

Algoritmos Evolucionários Multi-objetivo

Parte 2/2

Gisele L. Pappa

Perspectiva Histórica

**Primeiros algoritmos
(agregação de funções)**

Schaffer (1985) – VEGA
Kursawe (1990) – VOES

Clássicos

Fonseca and Fleming (1993) – MOGA
Srinivas and Deb (1994) – NSGA
Horn, Nafpliotis and Goldberg (1994) – NPGA

Elitistas

Zitzler and Thiele (1999) – SPEA, (2001) – SPEA2
Deb and co-authors (2000) – NSGA-II
Knowles and Corne (2000) – PAES, PESA

**Incorporação de
preferências**

Fleisher (2003) – Simulating Annealing
Zitzler and Künzli, (2004) – IBEA
Emmerich et al. (2005) – SMS-EMOA
Zitzler et al. (2008) – SPAM

Algoritmos Elitistas

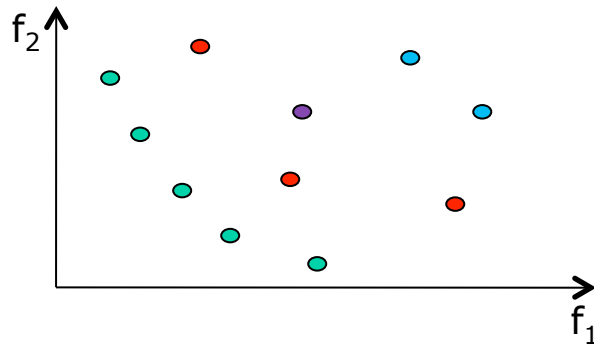
- NSGA II (*Nondominated Sorting Genetic Algorithms*)
- SPEA 2 (*Strength Pareto Evolutionary Algorithm*)

Algoritmos Elitistas

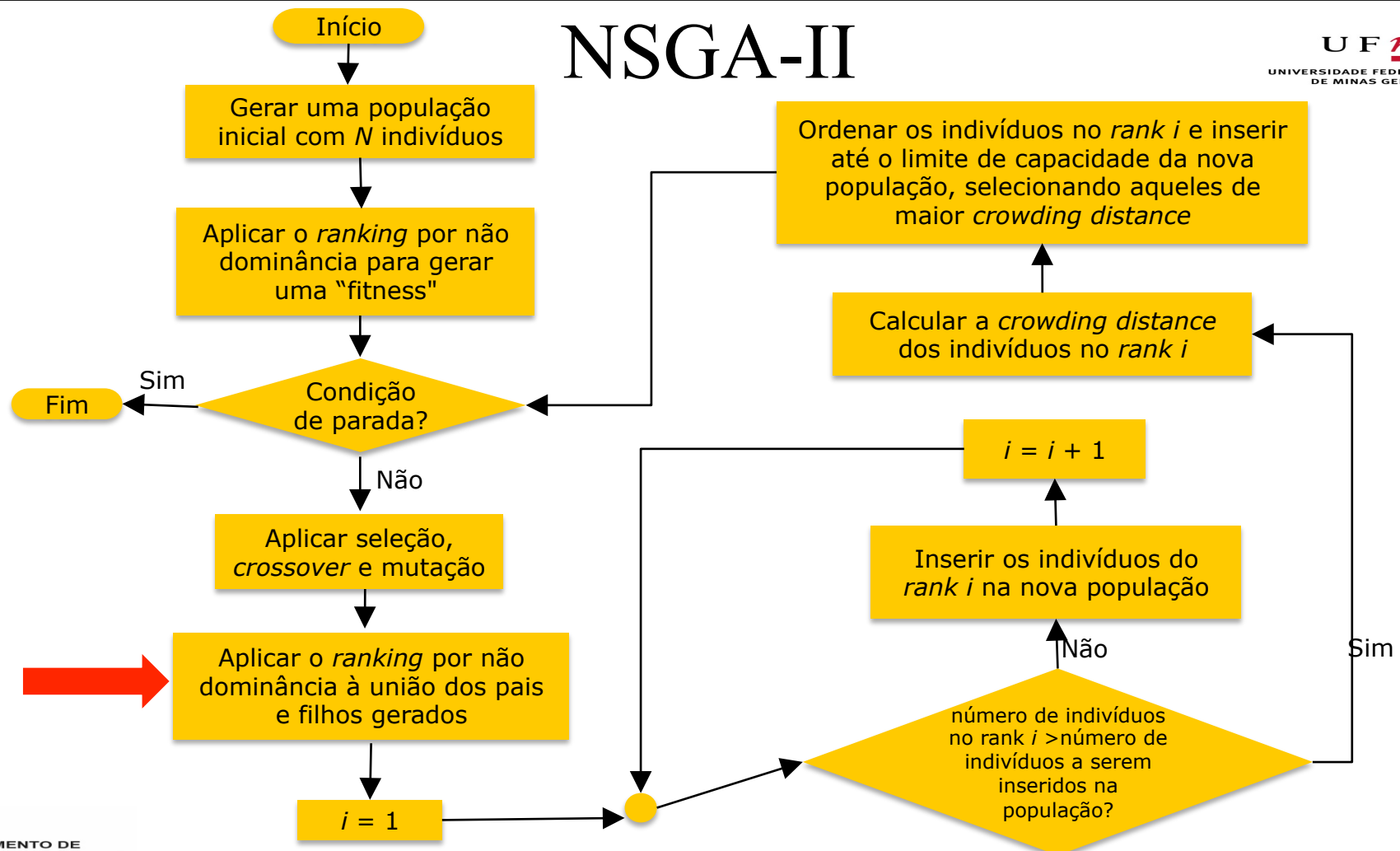
- NSGA II (*Nondominated Sorting Genetic Algorithms*)
 - Ordenação por não-dominância
- SPEA 2 (*Strength Pareto Evolutionary Algorithm*)

