

# REORGANIZAÇÃO INTELIGENTE DE CLUSTERS EM COMPUTAÇÃO EM NÉVOA UTILIZANDO APRENDIZADO POR REFORÇO

Aluno: Moises H. Pereira - 83390

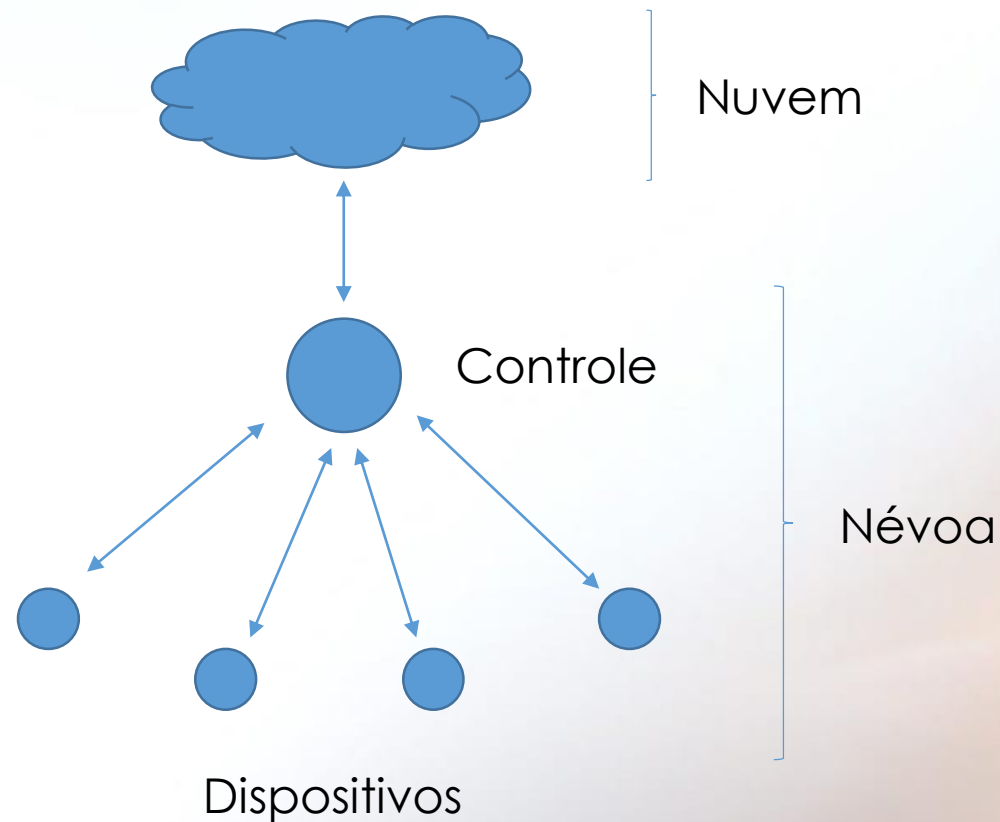
Orientador: Vitor Barbosa Carlos de Souza

Coorientador: Levi Henrique Santana de Lelis

# Sumário

- Névoa
- Motivação
- Projeto
- Desafios
- O que foi feito
- Aprendizado por reforço
- Modelagem - Testes
- Cronograma
- Referências

# Névoa



- Nuvem próxima do usuário
- Capacidade de processamento menor
- Mais rápida
- Diminui o tráfego de rede

# Motivação

- Popularização da IoT (Internet of Things)
- Aplicações de tempo real
- Complementação da Nuvem
- Flexibilidade quanto a tamanho e recurso

# Projeto

Estudar uma abordagem para reorganização inteligente dos dispositivos disponíveis para compor a Névoa, utilizando aprendizagem por reforço

# Desafios

- Estudar e escolher o simulador que será usado
- Desenvolver um ambiente de testes
- Definir variáveis que serão necessárias
- Extrair dados
- Refinamento
- Modelagem do problema
- Utilizar aprendizagem por reforço para clusterização



# O que foi feito

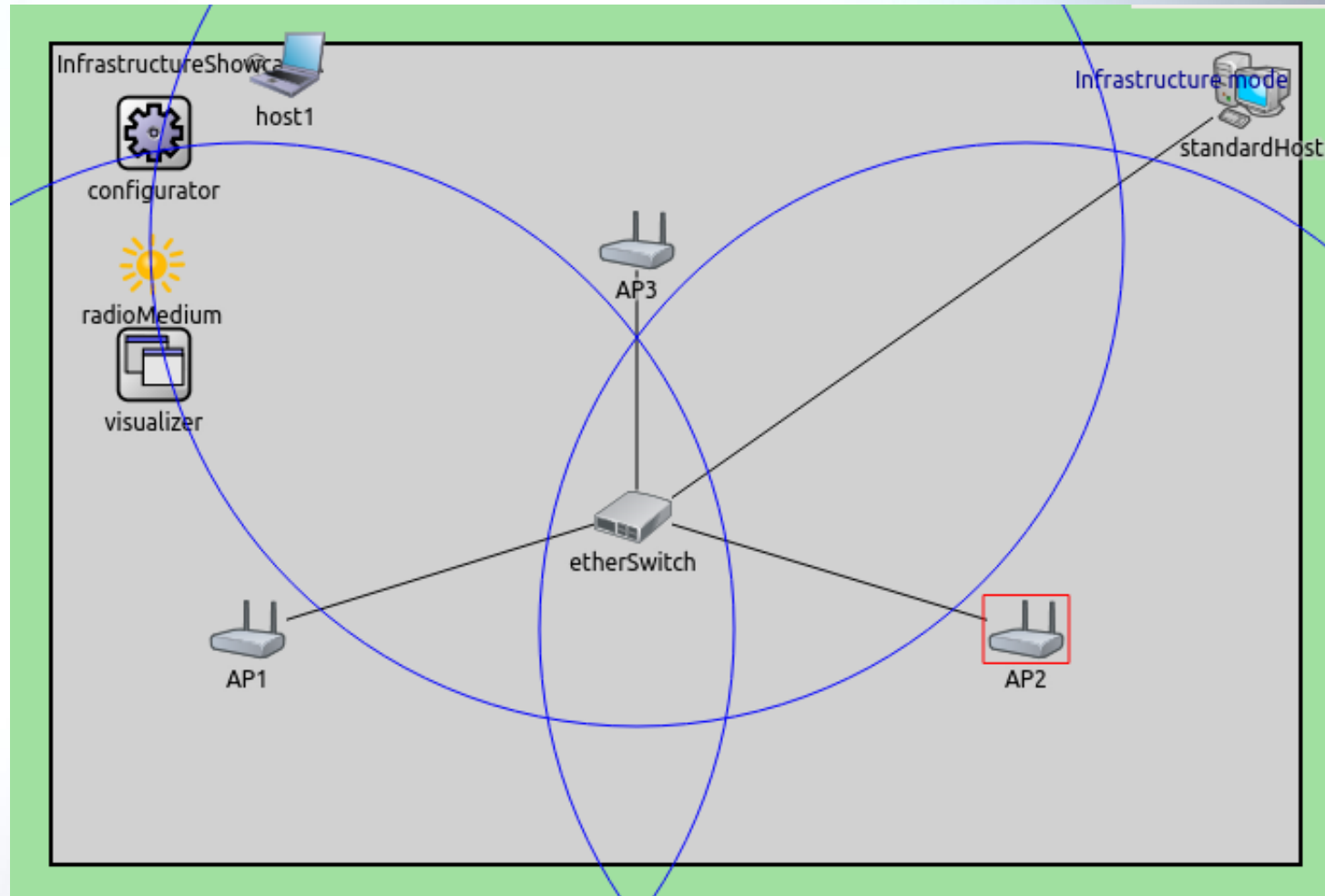
- Estudar e escolher o simulador que será usado
  - OMNeT++
- Desenvolver um ambiente de testes
- Definir variáveis que serão necessárias
  - Posição do host
  - Tempo conectado
  - Tempo desconectado
  - Ponto de acesso que esta conectado

# O que foi feito

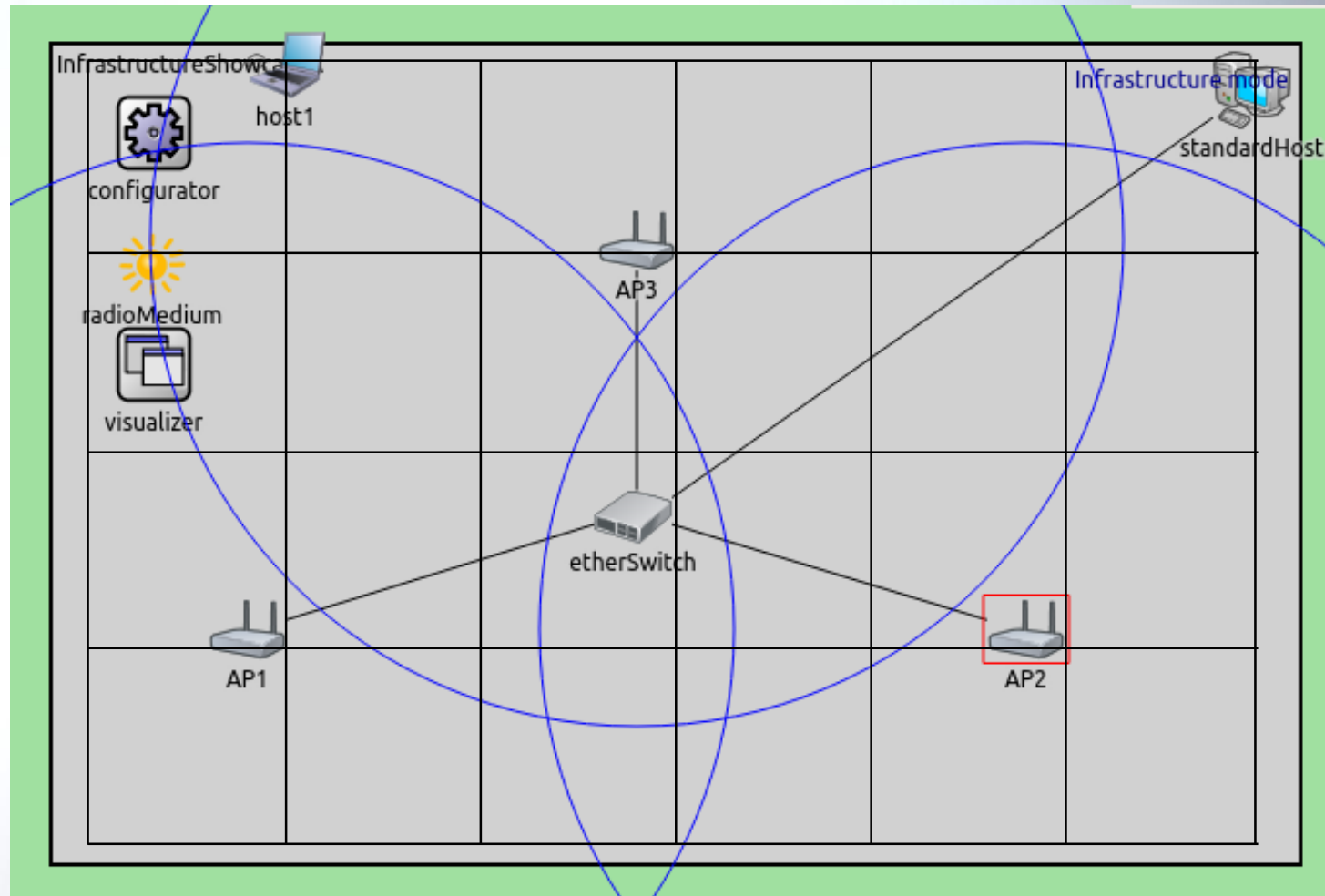
- Extração de dados
- Refinamento dos dados
- Definição de modelos para treino
- Treinamento
- Testes



# Ambiente de testes



# Ambiente de testes



# Aprendizado por reforço

- Aprende estratégias ao interagir com o meio (ambiente)
- Aprende por meio de recompensas
- Em fase de treinamento o agente testa diferentes ações para tentar maximizar a recompensa

# Aprendizado por reforço

- Política: comportamento do agente no tempo
- Recompensa: informa ao agente o que é bom e o que é ruim
- Função valor: montante de recompensas em um dado período de tempo
- Modelo do ambiente: representação aproximada do ambiente (opcional)

# Modelagem – recompensas

- Toda vez que o agente se desconectar de um ponto de acesso ele será punido
- A cada instante que o agente ficar desconectado ele será punido
- A cada instante que o agente ficar conectado em um dado ponto de acesso ele recebe recompensa

# Modelagem – matriz valor

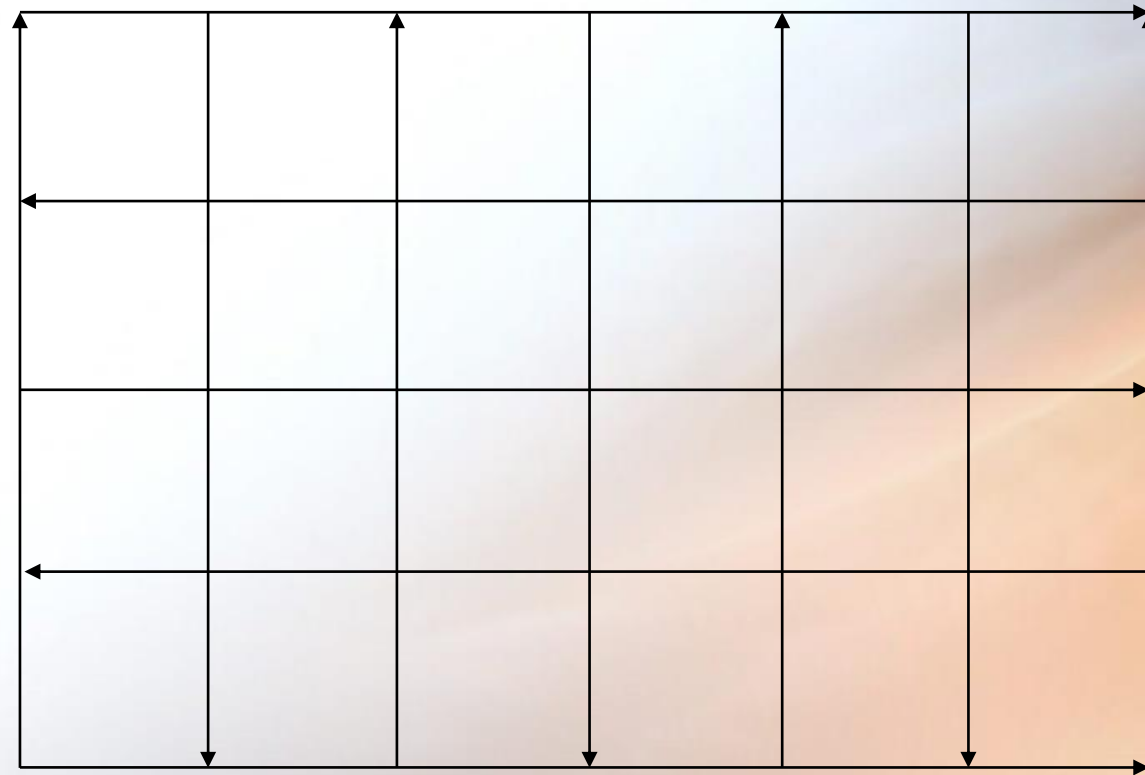
	$(AP_0, M)$	$(AP_1, M)$	$(AP_2, M)$	$(AP_3, M)$
$(P_A, P_0, AP_0)$				
$(P_A, P_0, AP_1)$				
$(P_A, P_0, AP_2)$				
$(P_A, P_0, AP_3)$				
...				

*Legenda:*

$(AP_i, M)$ : conjunto de ações disponíveis para cada estado;

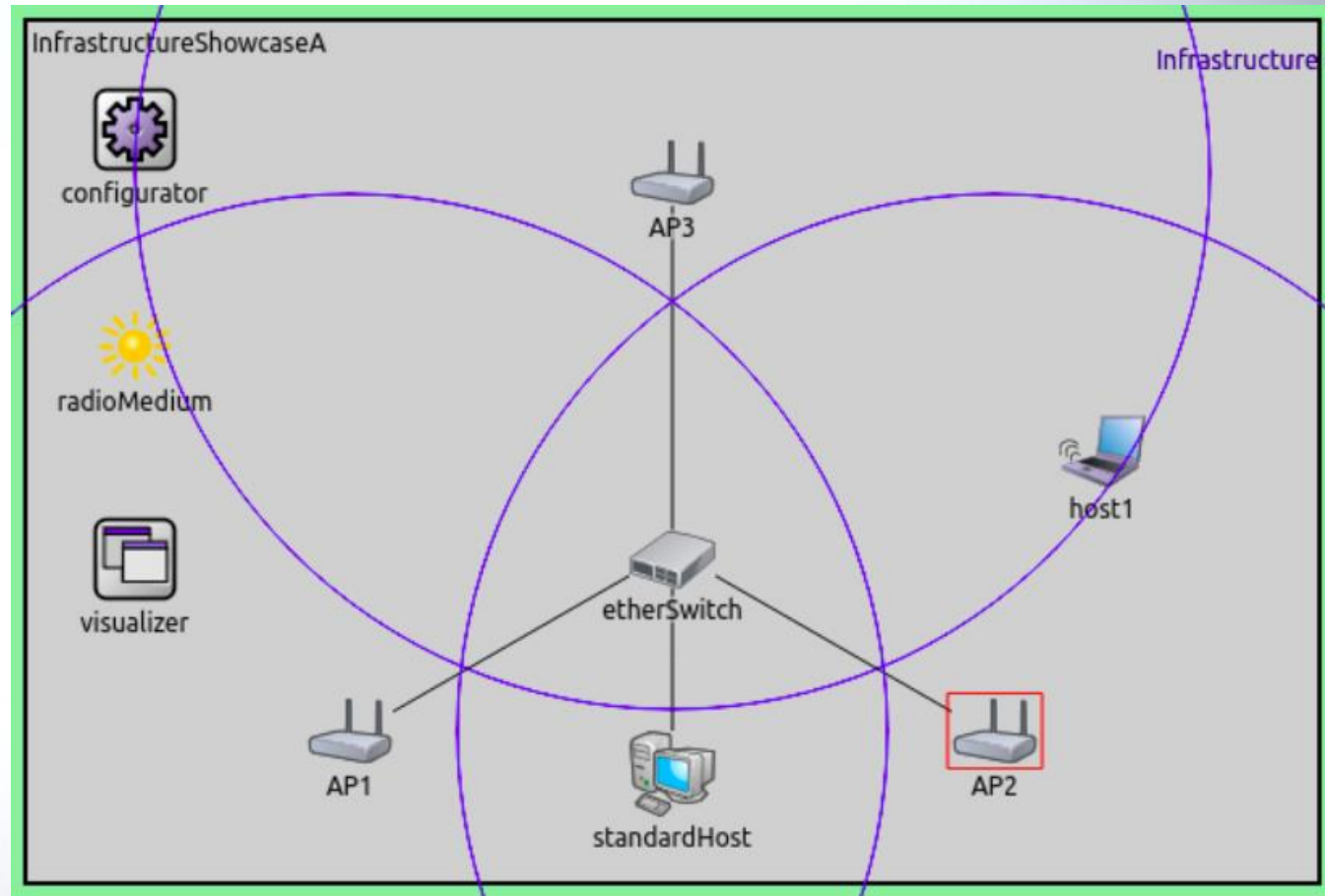
$(P_A, P_j, AP_i)$ : conjunto de estados;

