

PROBLEMA DE ROTEAMENTO DE VEÍCULOS COM JANELA DE TEMPO



UNIFAL - MG

Edgar Fonseca FRANCO Jr. (Orientado)
Flávio Alves de CARVALHO (Orientado)
Humberto C. B. de OLIVEIRA (Orientador)



UFMG

Humberto C. B. de OLIVEIRA (Orientador)
Geraldo Robson MATEUS (Orientador)

INTRODUÇÃO

PRVJT é um campo da otimização combinatória.

Aplicações práticas em problemas reais.

Objetivo do trabalho:

Construção de algoritmos de geração heurística de colunas para minimização de distância do PRVJT.

O PRV foi inicialmente proposto por [G. B. Dantzig e J. H. Ramser, 1959].

Características Básicas:

Conjunto de consumidores com demanda específica.

Número determinado de veículos.

Um depósito central, onde se inicia e termina cada uma das rotas.

Problema de Roteamento de Veículos com Janela de Tempo (PRVJT)

O PRVJT é derivado do PRV.

Clássica fonte de desenvolvimento no campo da otimização combinatória.

Implementações fundamentadas em formulações matemáticas, geração heurística de colunas entre outros métodos.

Problema de Roteamento de Veículos com Janela de Tempo (PRVJT)

Área específica do PRV.

Cenário:

Conjunto de tamanho M de veículos cujo objetivo é realizar entregas em N consumidores organizados em diferentes agrupamentos.

Os consumidores são vértices de um grafo, juntamente com o vértice específico do depósito central.

Restrições:

Demanda de cada consumidor.

Janela de tempo de atendimento $\rightarrow [a_i, b_i]$.

Cada consumidor é atendido por um único veículo durante uma solução.

PUSH-FORWARD INSERTION HEURISTIC

Algoritmo proposto por Marius Solomon.

Características:

Consiste na ordenação dos consumidores de acordo com uma fórmula de custo (C_i).

Fórmula: possibilita um melhor aproveitamento da inserção destes consumidores nas rotas da solução.

Algoritmo determinístico -> dada uma situação sempre apresenta mesma solução.

Vantagem:

Formulação permite aproximação de um contexto real.

Se utilizam dados dos consumidores relacionados com o depósito central.

PUSH-FORWARD INSERTION HEURISTIC

Fórmula de Custo (C_i):

$$C_i = -\alpha \cdot d_{0i} + \beta \cdot l_i + \gamma \cdot \left[\left(\frac{p_i}{360} \right) d_{0i} \right]$$

Onde:

$$\alpha = 0,7 \qquad \beta = 0,1 \qquad \gamma = 0,2$$

d_{0i} = distância do depósito central ao consumidor i .

l_i = limite superior da janela de tempo de chegada ao consumidor i .

p_i = ângulo da coordenada.

PUSH-FORWARD INSERTION HEURISTIC

Funcionamento:

Após a ordenação dos consumidores, estes são inseridos seqüencialmente em rotas válidas.

Caso não seja possível inserir-los nas rotas existentes, por causa da janela de tempo do consumidor e/ou da capacidade do veículo, é criada uma nova rota para alocar-lo.

O consumidor é inserido na menor alteração da distancia total.

PUSH-FORWARD INSERTION HEURISTIC

Utilização:

Por ser um algoritmo determinístico, isto é, sempre apresenta a mesma solução.

É utilizado, neste trabalho, o PFIH sem a fórmula de custo (C_i), ordenando os consumidores randomicamente e os inserindo da mesma forma.

Onde aliada ao uso de metaheurísticas induz a geração de resultados melhor qualidade.

O GRASP é uma metaheurística que consiste basicamente em:

- Gerar uma solução inicial.
- Efetuar melhorias (com métodos de geração aleatória, como busca local) para encontrar uma solução de melhor qualidade.

Algoritmo:

ENQUANTO (condição de parada), FAÇA
 solução = crie randomicamente uma solução de forma
 construtiva;
 solução = busca local (solução);
 SE é a melhor solução até então conhecida ENTÃO
 grave(solução);
 FIM SE
FIM ENQUANTO

Operadores de Vizinhança para PRVJT (Busca Local)

Uso de 5 operadores.