NSGA-II

- É uma forma de atribuir uma nota a um indivíduo (“*fitness*”)
- Divide os indivíduos em classes, de acordo com a não-dominância:
 - Indivíduos não dominados \rightarrow classe 1;
 - Indivíduos dominados apenas pelos indivíduos da classe 1 \rightarrow classe 2;
 - Indivíduos dominados apenas pelos indivíduos das classes 1 e 2 \rightarrow classe 3;
 - ...



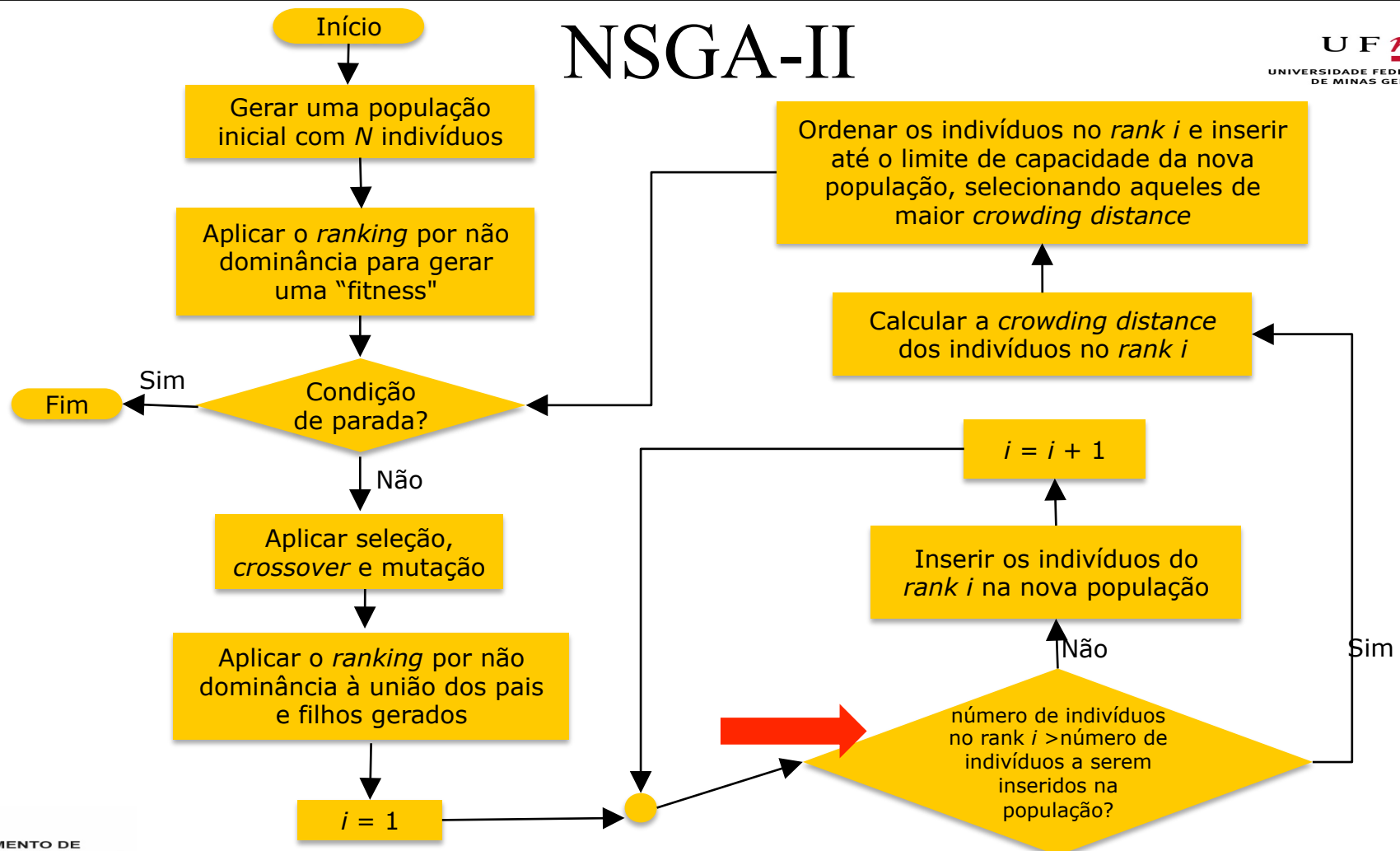
NSGA-II



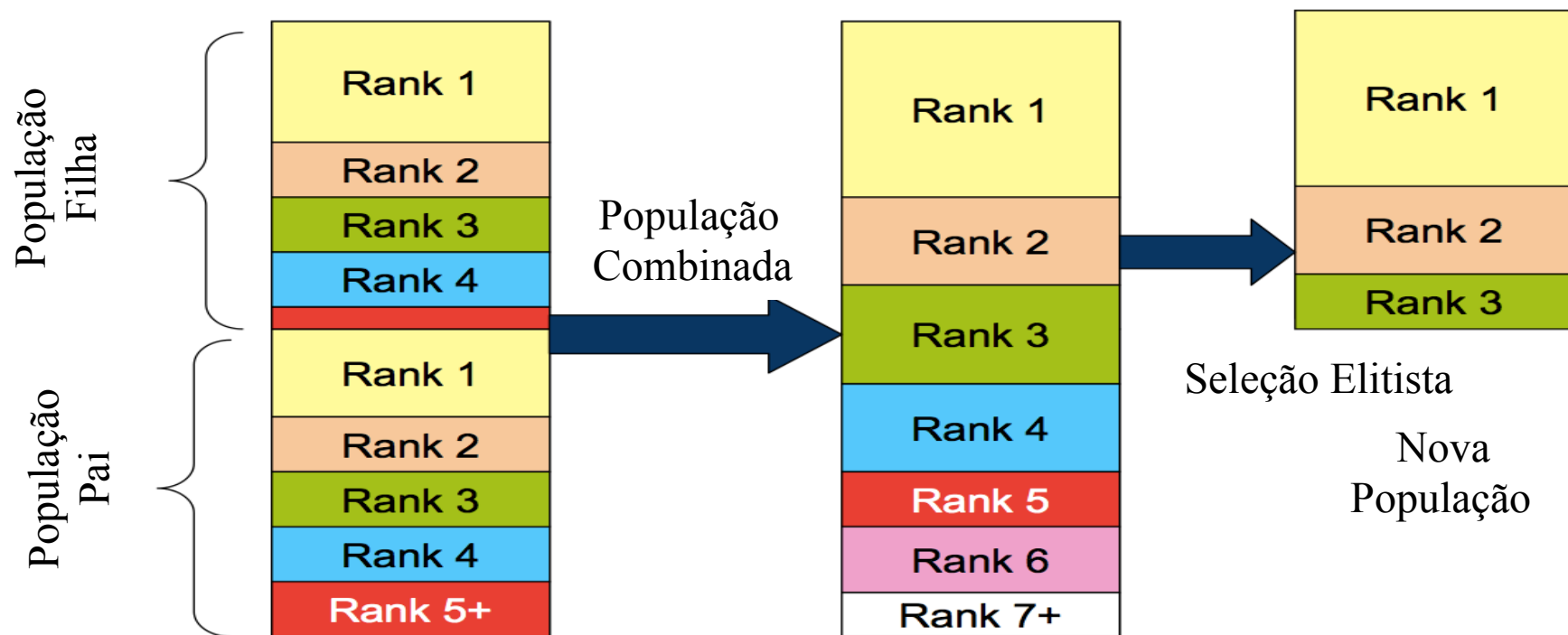
NSGA-II



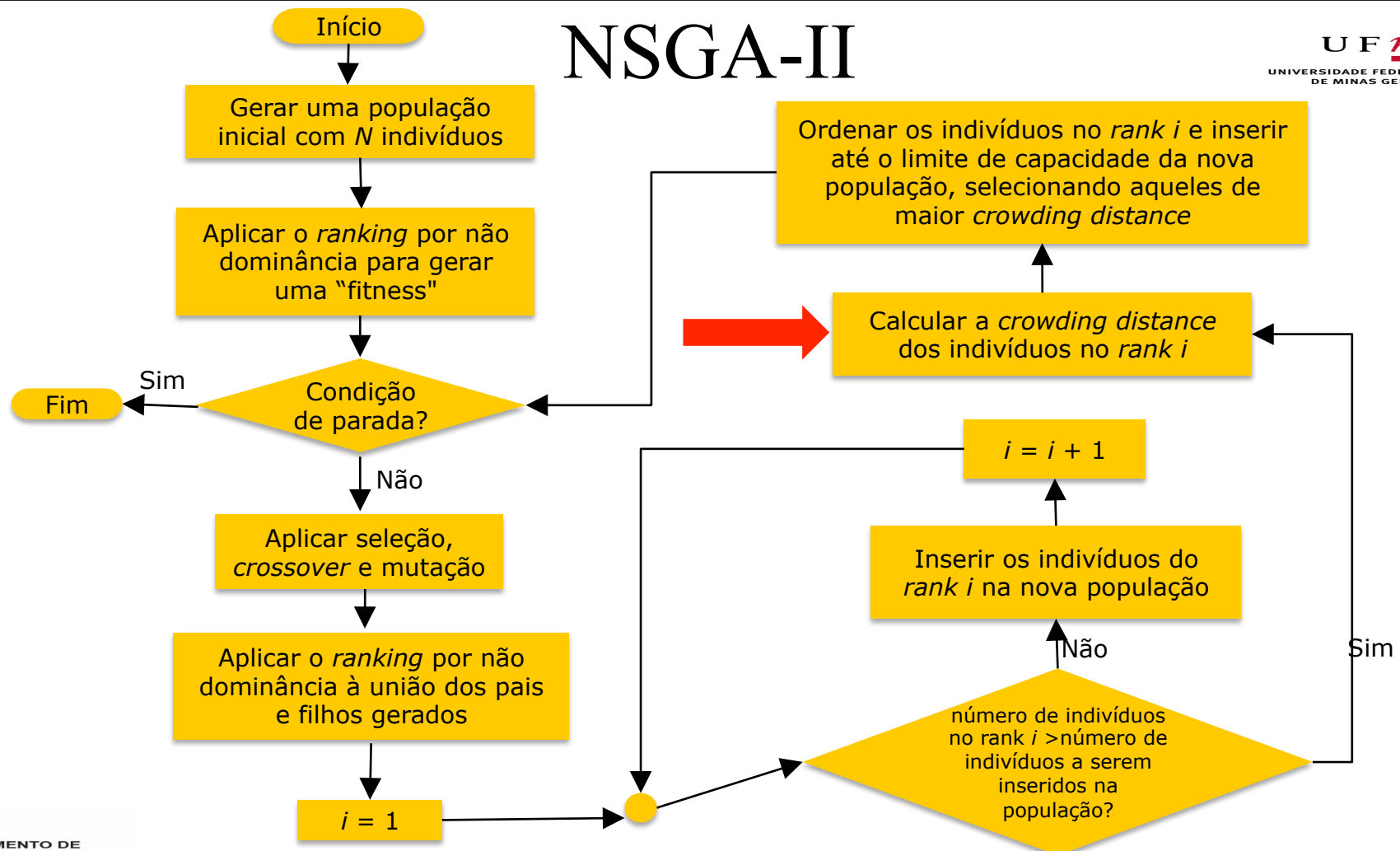
NSGA-II



NSGA-II (Elitism)