# Testes 3 APs – rotas simples





# Testes 3 APs – 300 – rotas simples



# Testes 3 APs – 300 – rotas simples

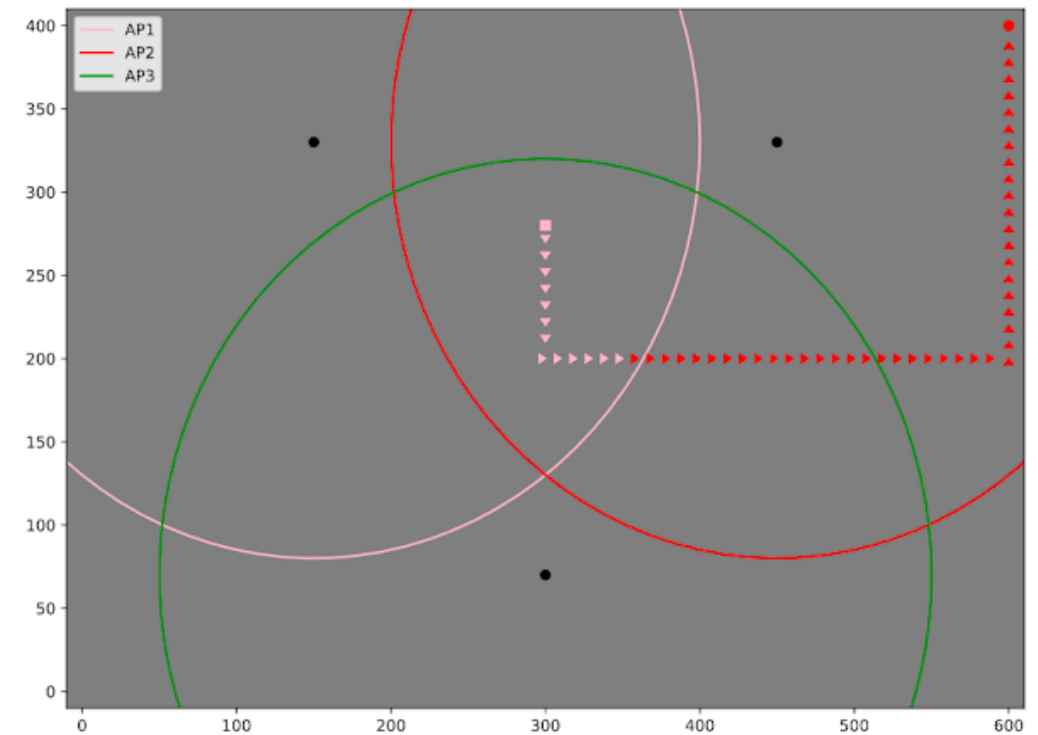
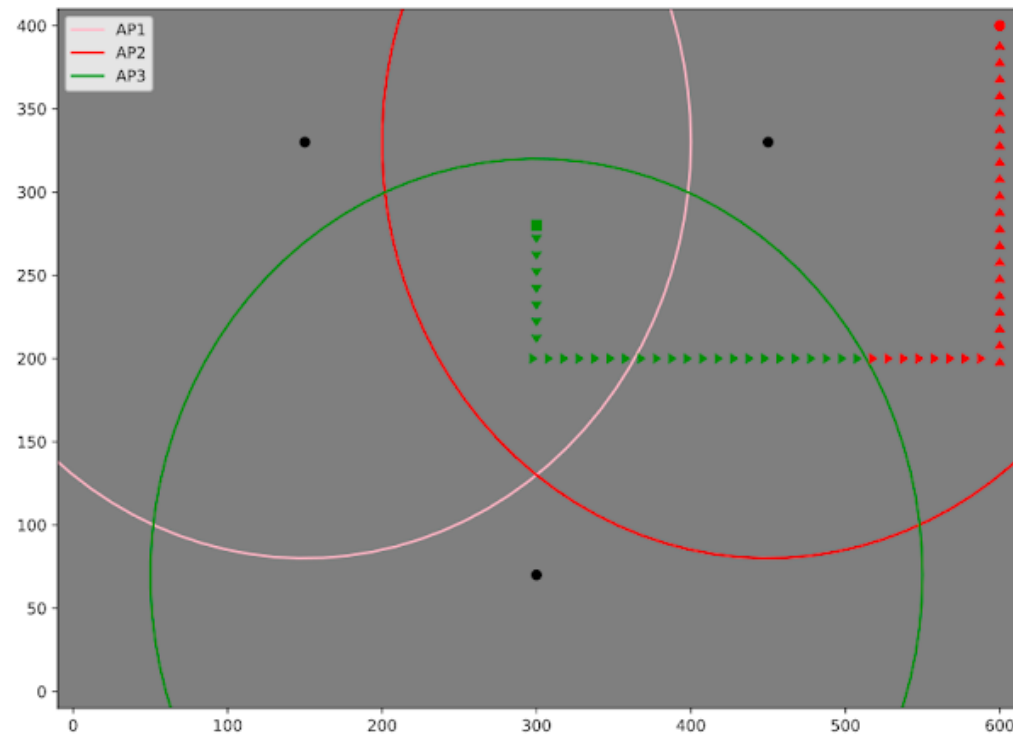
<b>Tempo conectado</b>	<b>AP1</b>	<b>AP2</b>	<b>AP3</b>	<b>Tempo médio</b>
<b>Teste 1</b>	<b>4.25</b>	<b>19.51</b>	<b>-4.92</b>	<b>5.31</b>
<b>Teste 2</b>	<b>3.99</b>	<b>19.51</b>	<b>-5.04</b>	<b>5.19</b>
<b>Teste 3</b>	<b>3.99</b>	<b>19.51</b>	<b>-5.04</b>	<b>5.19</b>
<b>Teste 4</b>	<b>4.25</b>	<b>19.51</b>	<b>-4.92</b>	<b>5.31</b>
<b>Teste 5</b>	<b>4.25</b>	<b>19.51</b>	<b>-4.92</b>	<b>5.31</b>

# Testes 3 APs – 300 – rotas simples

Número de trocas	AP1	AP2	AP3	Média trocas
Teste 1	4.92	19.07	-6.11	4.90
Teste 2	4.67	19.07	-6.23	4.78
Teste 3	4.67	19.07	-6.23	4.78
Teste 4	4.92	19.07	-6.11	4.90
Teste 5	4.92	19.07	-6.11	4.90

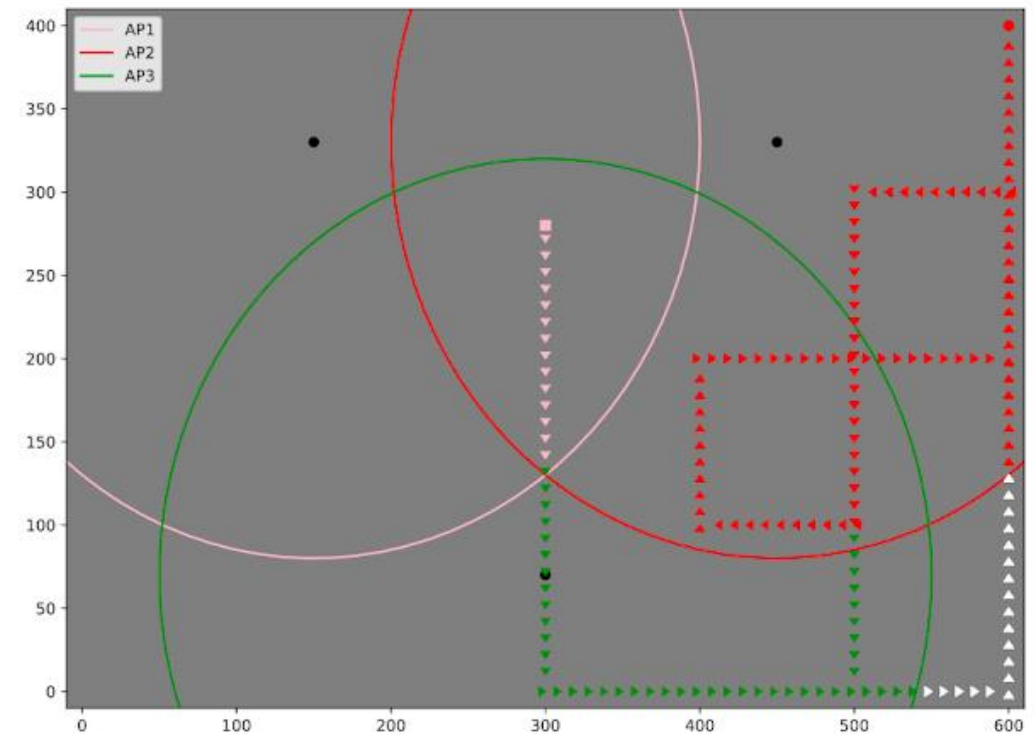
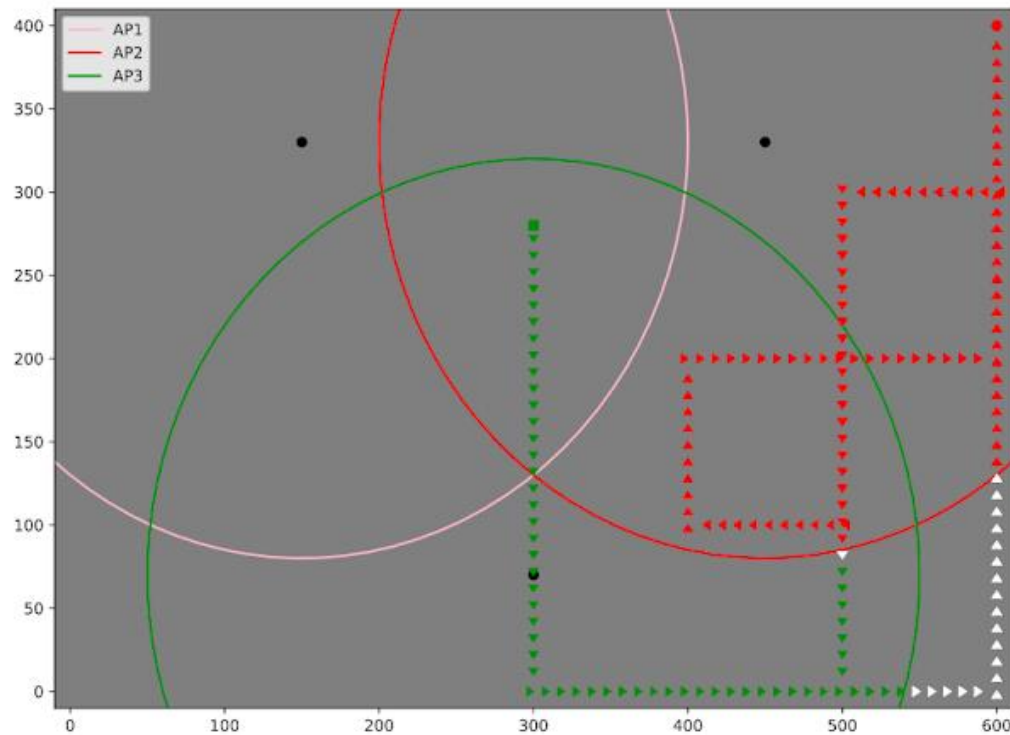
# Testes 3 APs – 300 – rotas simples

Simulador X Q-Learning --- Rota 269

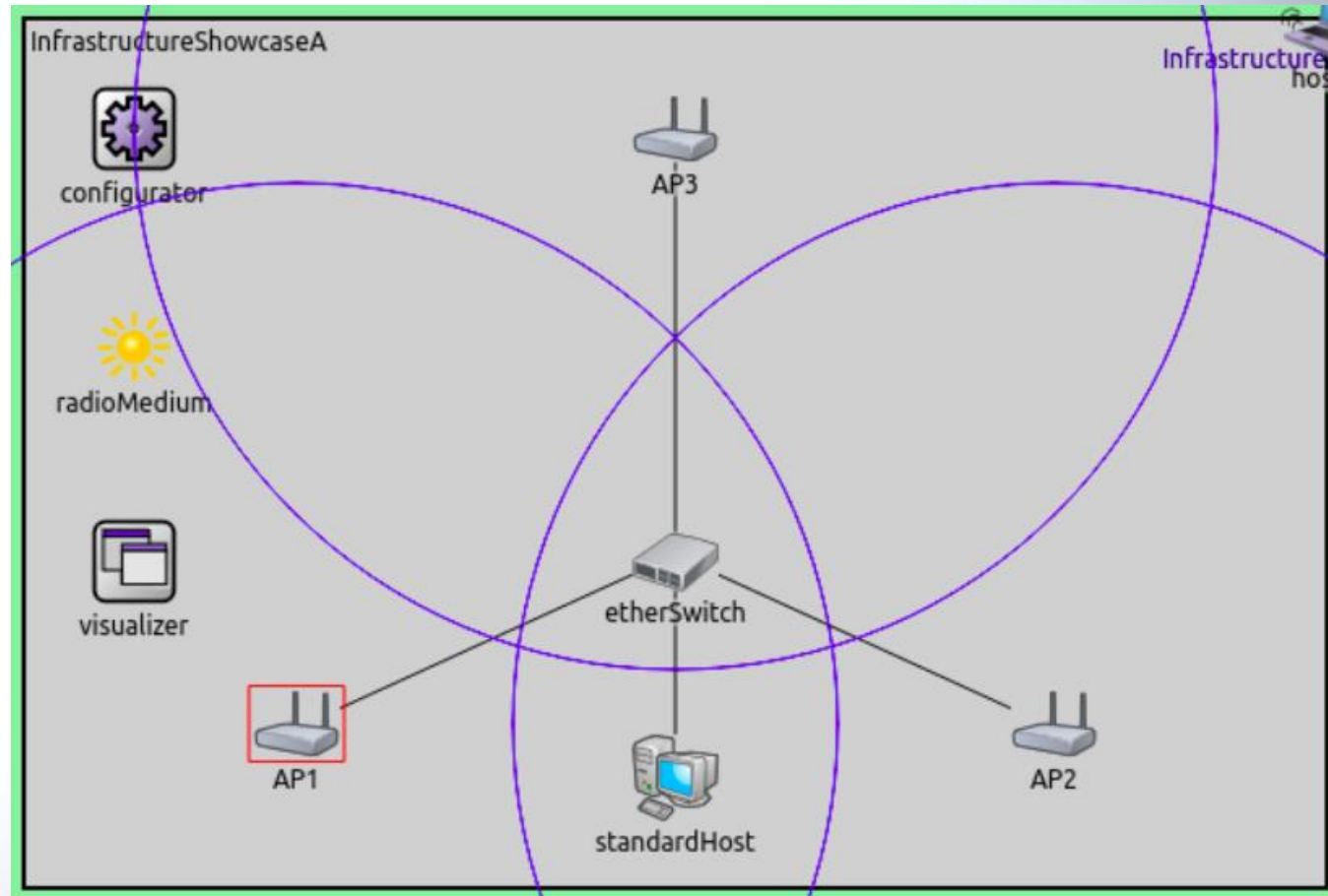


# Testes 3 APs – 300 – rotas simples

Simulador X Q-Learning --- Rota 730



# Testes 3 APs – 350 – rotas simples





# Testes 3 APs – 350 – rotas simples

<b>Tempo conectado</b>	<b>AP1</b>	<b>AP2</b>	<b>AP3</b>	<b>Tempo médio</b>
<b>Teste 1</b>	<b>6.65</b>	<b>14.07</b>	<b>3.47</b>	<b>8.32</b>
<b>Teste 2</b>	<b>6.64</b>	<b>14.07</b>	<b>3.47</b>	<b>8.31</b>
<b>Teste 3</b>	<b>6.65</b>	<b>14.07</b>	<b>3.47</b>	<b>8.32</b>
<b>Teste 4</b>	<b>6.64</b>	<b>14.07</b>	<b>3.47</b>	<b>8.31</b>
<b>Teste 5</b>	<b>6.64</b>	<b>14.07</b>	<b>3.47</b>	<b>8.31</b>



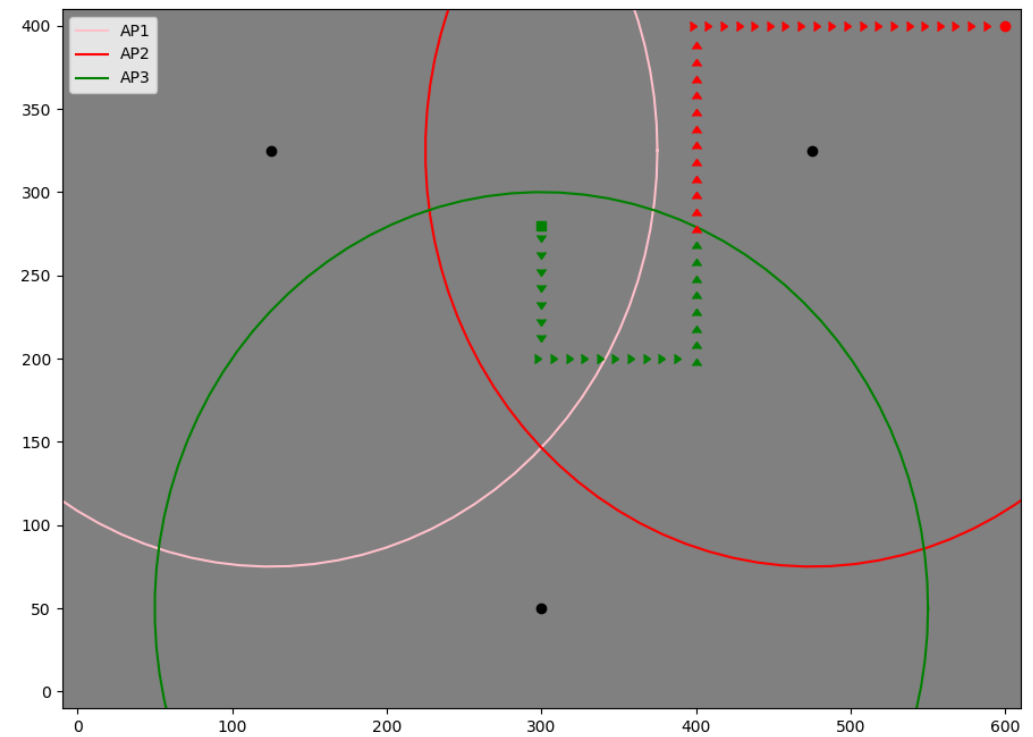
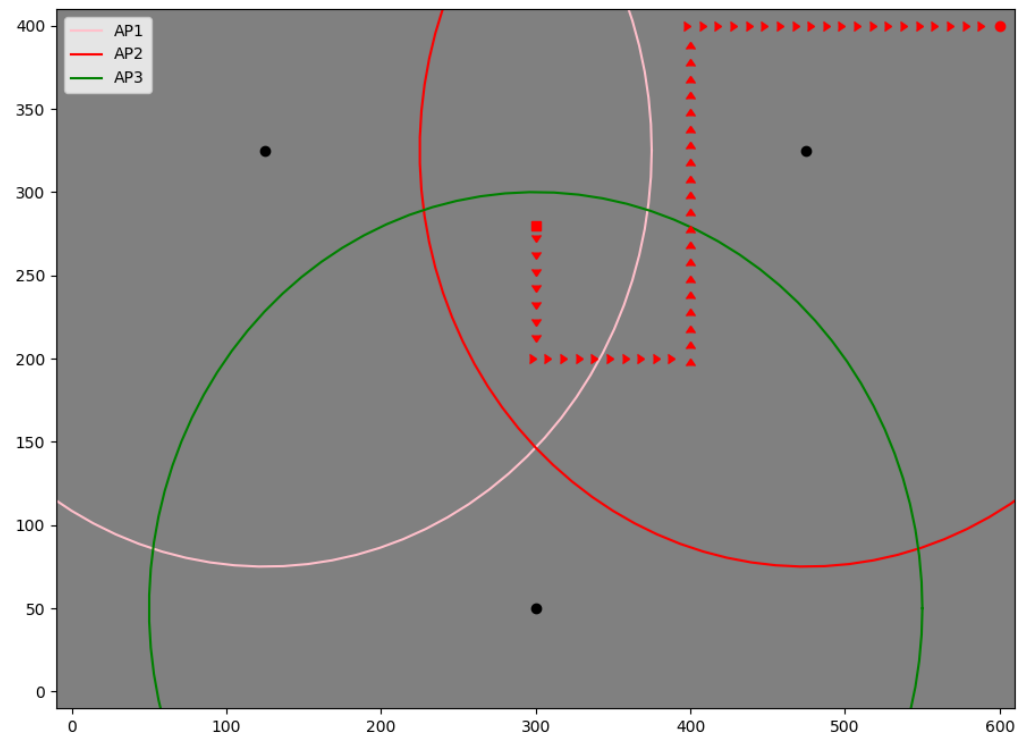
# Testes 3 APs – 350 – rotas simples

