

Programação Genética

Airton Bordin Junior
[airtonbjunior@gmail.com]

Mestrado em Ciência da Computação – Inteligência Computacional
Profº Dr Celso Gonçalves Camilo Junior

Universidade Federal de Goiania (UFG) - Instituto de Informática - Maio/2017

Programação

- Introdução
- Heurísticas e Metaheurísticas
- Algoritmos evolucionários
- Programação Genética
- Referências





Introdução

- Podemos classificar os problemas computacionais em
 - Tratáveis, também chamados de polinomiais
 - Podem ser resolvidos por algoritmos determinísticos.
 - Intratáveis, ou não polinomiais
 - Sem algoritmo determinístico para resolver o problema em tempo hábil.

Tratáveis

- Polinomiais
- Algoritmos determinísticos

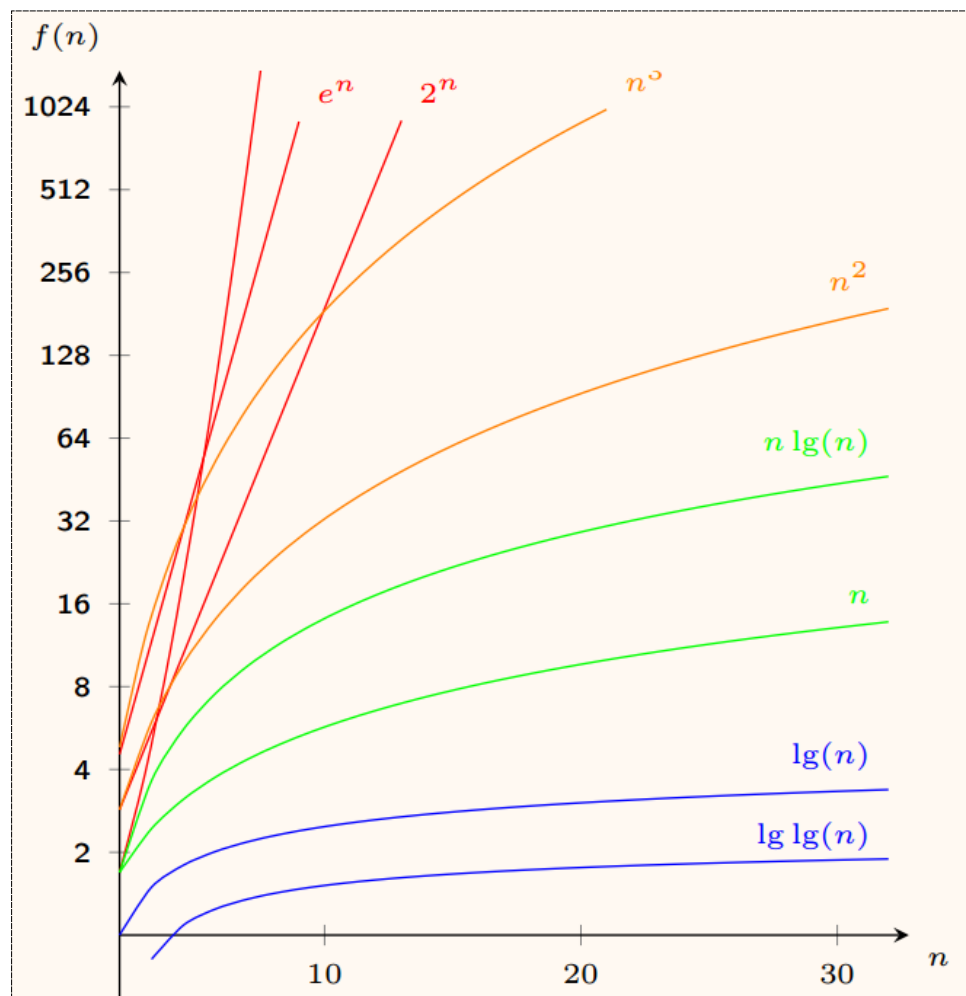
Intratáveis

- Não polinomiais
- Algoritmos não determinísticos
- Solução determinística inviável

Introdução



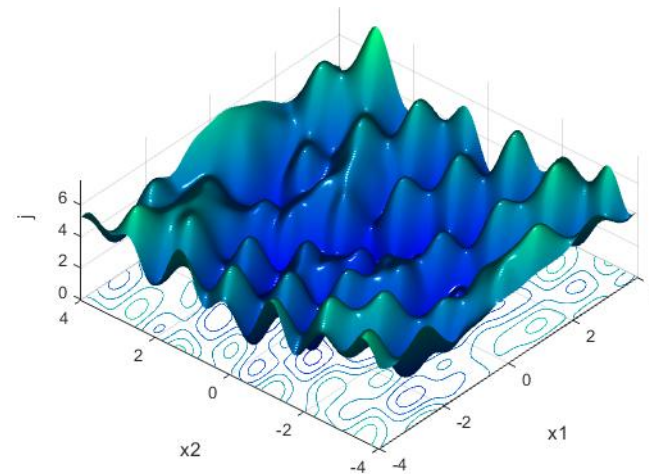
[CAPPELLE, 2017]





Heurística

- Impraticabilidade de encontrar/calcular a melhor resposta para problemas não polinomiais;
- Desafio: produzir, em tempo reduzido, soluções tão próximas quanto possíveis da solução ótima.

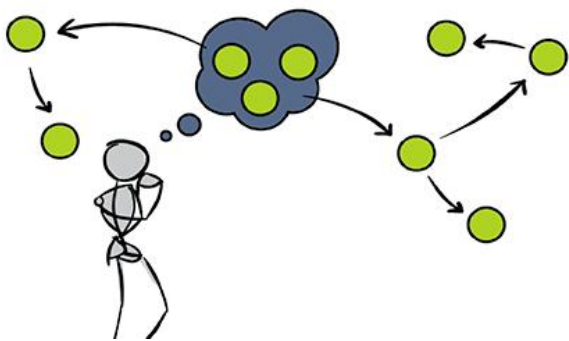




Metaheurística

Propriedades e características das metaheurísticas

[SALIBA, 2010]



Estratégias que guiam o processo de busca;

Exploração eficiente do espaço de busca - soluções ótimas ou quase ótimas;

De simples procedimentos de busca local a complexos processos de aprendizado;

Aproximados e usualmente não determinísticos;

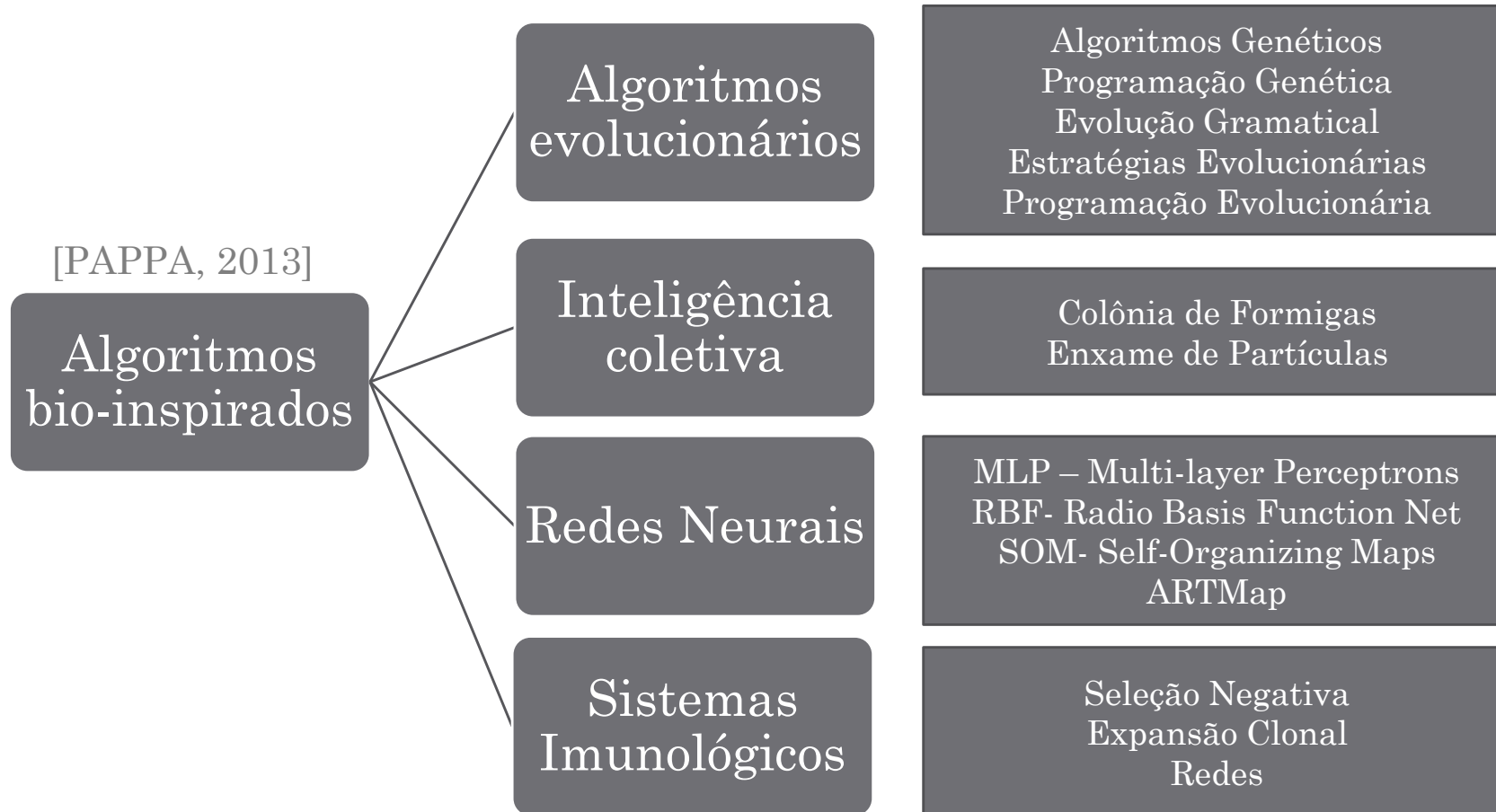
Podem incorporar mecanismos para evitar ficar presos em áreas confinadas do espaço de busca;

Não são específicas para um determinado problema;

Podem usar um conhecimento específico do problema na forma de heurísticas que são controladas por uma estratégia de nível superior.

