

Hibridización de Programación por Restricciones y Metaheurísticas Paralelas para el Escalonamiento Integrado de Vehículos y Tripulación

Instituto de Computación – UNICAMP
GOA – Grupo de Optimización Aplicada

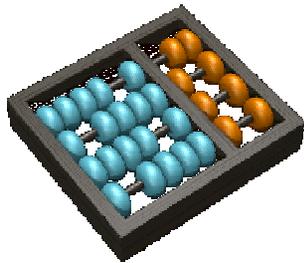
Autores:

André Augusto Ciré

Tony Minoru Tamura Lopes

Orientador:

Arnaldo Vieira Moura



UNICAMP

Tópicos de la Presentación

- Introducción al Problema
- Abordajes Anteriores
- Modelo Propuesto
- Resultados
- Consideraciones Finales
- Dudas

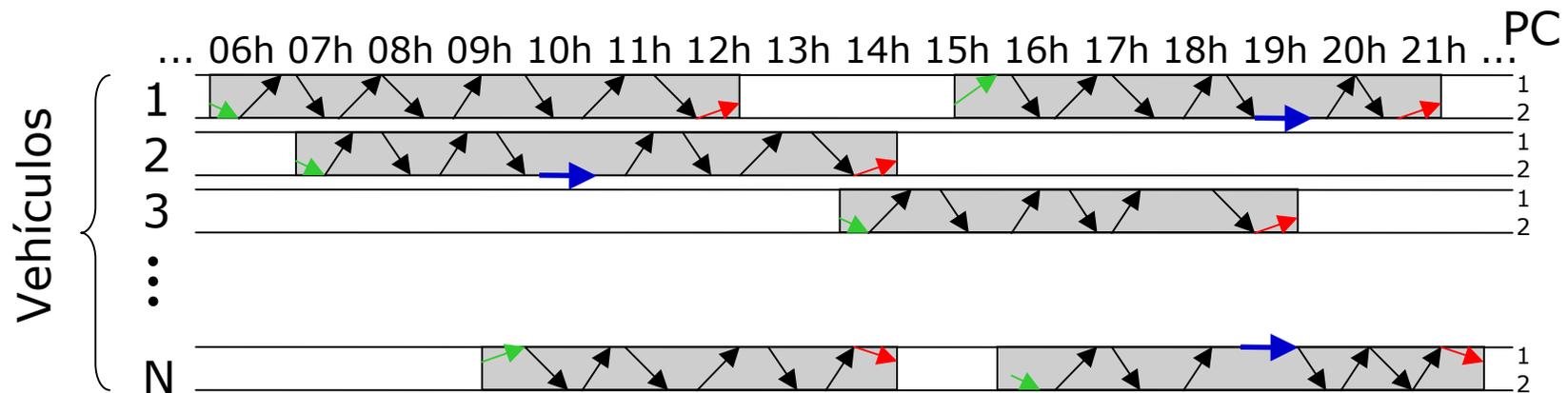
Introducción al Problema

- Planificación del Transporte Colectivo
 - Altos costes operacionales
 - Flota en São Paulo: 9 mil Colectivos*
 - Problemas en la calidad del servicio
 - Programación de las líneas aún es generalmente **manual**

* Fuente: Asociación Nacional de los Transportes (ANTP) Brasil

Descripción del Problema

- *El Problema de Programación de Viajes (PPV)*
 - *Programación* diario.
 - Una línea con dos terminales (o *PC's*).
 - Creación de la Tabla de Horarios de Partida de los Viajes
 - Escalonamiento de la Flota y Tripulación (*scheduling*).



