INF623

2024/1

UFV

Inteligência Artificial

A5: Busca local e otimização II

Plano de aula

- Algoritmos genéticos
  - Representação de candidatos
  - Função de adaptação
  - Geração de vizinhos por reprodução
    - Cruzamento
    - Mutação
  - Aplicações

Algoritmos Genéticos

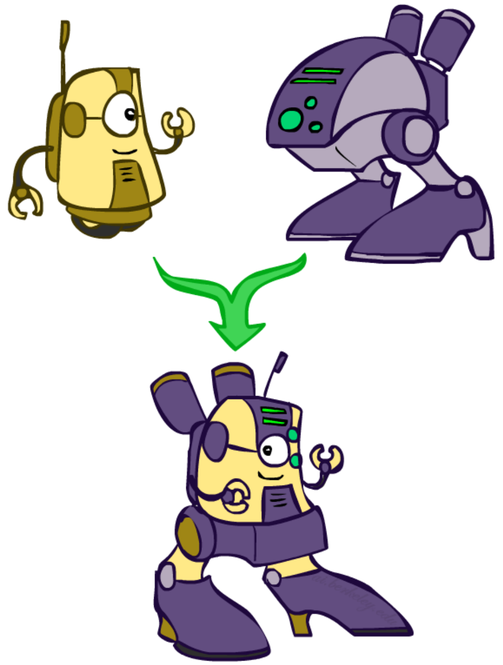
Algoritmos genéticos são algoritmos de busca local inspirados na teoria da seleção natural da Biologia.

- **População —** assim como na busca em feixe, mantém um conjunto de soluções candidatas
- **Função de adaptação —** função objetivo ou heurística
- **Seleção —** vizinhança é criada a partir de um subconjunto de candidatos promissores
- **Reprodução —** candidatos selecionados produzem vizinhos aleatoriamente de duas formas
  - Cruzamento (combinação de duas soluções)
  - Mutação (alteração pequena em uma solução)

Algoritmos Genéticos

Seja **m** o tamanho da população, **n** o número de gerações e **v** a função de adaptação:

```
def algoritmos-genéticos(m, n, v):
  1. populacao = init_populacao(m)
  2. for i in n:
  3.     pool = seleção(populacao, v)
  4.     populacao = cruzamento(pool)
  5.     mutação(populacao)
  7. return argmax(populacao)
```



Inicialização da população

Para inicializar a população, nós precisamos:

1. Definir uma representação (**genótipo**) para as soluções candidatas (**indivíduos**)

   Tradicionalmente definida na forma de arranjos unidimensionais, por exemplo:

   - Binária

0	0	1	0	1

Representação clássica

   - Inteira

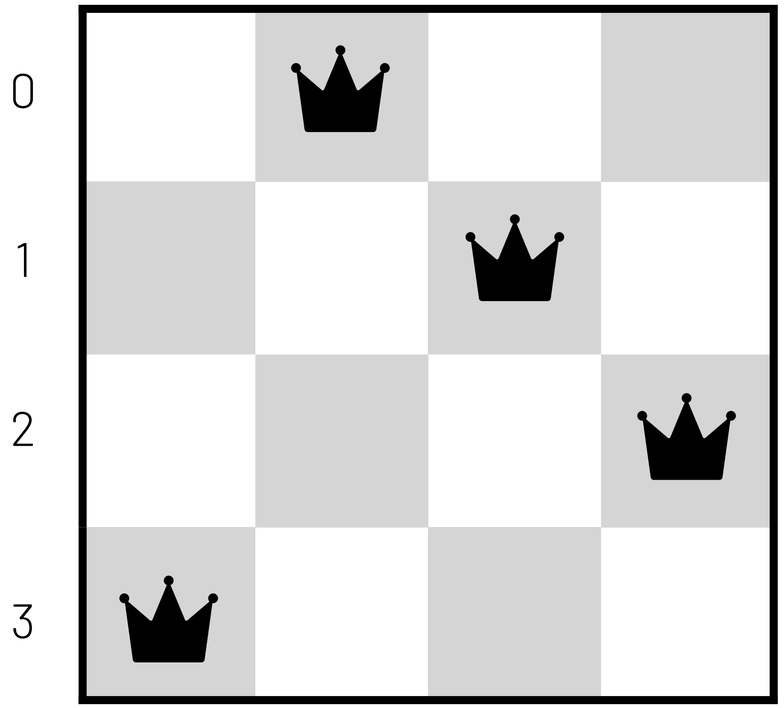
2	2	0	1	-2

   - Real

0,2	-3,1	7,4	0,09	1.0

2. Gerar aleatoriamente um conjunto com M

Exemplos de representação de n-rainhas



Podemos representar o problema das N-rainhas tanto por um arranjo de inteiros como

- Binária (tabuleiro achatado)

0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0

- Inteira (posição das rainhas)

3	0	1	2

Função de adaptação (fitness)