NSGA-II

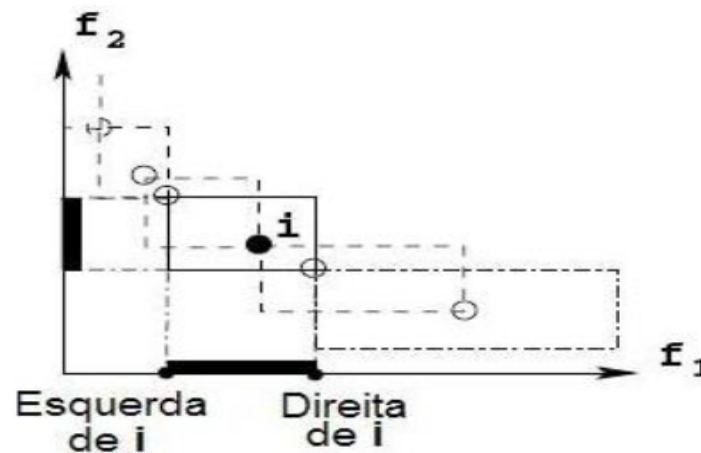


NSGA-II - Niching

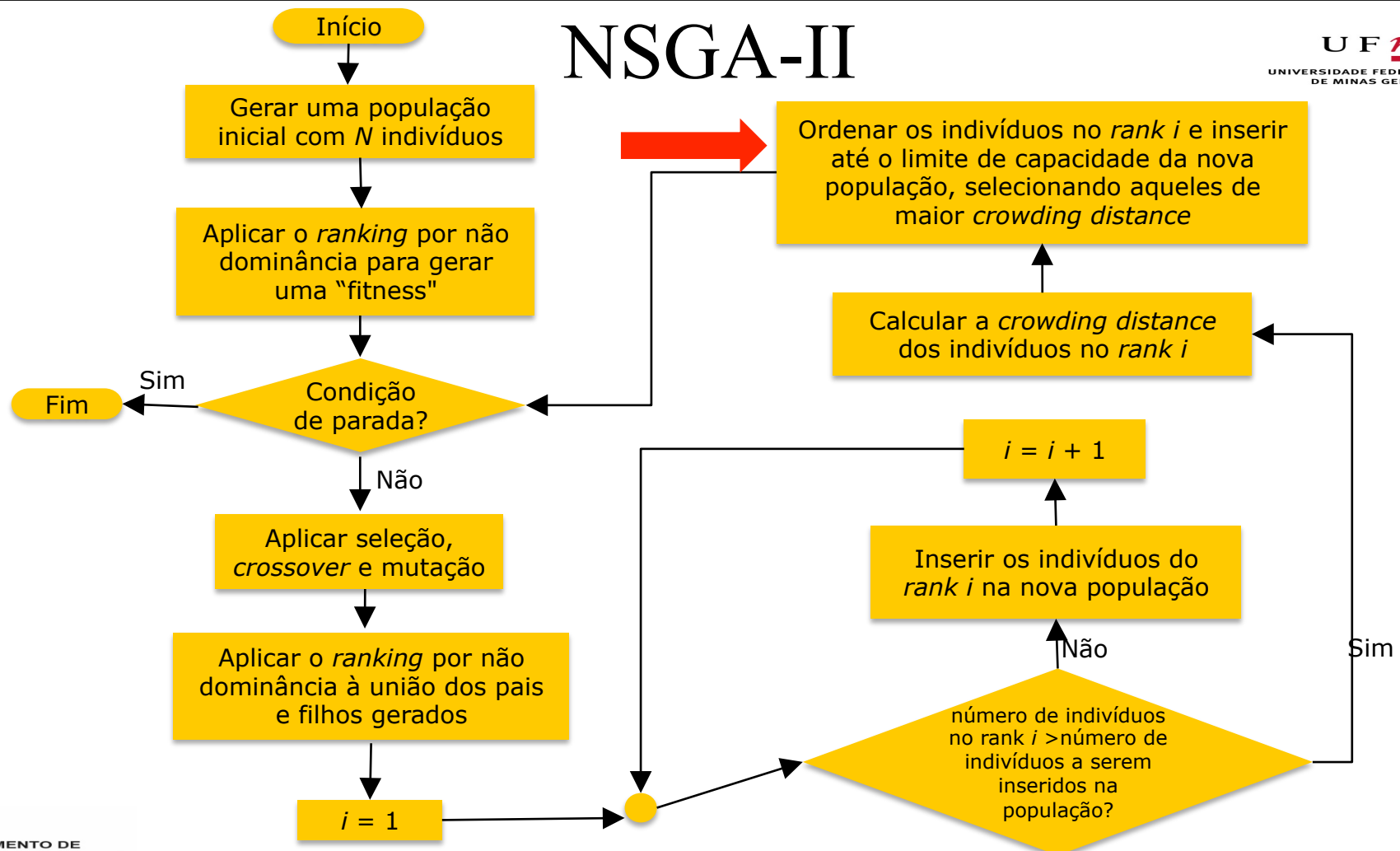
- Distância por *Crowding*:
 - Usa como métrica a distância média entre 2 vizinhos de um ponto no mesmo frente considerando todos os objetivos
 - É uma estimativa do perímetro de um cubóide definido pelos 2 vizinhos mais próximos no mesmo frente
- Seleção por torneio: usa a distância por *crowding* como métrica de desempate

NSGA-II - Diversidade

- O *crowding distance* busca estimar a vizinhança de cada indivíduo no espaço de objetivos do problema.



NSGA-II



Algoritmos Elitistas

- NSGA II (*Nondominated Sorting Genetic Algorithms*)
- SPEA 2 (*Strength Pareto Evolutionary Algorithm*)