Descripción del Problema

□ Restricciones

- Acuerdos sindicales y leyes laborales
 - Descanso de conductores, límite de horas-extras y otros
- Restricciones sobre la flota
 - Apilamiento, número máximo de colectivos por línea
- Atención de la demanda

□ Objetivos

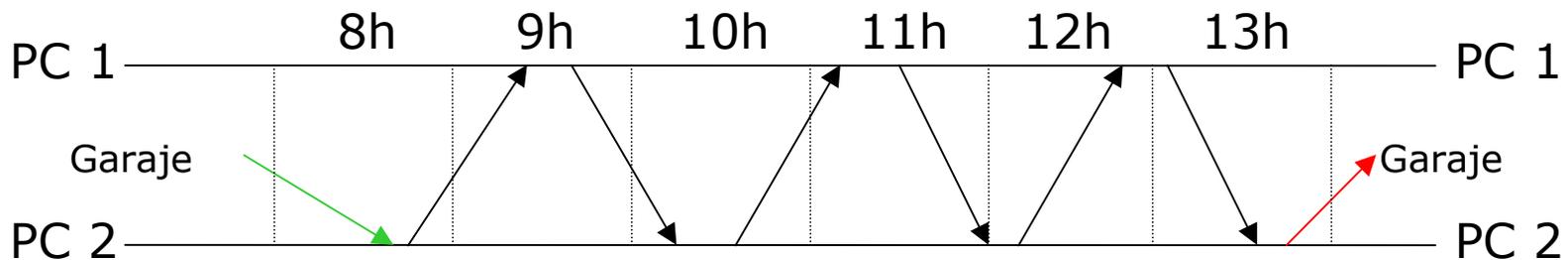
- Minimizar los tiempos de espera entre viajes
- Reducir el uso de recursos
 - Número de colectivos, conductores y total de horas-extras.

Abordajes Anteriores

- Secuenciales
 - Fases distinguidas de escalonamiento
 - Priorización de ciertas restricciones y objetivos
 - Puede resultar en soluciones inviables
- Integradas
 - Resolución simultánea
 - Soluciones de mejor calidad
 - Modelo extremadamente complejo