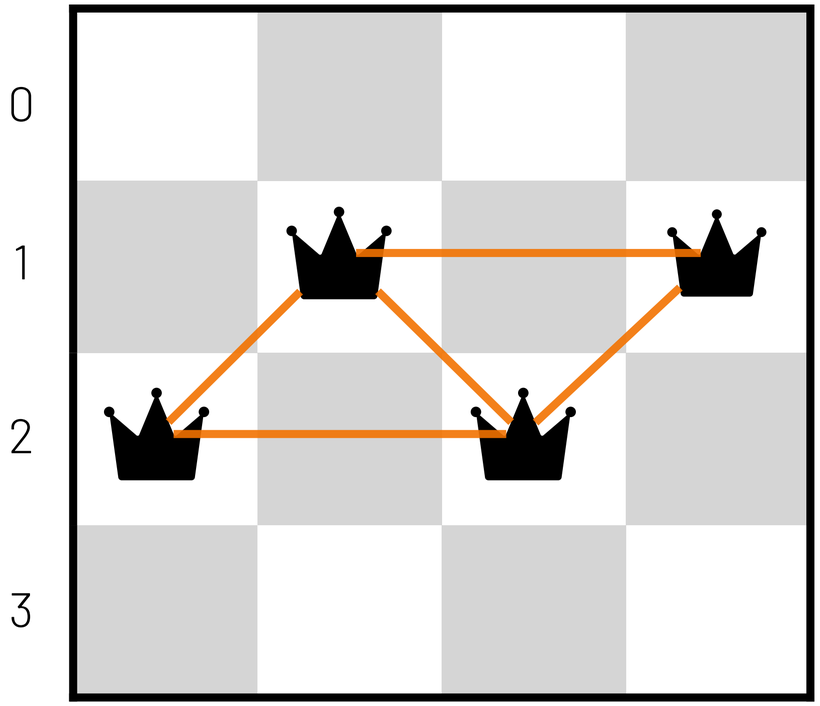
A **função de adaptação** é uma função $v : S \rightarrow \mathbb{R}$ que recebe um indivíduo $c \in C$ e retorna a qualidade desse indivíduo.

Diferentes tipos de função de adaptação foram propostas com AGs, exemplos:

- Diretas
- Baseadas em simulação
- Interativas

Função de adaptação direta

A qualidade dos genótipos é calculada diretamente por uma função matemática.



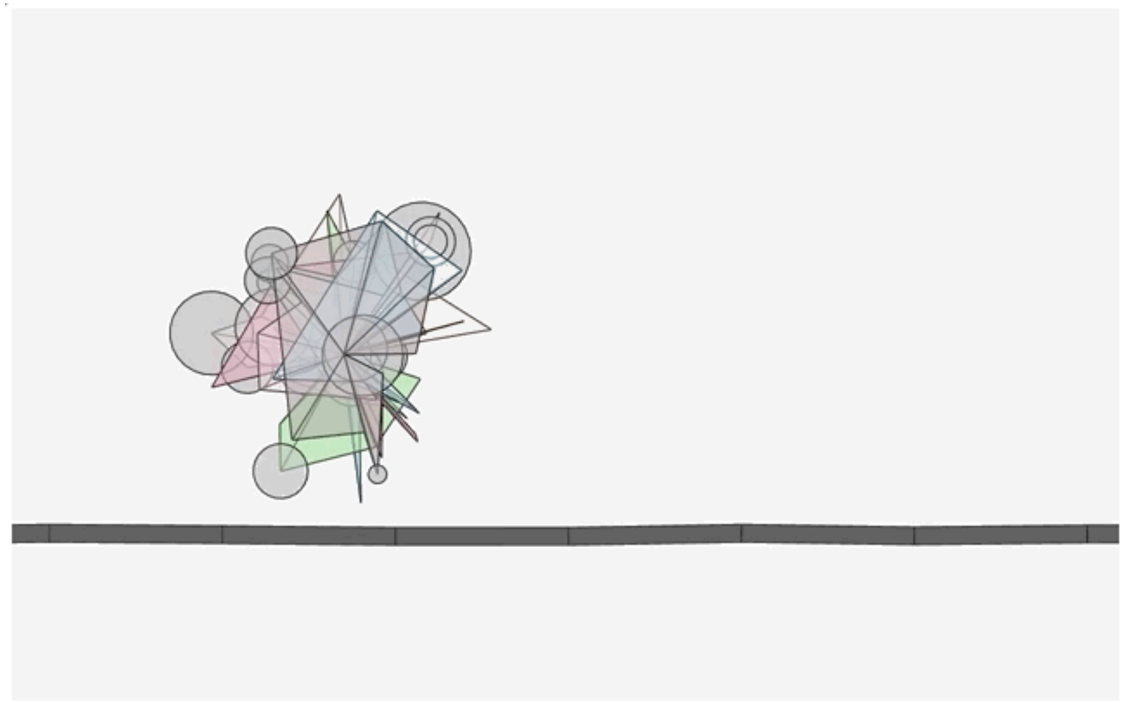
Problema das N-rainhas

Número de rainhas se atacando

v(2 | 1 | 2 | 1 **) = 5**

Função de adaptação baseada em simulação

A qualidade dos genótipos é definida como resultado de uma simulação.



BoxCar2D

Um algoritmo genético para evoluir formas aleatórias com duas rodas em carros ao longo de gerações. A distância percorrida pelo carro define sua qualidade.

