

Path Relinking (Reconexão por Caminhos)

Marcone Jamilson Freitas Souza^{1,2,3}

Puca Huachi Vaz Penna¹

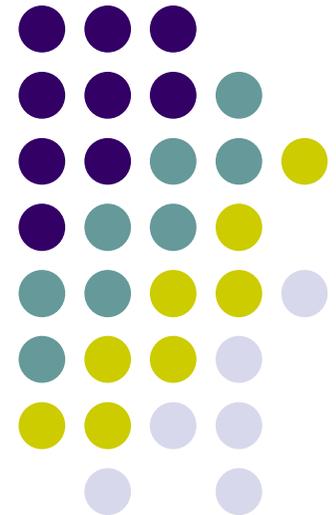
¹ Departamento de Computação

¹ Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação
Universidade Federal de Ouro Preto

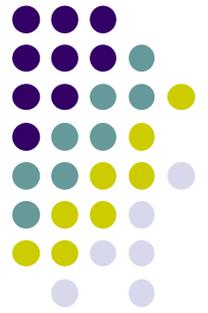
² Programa de Pós-graduação em Modelagem Matemática e
Computacional / CEFET-MG

³ Programa de Pós-graduação em Instrumentação, Controle e
Automação de Processos de Mineração / ITV/UFOP

www.decom.ufop.br/prof/marcone, www.decom.ufop.br/puca
E-mail: {marcone,puca}@ufop.edu.br



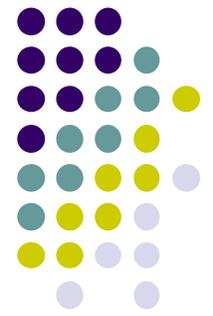
Reconexão por Caminhos (*Path Relinking*)



- Estratégia que faz um balanço entre intensificação e diversificação
- Proposta por Glover (1996), vinculada ao método Busca Tabu
- Ela parte de um par de soluções (s_1, s_2), sendo uma delas considerada solução guia e a outra a solução de partida, chamada solução corrente
- Objetivo:
 - partir da solução corrente e chegar à solução guia por meio da adição na solução corrente de atributos da solução guia

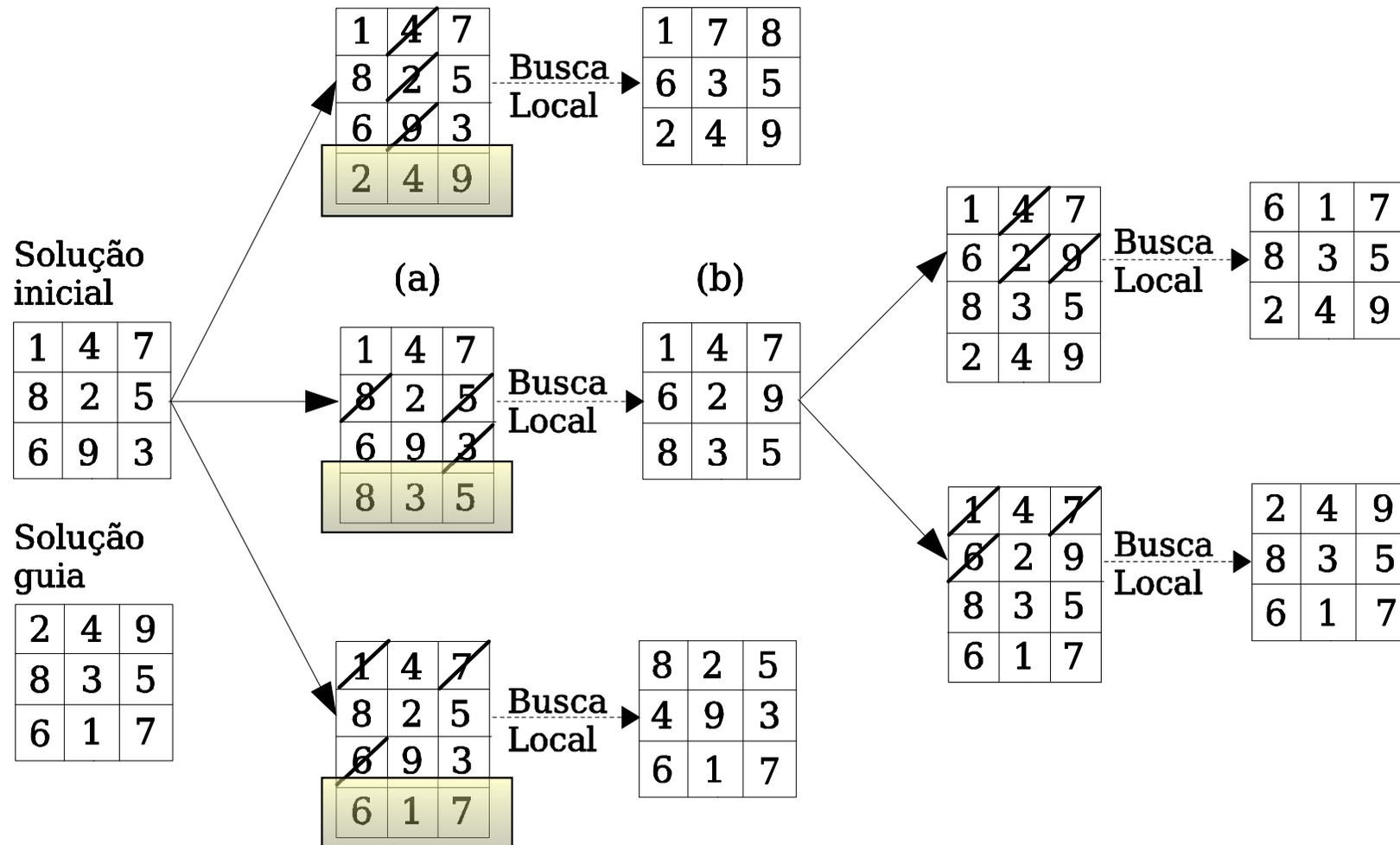
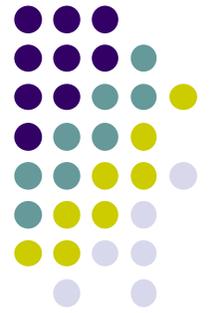
Reconexão por Caminhos