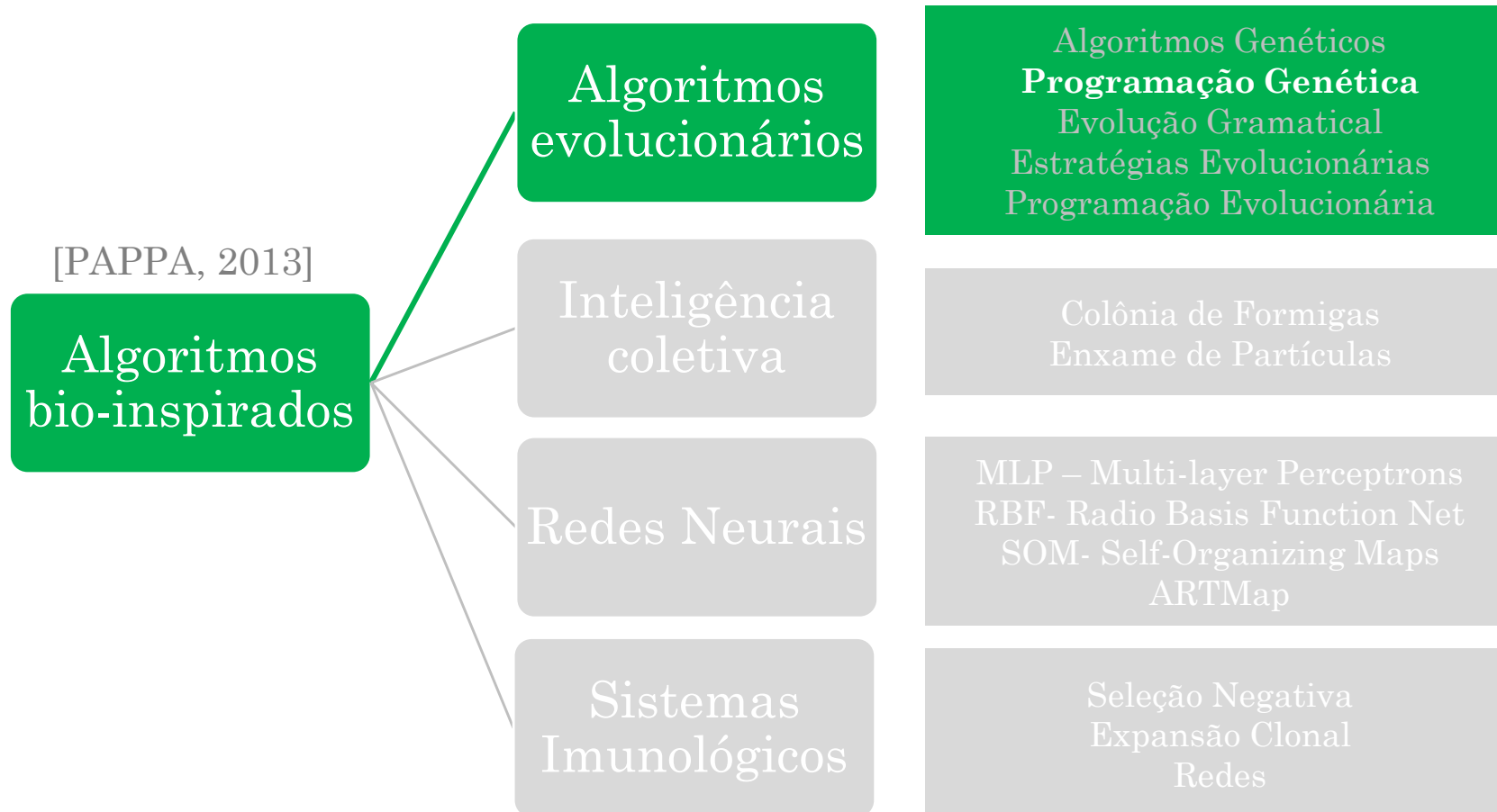


Algoritmos bio-inspirados





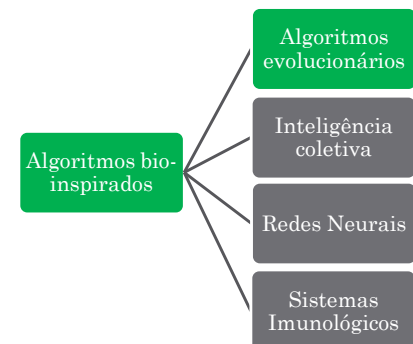
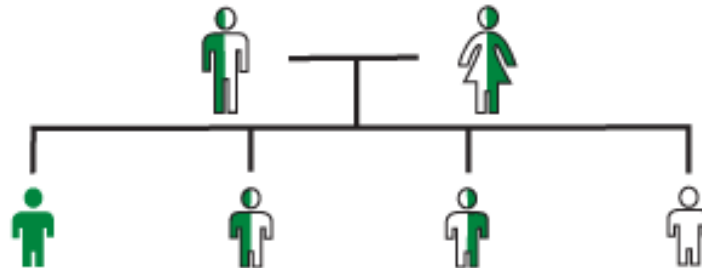
Algoritmos bio-inspirados





Algoritmos evolucionários

- Inspirados na teoria de evolução de Darwin;
- Evolução: mudança das características (genéticas) de uma população de uma geração para a próxima
 - Mutação dos genes;
 - Recombinação dos genes dos pais.

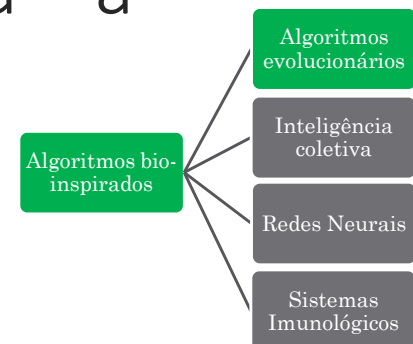




Algoritmos evolucionários

- Evolução é caracterizada basicamente por um processo constituído de 3 passos [VON ZUBEN, 2005]

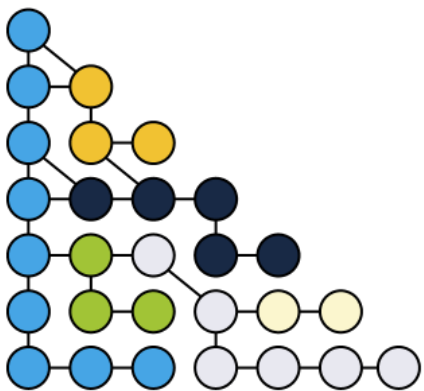
1. Reprodução com herança genética;
2. Introdução de variação aleatória em uma população de indivíduos;
3. Aplicação da “seleção natural” para a produção da próxima geração.





Algoritmos genéticos - Revisão

Principais
diferenças com
métodos
tradicionais



Trabalham com uma codificação do conjunto de parâmetros e não com os próprios parâmetros;

Trabalham com uma população e não com um único ponto;

Utilizam informações de custo ou recompensa e não derivadas ou outro conhecimento auxiliar;

Utilizam regras de transição probabilísticas e não determinísticas.



Algoritmos genéticos - Revisão

Algumas características

Paralelo: mantém uma população de soluções que podem ser avaliadas simultaneamente;

Global: AGs não usam somente informações locais, logo não necessariamente ficam presos em máximos locais;

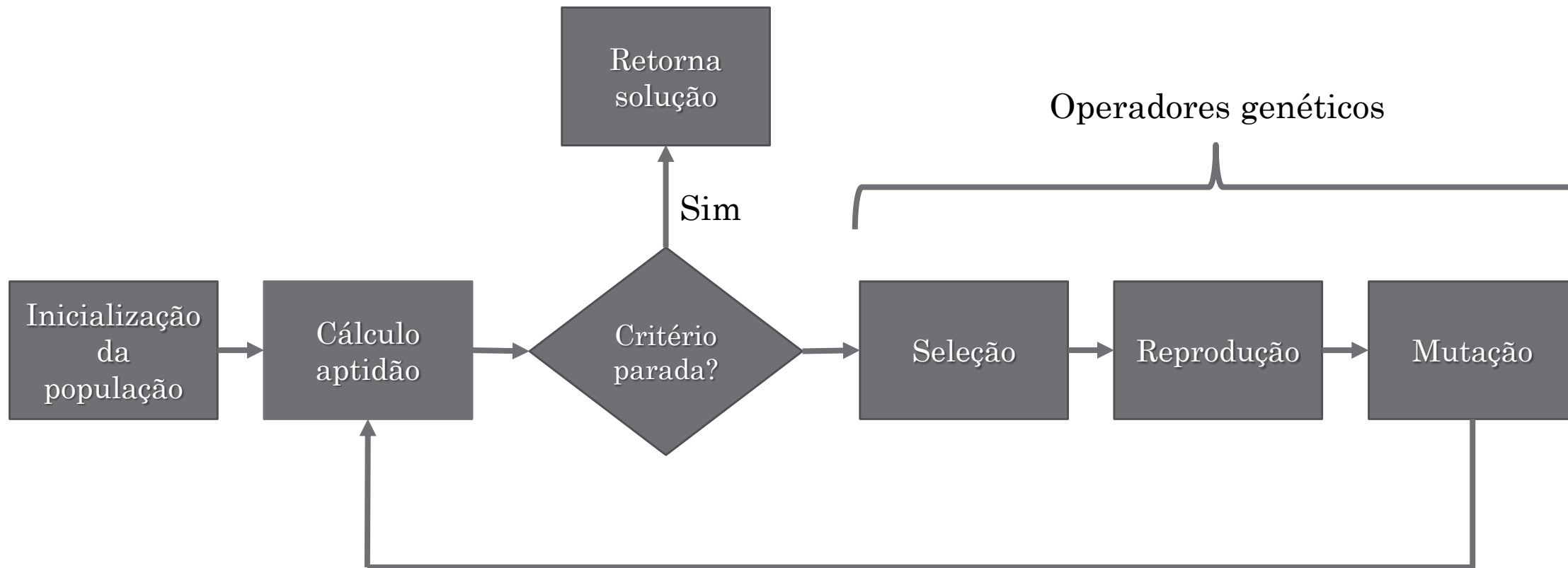
Não totalmente aleatório: usam informações da população atual para determinar o próximo estado de busca;

Não afetados por descontinuidades: não usam informações de derivadas nem necessitam informações de seu entorno;

Funções: Lidam com funções discretas e contínuas.



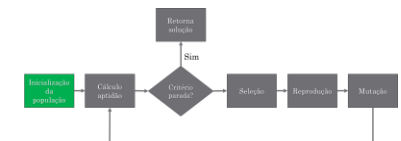
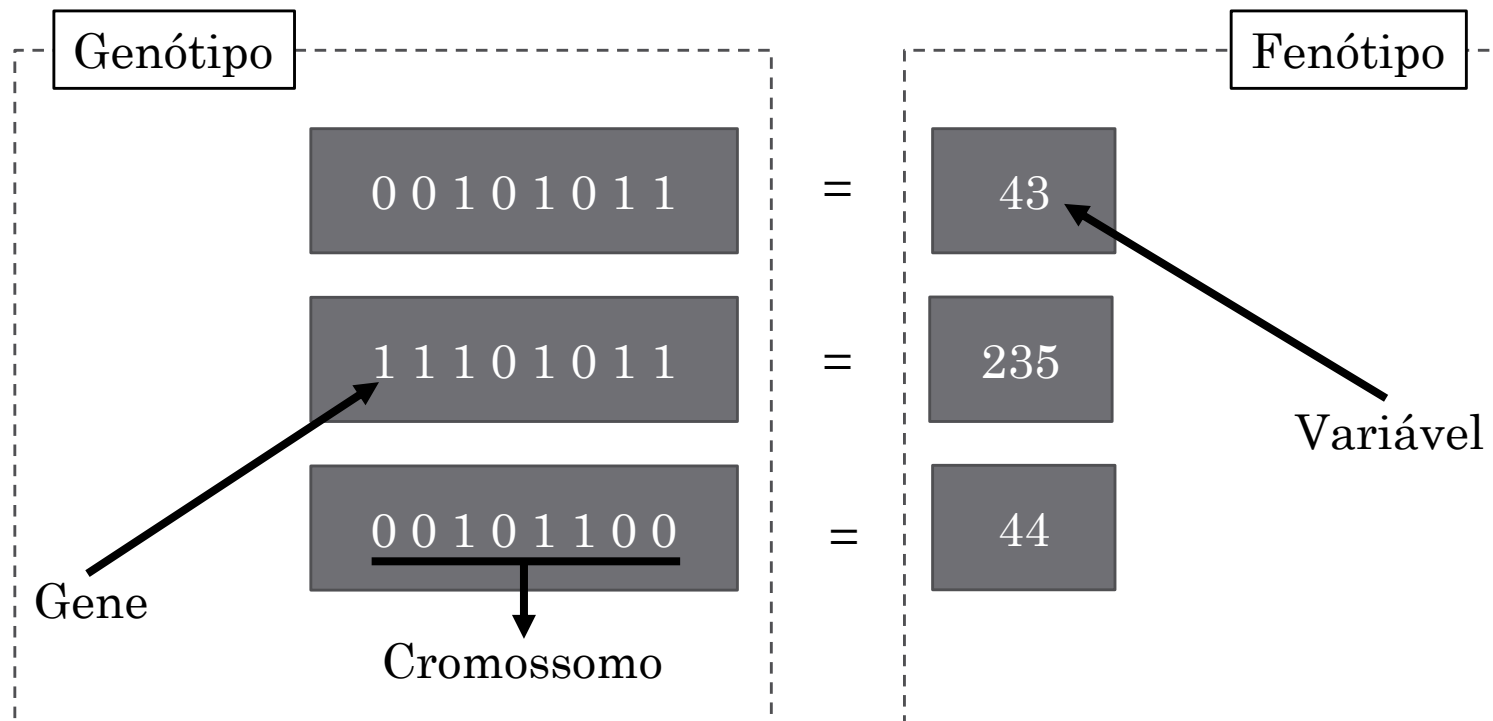
Algoritmos genéticos - Revisão





Inicialização da população - Revisão

- Exemplo: representação em bits



Programação Genética



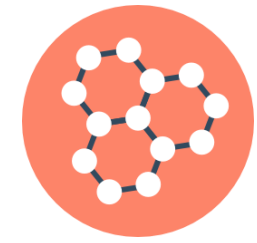
Programação genética

Como computadores podem resolver problemas sem serem explicitamente programados para tal?