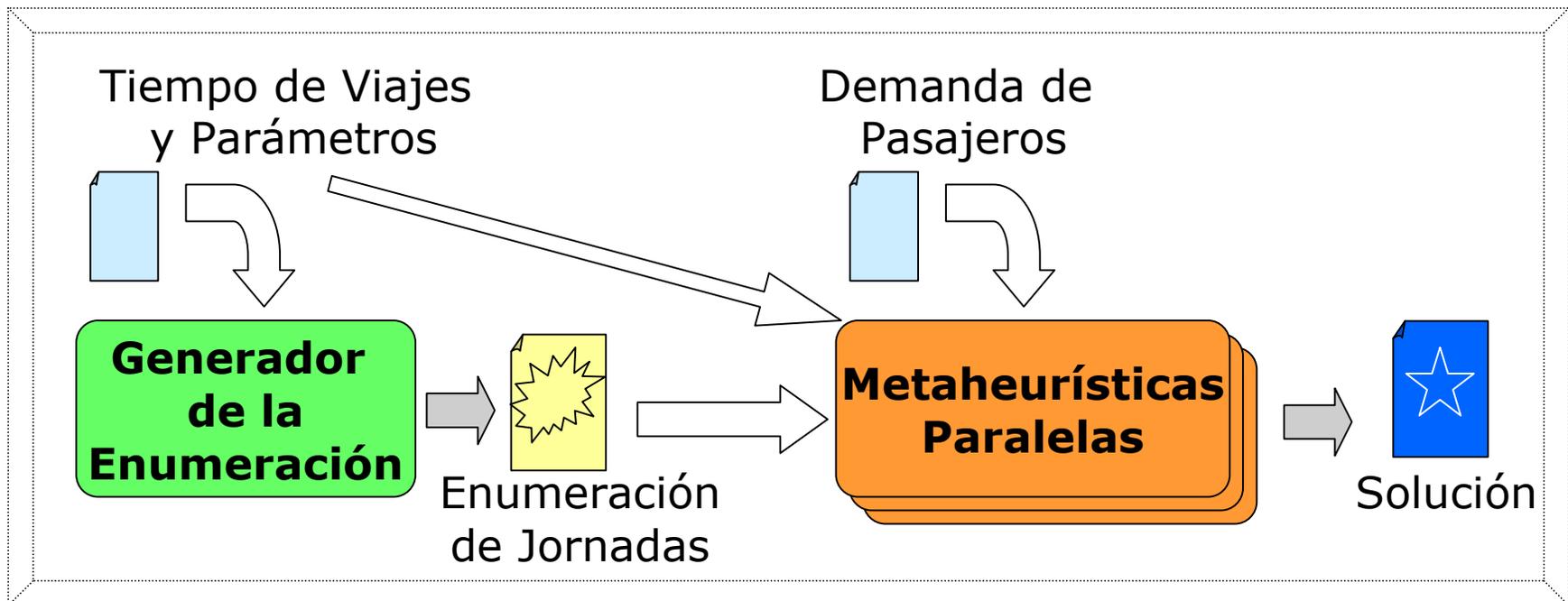
Modelo Propuesto

- Resolución Integrada
 - Sin *interlining* o *changeover*
- Elemento independiente: Jornada de Conductor
 - Compuesta por tareas de conductores
 - Restricciones no interfieren en otras jornadas
 - Se atribuye a un colectivo y conductor
- Solución
 - Conjunto de Jornadas



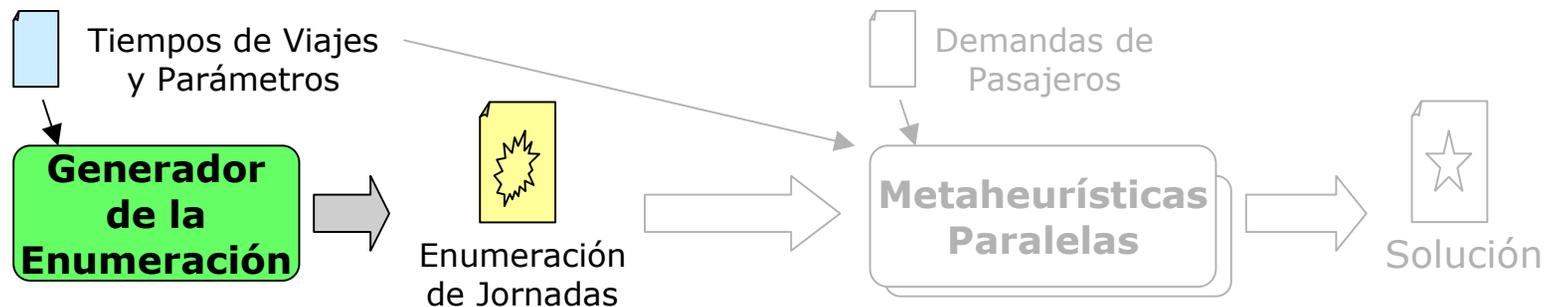
Modelo Propuesto

- *Enumeración de Jornadas*
- Cobertura de Conjuntos
 - Tamaño del espacio de soluciones:: $O(2^{50.000})$
- Metaheurísticas Paralelas



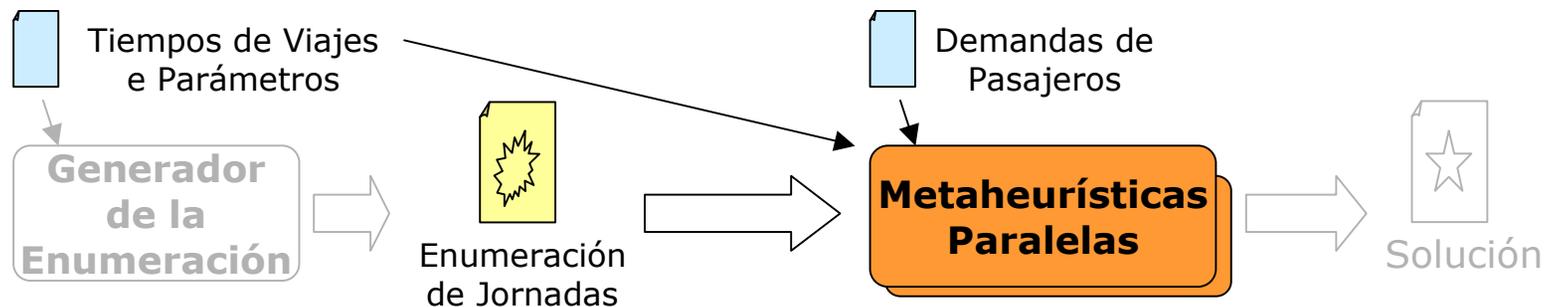
Enumeración de Jornadas

- Conjunto de jornadas factibles y interesantes
- Uso de *Programación por Restricciones*
 - Variables en intervalos enteros
 - Necesidad de múltiples soluciones
 - Fácil adición de nuevas restricciones
 - No hay función objetivo a optimizar