Função de adaptação interativa

A qualidade dos genótipos é definida por avaliadores humanos

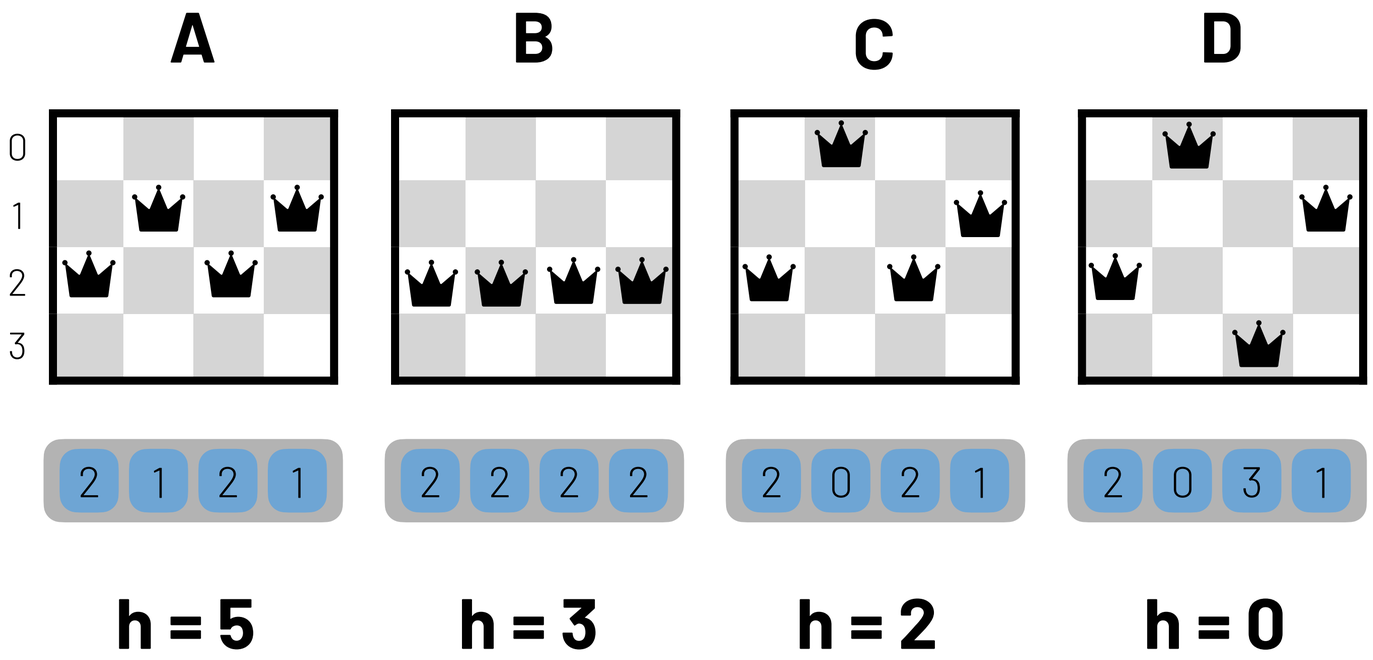
Karl Sims, Galápagos, 1997

Galápagos is an interactive Darwinian evolution of virtual "organisms." Twelve computers simulate the growth and behaviors of a population of abstract animated forms and display them on twelve screens arranged in an arc. The viewers participate in this exhibit by selecting which organisms they find most aesthetically interesting and standing on step sensors in front of those displays. The selected organisms survive, mate, mutate and reproduce.

Seleção

A etapa de **seleção** produz uma lista de pais, chamada *grupo de acasalamento*, para reproduzir. Existem três métodos comuns para criar esse grupo:

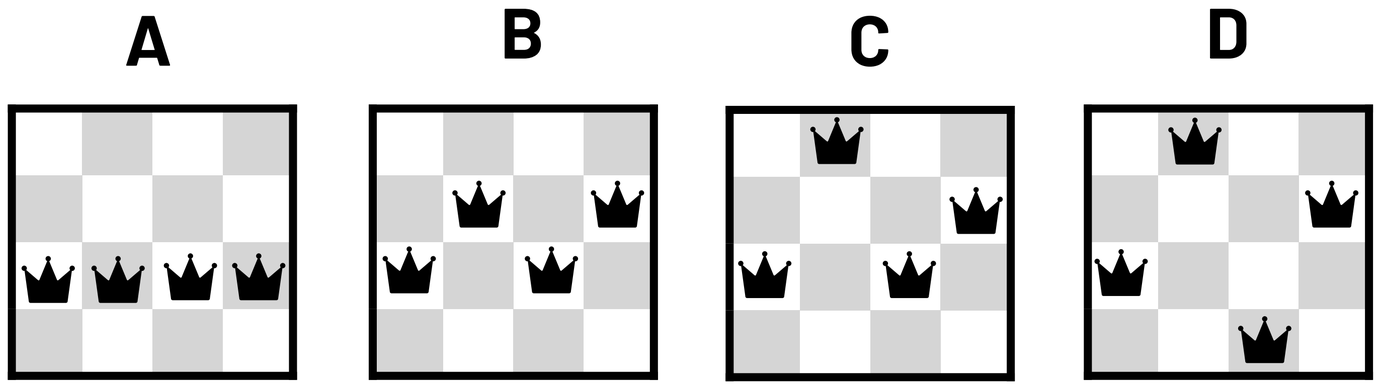
- **Roleta**
- **Torneio**
- **Ranking**



Seleção por roleta

Na seleção por **roleta**, os pais são selecionados aleatoriamente com probabilidade proporcional ao valor de adaptação.

	Roleta	Selecionado
1		**C**
2		**D**
...	...	**...**
m		**A**



Conflitos (h)	6	5	2	0
Adaptação (f)	0,14	0,16	0,33	1
Probabilidade	9%	10%	20%	61%

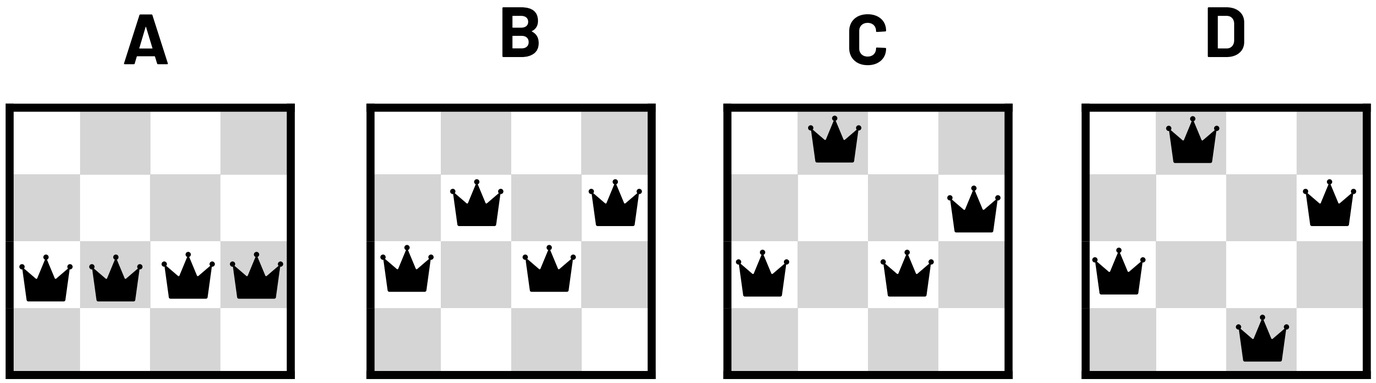
f = 1/(1 + h)

