

## Relatório Laboratório 04 - Otimização com Métodos Baseados em População

Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA  
Inteligência Artificial para Robótica Móvel – CT-213

Nicholas Scharan Cysne  
Turma 22

### 1. Introdução

Tem-se como objetivo deste laboratório a implementação do algoritmo *Particle Swarm Optimization* (PSO) em uma otimização dos parâmetros do controlador de um robô seguidor de linha.

### 2. Implementação do *Particle Swarm Optimization*

O PSO se inspira no movimento de migração dos pássaros, em que um contingente de agentes se move tanto individualmente quanto em grupo num espaço dado, no caso do PSO tal espaço é o  $\mathbb{R}^n$ , sendo  $n$  o número de parâmetros a otimizar. A interação social entre os agentes relacionados possui importância no caso da localização de máximos ou mínimos locais, guiando o restante dos agentes a estes pontos, em busca do máximo ou mínimo global.

Antes de implementar o algoritmo no problema dado, utilizamos um problema de otimização simplificado, em que buscamos os valores de  $x_1$ ,  $x_2$  e  $x_3$  que maximizam a função  $f(x_1, x_2, x_3) = -((x_1 - 1)^2 + (x_2 - 2)^2 + (x_3 - 3)^2)$ , dado por  $[1, 2, 3]^T$ , para testar a efetividade do PSO e o número de iterações necessárias para a convergência dos parâmetros ao máximo global.

A função de qualidade deste problema simplificado é a própria  $f$ , assim, quanto mais próximo de zero, melhor a qualidade do ponto dado. A Figura 1 mostra a convergência na função de qualidade, enquanto a Figura 2 exibe somente a melhor convergência.

Na implementação do PSO, escolheu-se utilizar um parâmetro de inércia da velocidade atual variante, apresentada na equação 1.

$$w(k) = w_o / (1 + \beta k) \quad \text{Eq. 1}$$

Em que,  $\beta = 0.001$  e  $k$  é o número de iterações do algoritmo até o momento. Assim, com o passar do tempo a inércia do agente diminui e este é modelado apenas pelas interações com os máximos locais recordados.

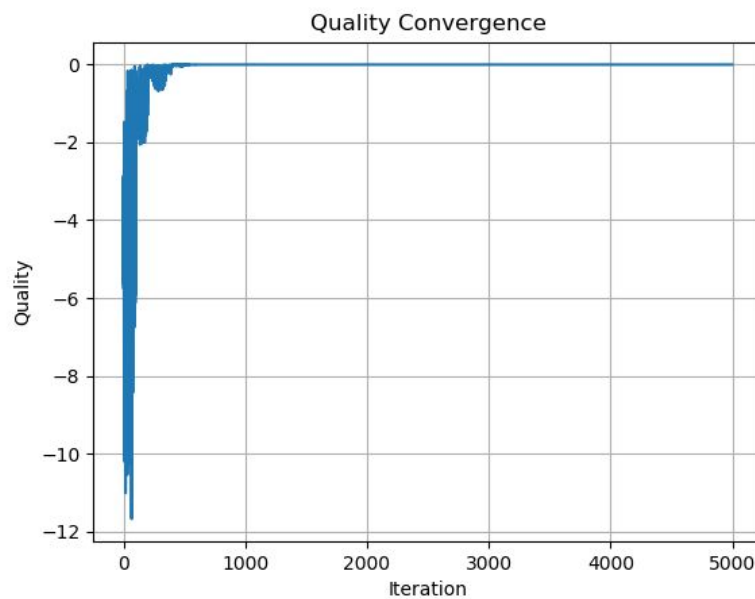


Figura 1. Convergência da função de qualidade por número de iterações.

