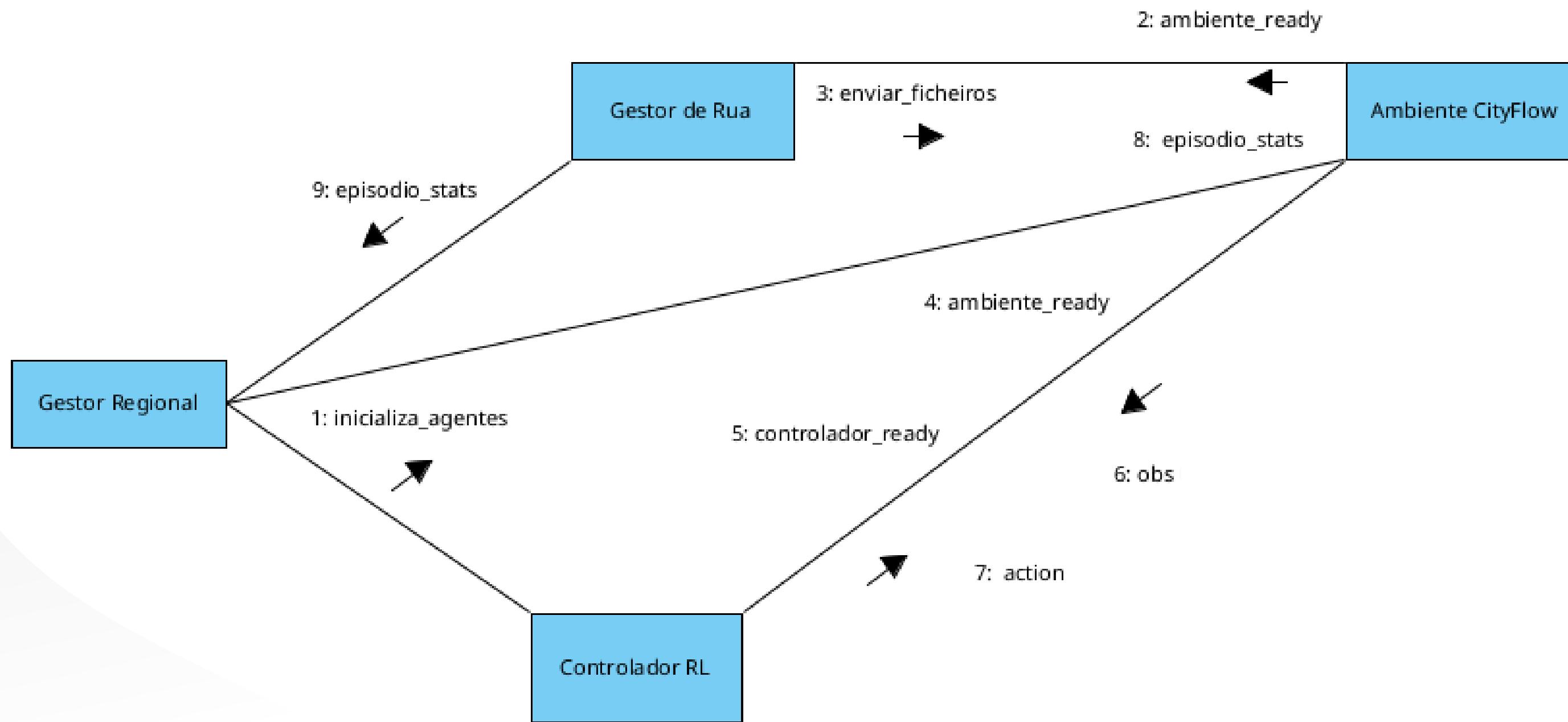
Gera a simulação

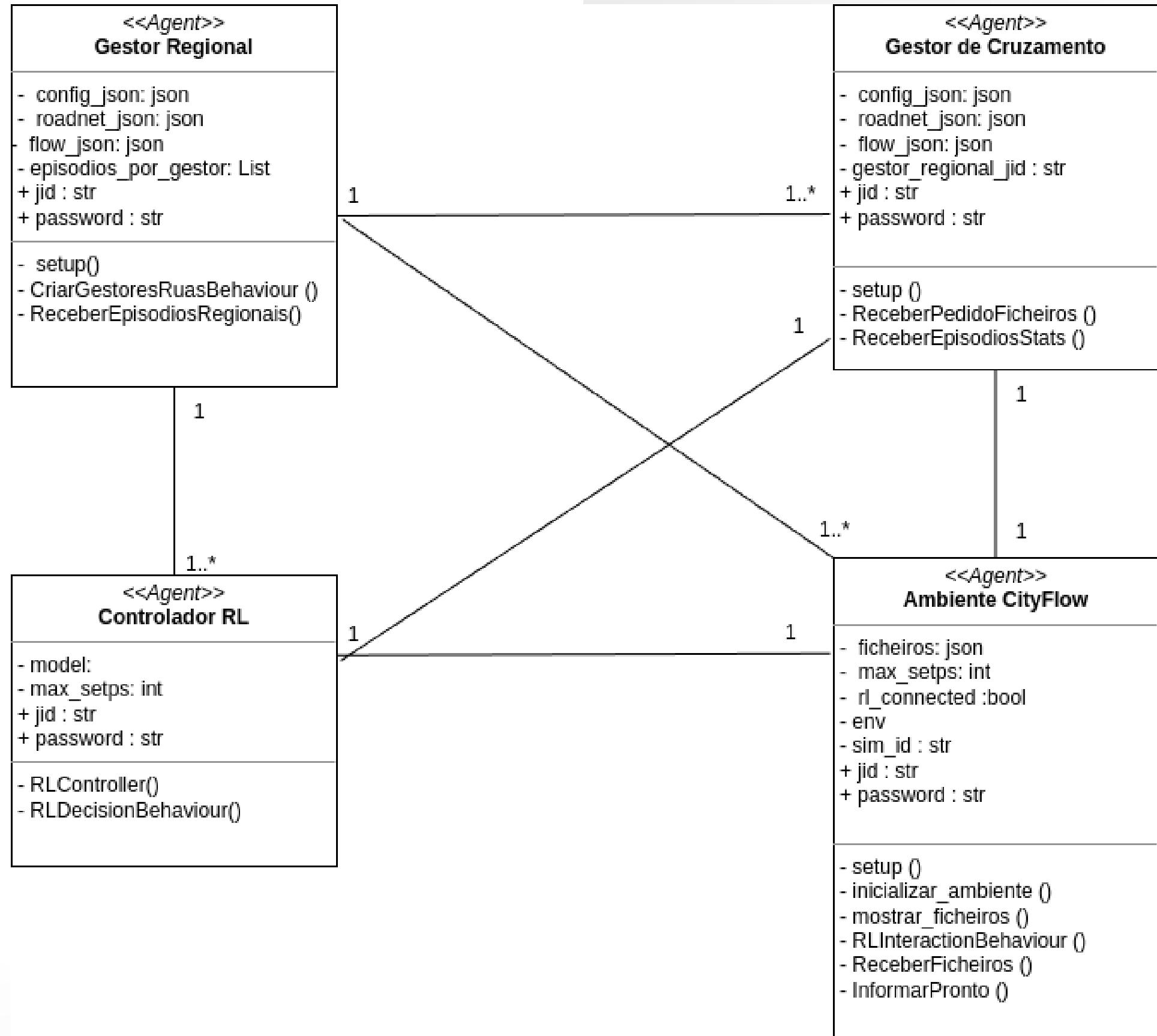


Controlador RL

Faz as escolhas baseadas
na simulação

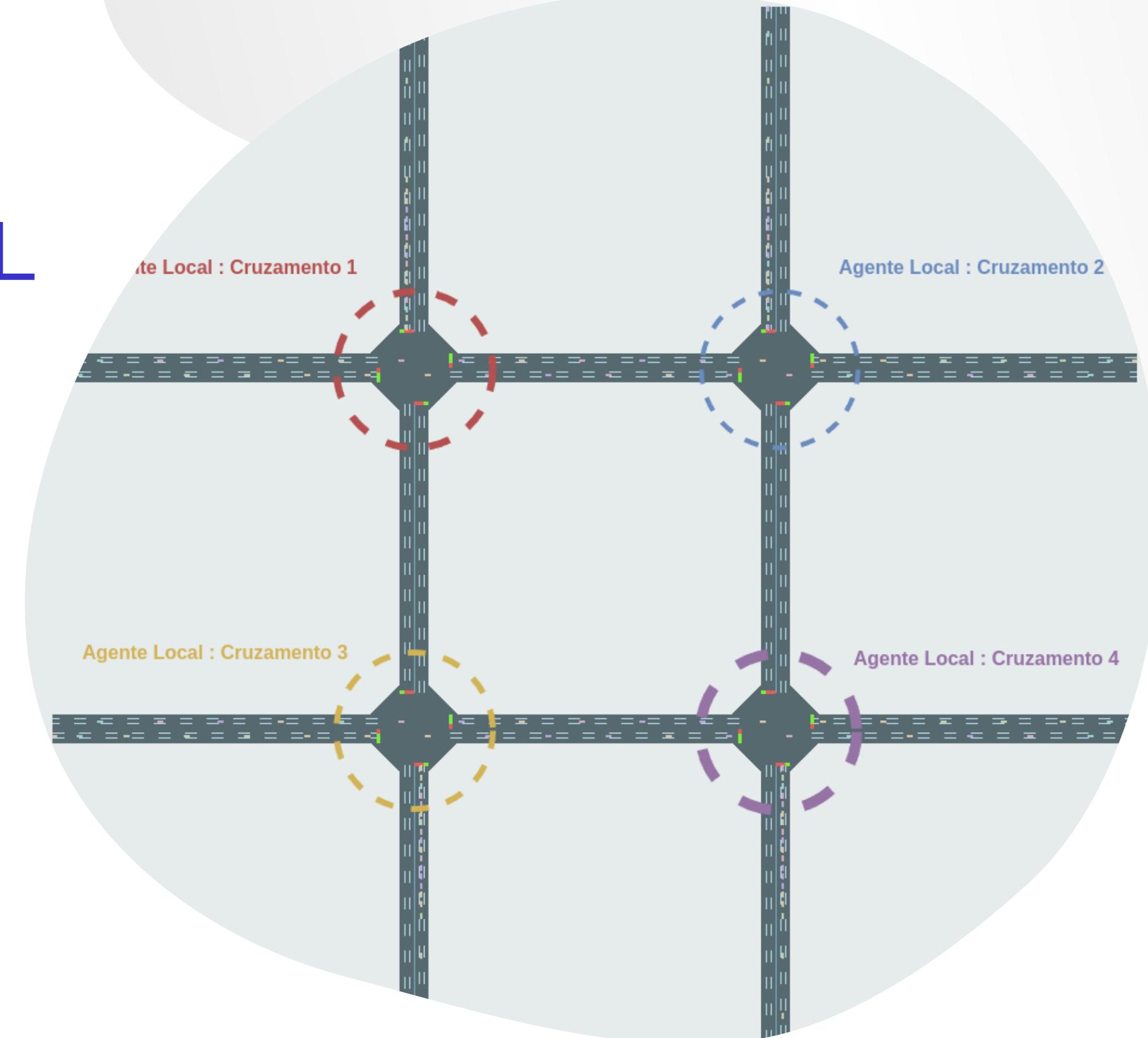
Sistema Implementado





GESTOR REGIONAL

Responsável pelo controlo global de vários cruzamentos numa área urbana.
Inicia os agentes de nível hierárquico inferior.
Também agrupa métricas de tráfego — como fluxo de veículos, filas de espera e congestionamentos.



GESTOR REGIONAL

BEHAVIOURS

- **CriarGestoresRuasBehaviour (OneShotBehaviour)** : Inicia todos os outros agentes de nível hierárquico inferior, fornecendo-lhes os ficheiros necessários para a criação de um cruzamento simples
- **ReceberEpisodiosRegionais (CyclicBehaviour)**: Responsável por receber e armazenar os relatórios de funcionamento de cada simulação, enviados pelo Gestor de Cruzamento.