Como o n-rainhas é um problema de minimização, a função de adaptação é inversamente proporcional ao número de conflitos

Seleção por torneio

Na seleção por **torneio**, os pais são selecionados via torneios compostos por k indivíduos aleatórios. O indivíduo com maior adaptação é escolhido como vencedor de cada torneio.

	Torneios (k=2)			Selecionado
1	B	×	C	**C**
2	A	×	D	**D**
...	...		...	**...**
m	A	×	C	**C**

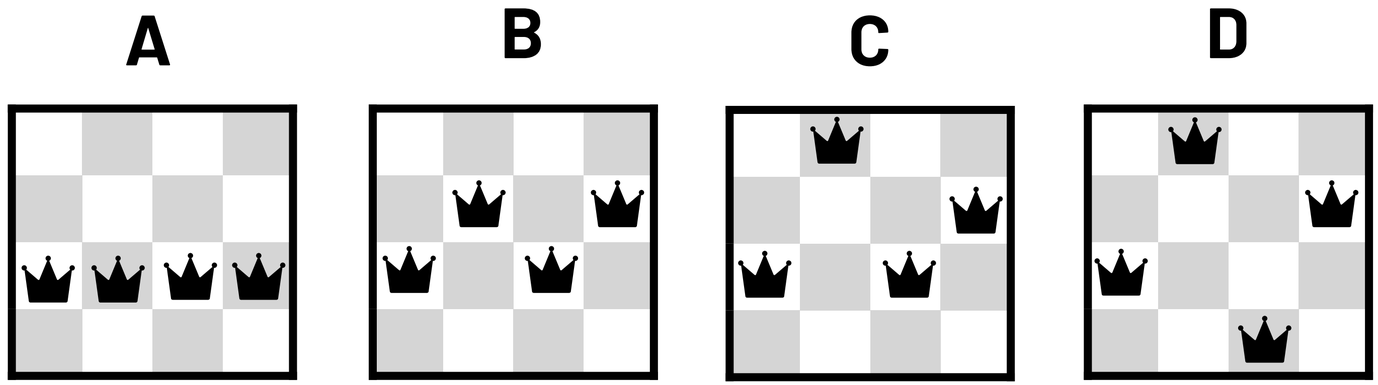


Conflitos (h)	6	5	2	0
Adaptação (f)	0,14	0,16	0,33	1

Seleção por ranking

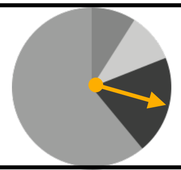
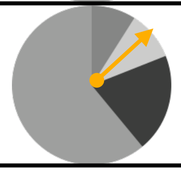
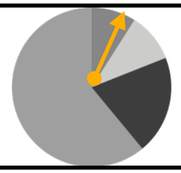
Na seleção por **ranking**, os pais são ordenados por valor de adaptação e selecionados aleatoriamente com probabilidade proporcional a sua posição no ranking.

	Ranking	Vencedor
1		**C**
2		**D**
...	...	...
m		**C**



Conflitos (h)	6	5	2	0
Adaptação (f)	0,14	0,16	0,33	1
Ranking	1	2	3	4
Probabilidade	10%	20%	30%	40%

Seleção elitista

	Roleta	Selecionado
1		**C**
2		**B**
...	...	**...**
m		**A**

- Os métodos de seleção probabilística que vimos não garantem que o melhor indivíduo da população sobreviverá até à próxima geração.
- Uma solução para este problema é chamada de **elitismo** e consiste em manter sempre o melhor (ou os k melhores) indivíduo na nova geração.

Cruzamento

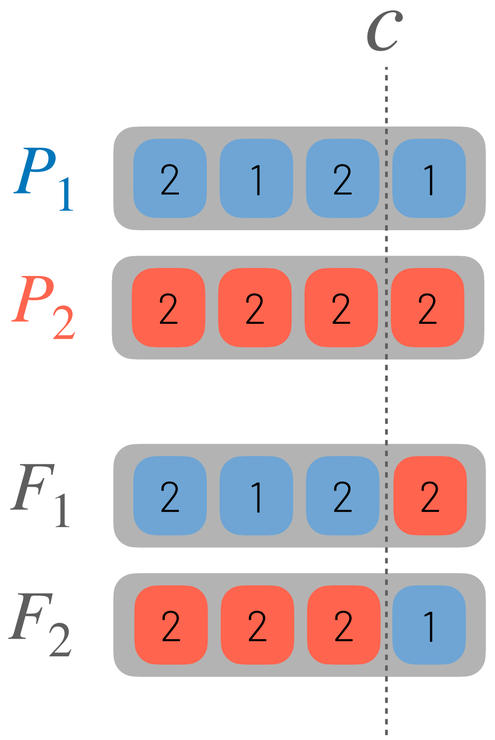
A etapa de **cruzamento** produz uma nova geração de indivíduos escolhendo pares de pais do grupo de acasalamento e combinando seu genótipo. Existem três métodos de cruzamento mais comuns:

- **Cruzamento com um ponto de corte**
- **Cruzamento com dois pontos ou k-pontos de corte**
- **Cruzamento uniforme**

Cruzamento com um ponto de corte

Dados dois indivíduos pais P_1 e P_2 com genótipo de tamanho d, o **cruzamento com um ponte de corte** produz dois novos filhos F_1 e F_2 da seguinte maneira:

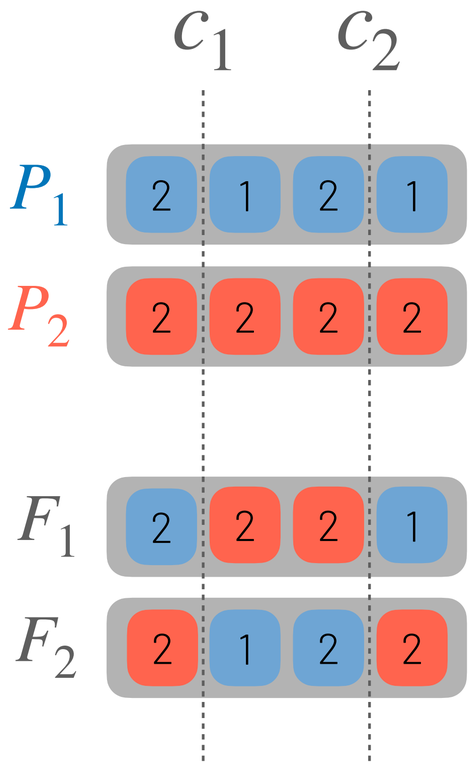
1. Selecione aleatoriamente um **ponto de corte** $0 \leq c < d$
2. Produza F_1 concatenando $P_1[0..c]$ com $P_2[c\,..\,d]$
3. Produza F_2 concatenando $P_1[c\,..\,d]$ com $P_2[0..c]$



Cruzamento com k-pontos de corte

Dados dois indivíduos pais P_1 e P_2 com genótipo de tamanho d, o **cruzamento com k-pontos de corte** produz dois filhos F_1 e F_2 da seguinte maneira:

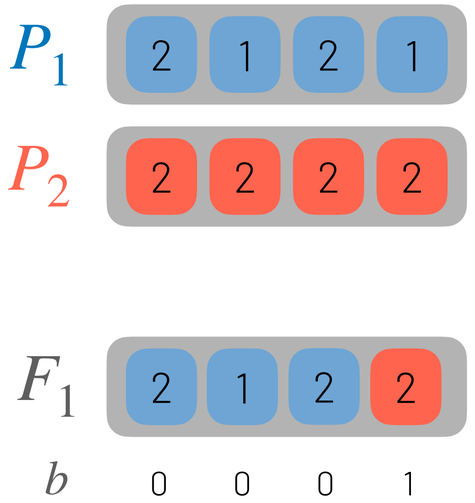
1. Selecione aleatoriamente k **pontos de corte** $c_1, \ldots, c_k$, $0 \leq c_i < d$
2. $c = \{c_0, c_1, c_2, \ldots c_k, c_{k+1}\}$, onde $c_0 = 0$ e $c_{k+1} = d$
3. $F_1 = []$, $F_2 = []$
4. **para** $i = 0$ até k:
5. **se** i é par:
6. Concatene $P_1[c_i \ldots c_{i+1}]$ em F_1 e $P_2[c_i \ldots c_{i+1}]$ em F_2
7. **senão**:
8. Concatene $P_2[c_i \ldots c_{i+1}]$ em F_1 e $P_1[c_i \ldots c_{i+1}]$ em F_2



Cruzamento uniforme

Dados dois indivíduos pais P_1 e P_2 com genótipo de tamanho d, o **cruzamento uniforme** produz **um** filho F_1 da seguinte maneira.

1. $F_1 = [], F_2 = []$
2. **para** $i = 0$ até d:
3. Gere um número bit b aleatoriamente
4. **se** b == 0:
5. Concatene $P_1[i]$ em F_1
6. **senão:**
7. Concatene $P_2[i]$ em F_1

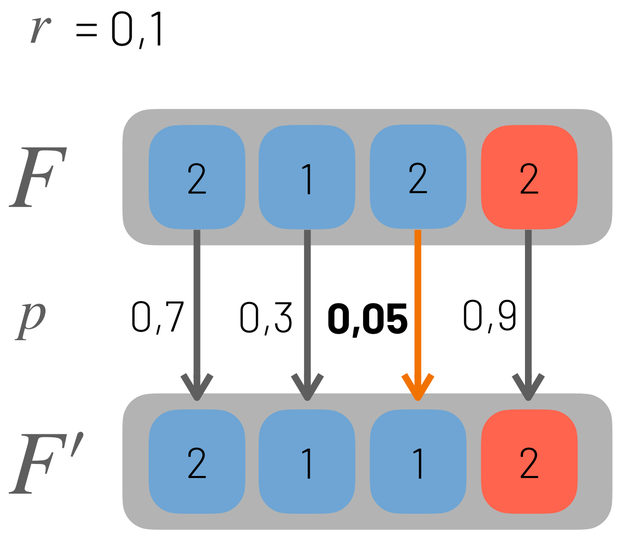


Mutação

- A etapa de **mutação** introduz pequenos ruídos nos filhos gerados por cruzamento, visando evitar que o algoritmo fique preso em ótimos locais.