Construções combinatórias que elegem conjuntos de rotas mais prósperas e as insere em uma solução viável.

Os quatro primeiros operadores $\rightarrow$ complexidade $O(1)$. Apenas realizam a busca de uma solução vizinha a uma solução.

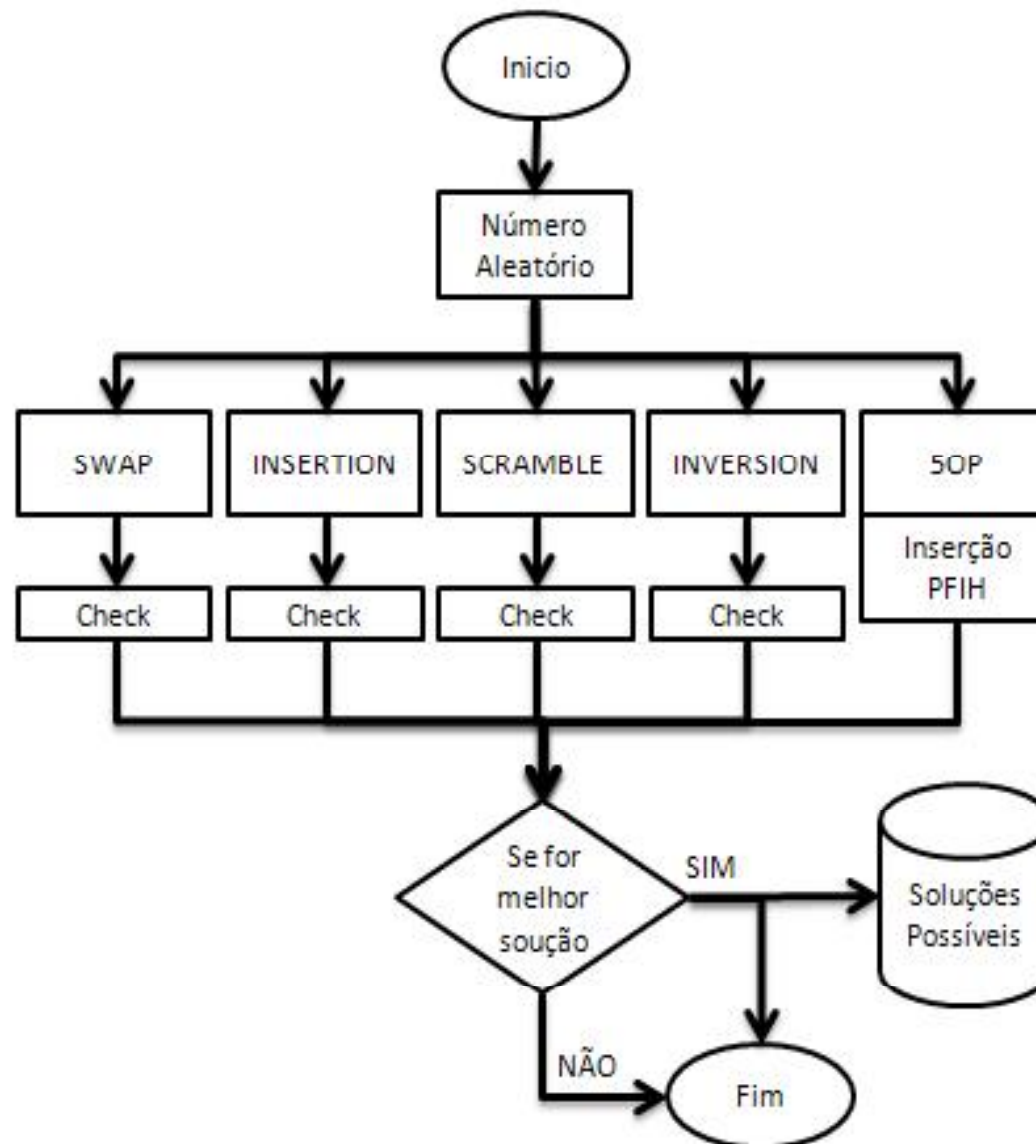
Funcionamento:

Se seleciona uma rota ou um conjunto de rotas aleatórias para que se obtenha um número maior de rotas viáveis nas soluções.