GESTOR CRUZAMENTOS

Opera a nível de cada cruzamento.

Está responsável por fornecer os ficheiros necessários para cada simulação e transmitir as estatísticas locais para os níveis hierárquicos superiores.



GESTOR CRUZAMENTO

BEHAVIOURS

- **ReceberPedidoFicheiros (CyclicBehaviour)** : Espera pela mensagem de confirmação que o ambiente de simulação está pronto e responde-lhe com os ficheiros necessários para realizar a simulação
- **ReceberEpisodioStats (CyclicBehaviour)** : Espera pelo relatório da simulação do que aconteceu e reencaminha para o Agente Regional

AMBIENTE CITYFLOW

Serve de interface entre o simulador CityFlow e os agentes de controlo. Fornece o estado completo do sistema (posição dos veículos, estado dos semáforos, comprimento das filas) e aplica as acções de controlo definidas pelos gestores. Opera segundo a API do OpenAI Gym, permitindo a integração directa com métodos de aprendizagem automática e cálculo de recompensas parciais. No final de cada episódio, envia ao Gestor de Cruzamento estatísticas comparativas de desempenho.



AMBIENTE CITYFLOW

BEHAVIOURS

- **InformarPronto (OneShotBehaviour)** : Notificar o Gestor de Cruzamento que o ambiente está pronto para realizar a simulação
- **ReceberFicheiros (CyclicBehaviour)** : Aguarda os ficheiros de configuração que serão enviados pelo Gestor de Cruzamento e posteriormente informa o Controlador RL que está pronto para iniciar a simulação
- **RЛИnteractionBehaviour (CyclicBehaviour)** : Trocas de mensagens com o controlador RL com o estado atual do sistema e as ações sugeridas pelo modelo, finalizando com um relatorio estatistico para o Gestor de Cruzamento
- **FixedControllerBehaviour (CyclicBehaviour)** : Simulação sem sugestões do modelo, de modo a ser criado um grupo de controlo

CONTROLADOR RL

Agente especializado que aprende a política ideal para o controlo de semáforos através de simulações. Utiliza o algoritmo PPO (Proximal Policy Optimization) com MlpPolicy, recebendo observações do Ambiente CityFlow (contagem de veículos, fases anteriores) e escolhendo ações que minimizem o tempo de espera e penalizações por bloqueios.