Programação genética

- *Como computadores podem resolver problemas sem serem explicitamente programados para tal?*
- Evolução de programas computacionais
 - Analogias com mecanismos utilizados da evolução biológica natural;
- Criação (automatizada) de um programa que resolve um determinado problema.



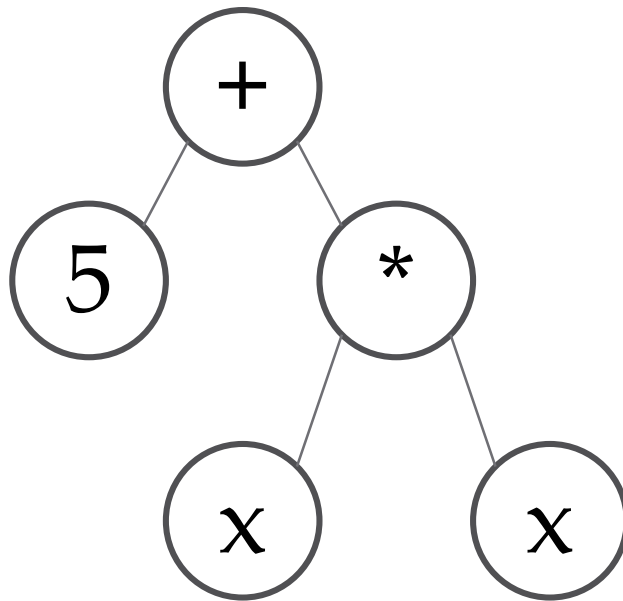
Programação genética

- *Como computadores podem resolver problemas sem serem explicitamente programados para tal?*
 - Pode ser vista como uma extensão dos Ags
 - Indivíduos são programas;
 - Espaço de busca são todos os possíveis programas.



Programação genética

- Programas?
 - Funções matemáticas, por exemplo;
 - Representação feita por meio de árvores.



Exemplo programa:
 $x^2 + 5$

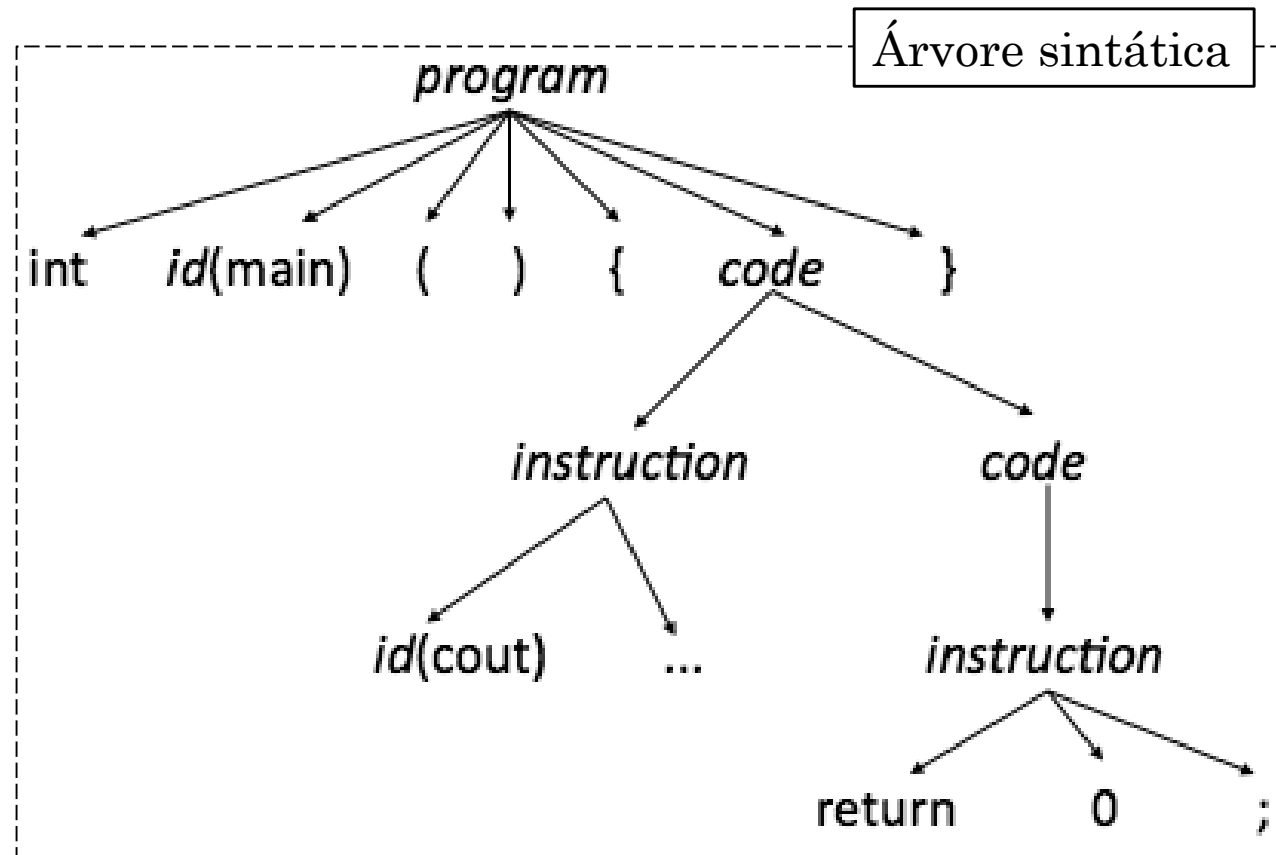


Programação genética

- Intimamente ligada à ideia de programação funcional (sequência de aplicação de funções a argumentos)
 - Independentemente da linguagem, todos os programas podem ser vistos como uma sequência de aplicações de funções a argumentos;
 - Compiladores usam esse fato para traduzir um programa em uma árvore sintática.



Programação genética





Programação genética

- Passos para o correto funcionamento [KOZA, 1992]
 1. Determinar conjunto de terminais;
 2. Determinar conjunto de funções;
 3. Determinar função *fitness*;
 4. Determinar parâmetros e variáveis para controle da execução;
 5. Determinar critério de parada.



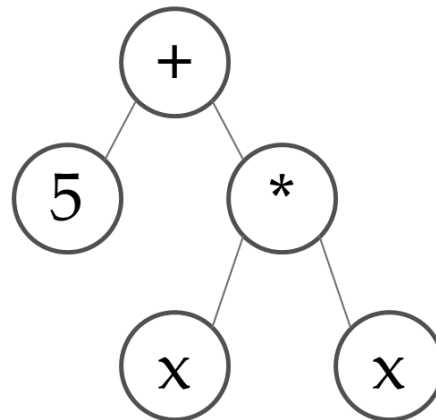
Programação genética

- Criação da população
 - Cria uma população de forma randômica;
 - Profundidade máxima definida por parâmetro;
- Principais métodos
 - Full;
 - Grow;
 - Ramped half-and-half.



Programação genética

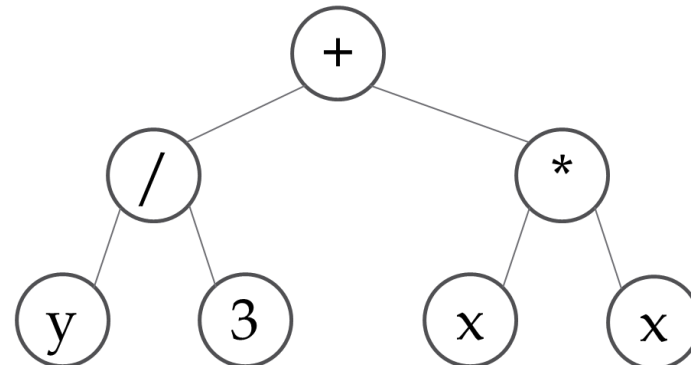
- Criação da população
 - Método Grow
 - Respeita o critério de profundidade máxima da árvore;
 - Escolhe aleatoriamente entre funções e terminais em qualquer nível da árvore, podendo criar estruturas irregulares.





Programação genética

- Criação da população
 - Método Full
 - Árvores com a profundidade máxima;
 - Escolhe aleatoriamente somente funções, até que um nó de profundidade máxima seja atingido, aí então escolhendo somente terminais.





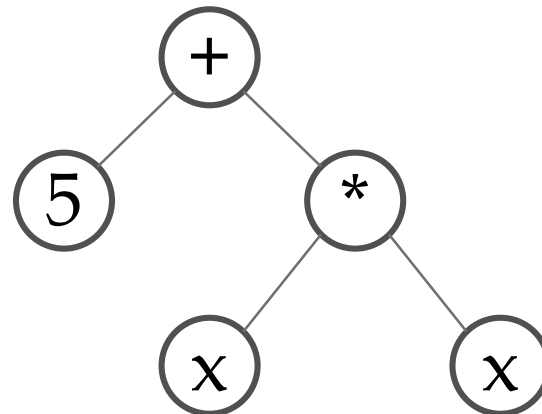
Programação genética

- Criação da população
 - Método Ramped half-and-half
 - Utiliza o método Grow e Full;
 - Gera um número igual de árvores para cada profundidade;
 - 50% utilizará o método full e 50% o método Grow.



Programação genética

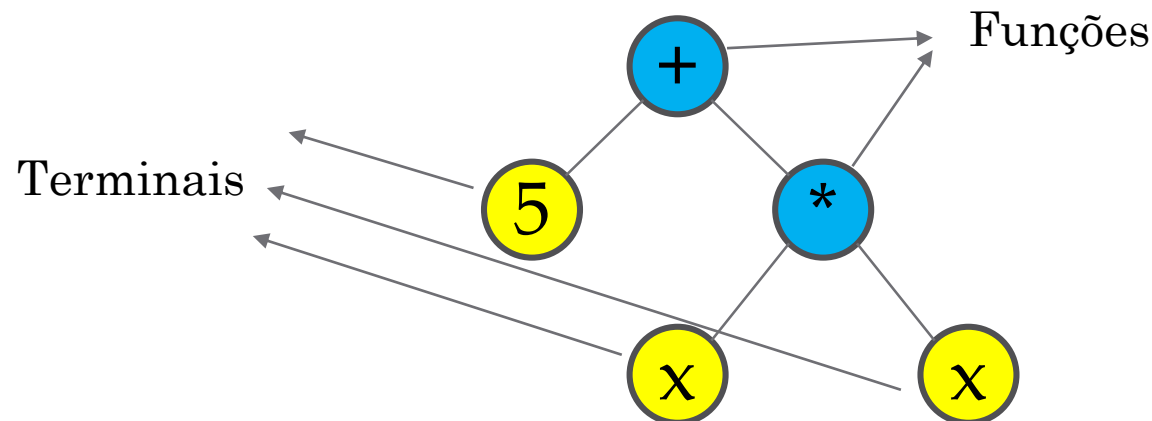
- Criação da população
 - Funções e terminais
 - Funções: funções aritméticas (+, -, /, *), funções booleanas, funções matemáticas, etc.
 - Terminais: constantes numéricas, dados externos, variáveis.