Caso viole alguma restrição do PRVJT ou não otimize o valor da distância atual, a nova solução é descartada.

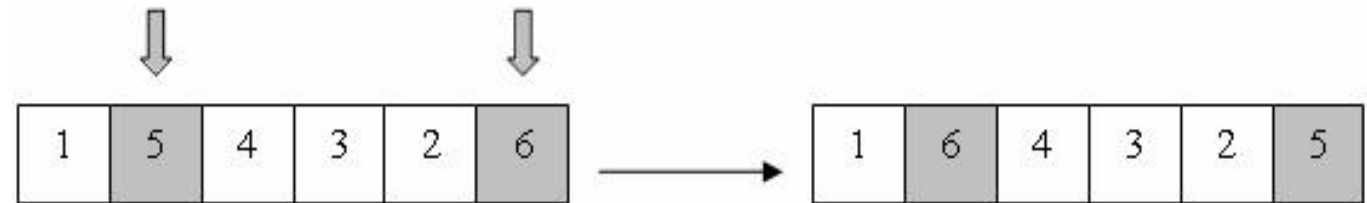
Operadores de Vizinhança para PRVJT (Busca Local)

Fluxograma da execução dos 5 operadores

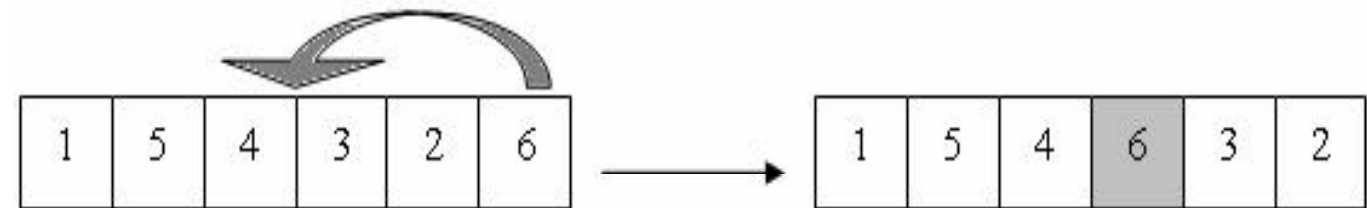


Operadores de Vizinhaça para PRVJT (Busca Local)

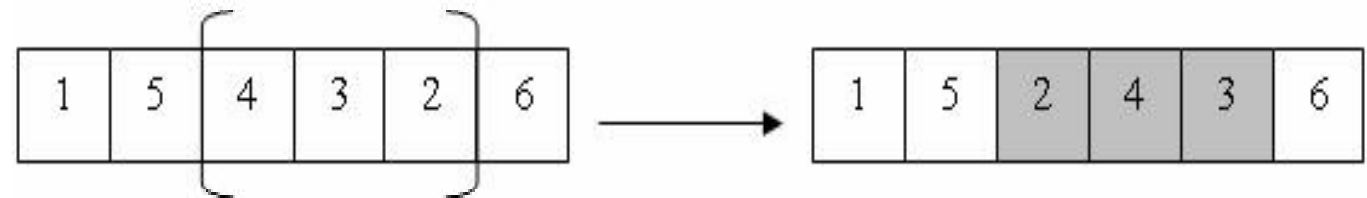
SWAP



INSERTION



SCRAMBLE



INVERSION



Quinto Operador (OP5)

Atua de forma heurística.

Possui complexidade $O(n^2)$.

Implementa o método PFIH.

Funcionamento:

No início da execução, m consumidores são retirados de cada rota de uma solução y , sendo m diferente em cada rota r seguindo o critério de aleatoriedade.

Após isso, é gerada uma nova solução ainda inválida h que recebe os consumidores retirados de y seguindo o método PFIH até que se forme uma solução completa para o PRVJT.

Quinto Operador (OP5)

Vantagem:

Não há necessidade de verificação da quebra de restrições, pois utiliza o PFIH que gera apenas rotas válidas para o PRVJT.

Mecanismos heurísticos de escolha da melhor posição de inserção do consumidor em h , permitem a otimização quanto ao tempo de busca no PRVJT.

Subida na Encosta (SE)

Método de busca local através de um procedimento de melhoria iterativa.