Algoritmo Genético Paralelizado

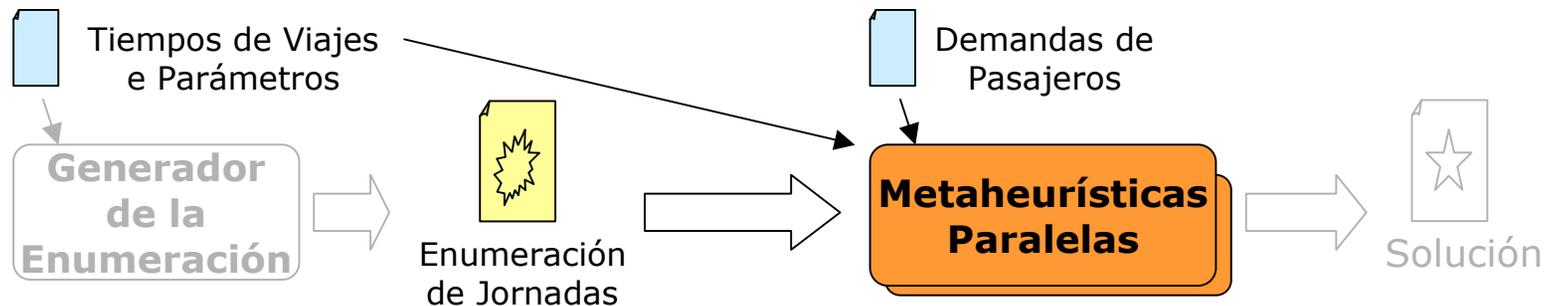
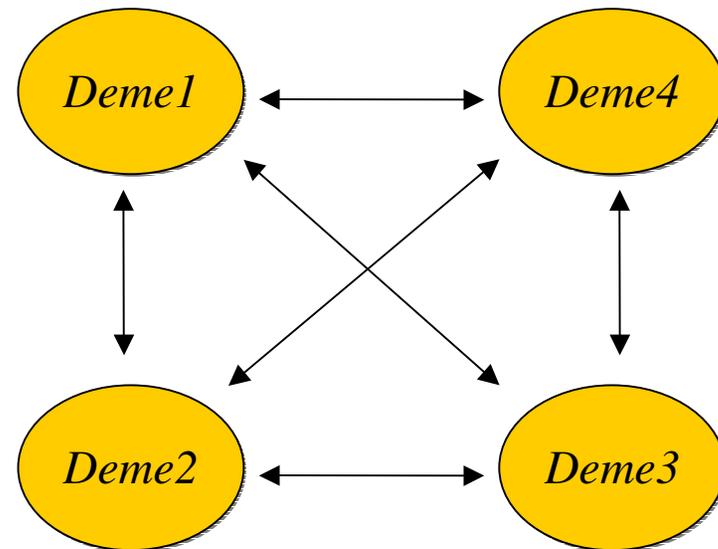
- *Gen*
 - Un colectivo con sus jornadas de conductores
- *Cromosoma*
 - Conjunto de colectivos de la solución
- *Selección Natural*
 - Torneos de k individuos
- *Recombinación (o Crossover)*
 - Uniforme: selección aleatoria entre jornadas de los padres
- *Mutación*
 - Inclusión/Remoción aleatoria de jornadas de la Enumeración