Programação genética

- Criação da população
 - Funções e terminais
 - Funções: funções aritméticas (+, -, /, *), funções booleanas, funções matemáticas, etc.
 - Terminais: constantes numéricas, dados externos, variáveis.





Programação genética

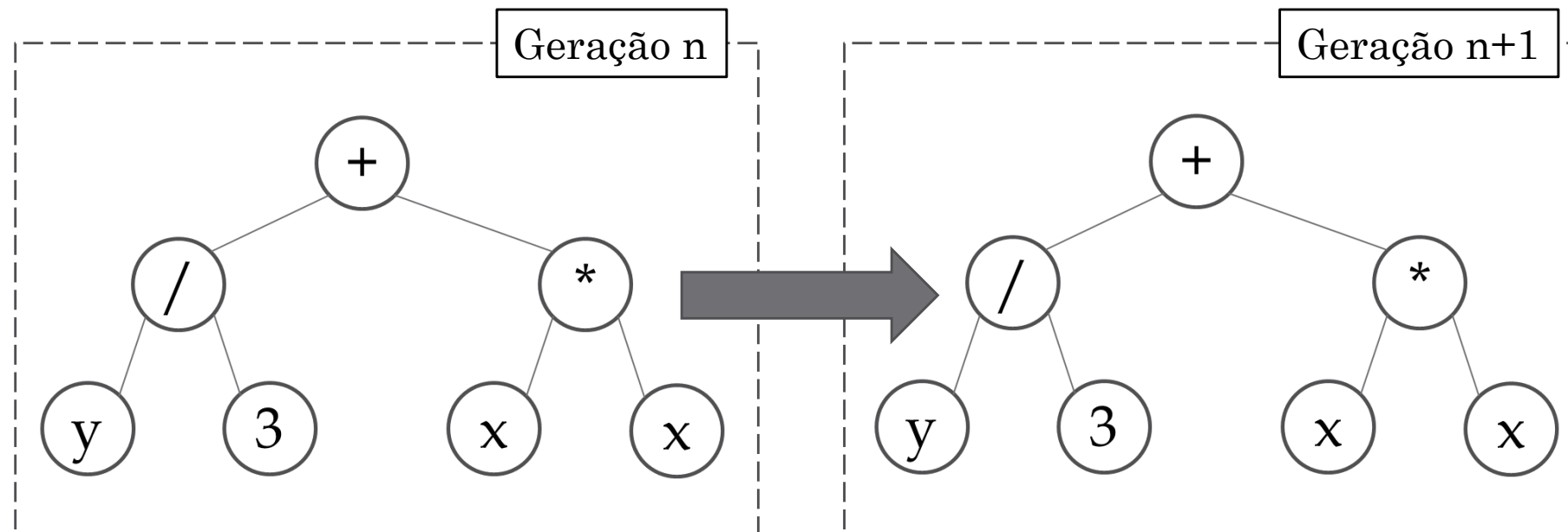
- Operadores genéticos
 - Reprodução;
 - Crossover;
 - Mutação;
 - Permutação;
 - Edição;
 - Encapsulamento;
 - Destruição.



Operadores genéticos

- Reprodução

- Um indivíduo com uma bom valor após função de avaliação (*fitness*) é escolhido;
- É feita uma cópida idêntica do indivíduo para a próxima geração.

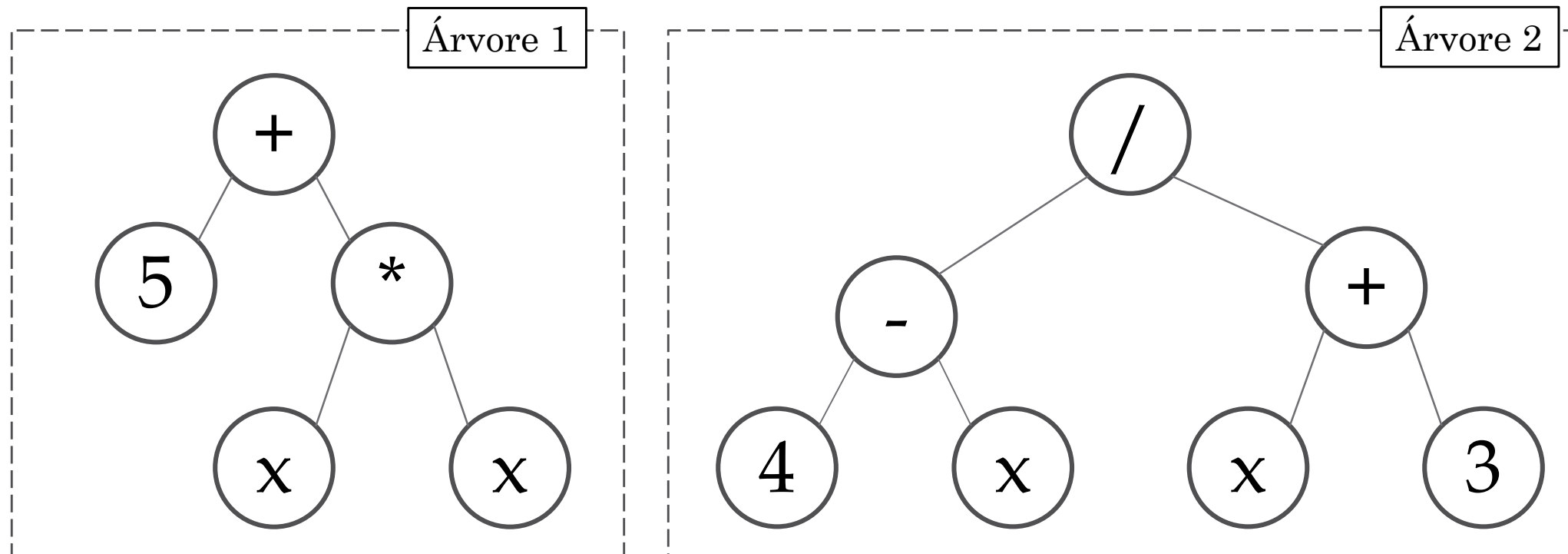




Operadores genéticos

- Crossover

- Troca entre partes dos indivíduos selecionados;
- Partes escolhidas de forma aleatória nas duas árvores.

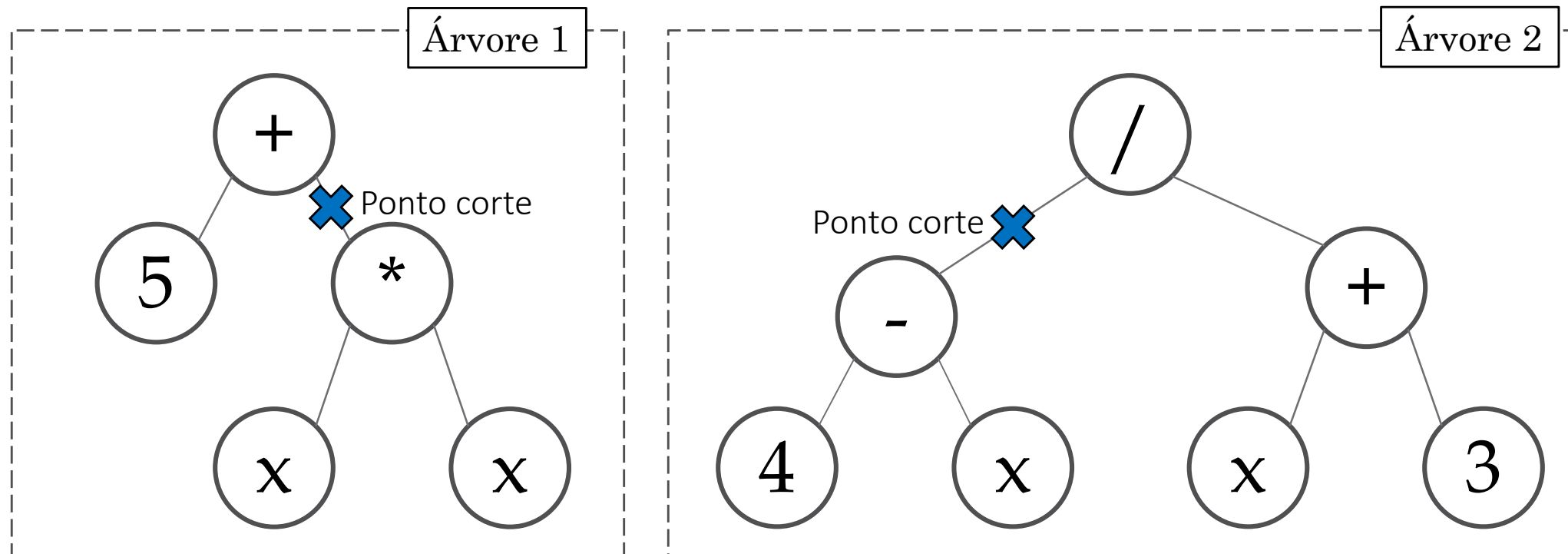




Operadores genéticos

- Crossover

- Troca entre partes dos indivíduos selecionados;
- Partes escolhidas de forma aleatória nas duas árvores.