Funcionamento:

SE aplica sua estratégia a partir de uma solução candidata y inicial no espaço de busca.

A cada iteração um novo ponto y' escolhido na vizinhança de y é selecionado aplicando uma perturbação na solução atual.

Neste trabalho, após cada iteração dos cinco operadores, a subida na encosta é realizada .

A solução y gerenciada pela SE, é aquela gerada pela aplicação dos operadores, sendo escolhida a subida para o primeiro melhor vizinho encontrado na busca.

GERAÇÃO HEURÍSTICA DE COLUNAS

Todas as possíveis rotas das soluções geradas pelo GRASP Evolutivo são armazenadas.

Estas rotas são utilizadas por um Pacote Matemático que Resolve Problemas Lineares.

O Pacote tenta melhorar a solução, até então encontrada, usando a combinações das rotas armazenadas desde que a nova solução tenha todos os consumidores do problema.

GRASP EVOLUTIVO

Metamodelo do GRASP com melhorias na Busca Local, associado à Geração Heurística de Colunas.

GRASP é um sistema de ordenação da utilização dos métodos heurísticos.

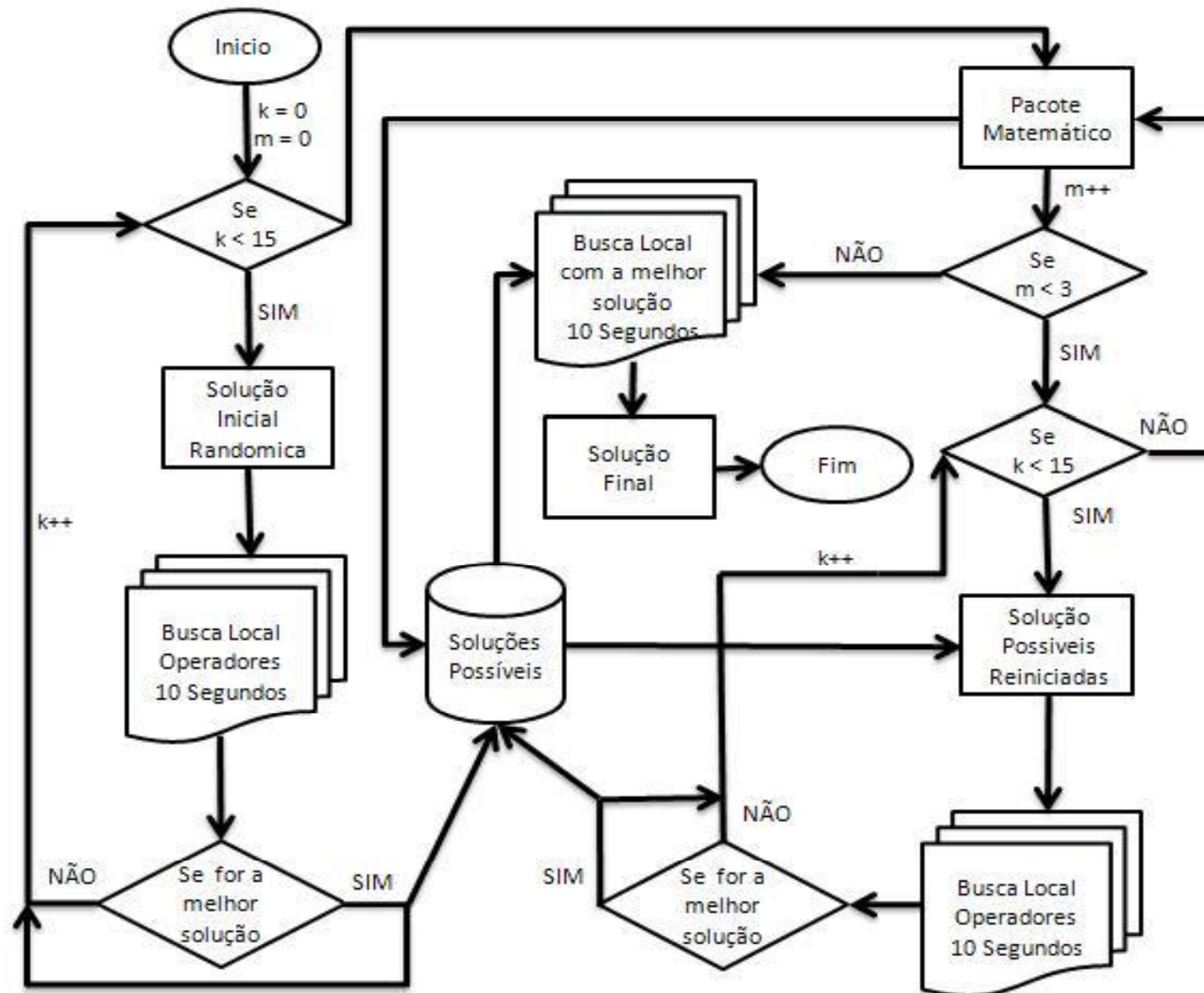
Podendo este ser calibrado e modificado (repetições e execuções).