Algoritmo Genético Paralelizado

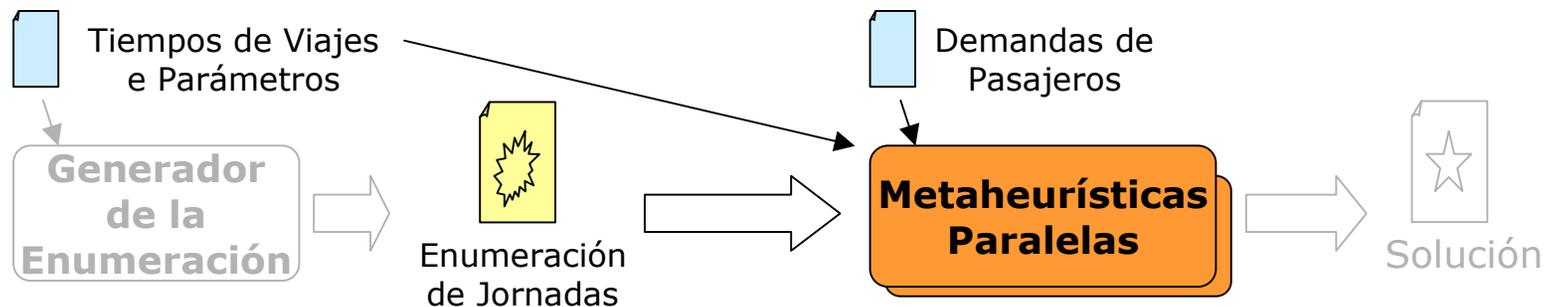
□ Paralelismo

- Subpoblaciones estáticas (*demes*)
- Asíncrono
- Operador de *Migración*
- Selector natural especial para inmigrantes



Búsqueda Tabú Paralelizada

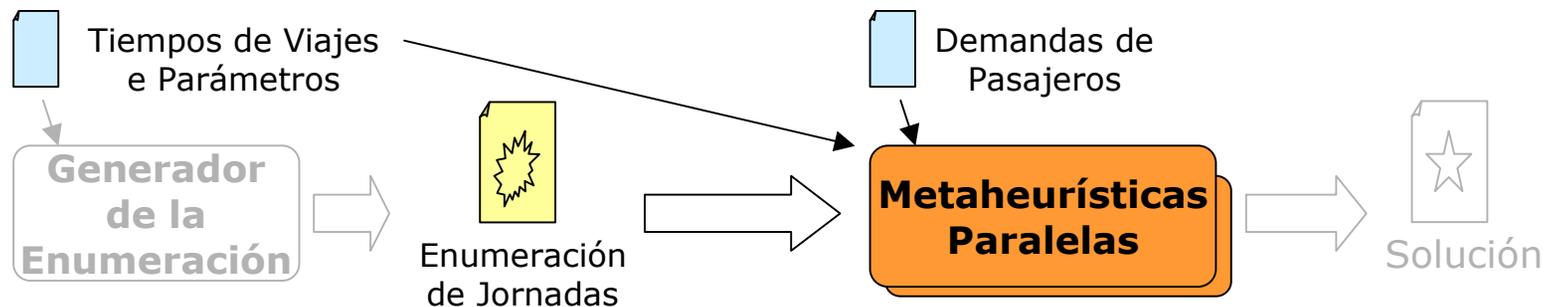
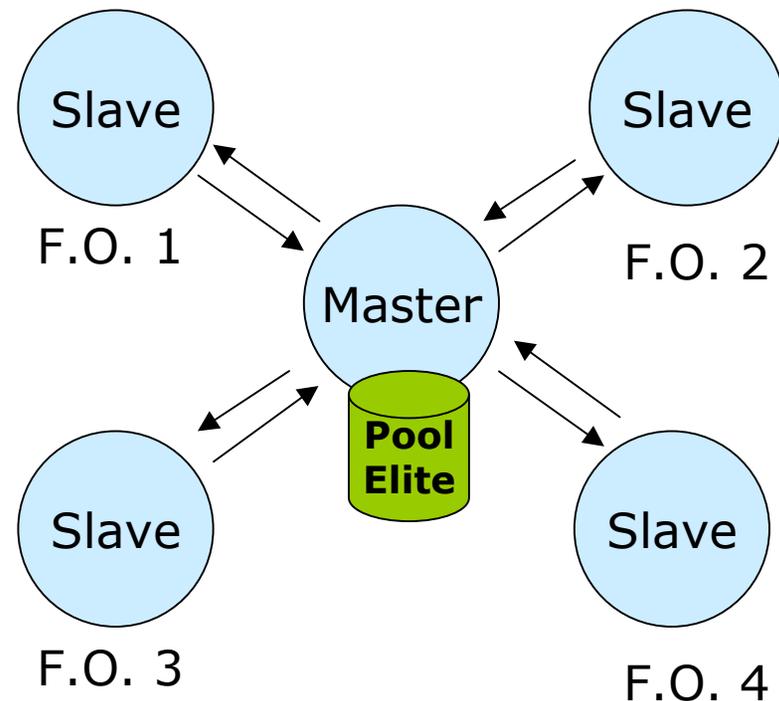
- Solución
 - Conjunto de colectivos con sus jornadas
- Movimientos y vecindad
 - Inserción / Remoción de jornadas
 - Cambio de jornadas entre colectivos
 - Cambio de jornadas de la Enumeración
- Lista Tabú
 - Atributo es una jornada envuelta en movimientos