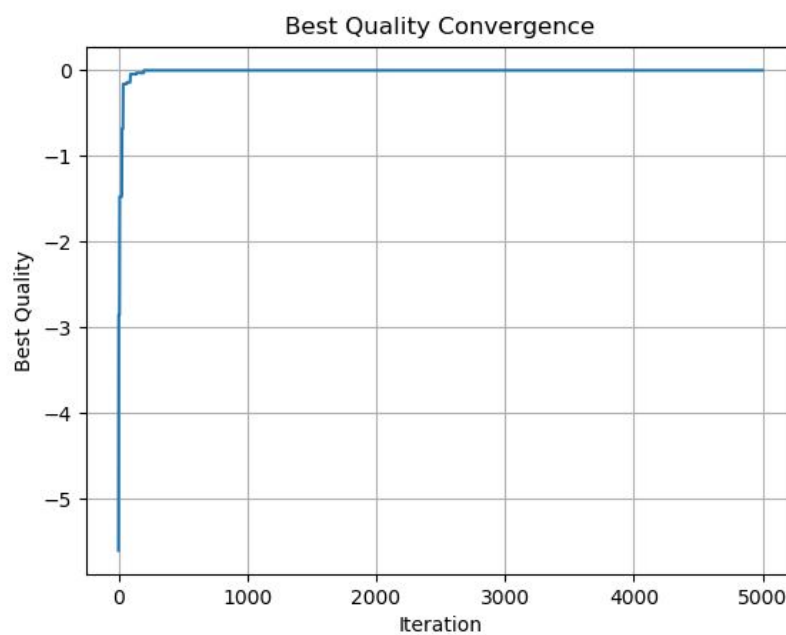


Figura 2. Melhor convergência por número de iterações.

O PSO encontrou após cerca de 700 iterações os parâmetros que maximizam a função de qualidade, a Figura 3 representa a convergência de cada parâmetro por número de iteração.

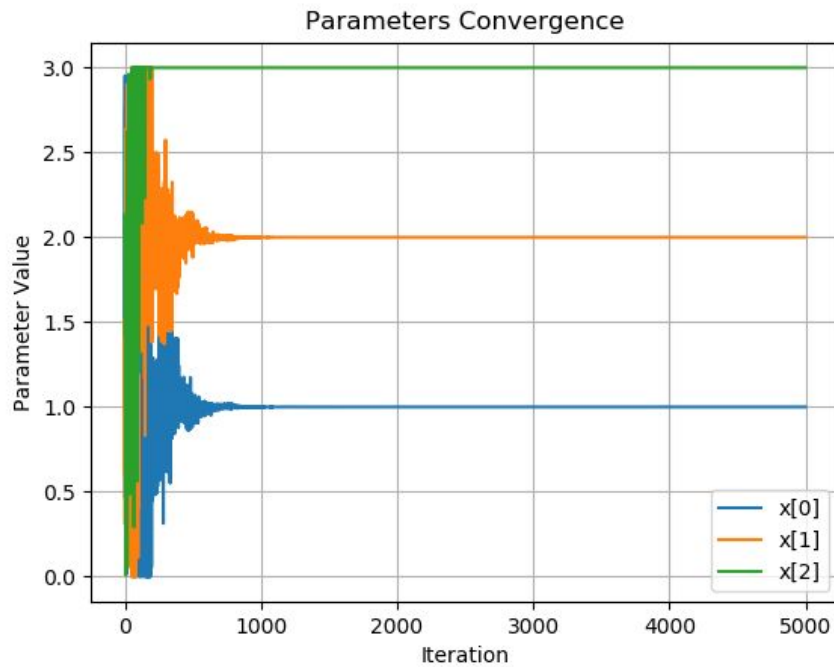


Figura 3. Convergência dos parâmetros do problema simplificado.

### 3. Aplicação no Robô Seguidor de Linha

Após verificar que o PSO resolveu com sucesso o problema simplificado, aplicamos o mesmo na resolução de encontrar os parâmetros do controlador de um robô seguidor de linha. Neste caso temos quatro parâmetros, sendo eles, velocidade linear, Kp, Ki e Kd, devendo ser encontrados para que o robô conclua o percurso dado em menos de 15 segundos.

A função de qualidade do problema precisou ser construída de forma a penalizar o robô quando este realizava certas ações não desejadas, entre elas: sair do percurso, não concluir o percurso, percorrer o percurso ao contrário, cortar caminhos. Enquanto isso, o robô pontuava de forma positiva por maiores velocidades, precisão do seguidor de linha e tempo de resposta rápido.