Implementação:

Pacote matemático + busca local.

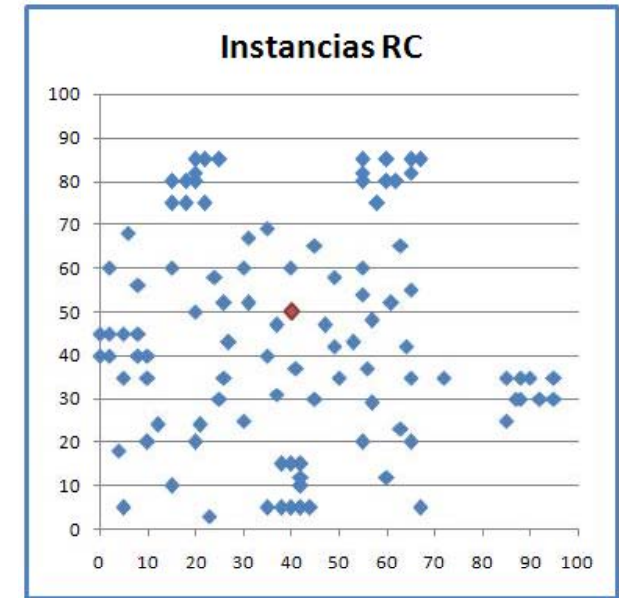
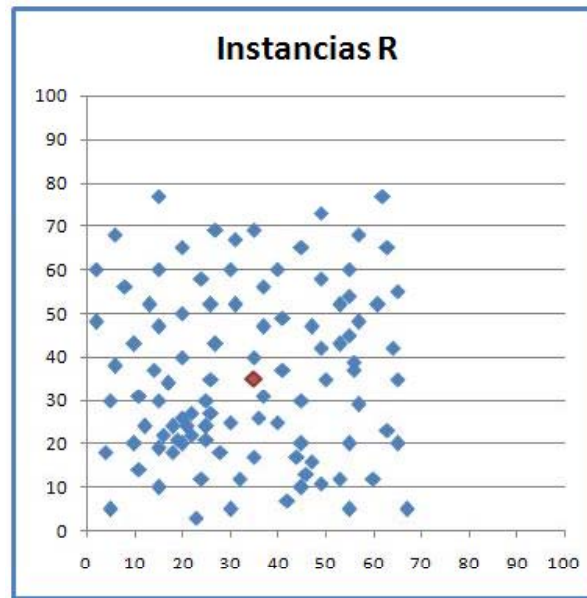
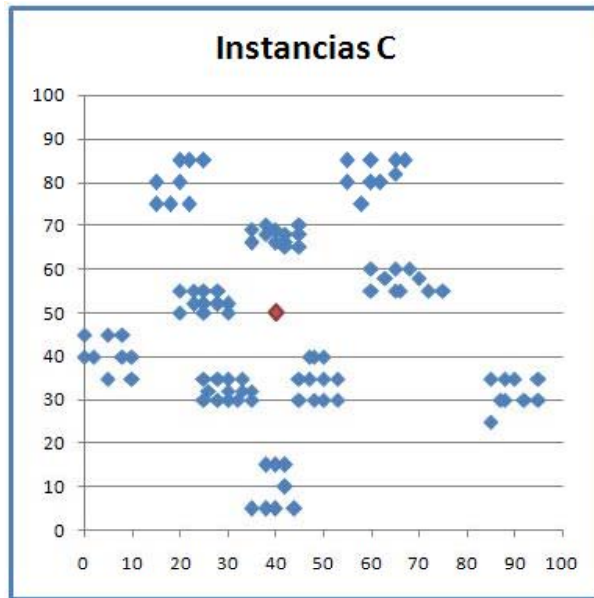
GRASP EVOLUTIVO

Fluxograma GRASP Evolutivo



CLASSES DE INSTÂNCIAS

As instâncias são divididas em três classes.