Búsqueda Tabú Paralelizada

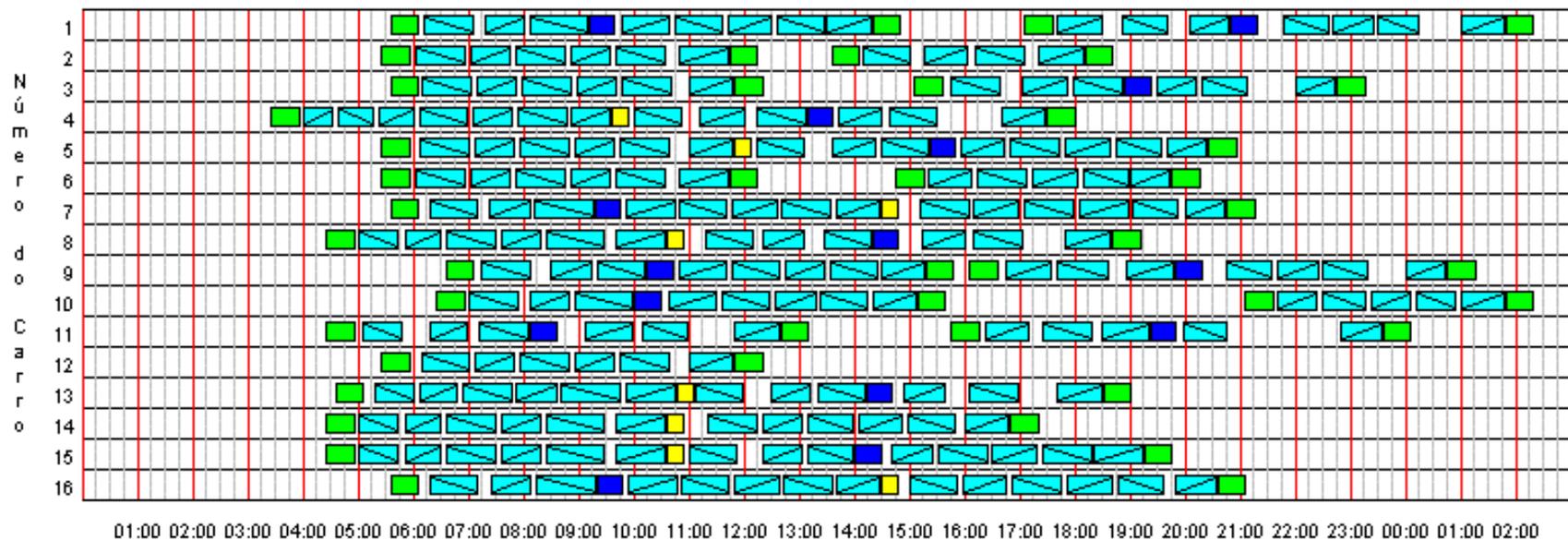
□ Paralelismo

- Asíncrono
- *Path Relinking*
- *Pool Elite*
- Distintas funciones objetivo
- Oscilación Estratégica Distribuida



Ejemplo de Escalonamiento

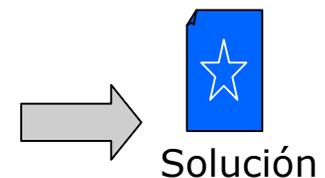
2280 Atividades por Carro



As atividades são representadas por retângulos. Diferentes atividades são representadas por cores e/ou linhas diagonais diferentes. O comprimento das figuras é proporcional à duração das atividades. O horário de início e término podem ser verificados através das linhas verticais, em vermelho de hora em hora e em cinza de 15 em 15 minutos.