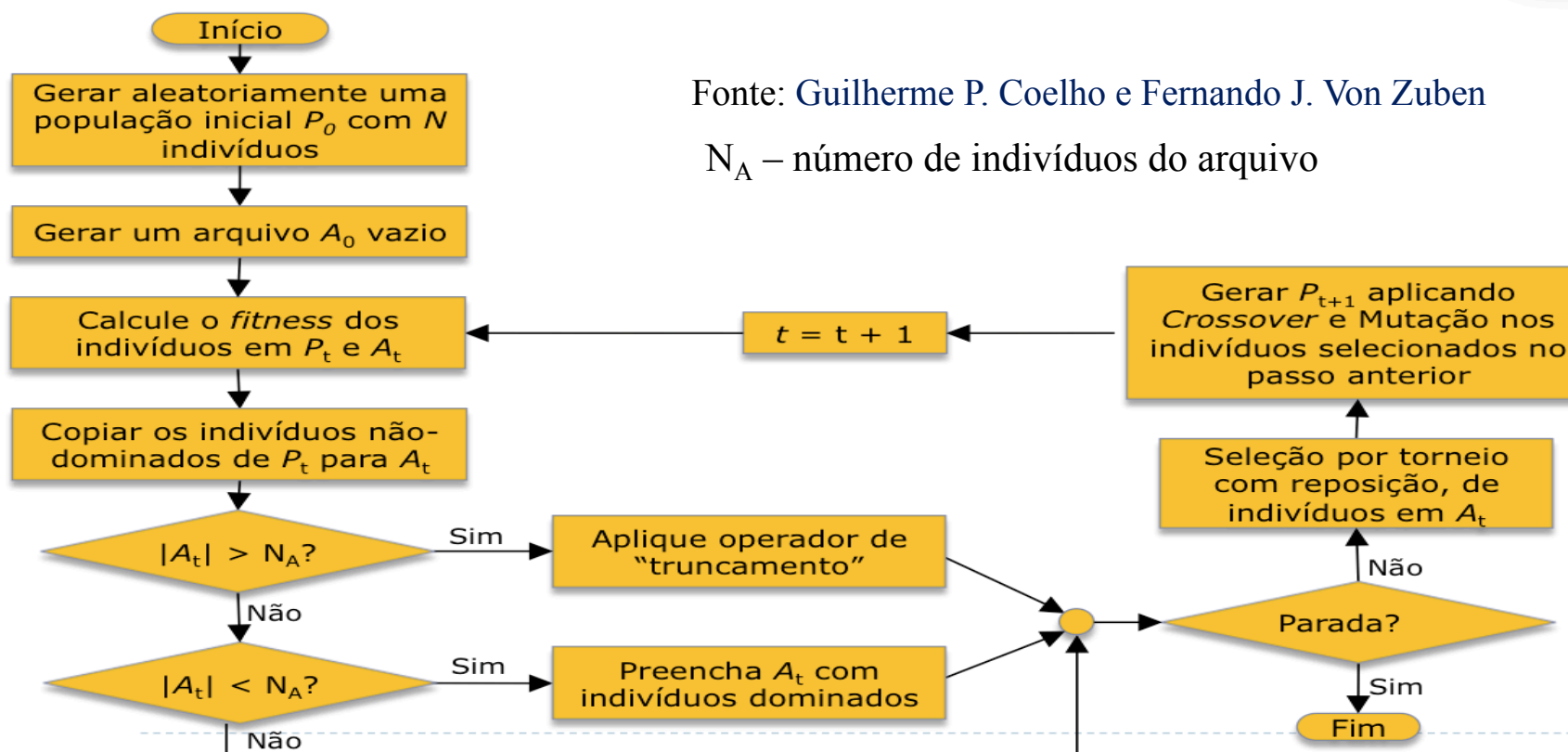
SPEA-2

- Trabalha com a população e um conjunto externo de indivíduos
- Conjunto externo: contém todos os indivíduos não-dominados únicos da população
 - Limitado por um tamanho máximo
- Fitness é calculada tanto para indivíduos da população quanto do conjunto externo