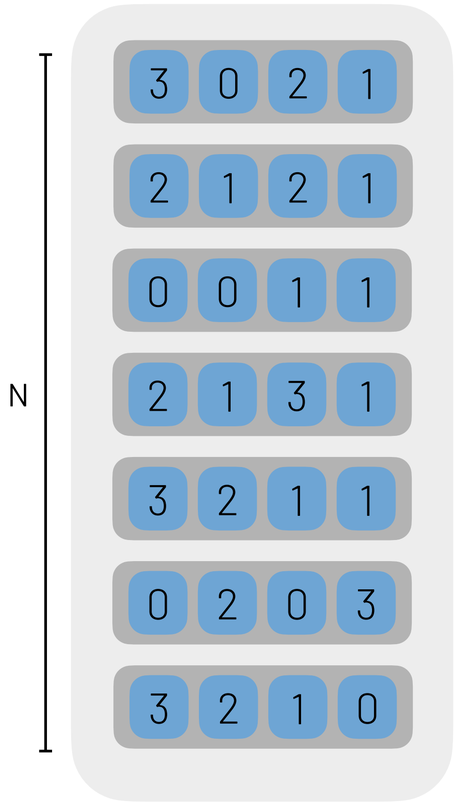
- Dado um indivíduo filho F com genótipo de tamanho d, esse processo pode ser feito da seguinte maneira:

1. Defina uma taxa de mutação r (geralmente 1-5%):
2. **para** $i = 0$ até d:
3. Gere um número p entre 0 e 1
4. **se** $p < r$:
5. $F[i]$ recebe um valor de gene aleatório