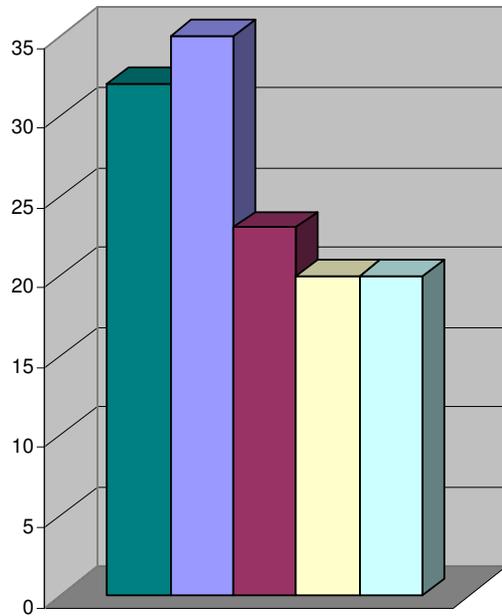
As diferentes figuras, com seus significados, estão abaixo :

- | | | |
|--|--|---|
|  Magem do PC1 para o PC1 (circular) |  Magem do PC1 para o PC2 |  Magem do PC2 para o PC1 |
|  Descanso |  Rendição |  Atividade selecionada |
|  Magem da Garagem para o PC |  Magem do PC para a Garagem | |

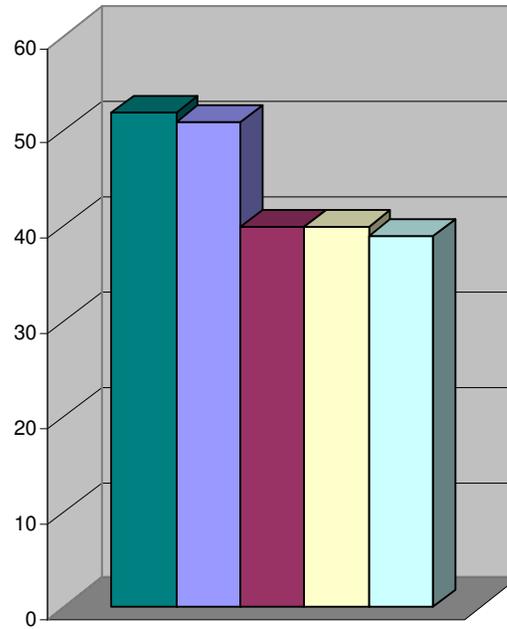


Resultados (Línea 702)