<b>Número de trocas</b>	<b>AP1</b>	<b>AP2</b>	<b>AP3</b>	<b>Média trocas</b>
<b>Teste 1</b>	<b>7.24</b>	<b>13.88</b>	<b>2.44</b>	<b>8.10</b>
<b>Teste 2</b>	<b>7.24</b>	<b>13.88</b>	<b>2.44</b>	<b>8.10</b>
<b>Teste 3</b>	<b>7.24</b>	<b>13.88</b>	<b>2.44</b>	<b>8.10</b>
<b>Teste 4</b>	<b>7.24</b>	<b>13.88</b>	<b>2.44</b>	<b>8.10</b>
<b>Teste 5</b>	<b>7.24</b>	<b>13.88</b>	<b>2.44</b>	<b>8.10</b>

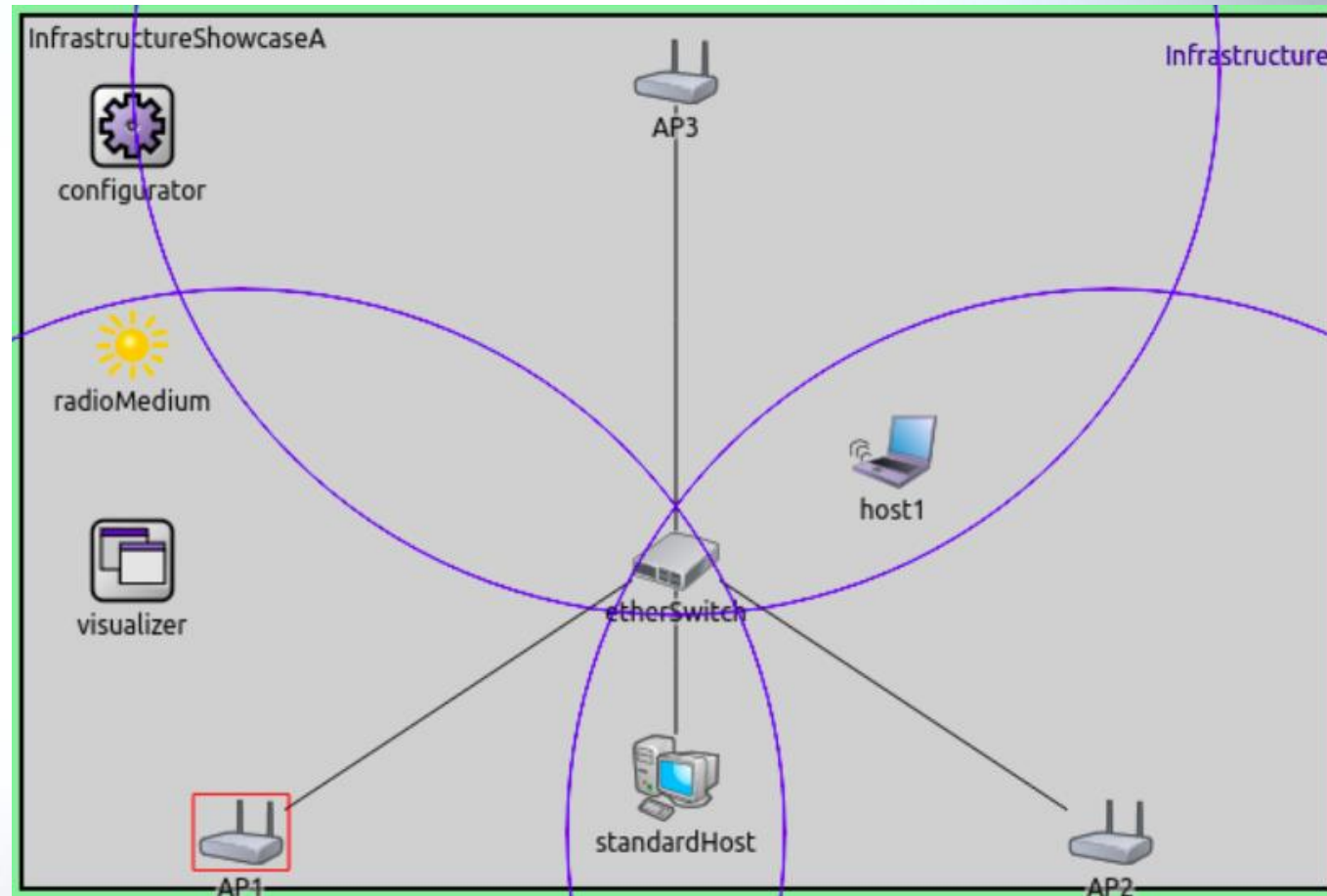


# Testes 3 APs – 350 – rotas simples

Simulador X Q-Learning --- Rota 308



# Testes 3 APs – 400 – rotas simples



# Testes 3 APs – 400 – rotas simples

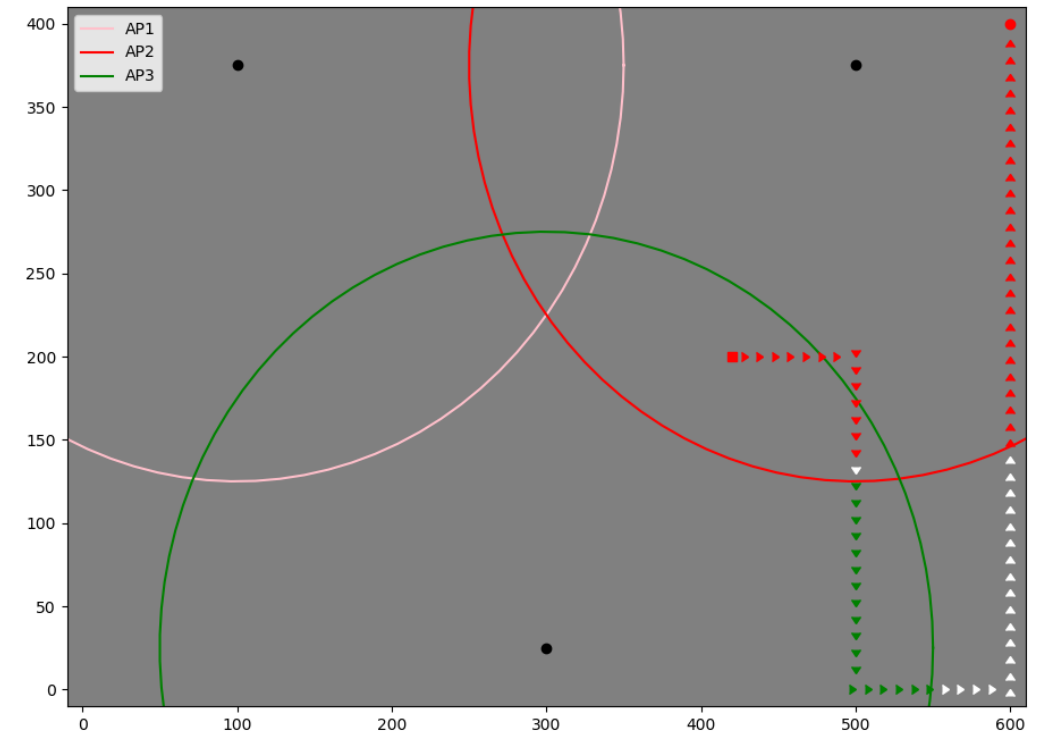
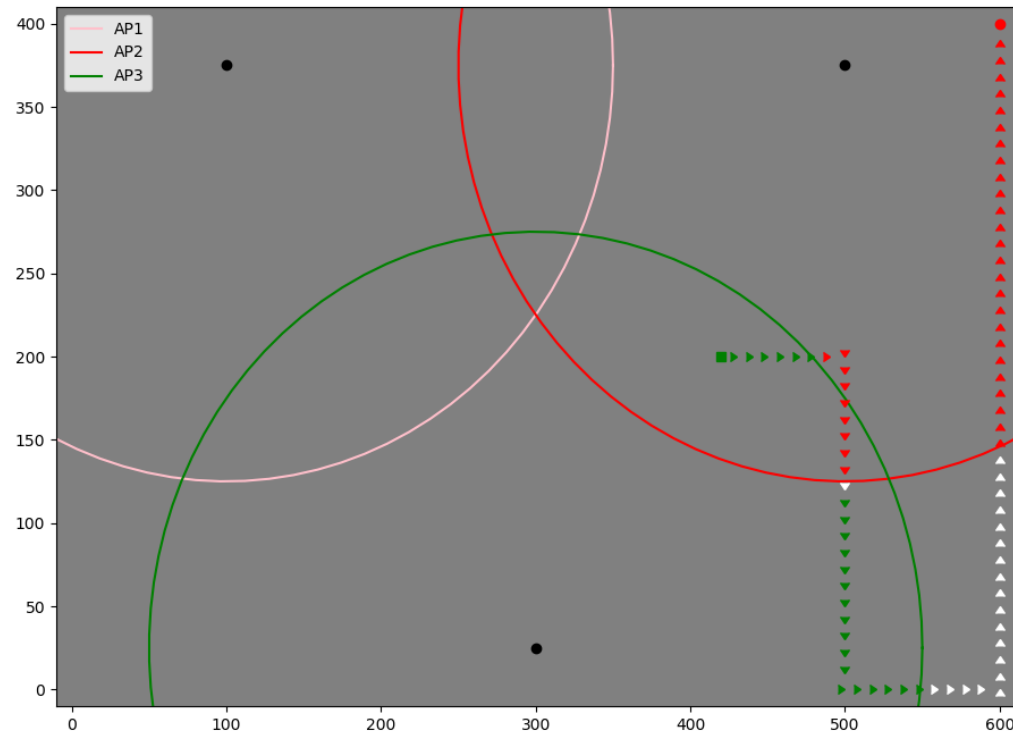
<b>Tempo conectado</b>	<b>AP1</b>	<b>AP2</b>	<b>AP3</b>	<b>Tempo médio</b>
<b>Teste 1</b>	<b>3.85</b>	<b>20.79</b>	<b>3.21</b>	<b>9.21</b>
<b>Teste 2</b>	<b>3.85</b>	<b>20.78</b>	<b>3.21</b>	<b>9.21</b>
<b>Teste 3</b>	<b>3.85</b>	<b>20.79</b>	<b>3.21</b>	<b>9.21</b>
<b>Teste 4</b>	<b>3.85</b>	<b>20.79</b>	<b>3.21</b>	<b>9.21</b>
<b>Teste 5</b>	<b>3.85</b>	<b>20.95</b>	<b>3.21</b>	<b>9.27</b>

# Testes 3 APs – 400 – rotas simples

Número de trocas	AP1	AP2	AP3	Média trocas
Teste 1	3.90	20.01	2.89	8.88
Teste 2	3.90	20.01	2.89	8.88
Teste 3	3.90	20.01	2.89	8.88
Teste 4	3.90	20.01	2.89	8.88
Teste 5	3.90	20.18	2.89	8.93

# Testes 3 APs – 400 – rotas simples

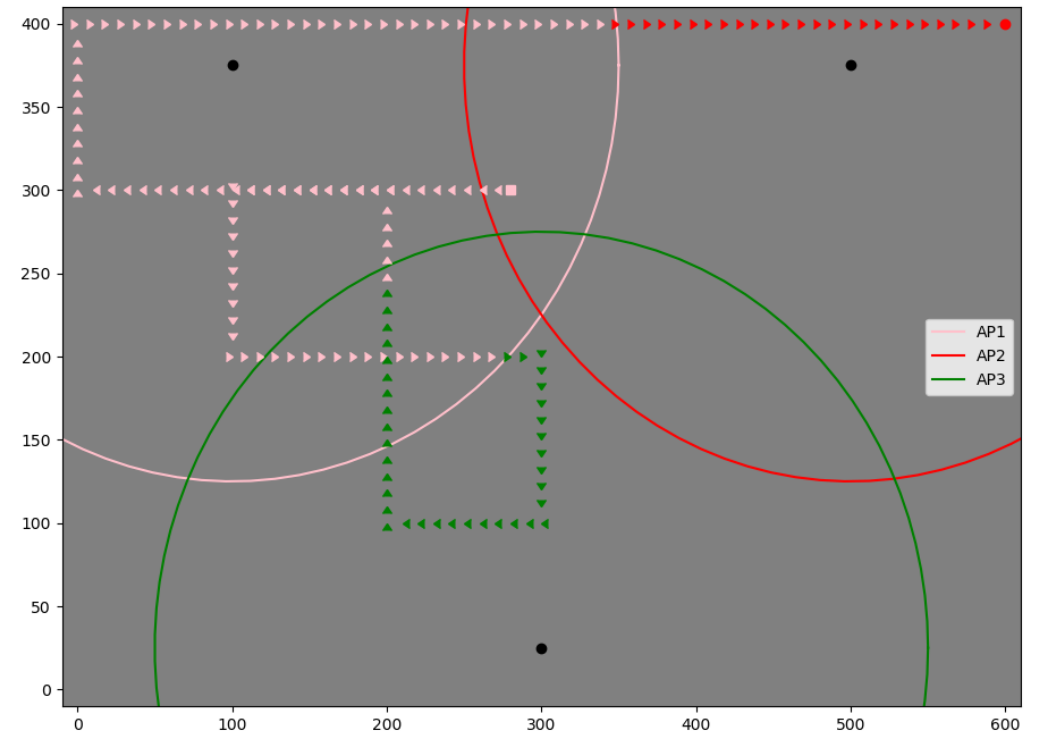
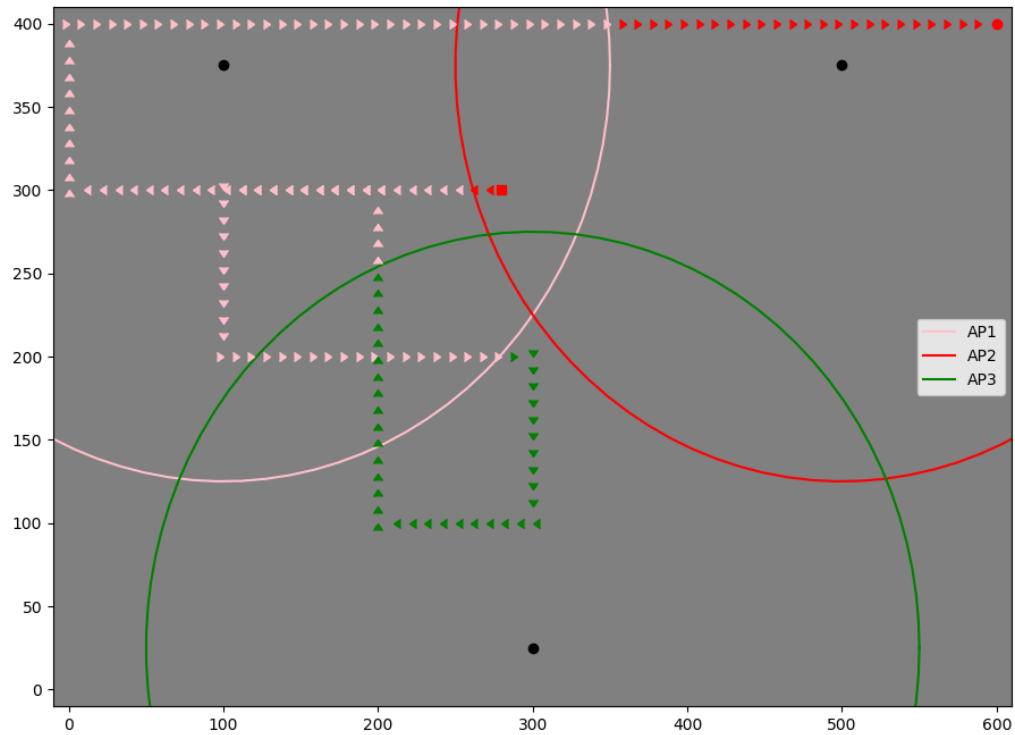
Simulador X Q-Learning --- Rota 3