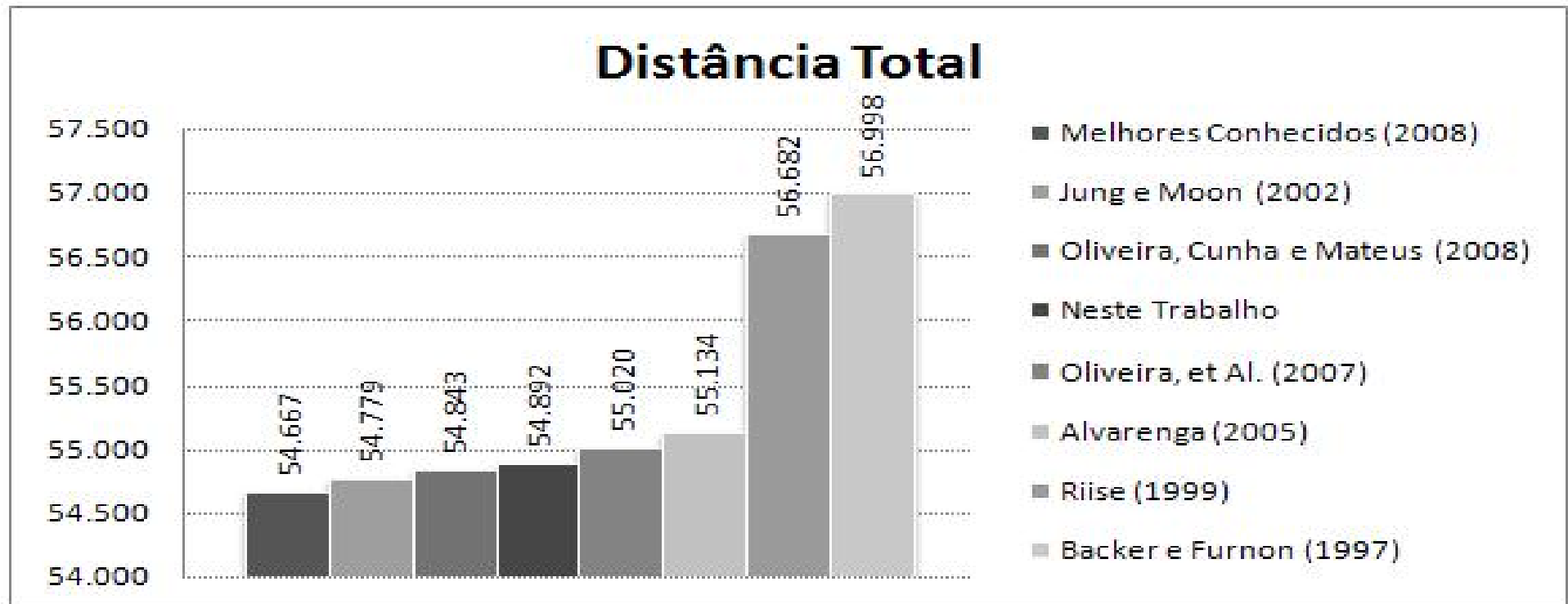
e dois grupos cada:
C1 e C2; R1 e R2; RC1 e RC2.

RESULTADOS

Testes feitos com base nas instâncias de Solomon.

Total de 56 instâncias com 100 consumidores cada.

Tabela de comparação com distância total de outros trabalhos da literatura.



TRABALHOS FUTUROS

Objetivos Futuros:

- Desenvolver novos operadores;
- Mudar os parâmetros das variáveis de controle;
- Implementar paralelamente um sistema que consiga em primeiro plano fazer a minimização do número de veículos seguido da distância total.