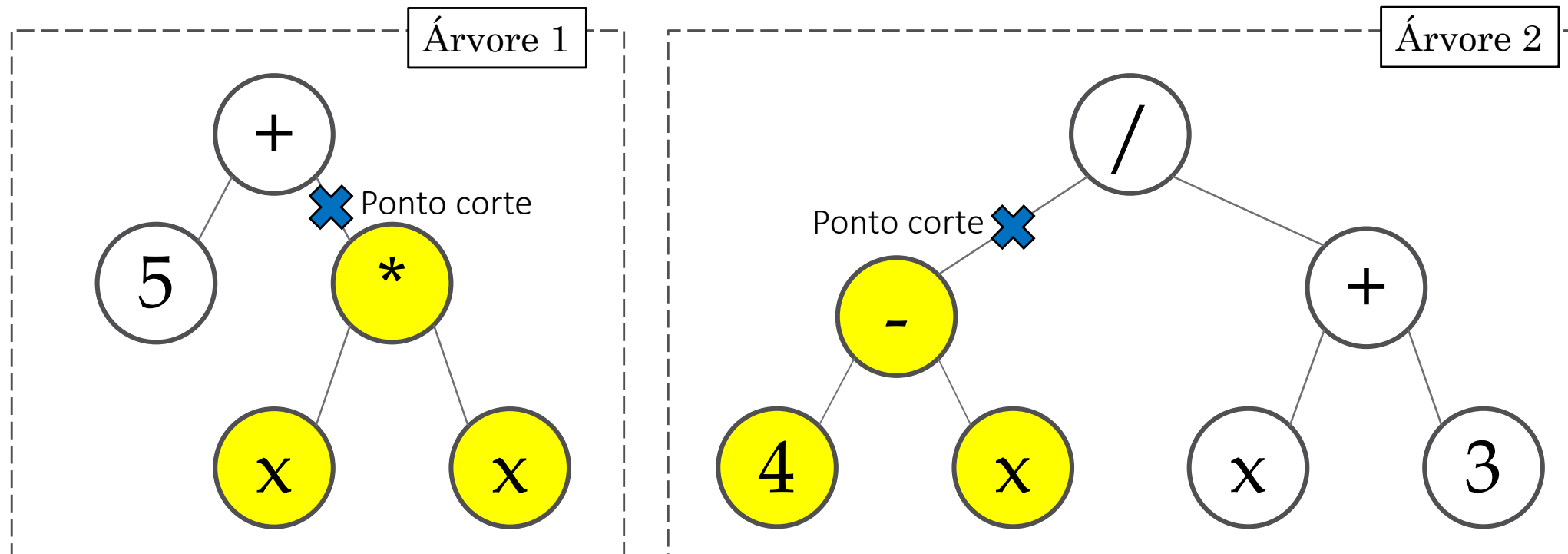


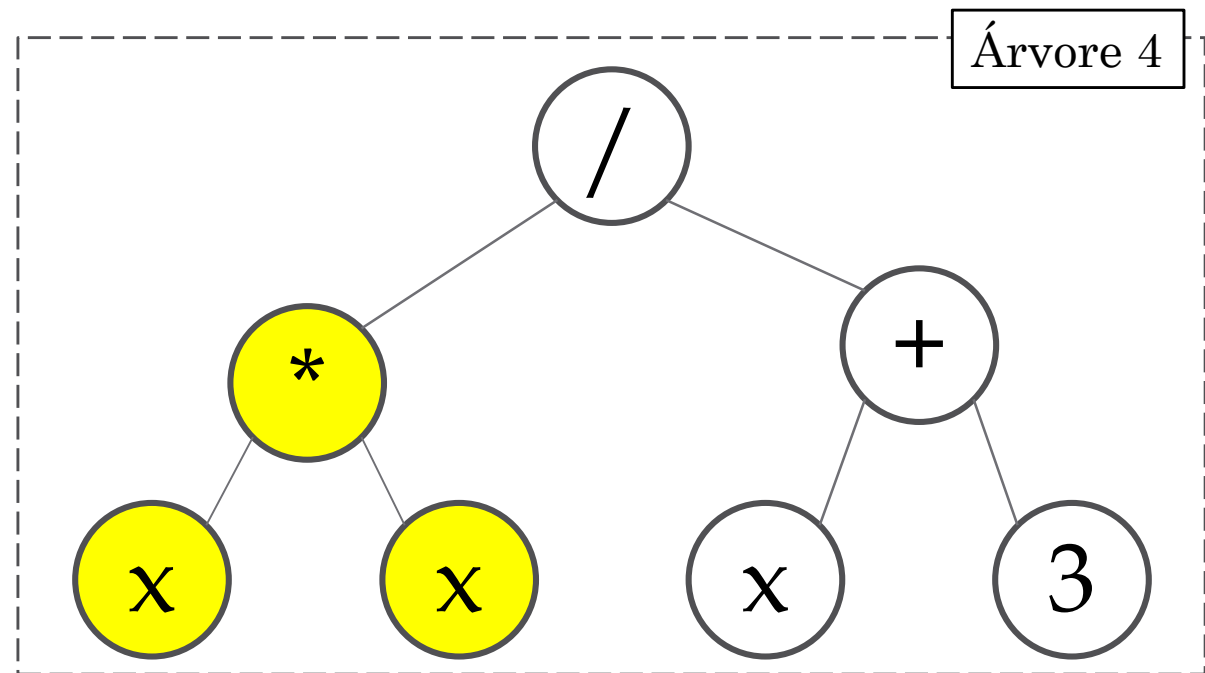
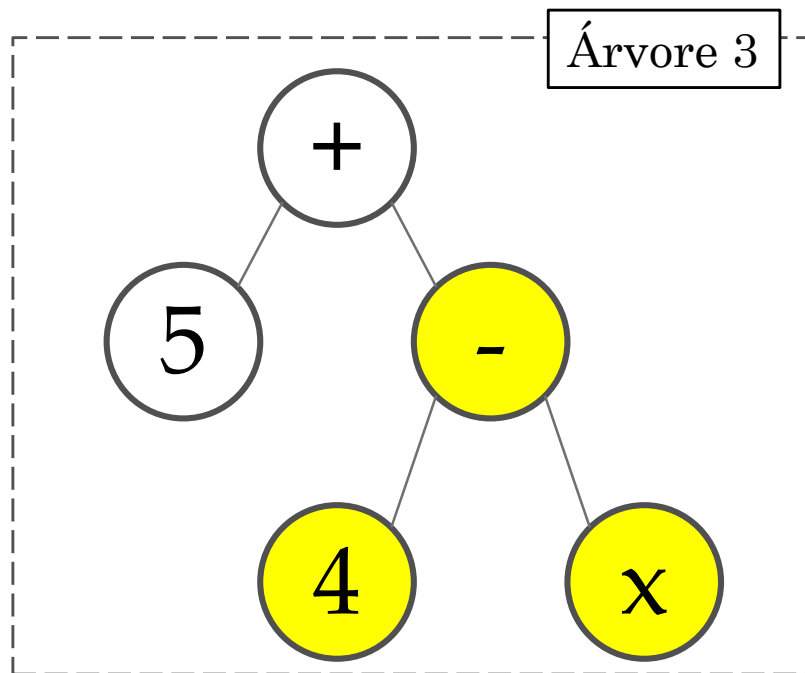
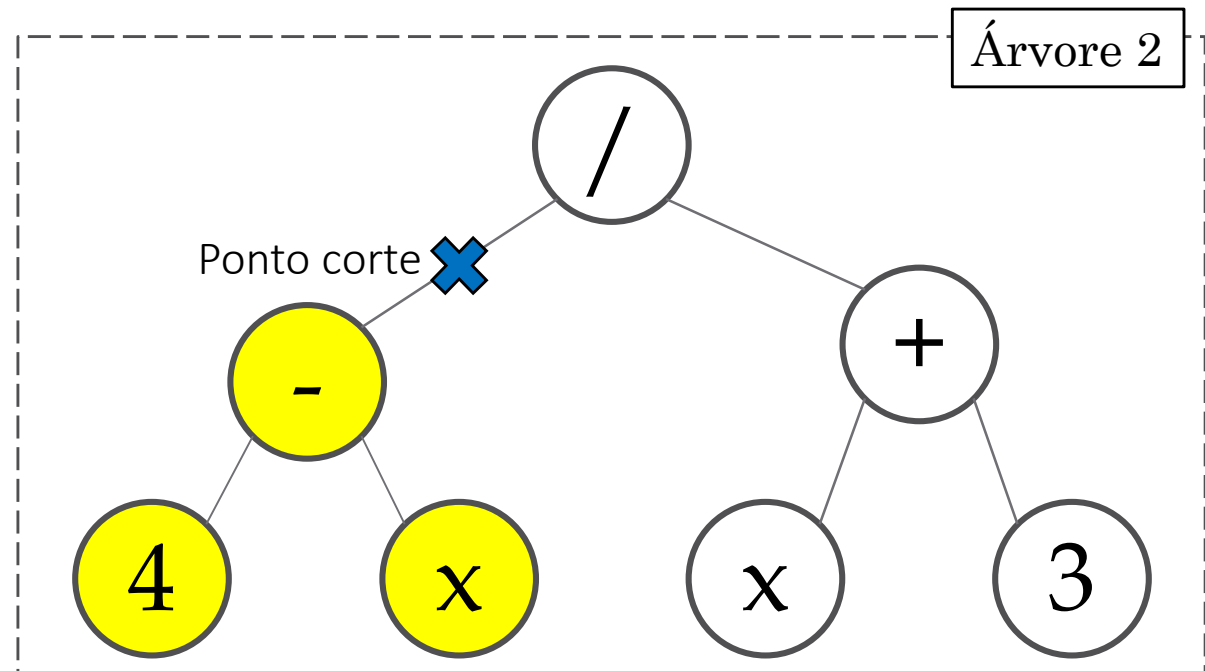
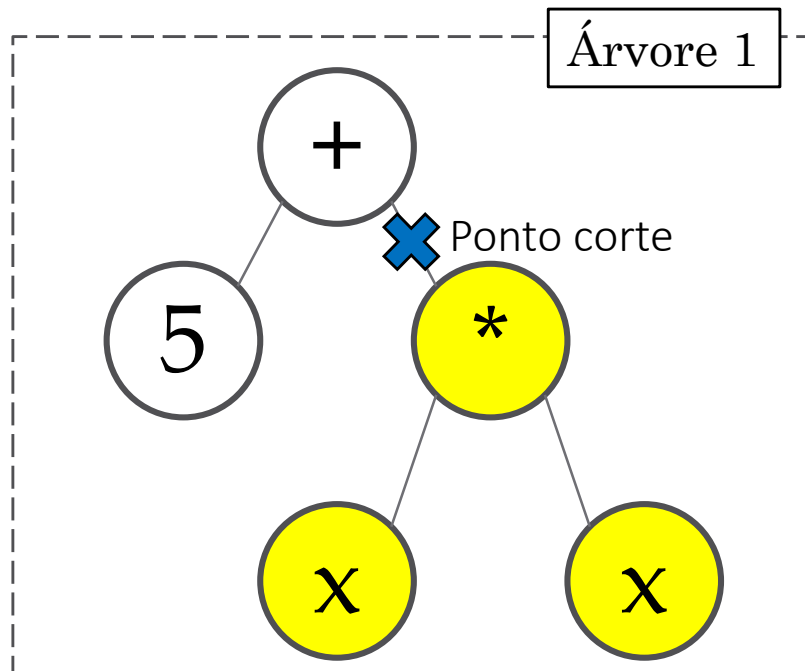


Operadores genéticos

- Crossover

- Troca entre partes dos indivíduos selecionados;
- Partes escolhidas de forma aleatória nas duas árvores.



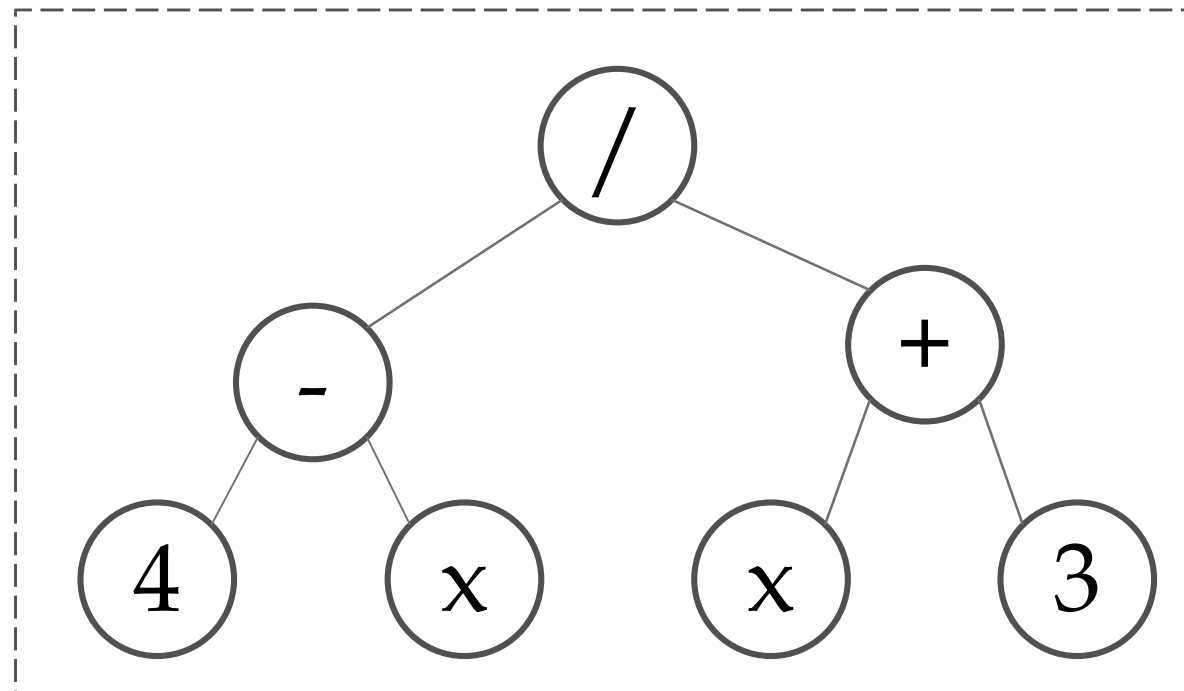




Operadores genéticos

- Mutação

- Mudança aleatória em um dos nós da  rvore;
- Adiciona diversidade na popula o.