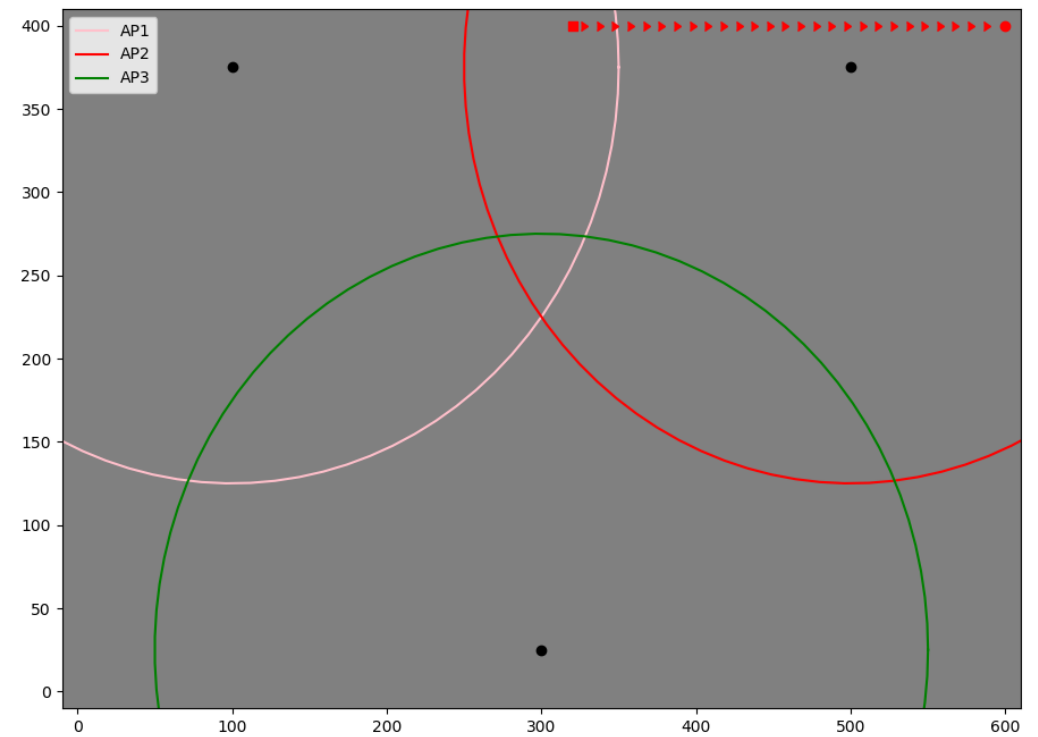
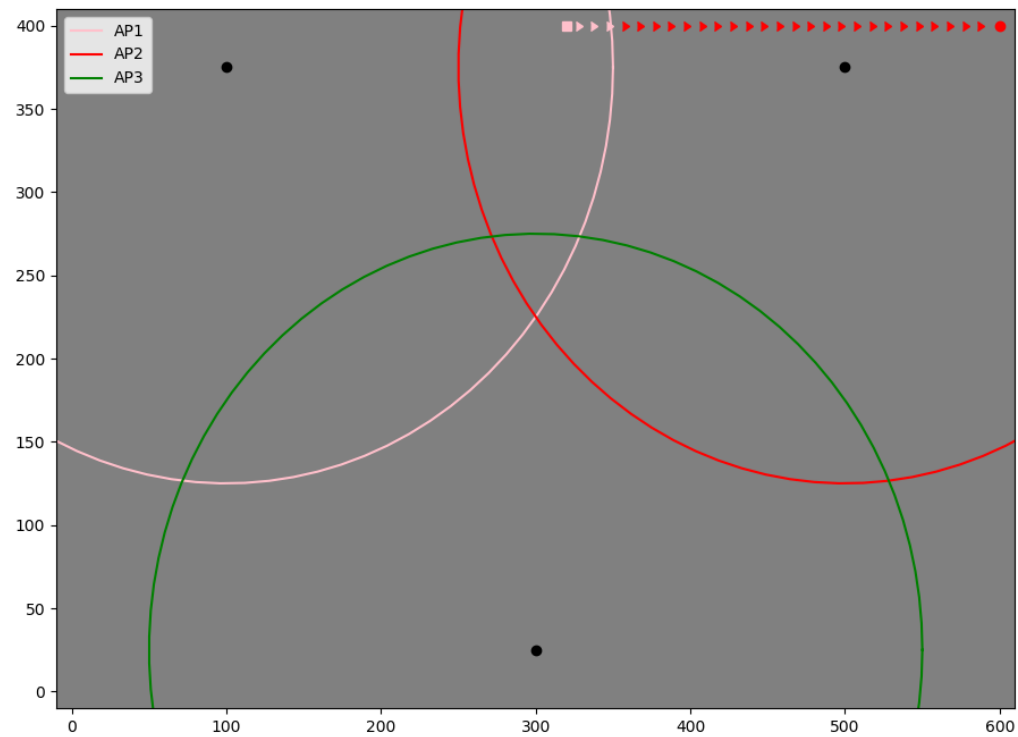
# Testes 3 APs – 400 – rotas simples

Simulador X Q-Learning --- Rota 168

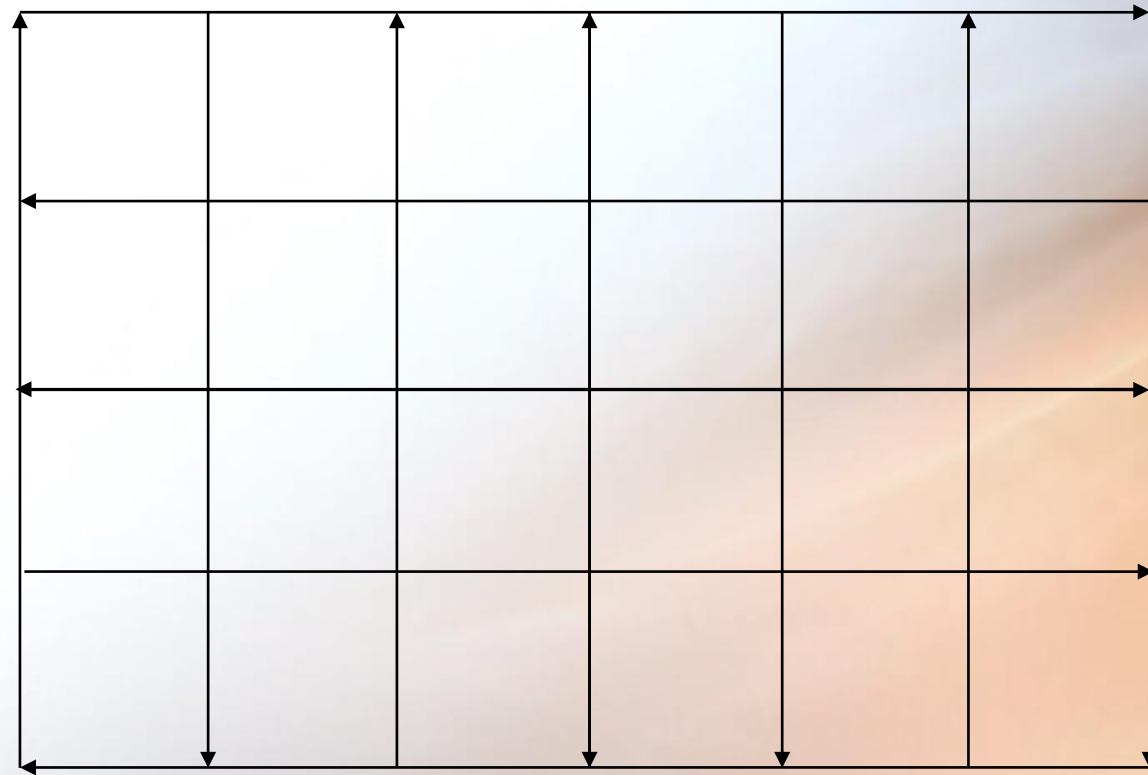


# Testes 3 APs – 400 – rotas simples

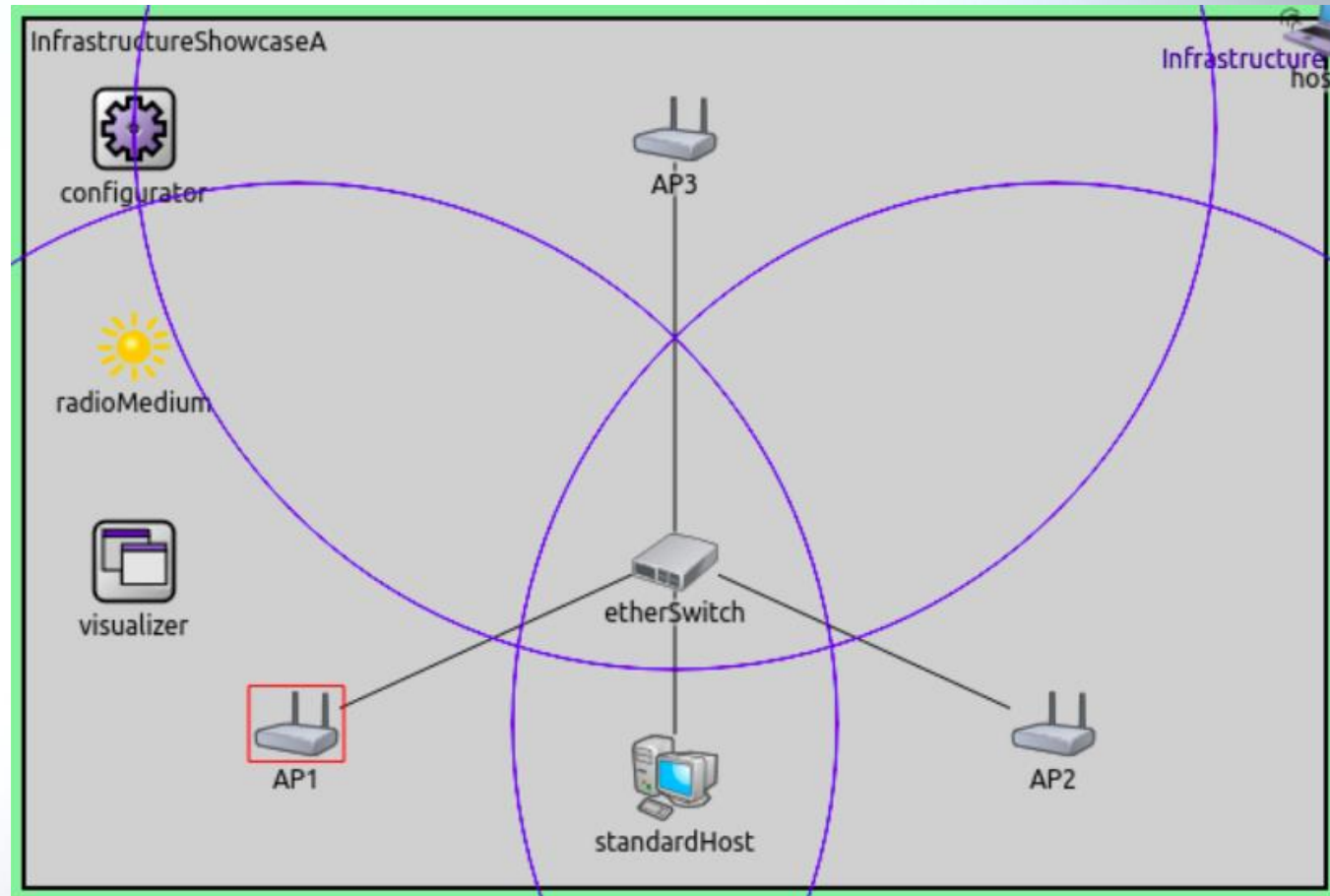
Simulador X Q-Learning --- Rota 633



# Testes 3 APs – mão dupla



# Testes 3 APs – 350 – mão dupla



# Testes 3 APs – 350 – mão dupla

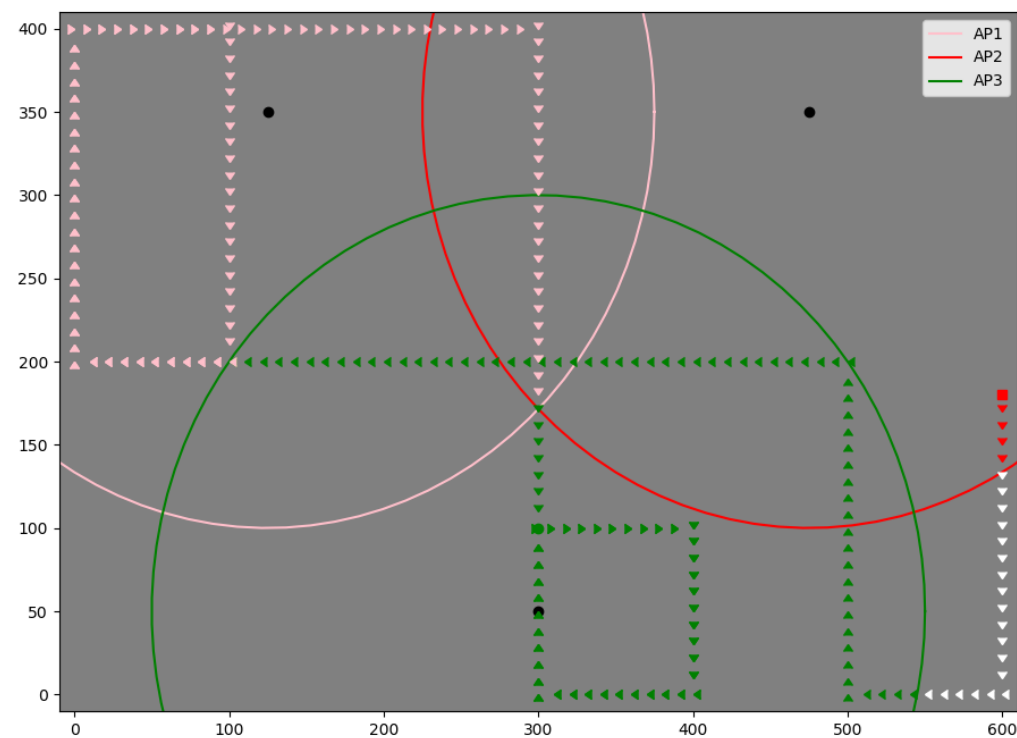
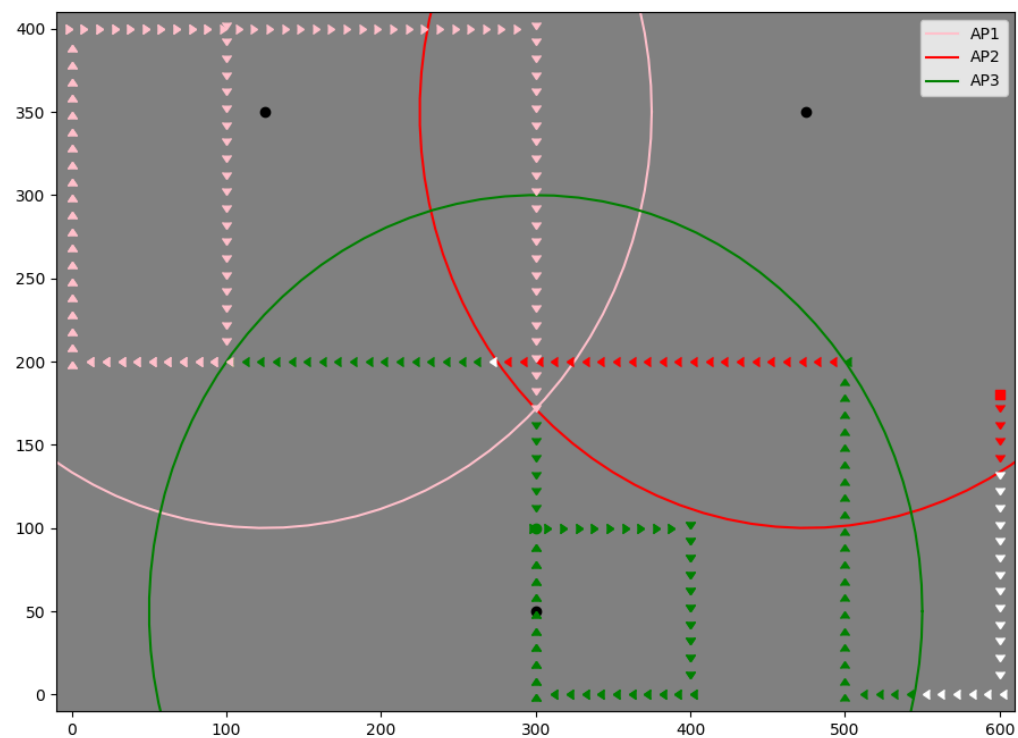
<b>Tempo conectado</b>	<b>AP1</b>	<b>AP2</b>	<b>AP3</b>	<b>Tempo médio</b>
<b>Teste 1</b>	<b>-1.73</b>	<b>5.37</b>	<b>2.41</b>	<b>1.93</b>
<b>Teste 2</b>	<b>-1.73</b>	<b>5.37</b>	<b>2.41</b>	<b>1.93</b>
<b>Teste 3</b>	<b>-1.73</b>	<b>1.93</b>	<b>4.03</b>	<b>1.84</b>
<b>Teste 4</b>	<b>-2.15</b>	<b>1.93</b>	<b>4.43</b>	<b>1.84</b>
<b>Teste 5</b>	<b>-1.73</b>	<b>5.37</b>	<b>2.41</b>	<b>1.93</b>

# Testes 3 APs – 350 – mão dupla

Número de trocas	AP1	AP2	AP3	Média das trocas
Teste 1	-1.46	5.56	1.53	1.74
Teste 2	-1.46	5.56	1.53	1.74
Teste 3	-1.46	1.86	3.32	1.64
Teste 4	-1.46	1.86	3.32	1.64
Teste 5	-1.46	5.56	1.53	1.74