SPEA-2

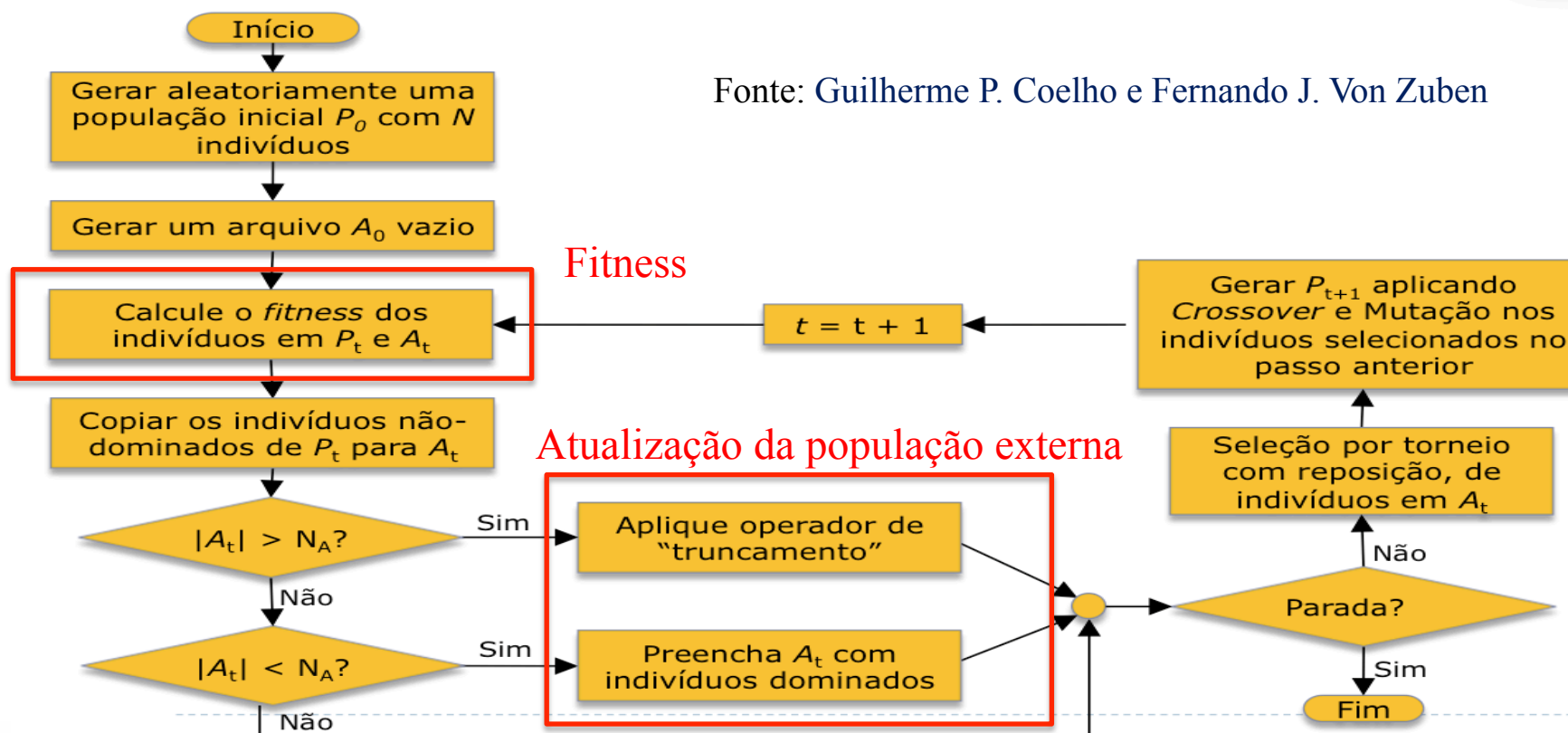
Fonte: Guilherme P. Coelho e Fernando J. Von Zuben

N_A – número de indivíduos do arquivo



SPEA-2

Fonte: Guilherme P. Coelho e Fernando J. Von Zuben



SPEA-2 Cálculo de Fitness

$$F_{\text{SPEA2}}(i) = R(i) + D(i)$$

→ Diversidade no Espaço de Objetivos

→ Proximidade da Fronteira de Pareto

Trata as duas exigências em uma única métrica, *que deve ser minimizada*.

SPEA2- Cálculo da Fitness

- Cada indivíduo i é associado a uma força S
 $S(i)$ = número de indivíduos que i domina