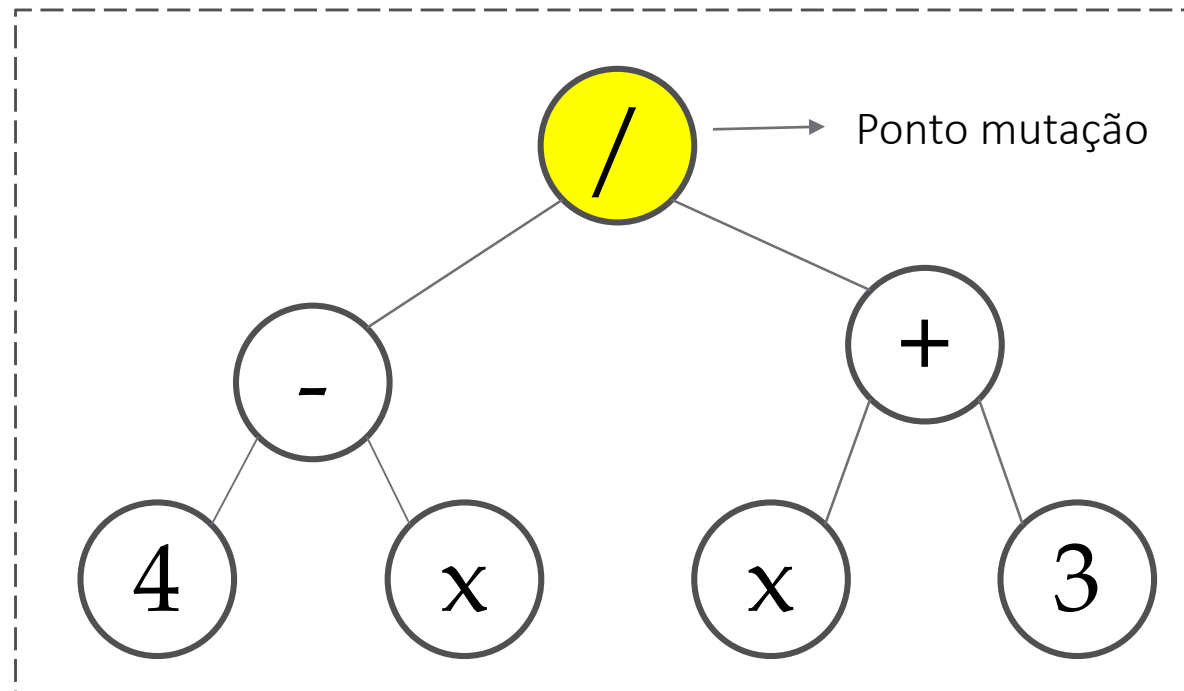




Operadores genéticos

- Mutação

- Mudança aleatória em um dos n os da  rvore;
- Adiciona diversidade na população.

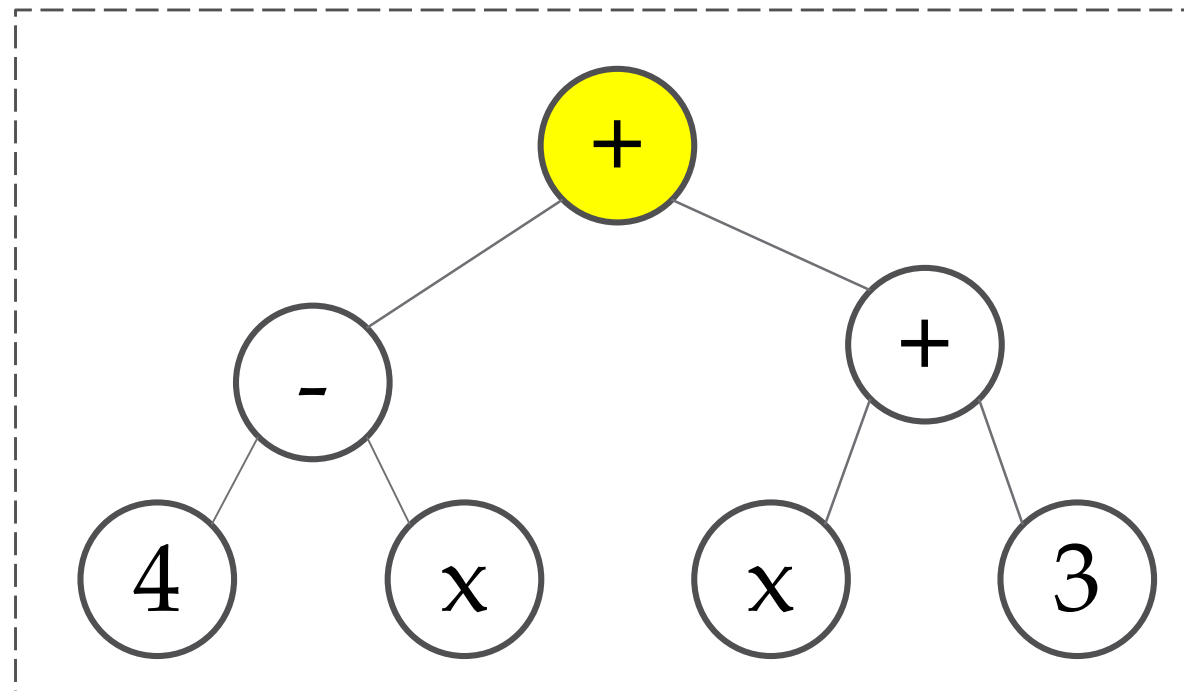




Operadores genéticos

- Mutação

- Mudança aleatória em um dos n os da  rvore;
- Adiciona diversidade na população.

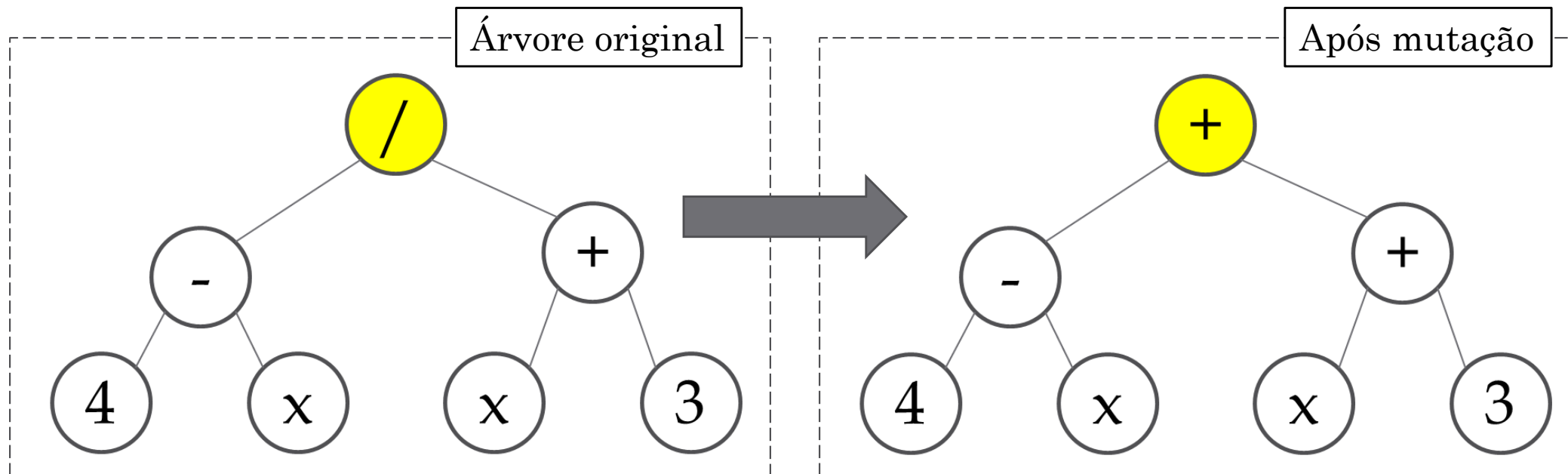




Operadores genéticos

- Mutação

- Mudança aleatória em um dos n os da  rvore;
- Adiciona diversidade na população.

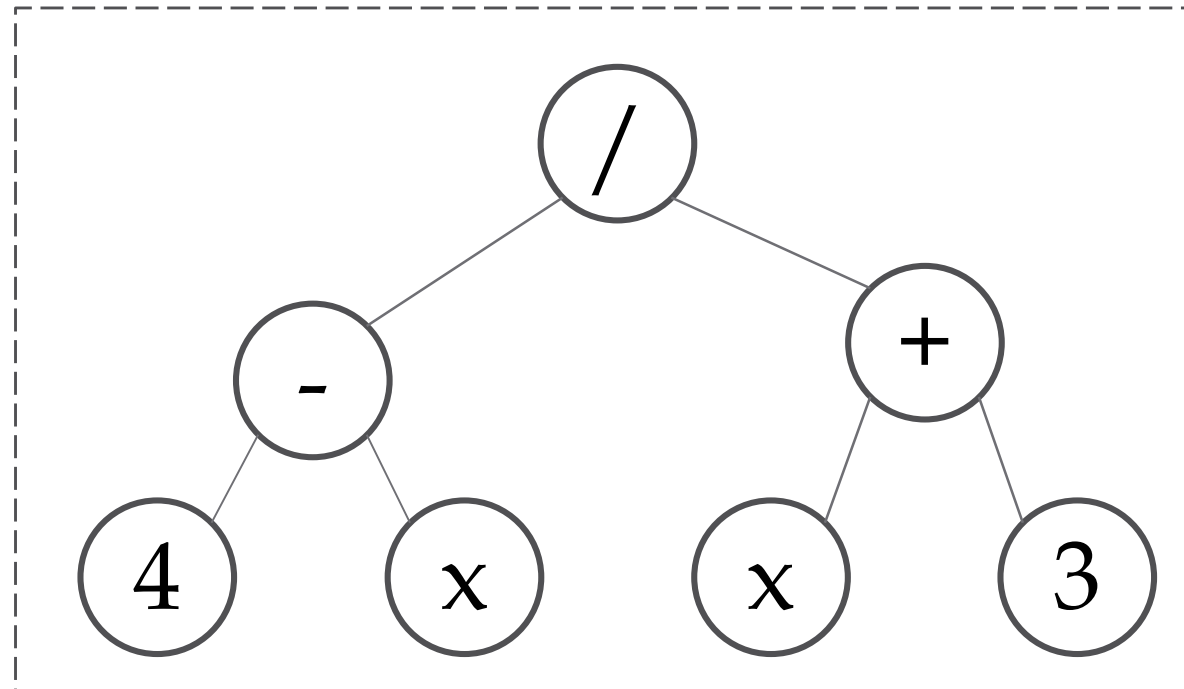




Operadores genéticos

- Permutação

- Escolhe um ponto aleatório e inverte os terminais e/ou funções.