# Testes 3 APs – 350 – mão dupla

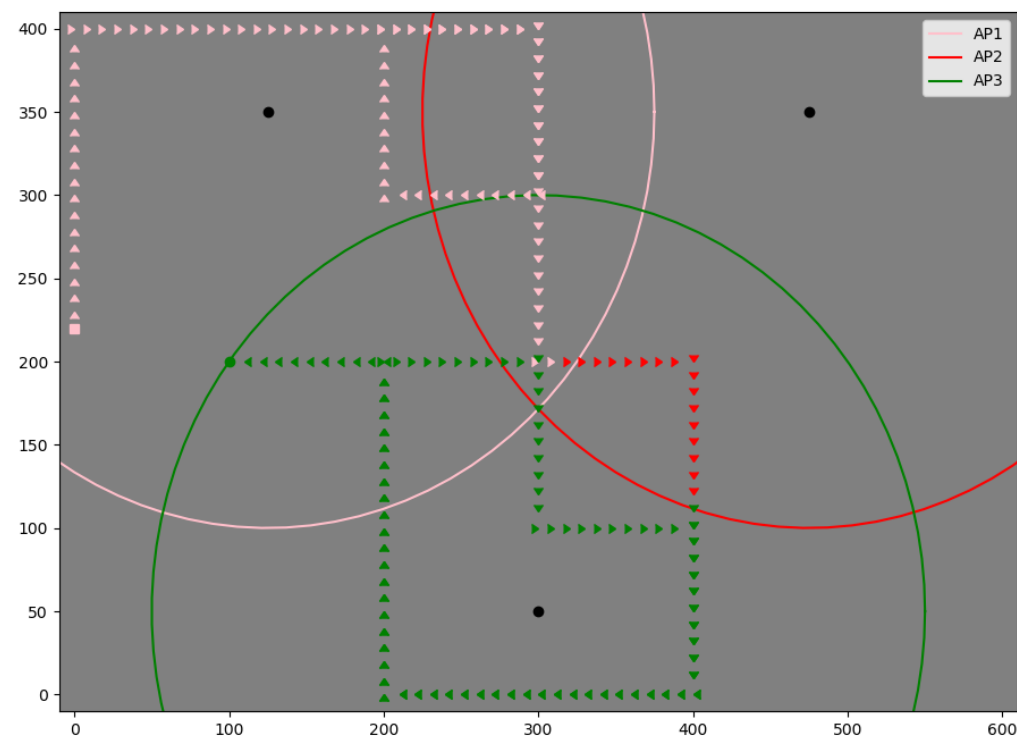
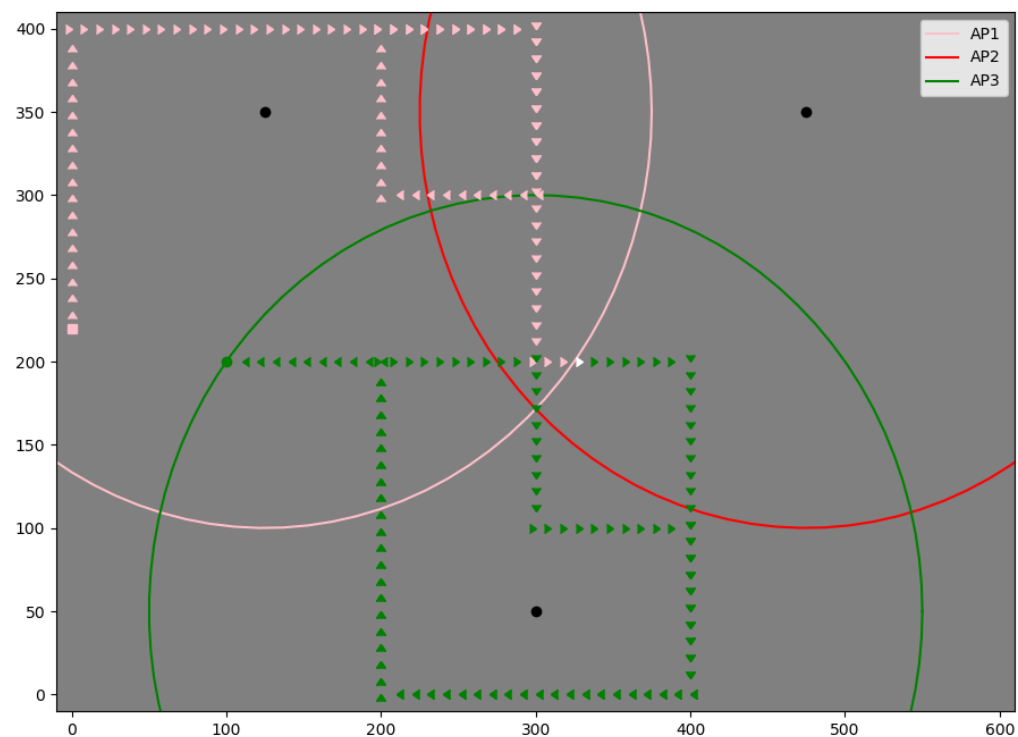
Simulador X Q-Learning --- Rota 61



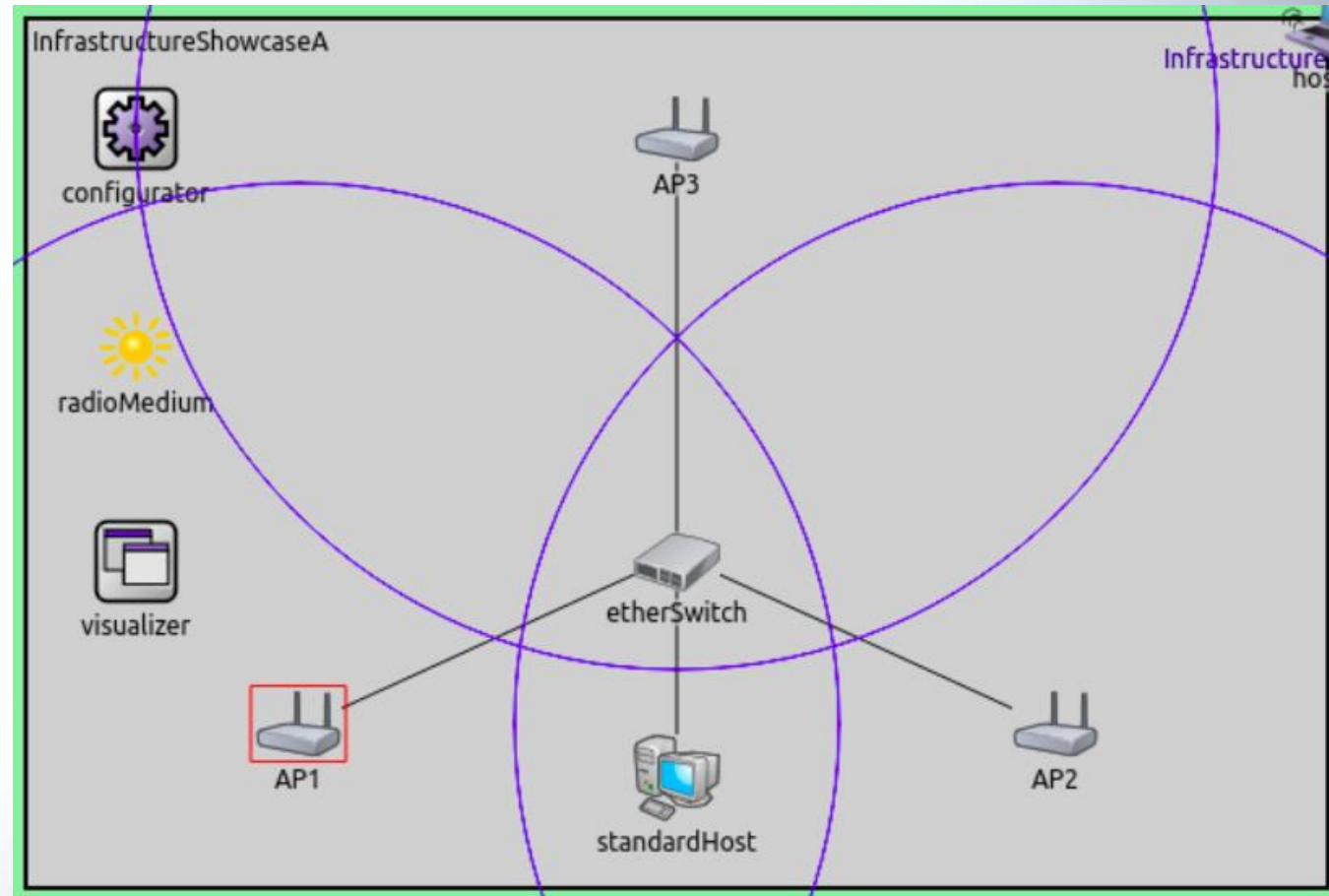


# Testes 3 APs – 350 – mão dupla

Simulador X Q-Learning --- Rota 46



# Testes 3 APs – 350 – mão dupla – 2000



# Testes 3 APs – 350 – mão dupla – 2000

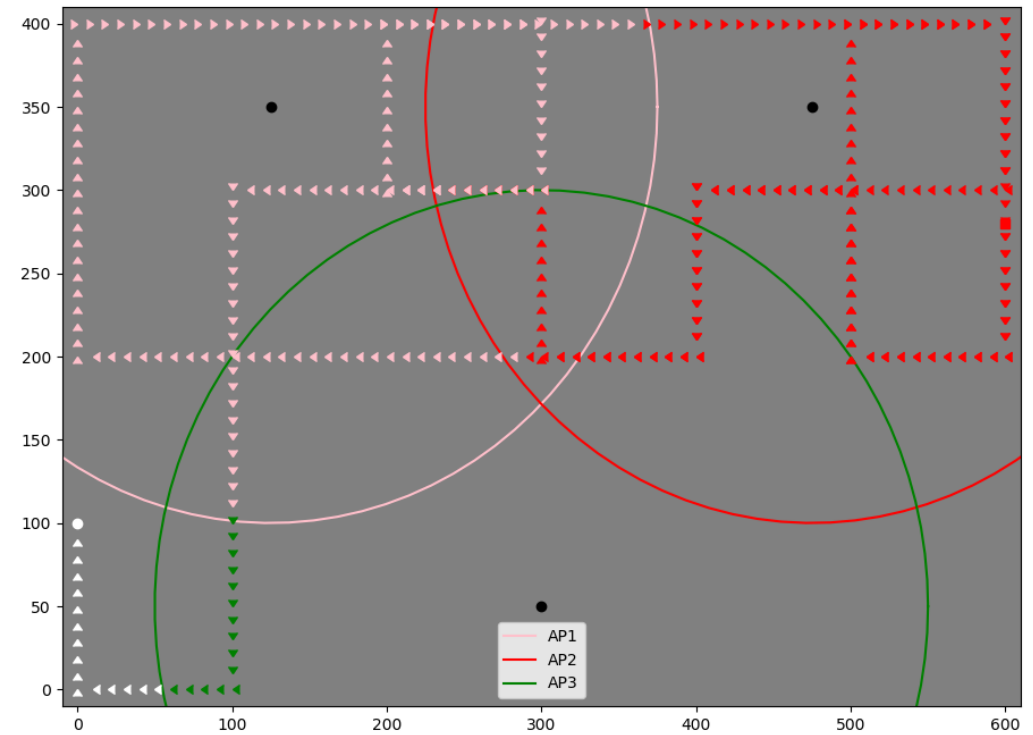
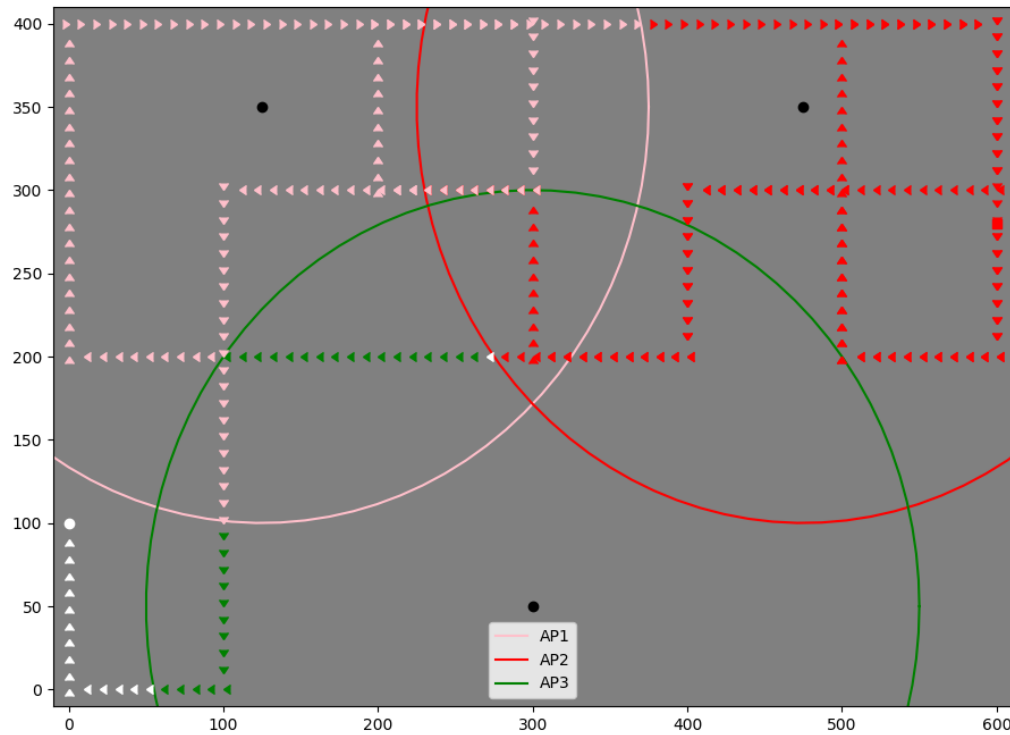
<b>Tempo conectado</b>	<b>AP1</b>	<b>AP2</b>	<b>AP3</b>	<b>Tempo médio</b>
<b>Teste 1</b>	<b>-3.65</b>	<b>5.27</b>	<b>3.47</b>	<b>1.76</b>
<b>Teste 2</b>	<b>-3.24</b>	<b>1.88</b>	<b>4.69</b>	<b>1.68</b>
<b>Teste 3</b>	<b>-3.24</b>	<b>5.27</b>	<b>3.03</b>	<b>1.74</b>
<b>Teste 4</b>	<b>-3.65</b>	<b>2.13</b>	<b>1.51</b>	<b>0.09</b>
<b>Teste 5</b>	<b>-3.24</b>	<b>5.40</b>	<b>2.93</b>	<b>1.74</b>

# Testes 3 APs – 350 – mão dupla – 2000

Número de trocas	AP1	AP2	AP3	Média das trocas
Teste 1	-2.94	5.47	2.10	1.56
Teste 2	-2.97	1.83	3.91	1.48
Teste 3	-2.97	5.47	2.08	1.54
Teste 4	-2.94	2.08	0.34	-0.10
Teste 5	-2.97	5.47	2.08	1.54

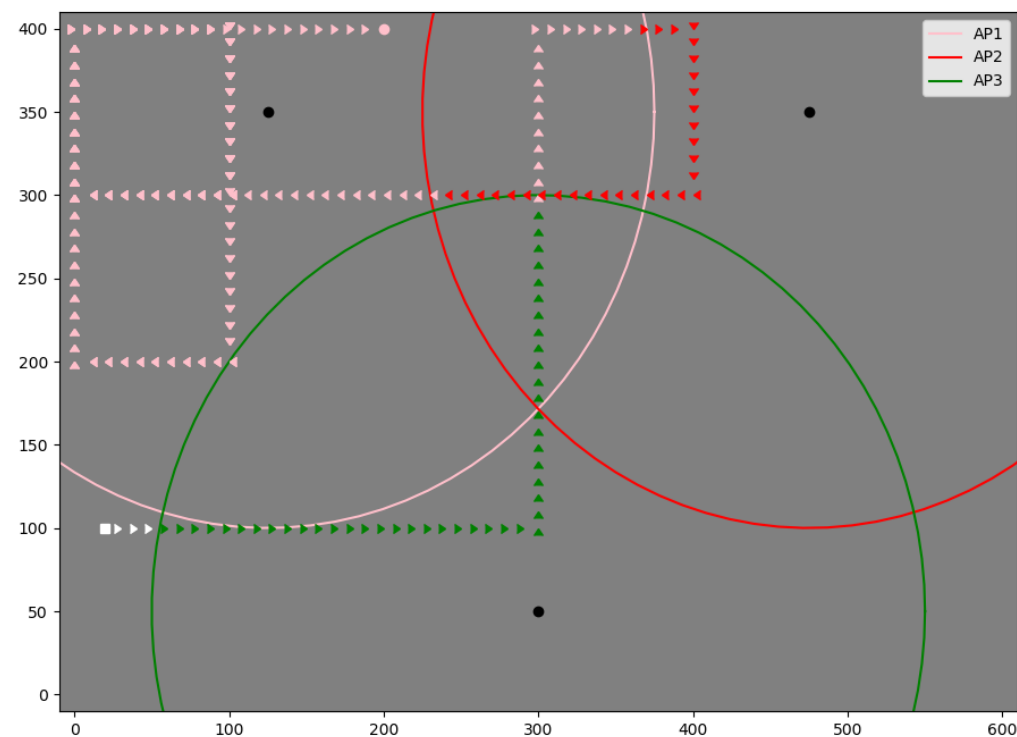
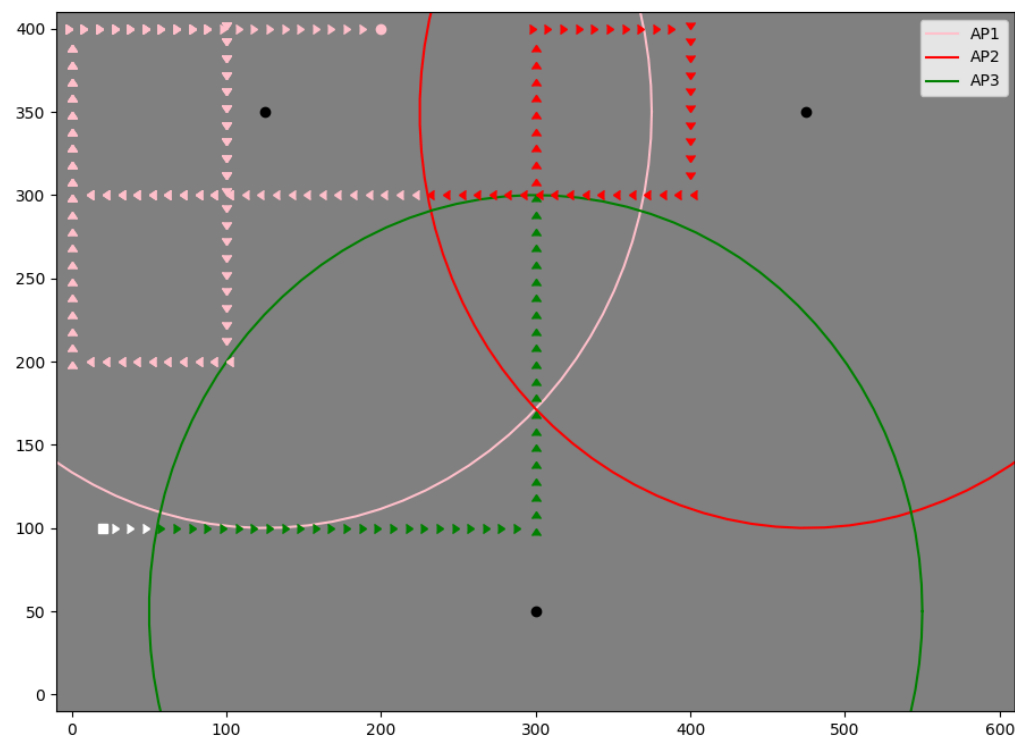
# Testes 3 APs – 350 – mão dupla – 2000