- Fitness bruto $R(i)$

- Soma as forças de todos os indivíduos que dominam i

- Densidade $D(i)$

$$D(i) = \frac{1}{\sigma_i^k + 1}$$

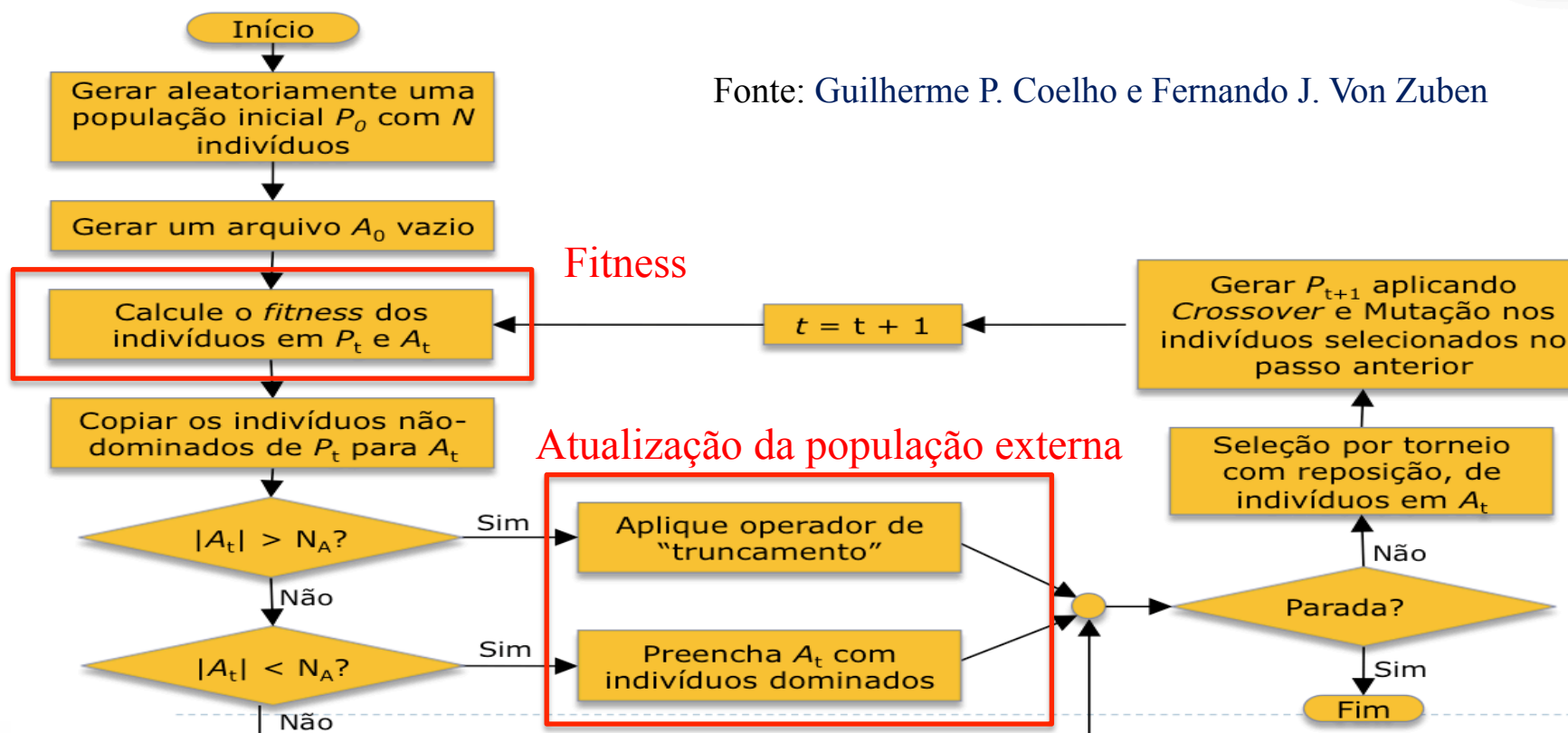
distância ao k -ésimo vizinho
mais próximo no espaço de
objetivos

- Leva à exploração de regiões pouco povoadas

$$F_{\text{SPEA2}}(i) = R(i) + D(i)$$

SPEA-2

Fonte: Guilherme P. Coelho e Fernando J. Von Zuben



SPEA2 – Atualização da população externa

- População externa tem sempre tamanho N_A (definido pelo usuário)
- Mantêm uma boa cobertura do fronte de Pareto
- Quando ela ainda não está completa
 - Completada com melhores indivíduos dominados (de acordo com fitness)
- Quando está completa
 - Elimina os indivíduos de menor distância a seus k vizinhos mais próximos

NSGA-II e SPEA2

- São os algoritmos mais utilizados
- São custosos
 - NSGA-II
 - Ranking por não dominância
 - Crowding distance: ordenação de todos os indivíduos por cada objetivo
 - SPEA2
 - Calcula distâncias entre indivíduos par a par
 - Ordena essas distâncias para encontrar o vizinho mais próximo

Outros métodos: MOEA/D

- MOEA/D: A Multiobjective Evolutionary Algorithm Based on Decomposition
- **Decompõe** um problema multi-objetivo em vários sub-problemas de um objetivo
- Menos custoso que NSGA-II e SPEA-2
- Usa heurísticas para otimizar esse sub-problemas **simultaneamente** e **cooperativamente**