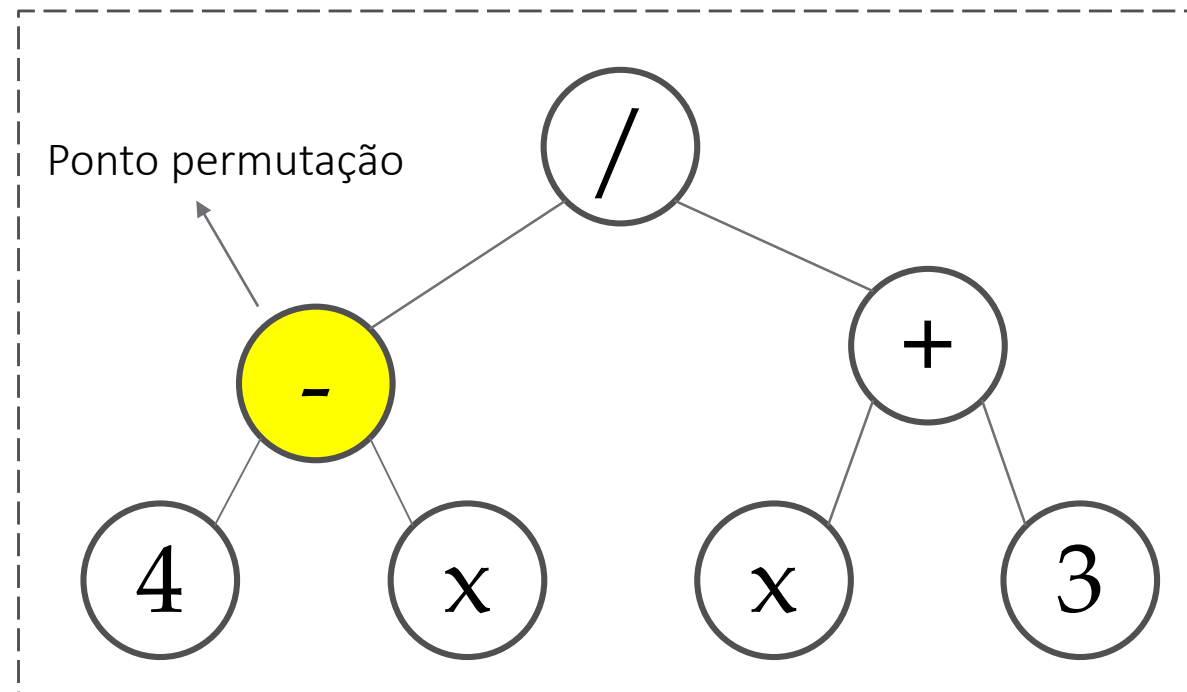




Operadores genéticos

- Permutação

- Escolhe um ponto aleatório e inverte os terminais e/ou funções.

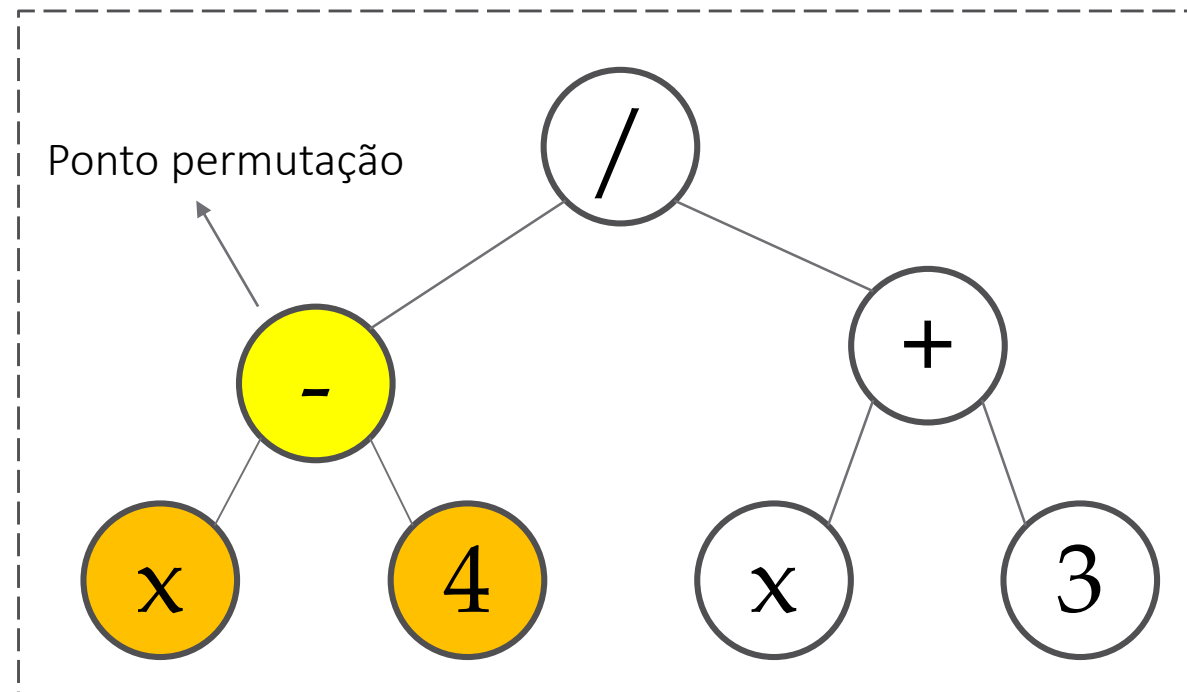




Operadores genéticos

- Permutação

- Escolhe um ponto aleatório e inverte os terminais e/ou funções.

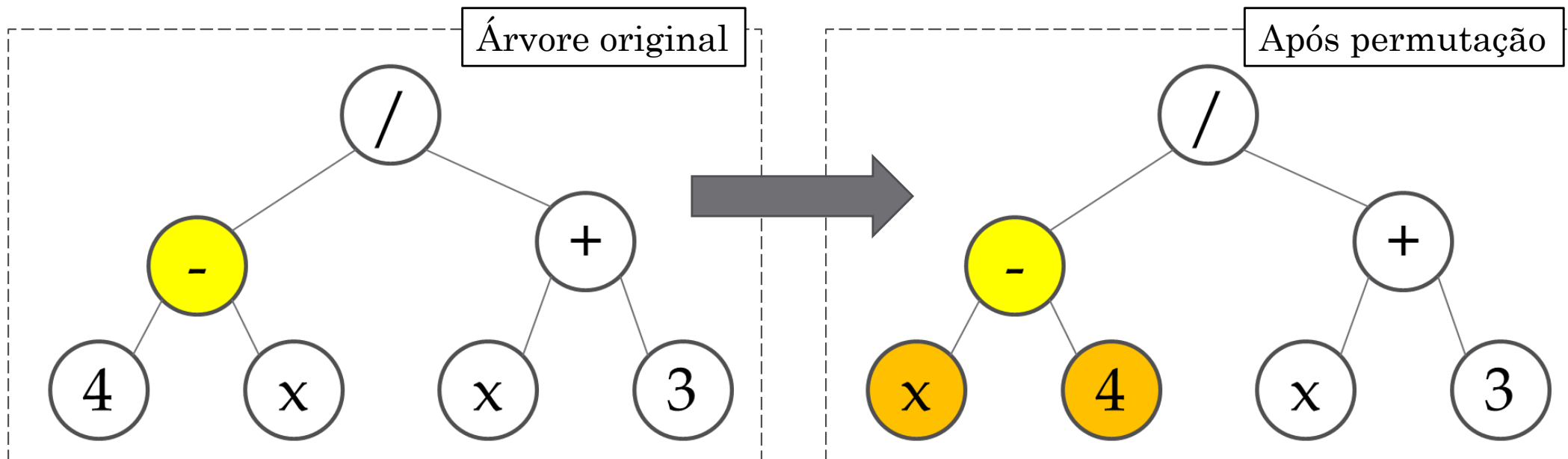




Operadores genéticos

- Permutação

- Escolhe um ponto aleatório e inverte os terminais e/ou funções.

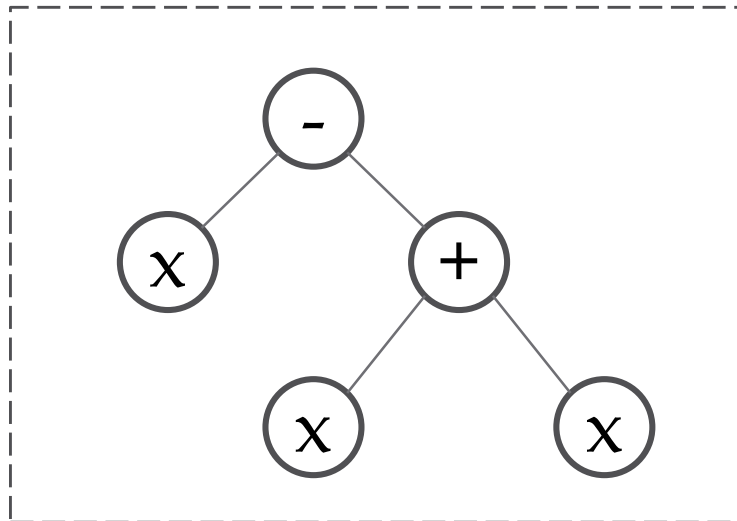




Operadores genéticos

- Edição

- Forma de simplificação e edição de expressões;
- Muito custosa – Consumo considerável de tempo;
- Torna a expressão menos vulnerável ao crossover.



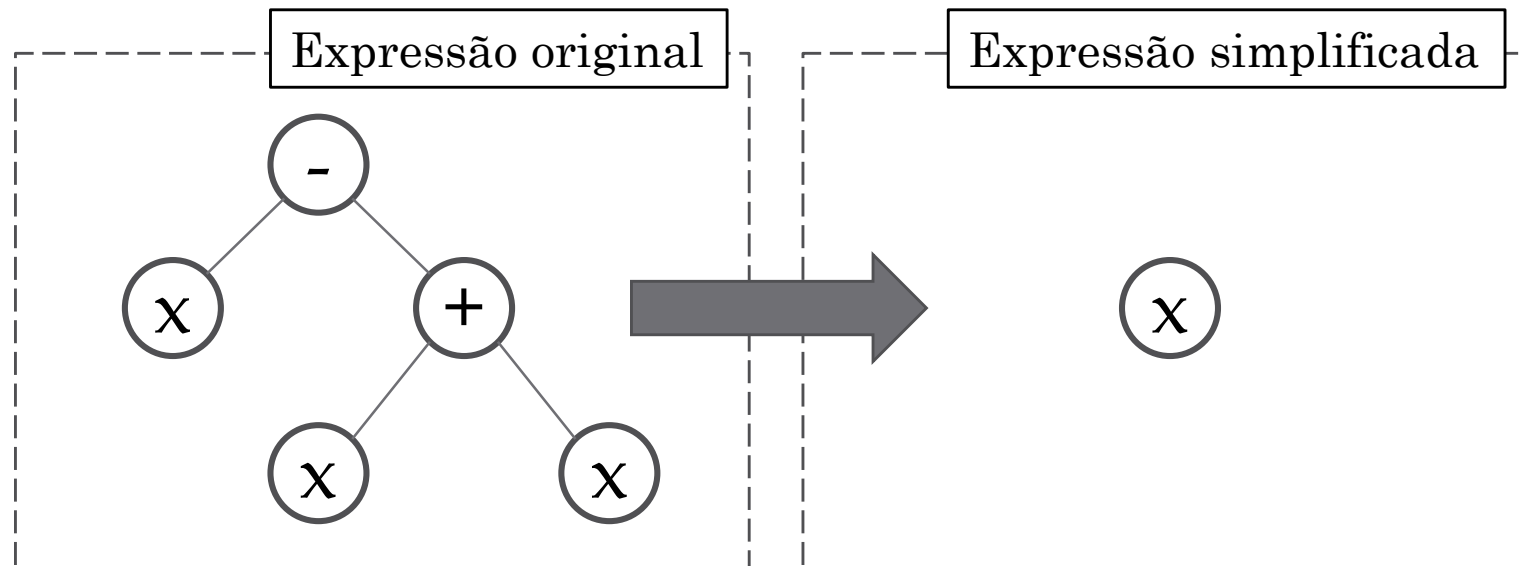
Expressão:
 $X+X-X$

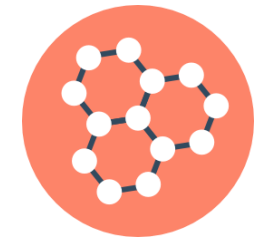


Operadores genéticos

- Edição

- Forma de simplificação e edição de expressões;
- Muito custosa – Consumo considerável de tempo;
- Torna a expressão menos vulnerável ao crossover.