(Path Relinking)

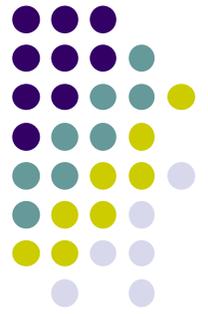


- Em cada iteração do procedimento é colocado um atributo da solução guia
- A solução corrente sofre, então, uma busca local:
 - Nesta busca local, os atributos da solução guia que já foram incorporados à solução corrente **não são alterados**. Eles permanecem fixos durante toda a busca
- O procedimento termina quando se chega à solução guia, isto é, quando a solução corrente tem todos os atributos da solução guia

Reconexão por Caminhos (*Path Relinking*)

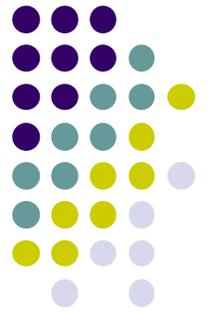


Reconexão por Caminhos (*Path Relinking*)



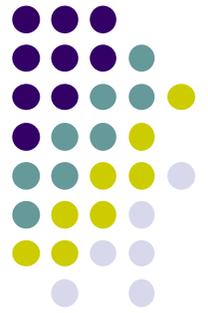
- Originalmente (Glover, 1996), explorava trajetórias que conectavam soluções elite (soluções de boa qualidade) obtidas durante a busca realizada pelo método Busca Tabu
- Pode ser aplicada em duas estratégias:
 - Pós-otimização entre todos os pares de soluções elite
 - Intensificação a cada ótimo local obtido após a fase de busca local (**considerada mais eficiente**)

Reconexão por Caminhos (*Path Relinking*)



- A lista de soluções elite é normalmente de tamanho fixo, tipicamente 5
- Critérios para entrar na lista:
 - Solução melhor que a melhor;
 - Solução melhor que a pior solução do conjunto elite e que diferencia em um certo percentual dos atributos das demais soluções elite
- O objetivo do segundo critério é evitar soluções muito “parecidas”
- Critério para sair da lista:
 - Sai da lista a solução de pior avaliação

Reconexão por Caminhos (*Path Relinking*)



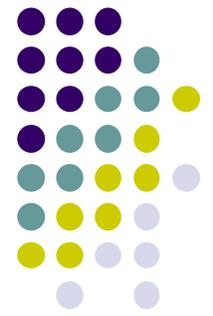
- Como avaliar a diversidade do conjunto de soluções elite? Isto é, como verificar se duas soluções não são muito parecidas?
 - Seja $ID(s_1, s_2)$ o índice de diversidade entre duas soluções elite
 - Seja ID_{min} o índice mínimo de diversidade requerido para que uma solução entre no conjunto elite
 - Uma solução s_k entra no conjunto elite se:
 - $ID(s_k, s_j) \geq ID_{min}$ para toda solução s_j do conjunto elite
 - Se ela tiver melhor avaliação do que a pior solução do conjunto elite

