

Inteligência Artificial

Métodos de Pesquisa (*Search*) – Parte 1

Paulo Moura Oliveira

Departamento de Engenharias

Gabinete F2.15, ECT-1

UTAD

email: oliveira@utad.pt

Introdução

- ✓ A **pesquisa (ou busca)** faz parte da vida de todos nós. Quem já não procurou algo perdido?
- ✓ A pesquisa pode ser feita de uma forma sistemática.
- ✓ O tipo de métodos de pesquisa que estamos interessados neste curso são os associados à IA e aos sistemas inteligentes.

Uma forma clássica de classificar os métodos de pesquisa em IA é a seguinte:

- **Métodos não informados (*Blind Search*)** – não utilizam qualquer conhecimento do domínio.
- **Métodos informados**– podem utilizar informação (ou **heurística**) que ajude a guiar a pesquisa.

Introdução

Heurística*: Técnica que aumenta a eficiência do processo de pesquisa, possivelmente sacrificando a exaustão deste.

- As heurísticas são como guias turísticos:
 - ☆ São boas quando sugerem direções interessantes para continuar a pesquisa.
 - ☆ São más quando conduzem a becos sem saída.



* Nota: A palavra *heurística* vem do grego *heuriskein* que significa descobrir. Daí a famosa expressão *eureka* que vem de *heurika*.

Introdução

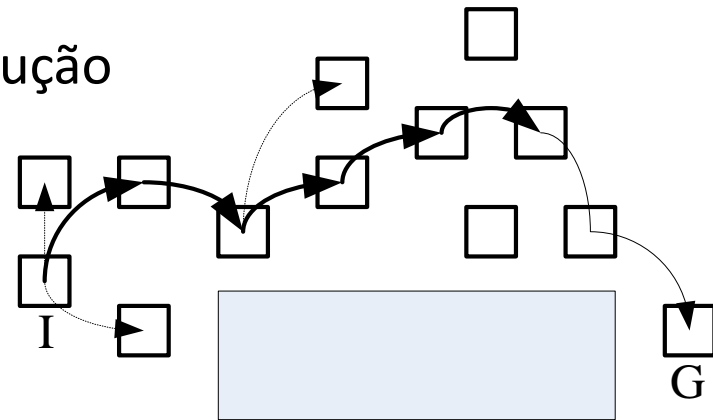
- ✓ Há muitas formas de definir pesquisa tais como:

Pesquisa: processo que permite procurar a solução de um problema num conjunto de possibilidades (espaço de estados).

- ✓ De uma forma geral as condições da pesquisa incluem:

- **Estado atual** (onde se está)
- **Estado Objetivo** (Goal), quando se atinge a solução
- **Custo** para obter a solução.

- ✓ Neste contexto, entende-se por **solução o percurso do estado atual (I) até ao estado objetivo (G).**



- ✓ Um **operador** define num dado instante quais as possíveis ações.
- ✓ O conjunto de estados para o qual é possível a movimentação a partir de um dado estado é muitas vezes chamada **vizinhança**.

Introdução

Espaço de Pesquisa: conjunto de todos os estados atingíveis a partir do estado inicial

- Em alguns problemas além de encontrar a solução, o **custo** da obtenção dessa solução também é importante, e.g.:
 - ☆ Número de movimentos utilizados para resolver um puzzle
 - ☆ Custo económico de uma operação financeira, etc.

➤ Exemplo: Puzzle de 8 peças

- **Estados**- Descrição de cada um das oito peças em cada posição que pode ocupar (inclui o espaço em branco)
- **Operadores**- O branco pode mover-se para a esquerda, direita, cima e baixo
- **Estado Objectivo**- O representado na figura
- **Custo do percurso**- N° de vezes que o branco se moveu.

| | | |
|---|---|---|
| 5 | 4 | |
| 6 | 1 | 8 |
| 7 | 3 | 2 |

Estado Inicial

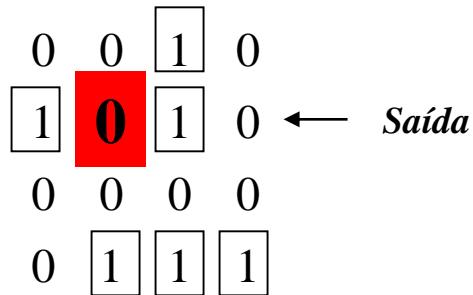
| | | |
|---|---|---|
| 1 | 4 | 7 |
| 2 | 5 | 8 |
| 3 | 6 | |

Estado Objectivo

Introdução

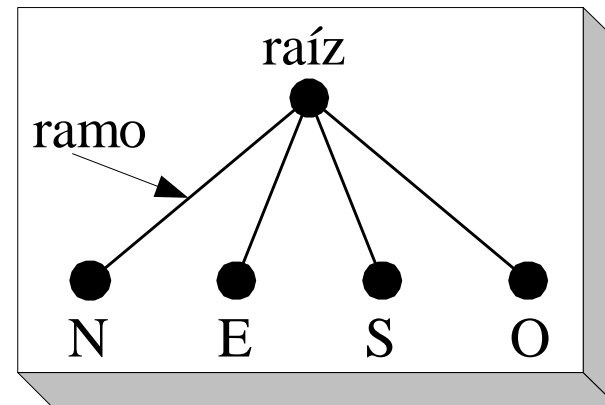
- ✓ Muitos dos métodos clássicos de pesquisa na IA são baseados na representação com árvores.