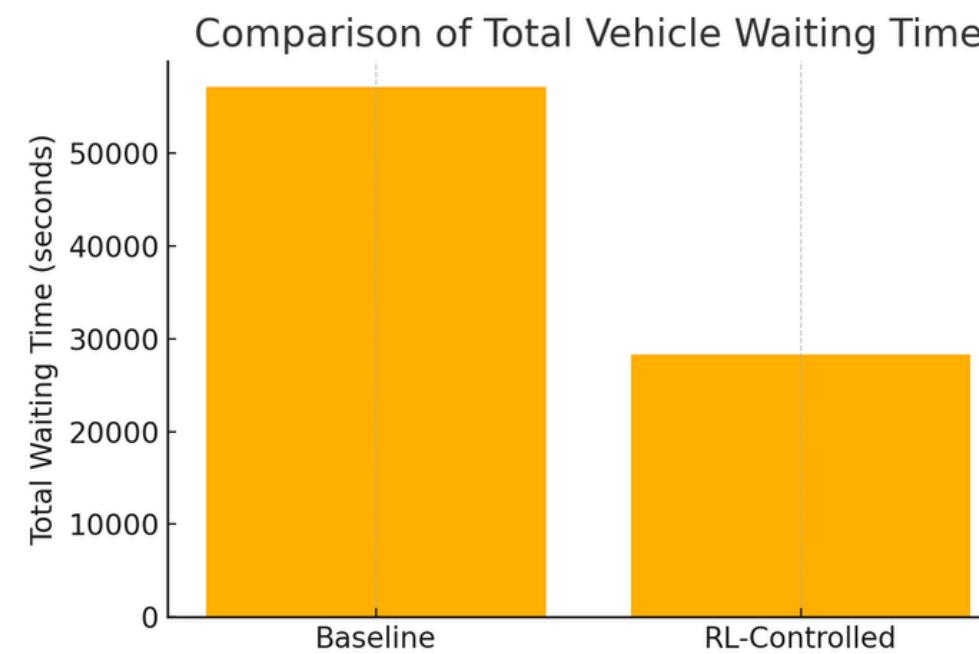
CONTROLADOR RL

BEHAVIOURS

- **RLController (CyclicBehaviour)** : Fica a espera de confirmação de pronto do Ambiente CityFlow e devolve uma mensagem que também se encontra pronto e a simulação pode começar.
- **RLDecisionBehaviour (CyclicBehaviour)** : Trocas de mensagens com a simulação com as ações sugeridas pelo modelo e o estado atual do sistema.

RESULTADOS OBTIDOS

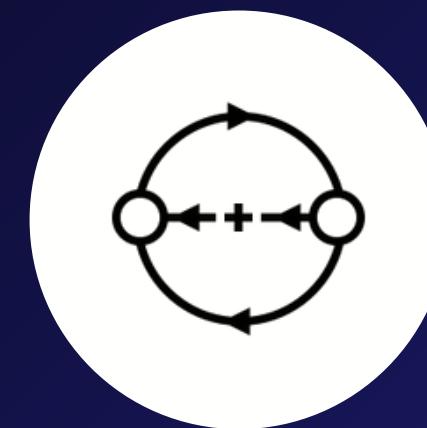
- Redução de ~50% no tempo total de espera:
 - Base: 57.090 s → RL: 28.266 s
- Tempo de treino: ~2 horas por modelo



SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES



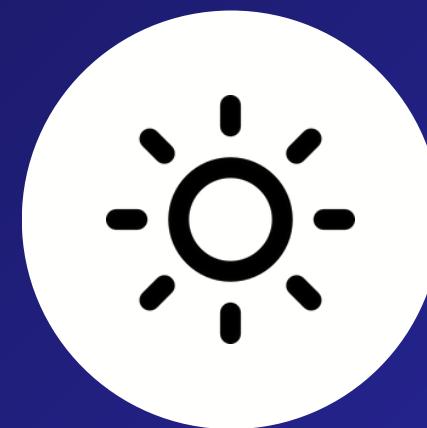
Integração com
OpenStreetMap para
cenários reais



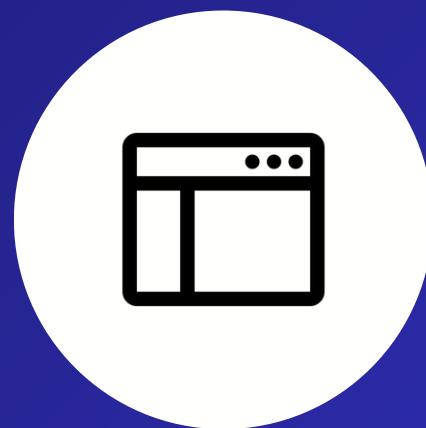
Modelo RL a
todos os níveis
regionais



Modelação de
múltiplos modos de
transporte



Integração de dados
Meteorológicos



Melhoria da Interface
Visual

CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

- Transparência e Explicabilidade

Mecanismos claros para justificar decisões automáticas de semáforos, permitindo auditoria e confiança por parte de autoridades e utilizadores.

- Privacidade e Proteção de Dados

Tratamento anónimo de qualquer dado sensível (ex.: imagens ou placas), com encriptação e políticas de retenção que cumpram o RGPD.

- Imparcialidade e Equidade

Definição de metas de serviço que assegurem tempos de espera aceitáveis para todos os utilizadores (veículos, peões, ciclistas), evitando favorecer sistematicamente certas vias.

- Segurança e Supervisão Humana

Controlo de acesso robusto, encriptação das comunicações entre agentes e capacidade de intervenção manual em situações de emergência ou falha.



FIM

Trabalho realizado por:



(12) 3456 7890



ola@grandesite.com.br