Seguindo essas condições temos a seguinte função de qualidade:

$$Q = 4 * \omega + 6 * \langle v, \gamma \rangle - 10 * error - detection * 500$$

Em que,  $\omega$  é a velocidade angular do robô,  $\langle v, \gamma \rangle$  o produto interno entre a velocidade do robô e o traçado do percurso, de forma que este é penalizado quando o percorre ao contrário, pois o produto interno dá -1,  $v$  a velocidade linear do robô,  $error$  o erro apontado pelos sensores do seguidor de linha quanto à sua orientação em relação à linha e  $detection$  um valor binário, sendo 0 caso identifique a linha e 1 caso não a identifique. Assim, podemos definir de forma matemática a qualidade do percurso realizado.

A Figura 4 mostra a convergência da função de qualidade do problema, convergindo após cerca de 1900 iterações. Enquanto o agente que convergiu mais rapidamente levou cerca de 1000 iterações, podendo ser visto na Figura 5.

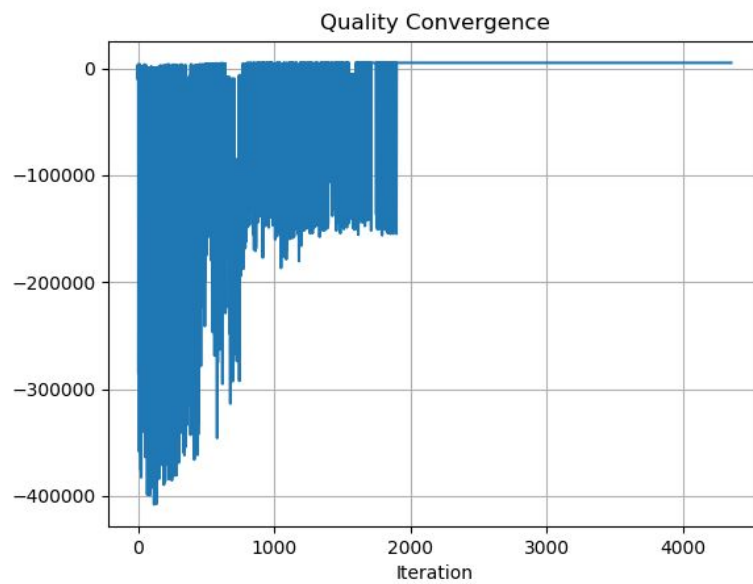


Figura 4. Convergência da função de qualidade do robô seguidor de linha.

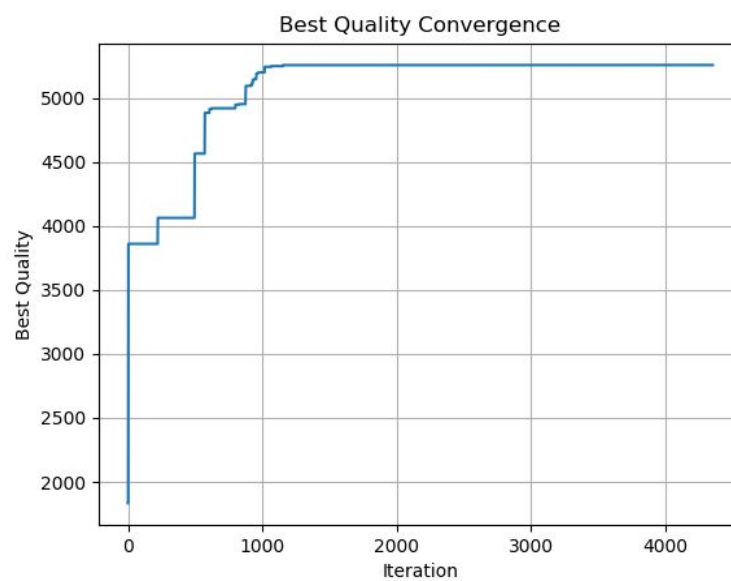


Figura 5. Convergência do melhor agente.

Os parâmetros encontrados pelo algoritmo podem ser vistos na Tabela 1, enquanto suas convergências na Figura 6.

Velocidade Linear	Kp	Ki	Kd
0.610451	115.302775	1300.0	17.398107

Tabela 1. Parâmetros do robô seguidor de linha encontrados pelo PSO.