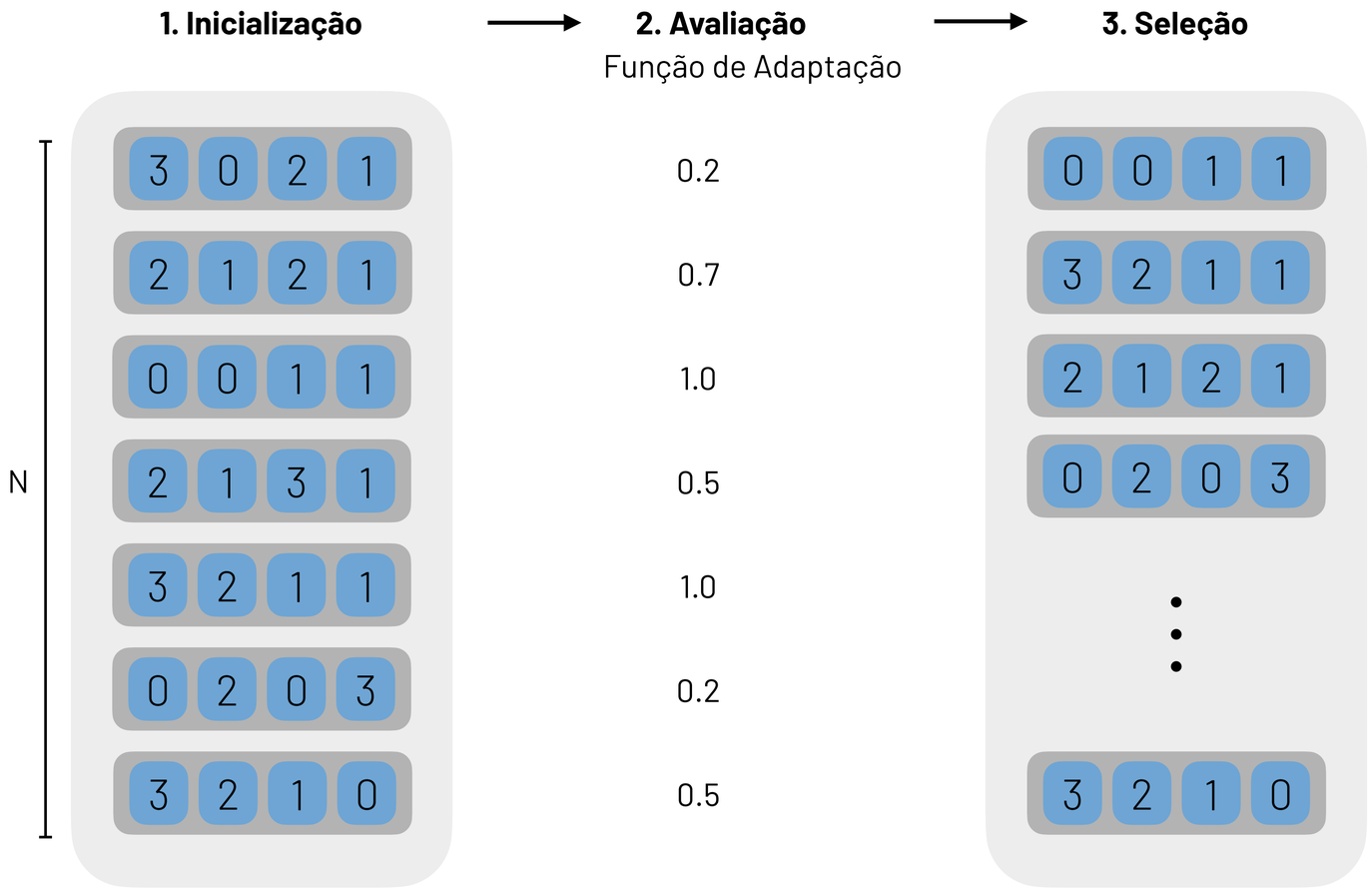
Algoritmos Genéticos

1. Inicialização



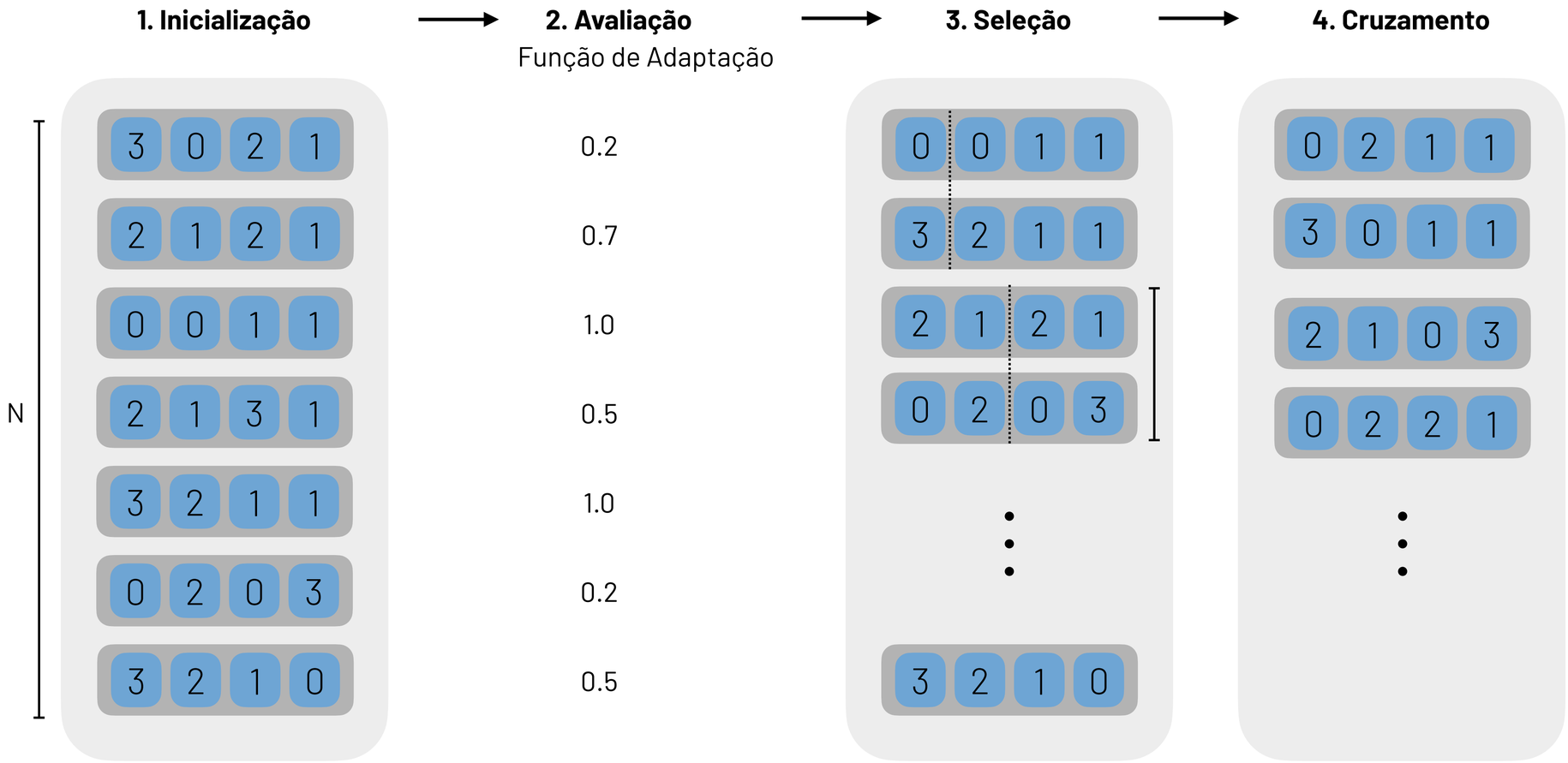
Algoritmos Genéticos

Algoritmos Genéticos

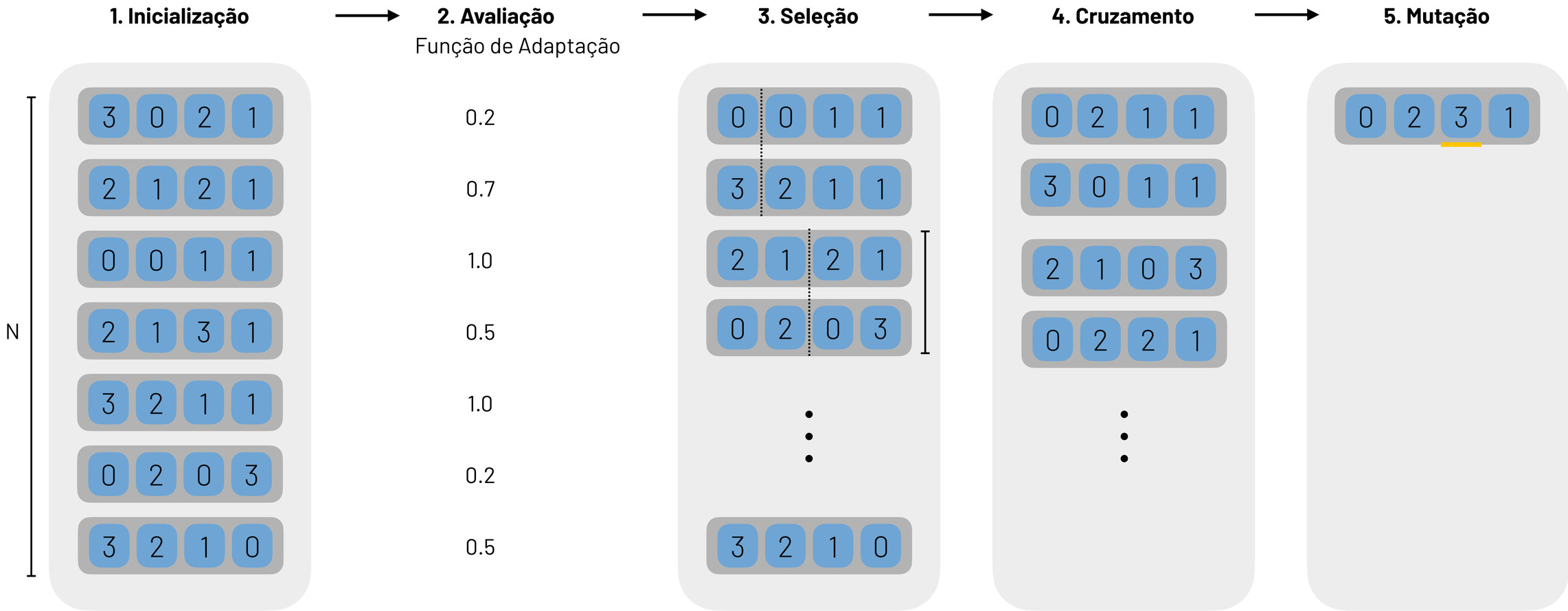


Algoritmos Genéticos

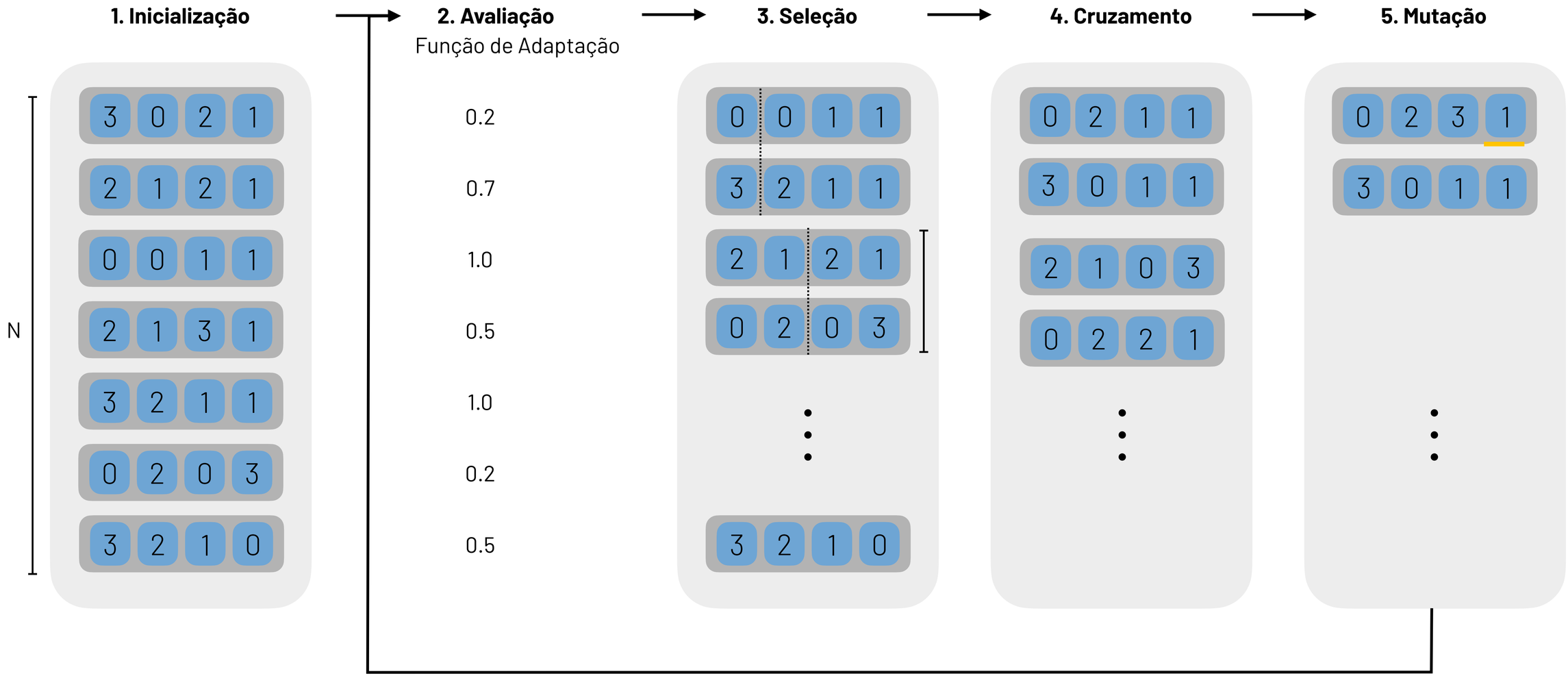
Algoritmos Genéticos



Algoritmos Genéticos



Algoritmos Genéticos



Aplicações de algoritmos genéticos

Reestilização de imagens

- Imagens representadas por polígonos
- Função de adaptação direta que calcula a distância pixel-a-pixel entre o fenótipo do indivíduo e a imagem objetivo
- Exemplo:

https://chriscummins.cc/s/genetics/

Aplicações de algoritmos genéticos

Geração de criaturas

- Criaturas representadas por sólidos geométricos
- Função de adaptação baseada em simulação medindo o quanto a criatura se moveu
- Exemplo:
  https://keiwan.itch.io/evolution

Aplicações de algoritmos genéticos

Galactic Arms Race (jogo MMO de batalha)

- Evolução de armas representadas como sistemas de partículas
- Função de adaptação interativa, onde a qualidade das armas é medida pelo tempo que os usuário as utilizam

https://store.steampowered.com/app/249610/Galactic_Arms_Race/

Próxima aula

A6: Busca competitiva I

Teoria dos jogos; jogos como problemas de busca; algoritmo minimax; poda alpha-beta e função de avaliação