Many-Objective problems

- Métodos com mais de 3 objetivos
- Se diferenciam dos multi-objective por que:
 - Quando o número de objetivos cresce, a quantidade de indivíduos gerados aleatoriamente e não dominados também cresce (Pareto pode não ser tão eficiente)
 - Número de indivíduos também precisa crescer
- Algoritmos: ϵ -NSGA-II, ϵ -MOEA

Referências

- Alguns slides foram retirados das aulas de Fonte: **Guilherme P. Coelho e Fernando J. Von Zuben, UNICAMP**, http://www.dca.fee.unicamp.br/~lboccato/topico_13_multiobjetivo.pptx

Leitura Recomendada

- SPEA2: Improving the Strength Pareto Evolutionary Algorithm For Multiobjective Optimization, E. Zitzler and K. Giannakoglou and D. Tsahalis and J. Periaux and K. Papailiou and T. Fogarty , 2002.
- A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II, K Deb, A Pratap, S Agarwal, T Meyarivan, Evolutionary Computation, IEEE Transactions on 6 (2), 182-197
- Q. Zhang and H. Li, "MOEA/D: A Multiobjective Evolutionary Algorithm Based on Decomposition," in IEEE Transactions on Evolutionary Computation, vol. 11, no. 6, pp. 712-731, Dec. 2007, doi: 10.1109/TEVC.2007.892759.
- Chand, Shelvin, and Markus Wagner. "Evolutionary many-objective optimization: A quick-start guide." Surveys in Operations Research and Management Science 20.2 (2015): 35-42.