O percurso realizado foi dado pelo professor, podendo ser visto na Figura 7, tal como a reprodução do trajeto feito pelo robô utilizando os melhores parâmetros encontrados pelo PSO.

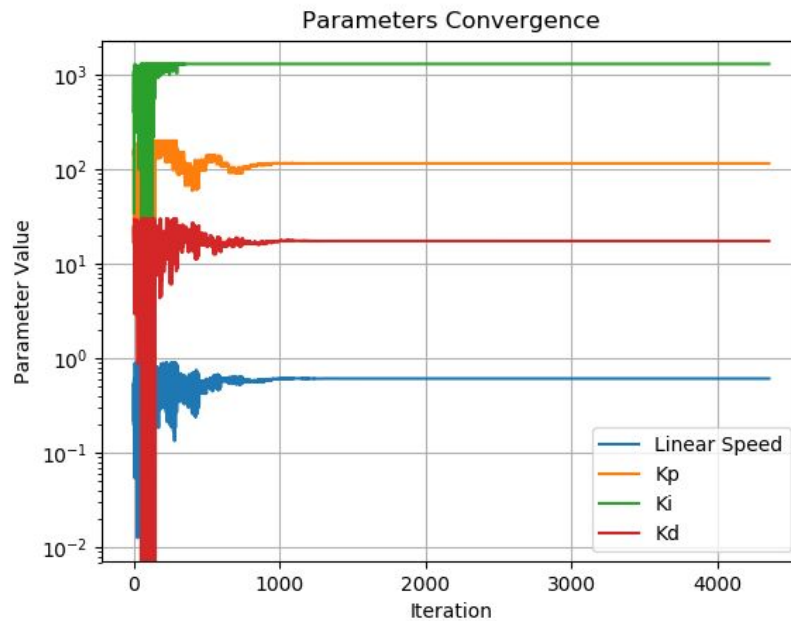


Figura 6. Convergência dos parâmetros do robô seguidor de linha.

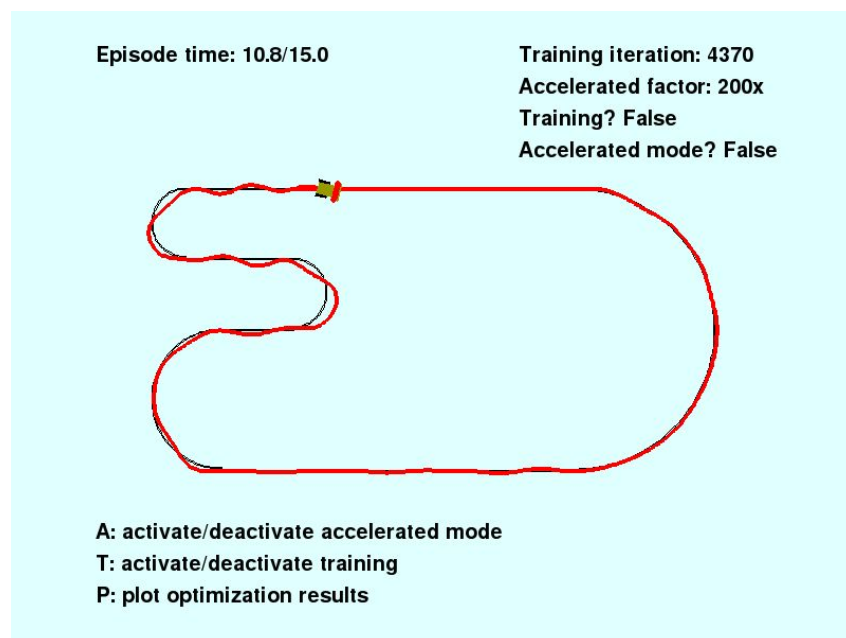


Figura 7. Trajeto realizado pelo robô utilizando os parâmetros encontrados pelo PSO.

Durante o treinamento notou-se rápida assimilação de como realizar a primeira curva, seguida por uma maior dificuldade em realizar a segunda curva, não conseguindo realizar ela de modo preciso como a anterior. O robô variava muito os parâmetros no início, deixando para o final apenas um refinamento, mudando décimos em cada iteração dos parâmetros.