Simulador X Q-Learning --- Rota 205

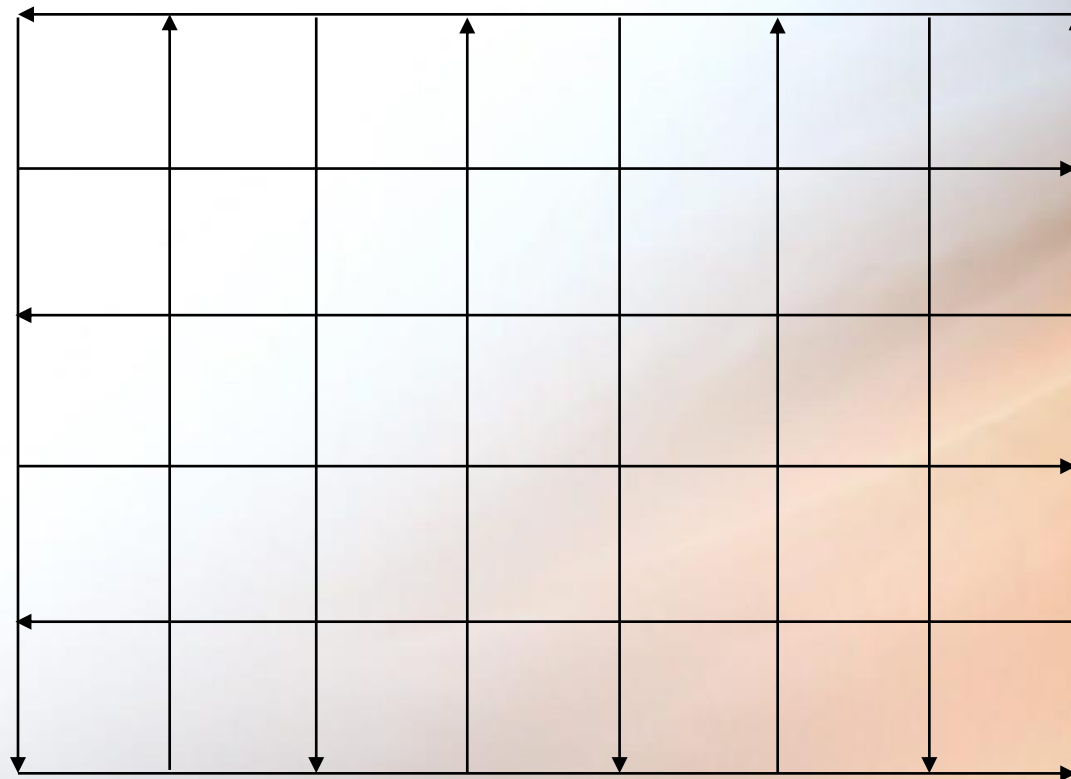


# Testes 3 APs – 350 – mão dupla – 2000

Simulador X Q-Learning --- Rota 13

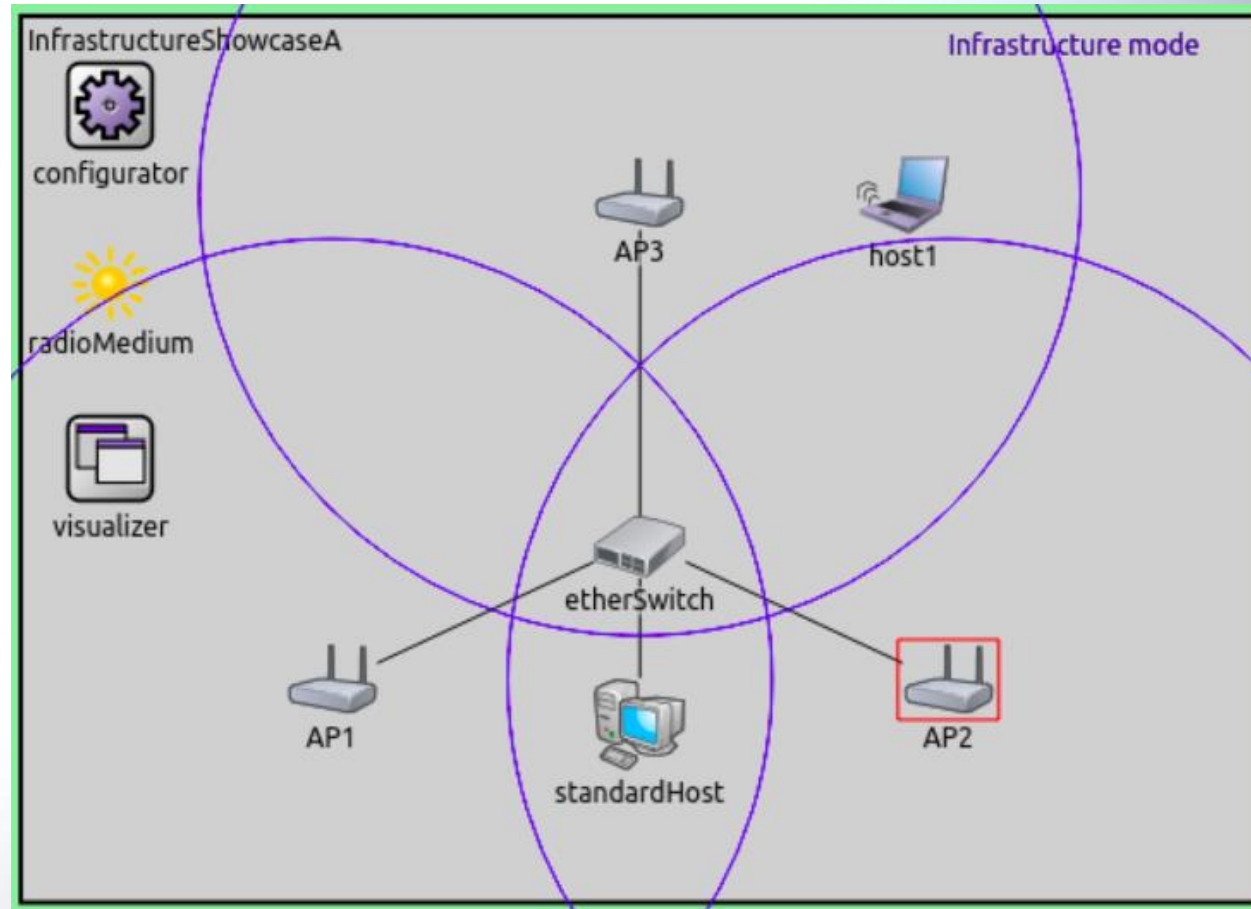


# Testes 3 APs – 700x500





# Testes 3 APs – 350 – 700x500



# Testes 3 APs – 350 – 700x500

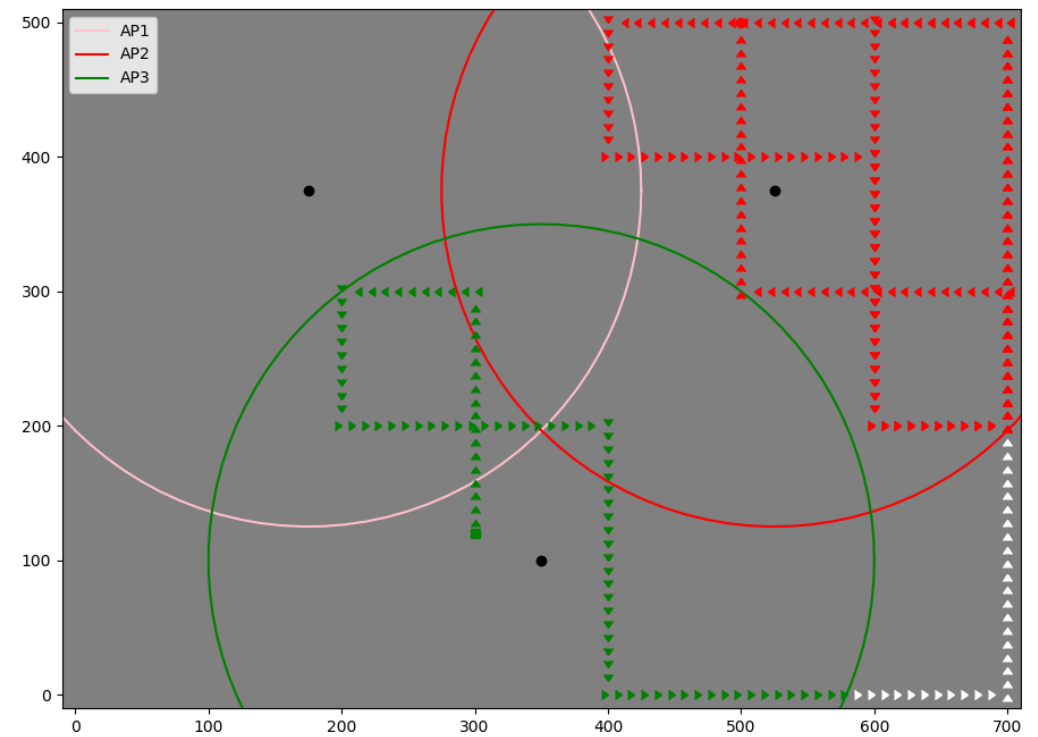
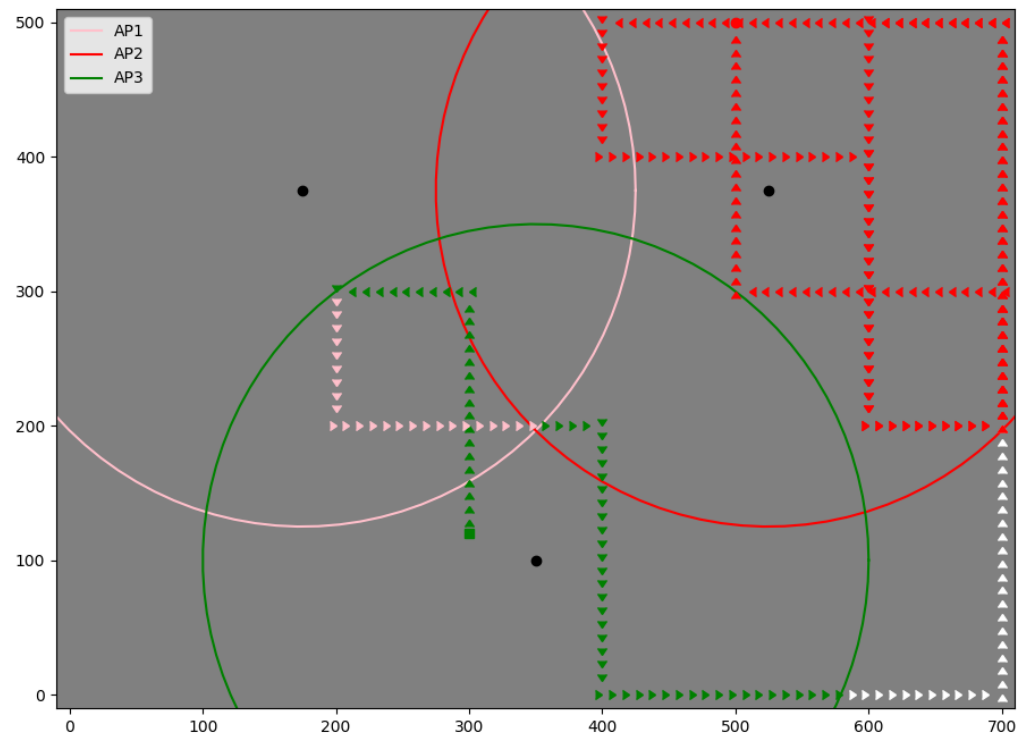
<b>Tempo conectado</b>	<b>AP1</b>	<b>AP2</b>	<b>AP3</b>	<b>Tempo médio</b>
<b>Teste 1</b>	<b>10.00</b>	<b>11.05</b>	<b>-23.09</b>	<b>-4.25</b>
<b>Teste 2</b>	<b>10.00</b>	<b>11.05</b>	<b>-23.09</b>	<b>-4.25</b>
<b>Teste 3</b>	<b>10.00</b>	<b>11.05</b>	<b>-23.09</b>	<b>-4.25</b>
<b>Teste 4</b>	<b>10.00</b>	<b>11.05</b>	<b>-23.09</b>	<b>-4.25</b>
<b>Teste 5</b>	<b>10.00</b>	<b>11.05</b>	<b>-23.09</b>	<b>-4.25</b>

# Testes 3 APs – 350 – 700x500

Número de trocas	AP1	AP2	AP3	Média trocas
Teste 1	9.51	11.11	-24.05	-4.71
Teste 2	9.51	11.11	-24.05	-4.71
Teste 3	9.51	11.11	-24.05	-4.71
Teste 4	9.51	11.11	-24.05	-4.71
Teste 5	9.51	11.11	-24.05	-4.71

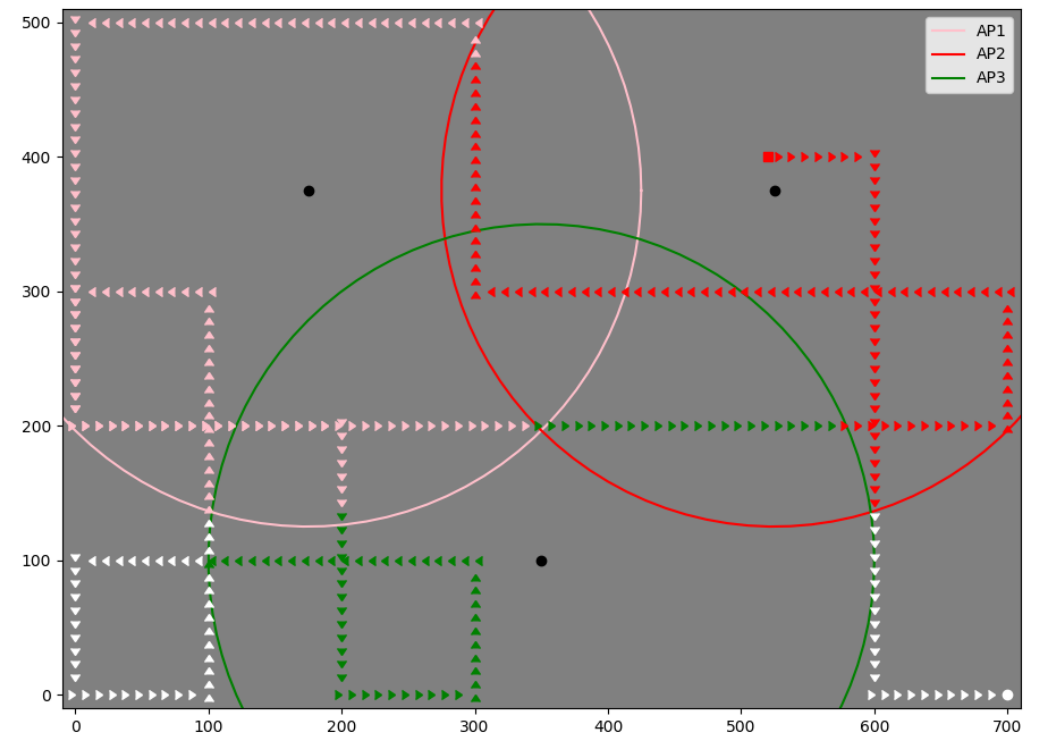
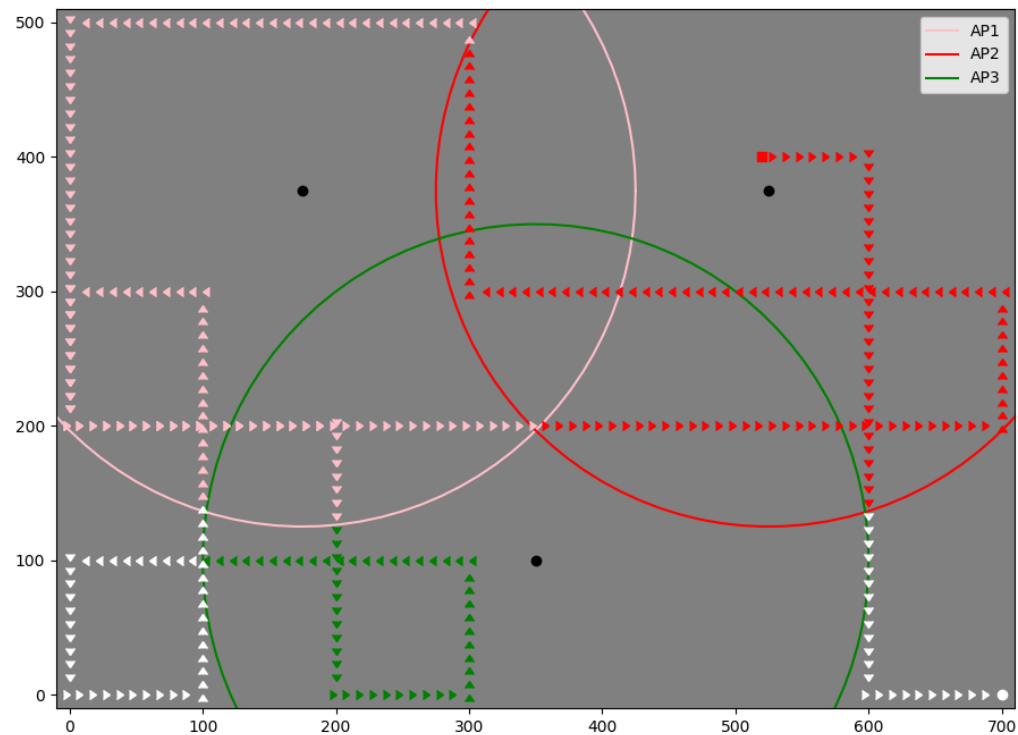
# Testes 3 APs – 350 – 700x500

Simulador X Q-Learning --- Rota 108

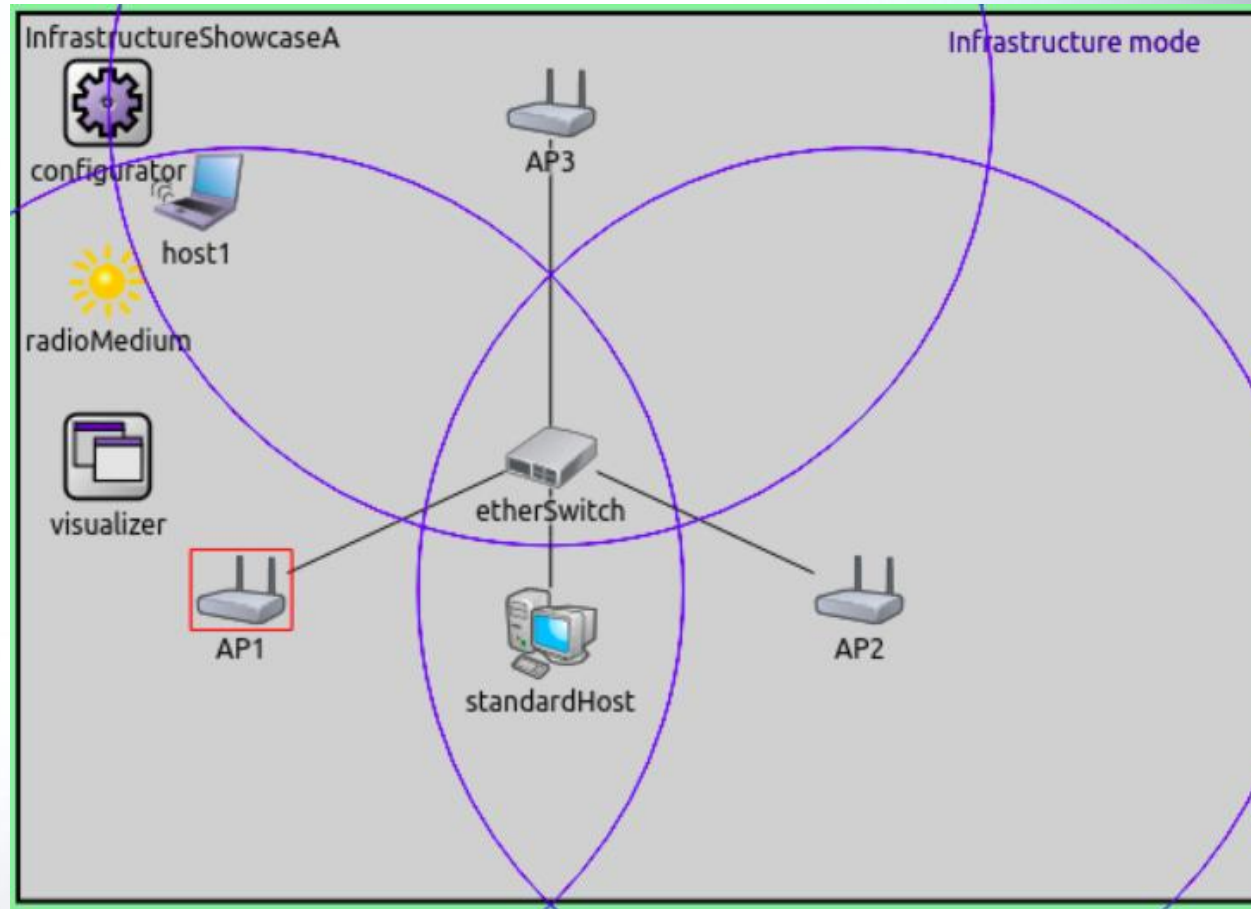


# Testes 3 APs – 350 – 700x500

Simulador X Q-Learning --- Rota 483



# Testes 3 APs – 350 – 700x500 - deslocado





# Testes 3 APs – 350 – 700x500 - deslocado

<b>Tempo conectado</b>	<b>AP1</b>	<b>AP2</b>	<b>AP3</b>	<b>Tempo médio</b>
<b>Teste 1</b>	<b>3.70</b>	<b>6.62</b>	<b>-1.49</b>	<b>3.67</b>
<b>Teste 2</b>	<b>3.70</b>	<b>6.62</b>	<b>-1.49</b>	<b>3.67</b>
<b>Teste 3</b>	<b>3.70</b>	<b>6.62</b>	<b>-1.49</b>	<b>3.67</b>
<b>Teste 4</b>	<b>3.70</b>	<b>6.82</b>	<b>-1.81</b>	<b>3.67</b>
<b>Teste 5</b>	<b>3.70</b>	<b>6.62</b>	<b>-1.49</b>	<b>3.67</b>