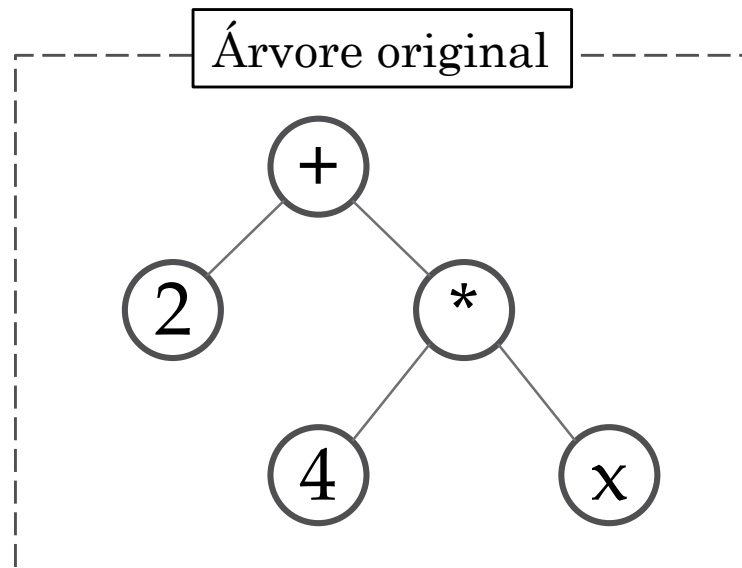




Operadores genéticos

- Encapsulamento

- Identifica subárvores potencialmente útil;
- Dá um nome para que possa ser referenciada futuramente.

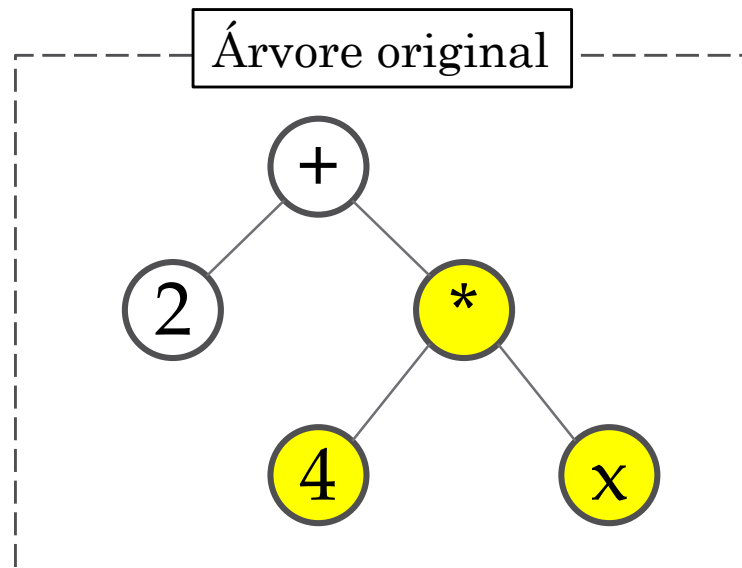




Operadores genéticos

- Encapsulamento

- Identifica subárvores potencialmente útil;
- Dá um nome para que possa ser referenciada futuramente.

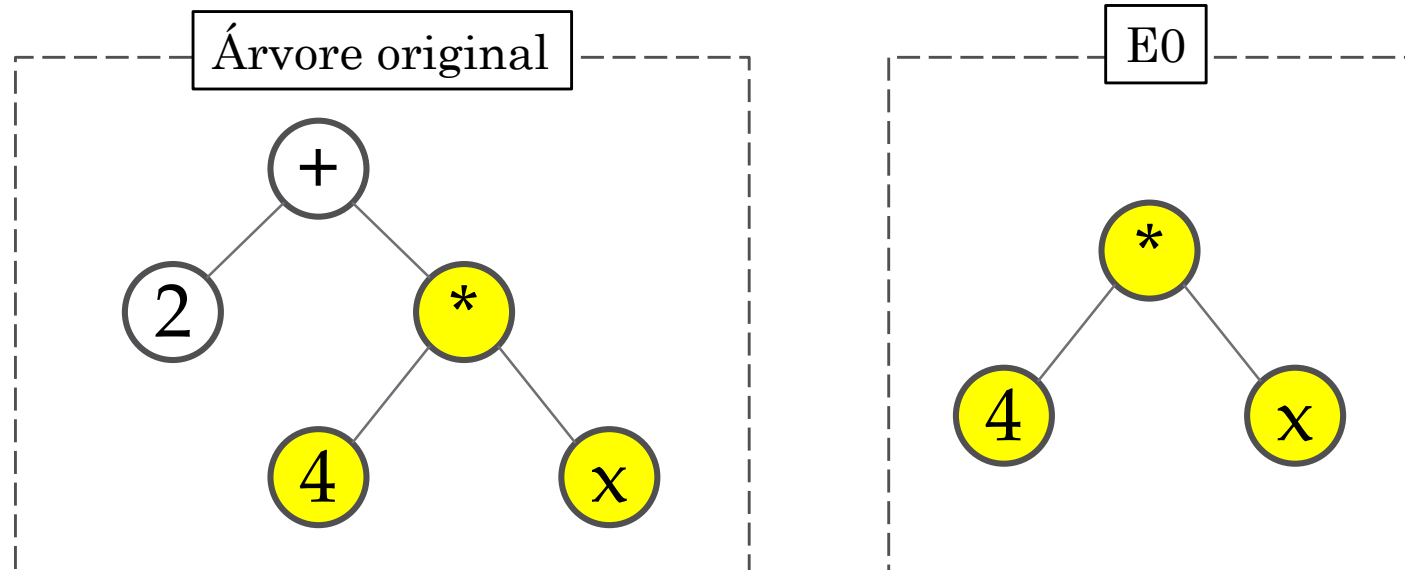




Operadores genéticos

- Encapsulamento

- Identifica subárvores potencialmente útil;
- Dá um nome para que possa ser referenciada futuramente.

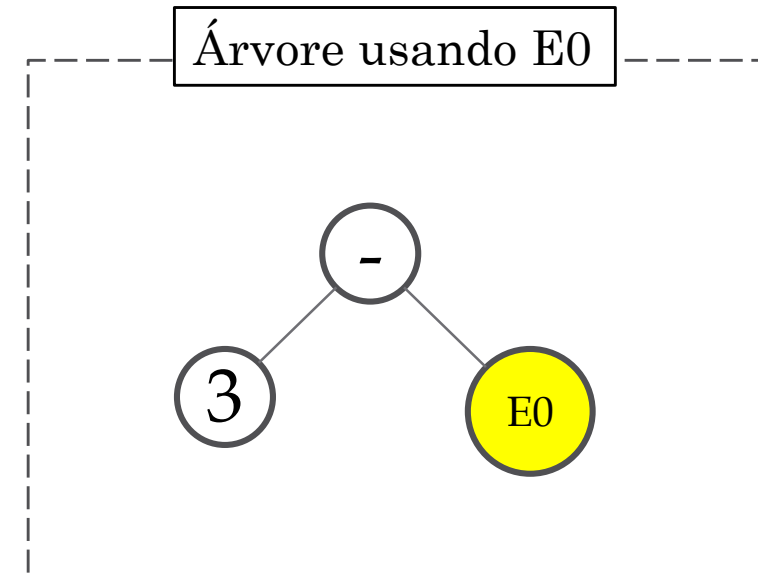
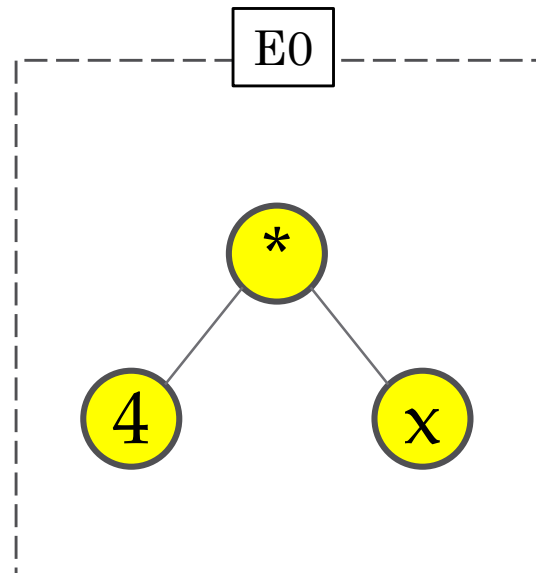
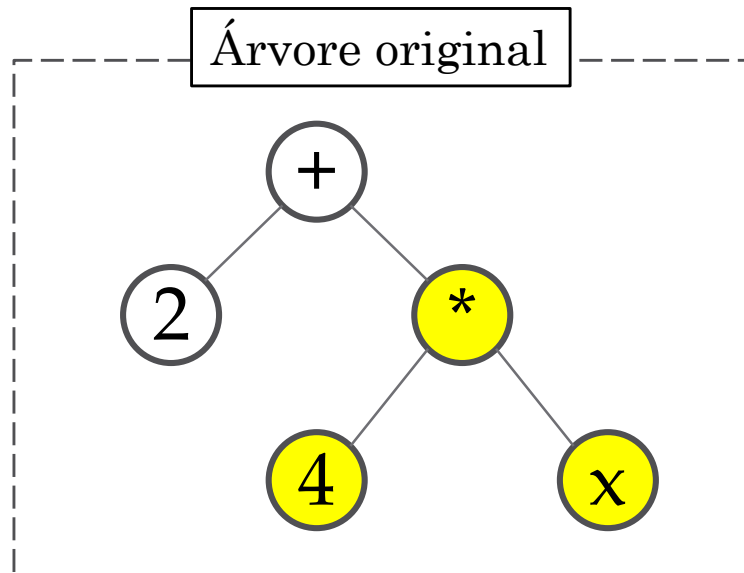


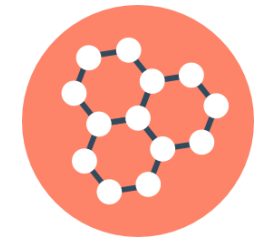


Operadores genéticos

- Encapsulamento

- Identifica subárvores potencialmente útil;
- Dá um nome para que possa ser referenciada futuramente.





Operadores genéticos

- Destruição

- Casos complexos, grande parte da população pode ter um *fitness* muito ruim, causando uma perda de diversidade rápida e um custo computacional muito grande;
- Forma de destruir indivíduos medíocres nas gerações iniciais;
- Parâmetros
 - Quantidade de indivíduos mantidos;
 - Condição em que o operador será invocado;
- Indivíduos sobreviventes são escolhidos com base no *fitness*.



Referências

- ZUBEN, F. V. Representação e Operadores Evolutivos
- ZUBBEN, F. B. Programação Genética
- KOZA, J.R. Genetic Programming: On the Programming of Computers by means of Natural Selection
- NETO, A. G. Programação Genética
- CRUZ, A. J. O. Algoritmos Genéticos
- MEDEIROS, D. Programação Genética