Reconexão por Caminhos (*Path Relinking*)



- Exemplo: Seja um PCV com 7 cidades
- Sejam s_1 e s_2 duas soluções quaisquer:
 - $s_1 = (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)$
 - $s_2 = (6, 3, 7, 4, 5, 2, 1)$
- Índice de diversidade entre s_1 e $s_2 = ID(s_1, s_2)$:
 - $ID_1(s_1, s_2) = (\text{\#posições diferentes})/(\text{\#total de posições})$
 - $ID_1(s_1, s_2) = 5 / 7 = 71,4\%$
 - $ID_2(s_1, s_2) = (\text{\#arestas diferentes})/(\text{\#total de arestas})$
 - $ID_2(s_1, s_2) = 5 / 7 = 71,4\%$
- Se o índice de diversidade mínima (ID_{\min}) = 0,30, então s_1 e s_2 **não são** muito parecidas nos dois índices de diversidade estabelecidos, pois:
 - $ID_1(s_1, s_2) = 0,714 > ID_{\min} = 0,30$ e $ID_2(s_1, s_2) = 0,667 > ID_{\min} = 0,30$

Reconexão por Caminhos (*Path Relinking*)

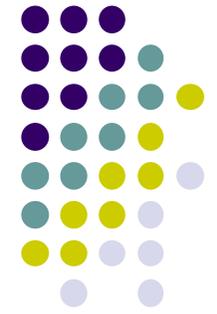


- Na estratégia de intensificação durante a busca local, aplica-se a reconexão aos pares (s_1, s_2) , onde s_1 é um ótimo local e s_2 uma solução elite.
- Tipos de Reconexão por Caminhos:
 - Progressiva (*forward path relinking*)
 - Regressiva (*backward path relinking*)
 - Bidirecional (*bidirectional path relinking*)
 - Truncada (*Truncated path relinking*)

Reconexão por Caminhos

(Path Relinking)

$$f(\sigma^*) = 100$$
$$f(\sigma_{elite}) = 90$$



$$\Delta = PR(\underbrace{\Delta_1}_{\text{scoreante}}, \underbrace{\Delta_2}_{\text{GUIA}}) = PR(\Delta_1, \Delta_{elite})$$

- Reconexão por Caminhos Progressiva (*forward*)

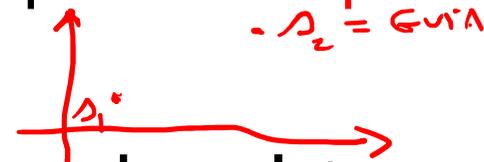
- Caminha de uma solução **pior** para uma solução **melhor**



- Reconexão por Caminhos Regressiva (*backward*)

- Caminha de uma solução **melhor** para uma **pior**

- É considerada mais eficiente



- Reconexão por Caminhos Bidirecional (*bidirectional*)

- Faz os dois percursos

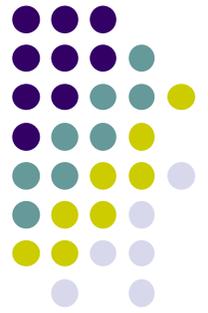


- Reconexão por Caminhos Truncada (*truncated*)

- Não completa o percurso. O procedimento é interrompido após um certo número de iterações ✓

ISABEL
ROUSSET

Multi-Start com Path Relinking



- Apresentamos a seguir uma implementação do procedimento *Path Relinking* (PR) como uma estratégia de intensificação aplicada a cada ótimo local gerado pelo algoritmo *Multi-Start* a um problema de minimização
- No algoritmo apresentado, a estratégia PR é aplicada apenas do ótimo local a **UMA** das soluções do *pool* de soluções elite escolhida aleatoriamente
- Implementações mais eficientes aplicam a estratégia PR apenas periodicamente

Multi-Start com Path Relinking



```
f* ← ∞;
iter ← 0; MelhorIter ← Iter; Pool ← {};
enquanto ( iter - melhorIter < MSmax ) faça
    iter ← iter + 1;
    s ← ConstruaSolucao();
    s' ← BuscaLocal(s);
    se (Pool não está completo)
        então Pool ← Pool ∪ {s'};
        senão
            Seja spool uma solução qualquer do Pool;
            Se ID(s', spool) ≥ IDmin então
                s' ← PR(spool, s');
                AtualizePool(Pool, s');
            fim-se
        fim-se
    se ( f(s') < f* ) então
        s* ← s'; f* ← f(s'); melhorIter ← iter;
    fim-se
fim-enquanto
s ← s*;
Retorne s;
```