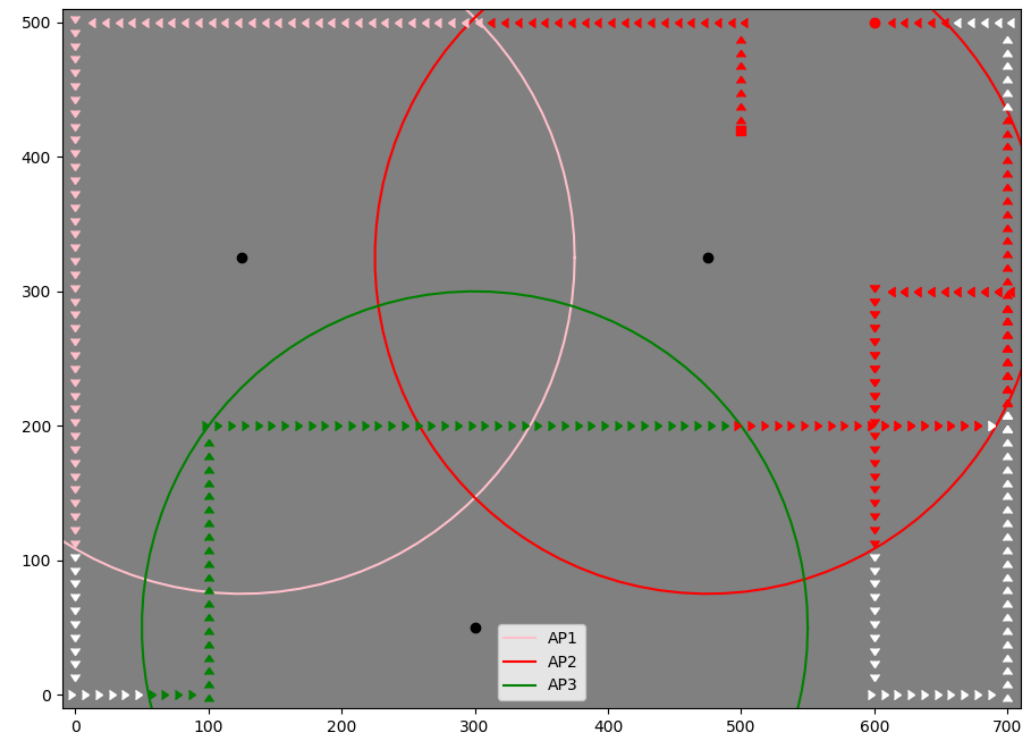
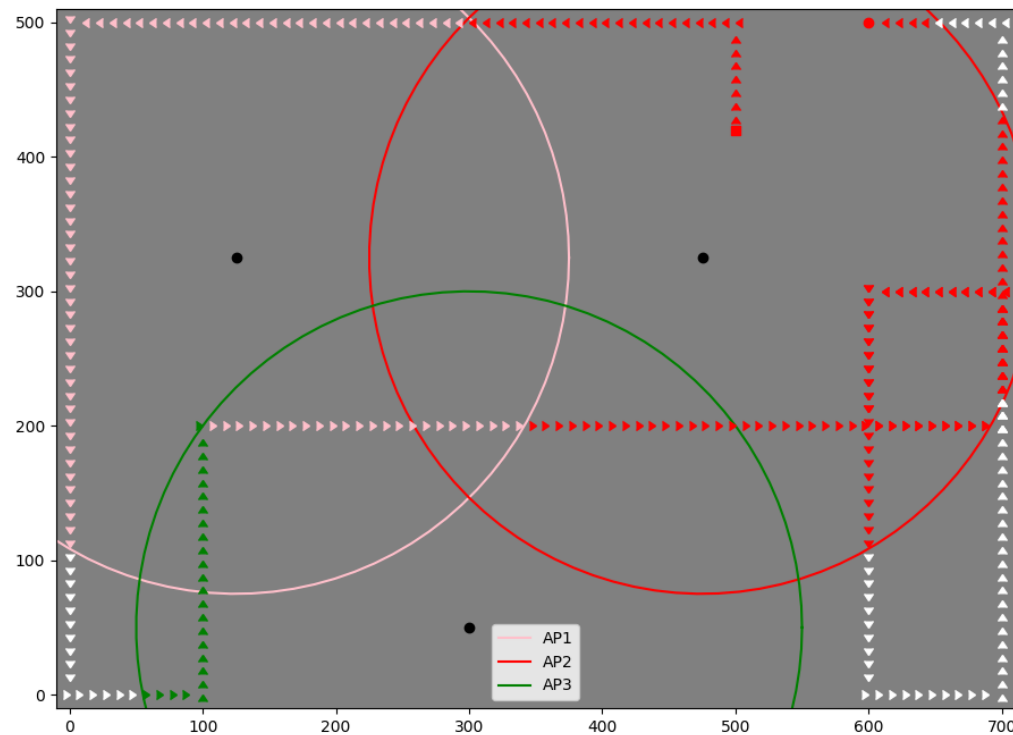


# Testes 3 APs – 350 – 700x500 - deslocado

<b>Número de trocas</b>	<b>AP1</b>	<b>AP2</b>	<b>AP3</b>	<b>Média trocas</b>
<b>Teste 1</b>	<b>2.70</b>	<b>5.71</b>	<b>-1.68</b>	<b>2.91</b>
<b>Teste 2</b>	<b>2.70</b>	<b>5.71</b>	<b>-1.68</b>	<b>2.91</b>
<b>Teste 3</b>	<b>2.70</b>	<b>5.71</b>	<b>-1.68</b>	<b>2.91</b>
<b>Teste 4</b>	<b>2.70</b>	<b>5.71</b>	<b>-1.68</b>	<b>2.91</b>
<b>Teste 5</b>	<b>2.70</b>	<b>5.71</b>	<b>-1.68</b>	<b>2.91</b>

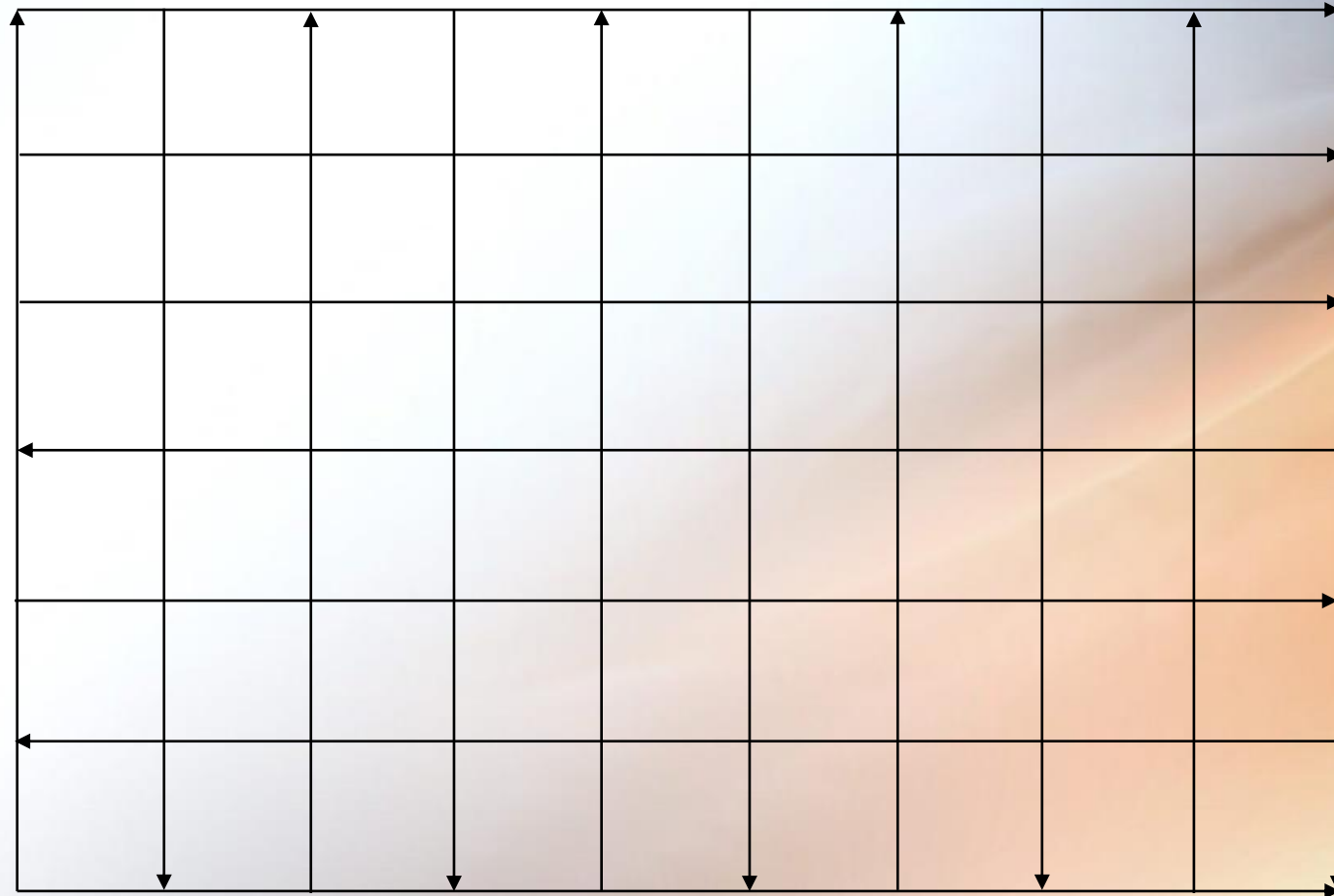
# Testes 3 APs – 350 – 700x500 - deslocado

Simulador X Q-Learning --- Rota 618

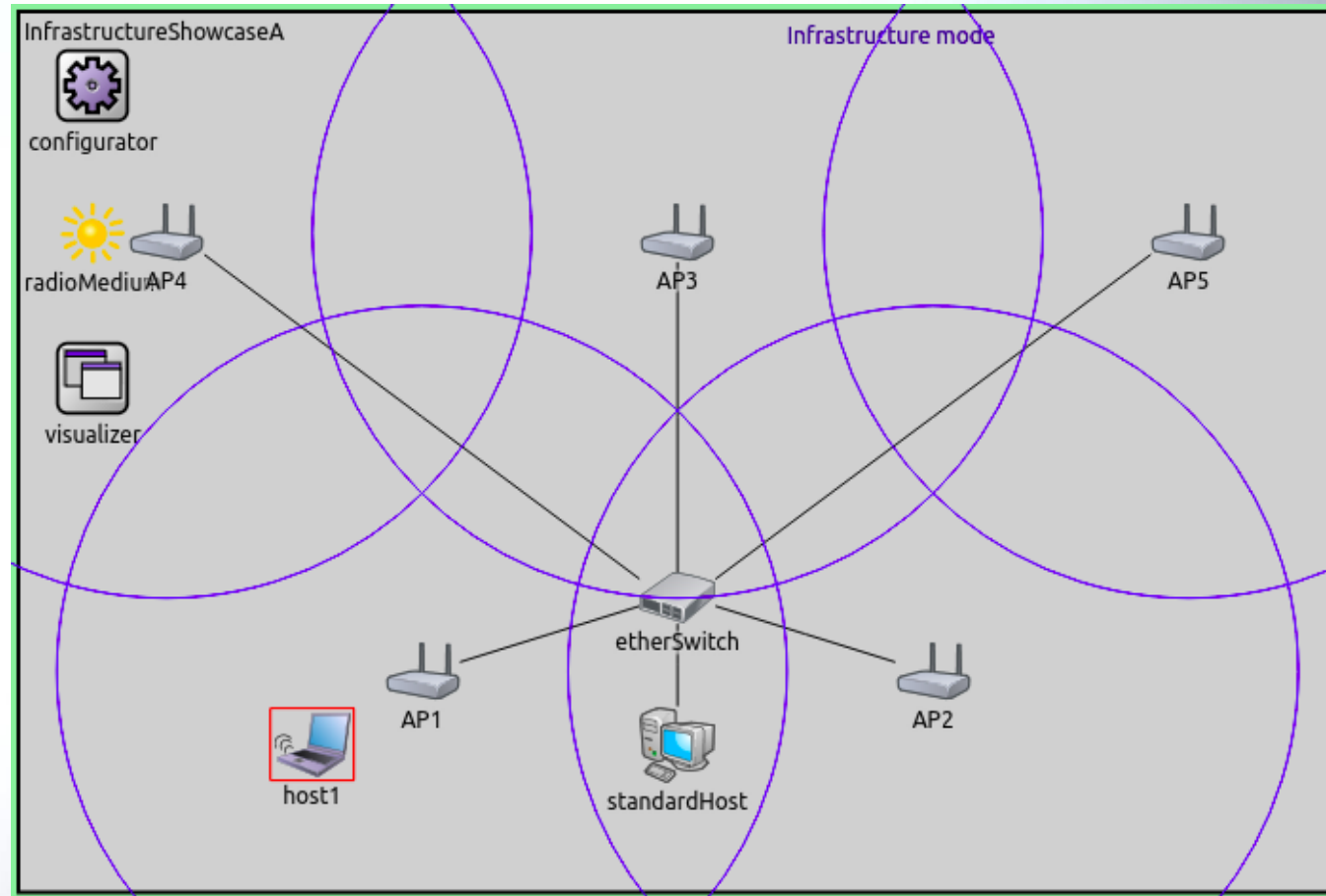




# Testes 5 APs – 900x600



# Testes 5 APs – 350 – rotas simples



# Testes 5 APs – 350 – rotas simples

<b>Tempo conectado</b>	<b>AP1</b>	<b>AP2</b>	<b>AP3</b>	<b>AP4</b>	<b>AP5</b>	<b>Tempo médio</b>
<b>Teste 1</b>	<b>-11,22</b>	<b>-0,65</b>	<b>-8,34</b>	<b>3,13</b>	<b>11,96</b>	<b>-1,95</b>
<b>Teste 2</b>	<b>-11,22</b>	<b>-0,65</b>	<b>-8,33</b>	<b>3,14</b>	<b>11,96</b>	<b>-1,95</b>
<b>Teste 3</b>	<b>-11,22</b>	<b>-0,65</b>	<b>-8,35</b>	<b>3,11</b>	<b>11,96</b>	<b>-1,95</b>
<b>Teste 4</b>	<b>-11,24</b>	<b>-0,66</b>	<b>-8,32</b>	<b>3,16</b>	<b>11,96</b>	<b>-1,95</b>
<b>Teste 5</b>	<b>-11,22</b>	<b>-0,65</b>	<b>-8,34</b>	<b>3,13</b>	<b>11,96</b>	<b>-1,95</b>

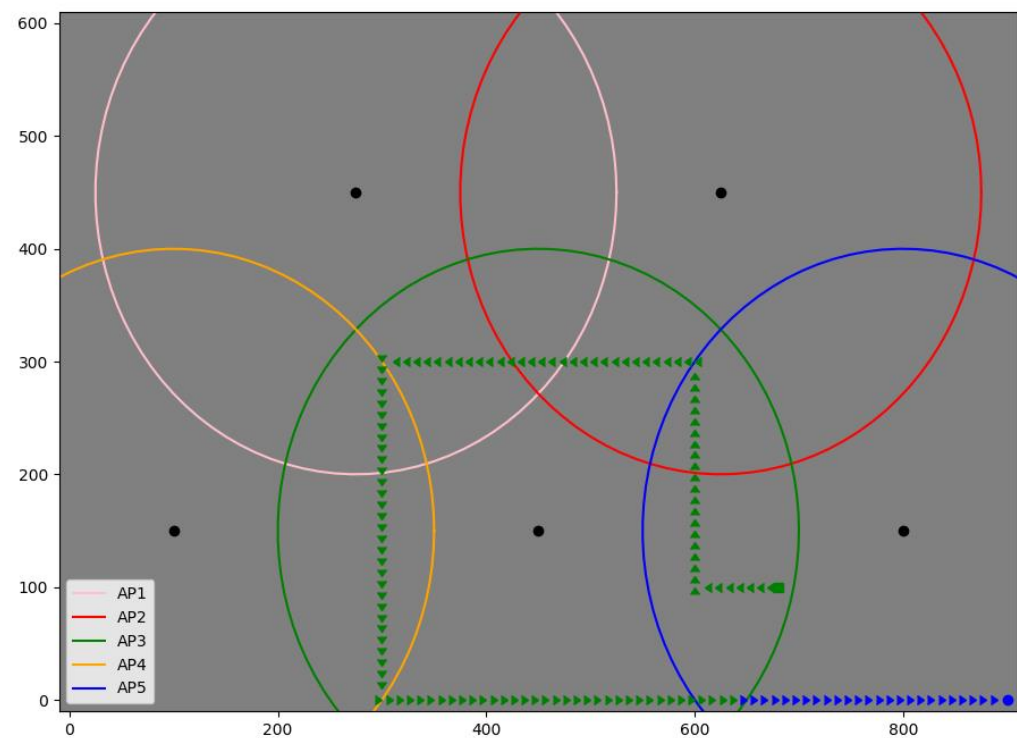
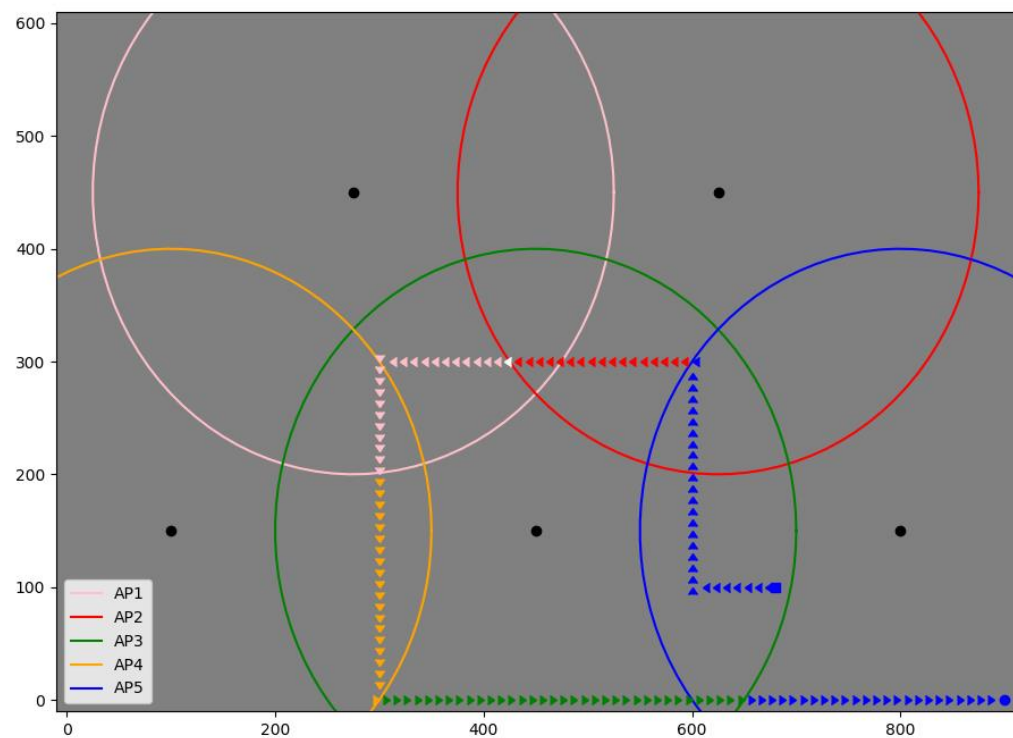
# Testes 5 APs – 350 – rotas simples