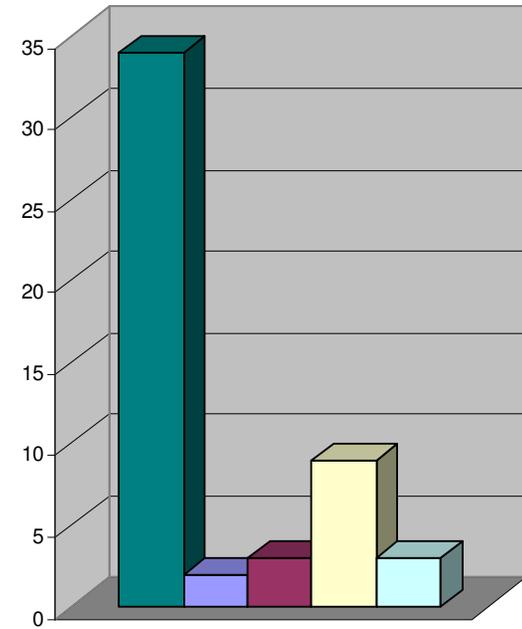
Número de Vehículos



Número de Conductores



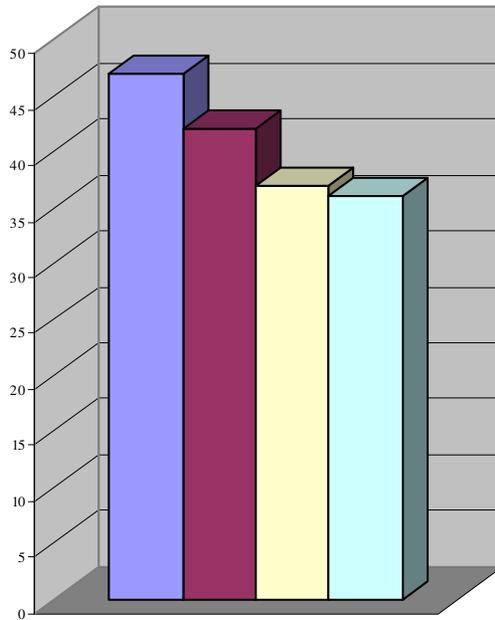
Total de Horas-Extras



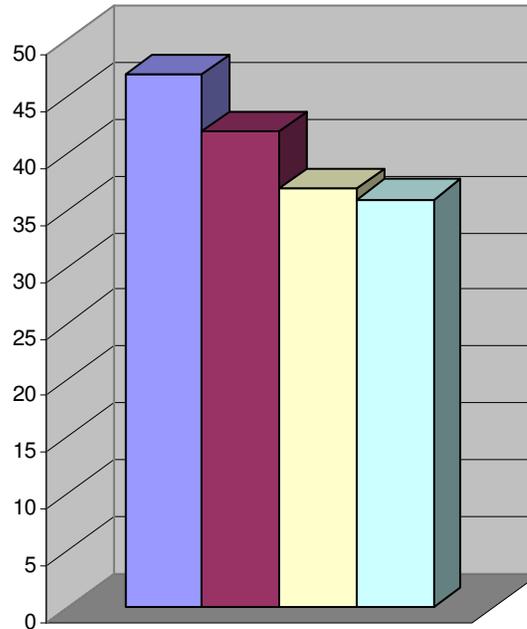
Manual PLI PR-PLI AGP BTP

Resultados (Línea 2210)

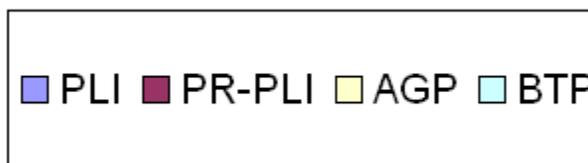
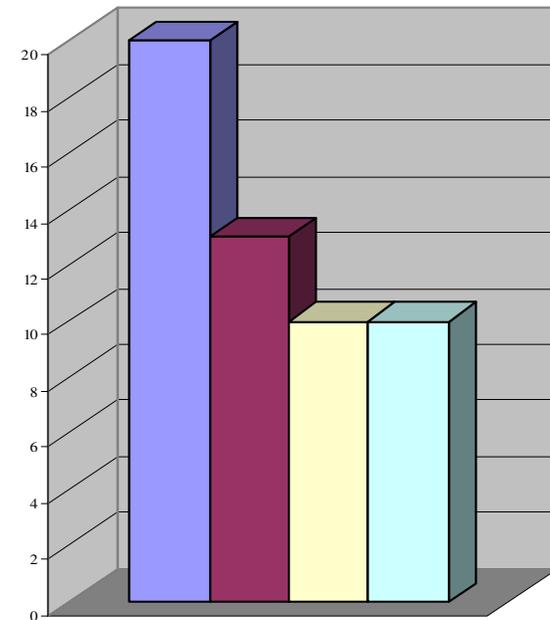
Número de Vehículos



Número de Conductores



Total de Horas-Extras



Resultados

- Reducción significativa de recursos
 - Número de colectivos, conductores y horas extras
- Mejorías sobre los trabajos anteriores
 - Disertaciones de Maestría
- Algoritmo extremadamente eficiente
 - Manual: *Días*
 - Prog. Linear / Prog. Restricciones: *Horas*
 - Abordaje propuesta: *Pocos Minutos*
- Buena distribución de los horarios de partida de los viajes.

Consideraciones Finales

- Fácil adaptación para distintas realidades
 - Cobertura de viajes pre-determinadas
- Trabajos Futuros
 - Modelo multiobjetivo
 - *Crew rostering*
- Presentación en el evento “INOVA Municipios”
 - Contactos con gestores públicos
- Agradecimientos
 - FAPESP
 - SOBRAPO
 - Instituto de Computación / UNICAMP