Número de trocas	AP1	AP2	AP3	AP4	AP5	Média trocas
Teste 1	-11,79	-2,37	-8,82	2,18	12,25	-2,66
Teste 2	-11,79	-2,37	-8,81	2,21	12,25	-2,66
Teste 3	-11,79	-2,37	-8,82	2,20	12,25	-2,65
Teste 4	-11,81	-2,39	-8,80	2,17	12,25	-2,66
Teste 5	-11,79	-2,37	-8,82	2,18	12,25	-2,66



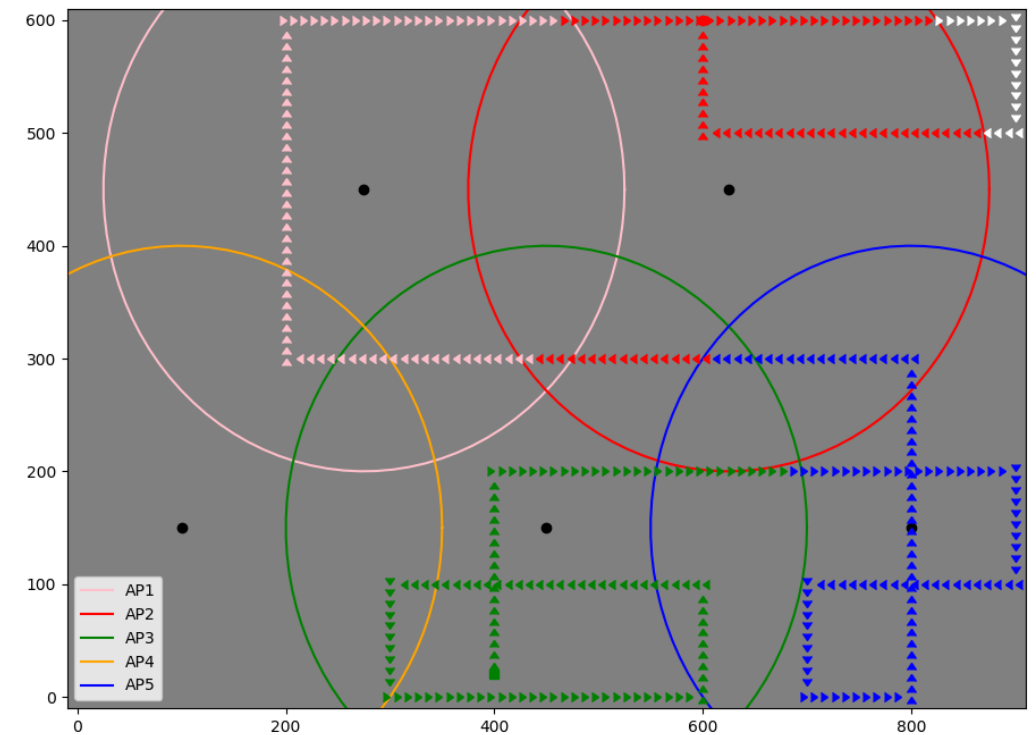
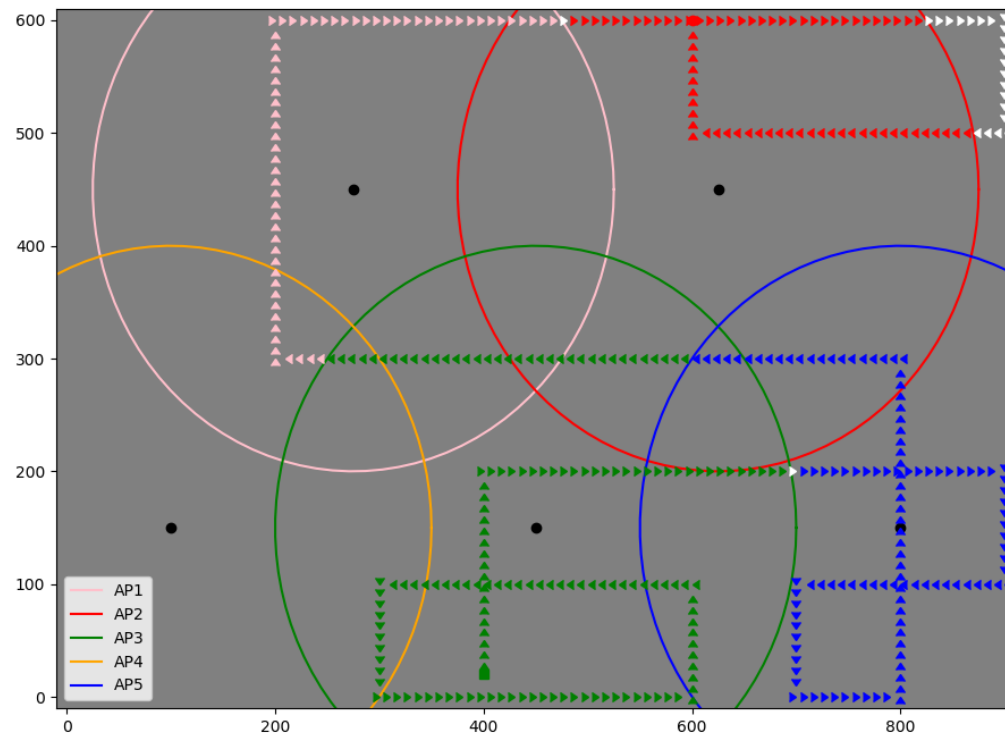
# Testes 5 APs – 350 – rotas simples

## Simulador X Q-Learning --- Rota 5708



# Testes 5 APs – 350 – rotas simples

Simulador X Q-Learning --- Rota 3286

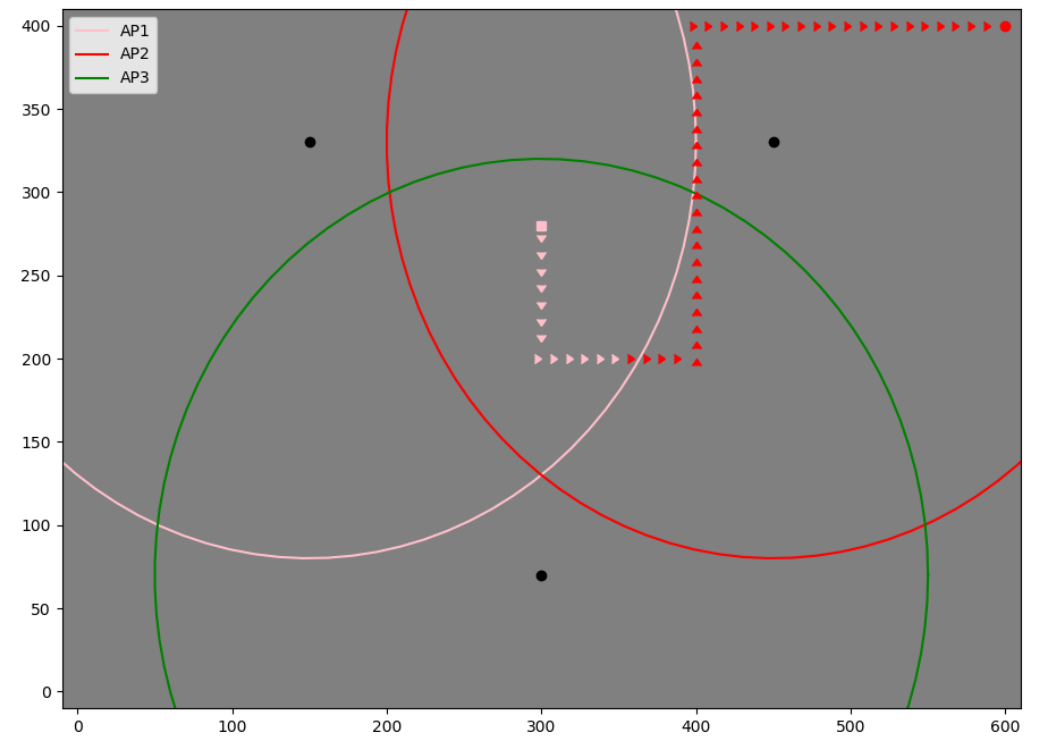
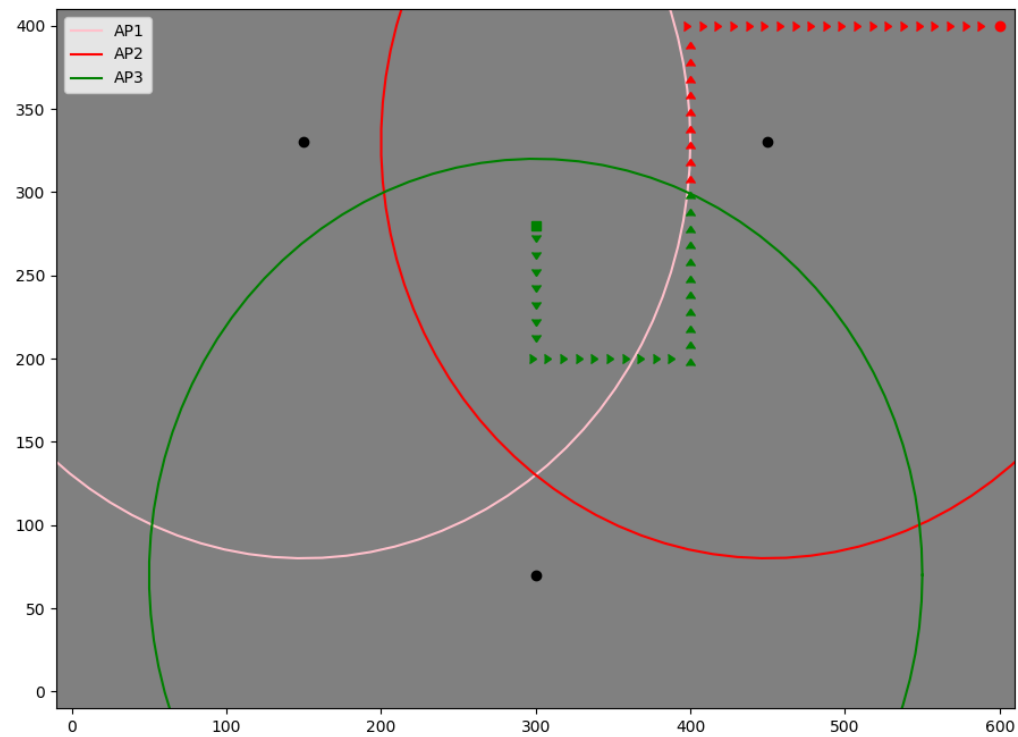


# Testes - Observações

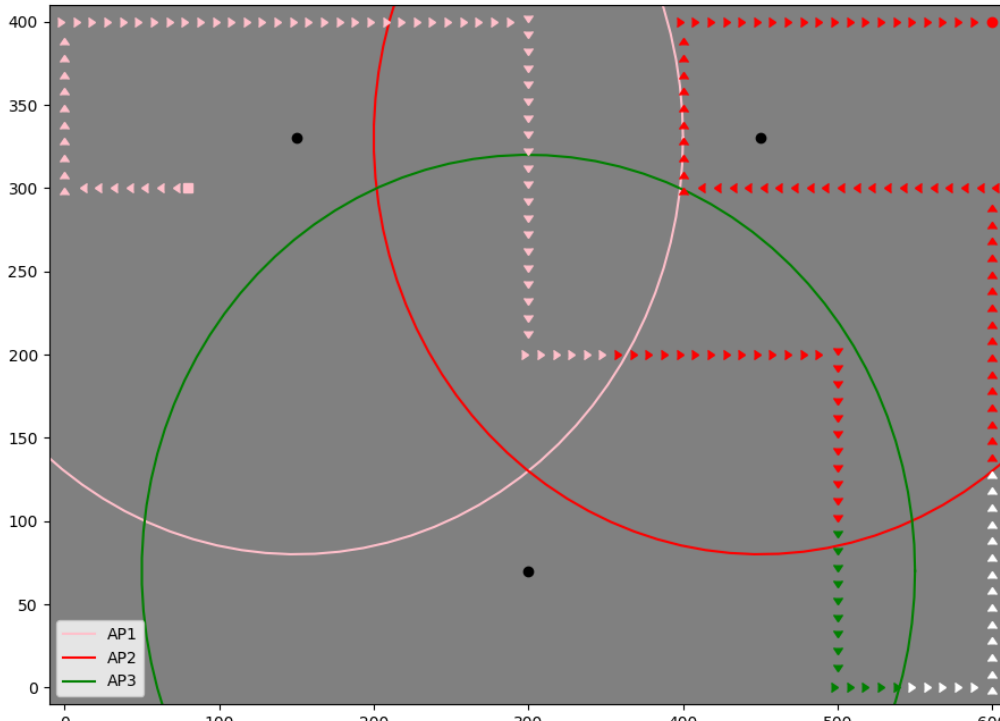
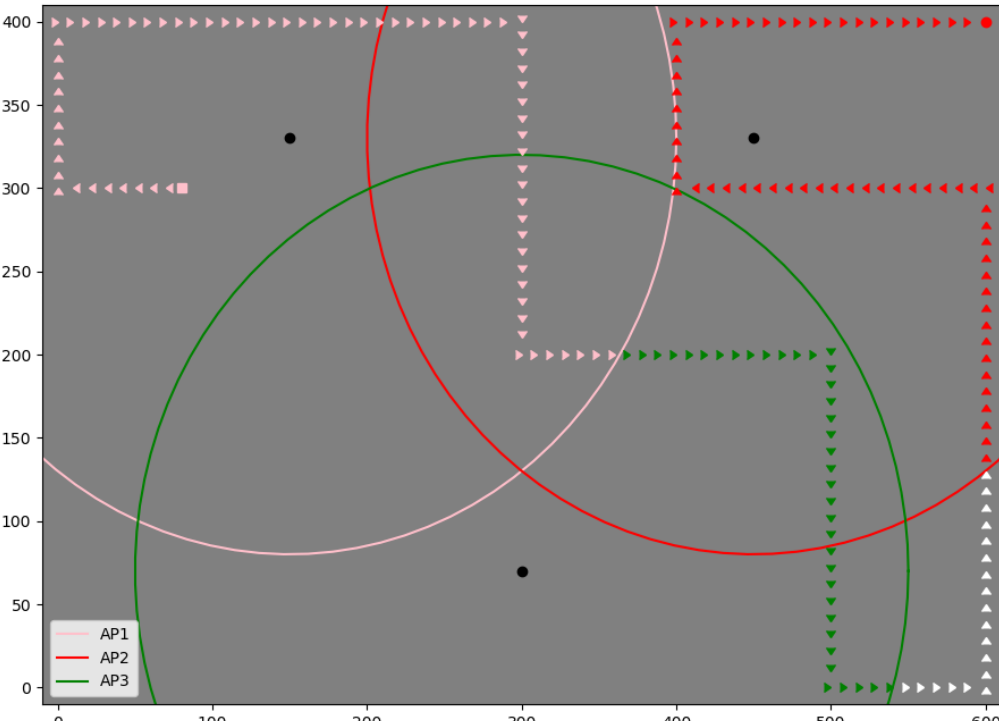
- Visão limitada do agente
- Posição dos APs sobre a malha:
  - Tamanho da interseção
  - Rotas que tangenciam os limites do APs
  - Cobertura adequada das esquinas
- Quantidade de APs
- Complexidade das malhas
- Malhas com “ponto final” ou circulares

# Testes – Observações

Simulador X Q-Learning --- Rota 80



Simulador X Q-Learning --- Rota 168



# Testes - Conclusão

- Apresenta grande potencial;
- Necessita de mais estudos e testes.

# Cronograma 2019-2

	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1.	X	X			
2.	X	X	X		
3.	X	X	X	X	
4.			X	X	X

Legenda:

- 1. Modelagem
- 2. Implementação
- 3. Testes
- 4. Escrita





# Obrigado!

Link do projeto:

<https://github.com/MoisesHenr/INF496>

# Referências

- Bonomi, F., Milito, R., Zhu, J., & Addepalli, S. (2012, August). Fog computing and its role in the internet of things. In *Proceedings of the first edition of the MCC workshop on Mobile cloud computing* (pp. 13-16). ACM.
- Chiang, Mung, et al. "Clarifying fog computing and networking: 10 questions and answers." *IEEE Communications Magazine* 55.4 (2017): 18-20.
- Perato, L., & Al Agha, K. (2002). Handover prediction: user approach versus cell approach. In *4th International Workshop on Mobile and Wireless Communications Network* (pp. 492-496). IEEE.

# Referências

- Shin, M., Mishra, A., & Arbaugh, W. A. (2004, June). Improving the latency of 802.11 hand-offs using neighbor graphs. In Proceedings of the 2nd international conference on Mobile systems, applications, and services (pp. 70-83). ACM.
- SUTTON, R. S., & BARTO, A. G. (2018). REINFORCEMENT LEARNING: AN INTRODUCTION. MIT PRESS.
- Imagem slide 3: autoria própria