➤ **Exemplo:** Movimentação de um veículo autónomo (VA) que se pode deslocar uma distância fixa nas direções **N,S,E,O**:



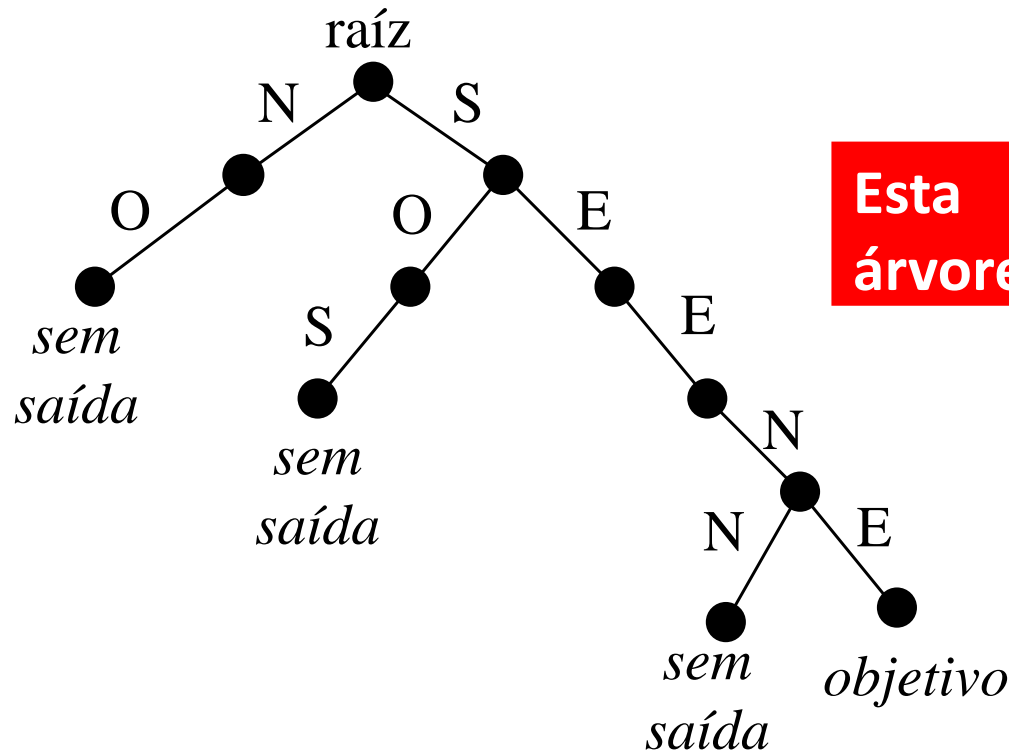
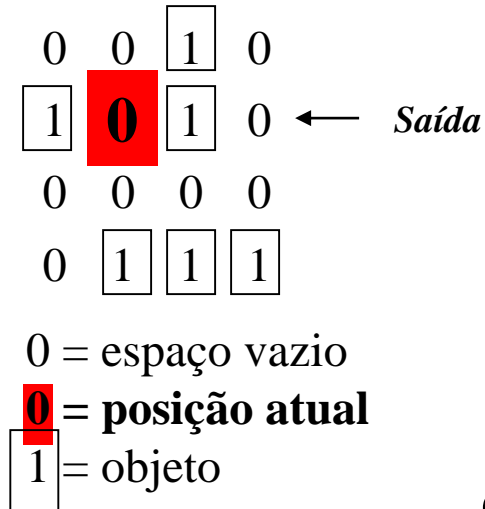
0 = espaço vazio
0 = posição atual
1 = objeto

- ✓ Objetivo: Programar o VA de forma a que passe pela saída.
- ✓ De onde quer que parta o VA tem de tomar uma decisão sobre qual a direção a seguir.



Introdução

- A figura seguinte mostra uma árvore completa, com todos os movimentos possíveis a partir da posição inicial indicada.



Esta pesquisa em árvore é exaustiva!

Introdução

✓ Notar:

Pesquisa Baseada em Árvores:

Em Largura Primeiro (Breadth-First Search)

Em Profundidade Primeiro (Depth-First Search)

Best-First Search (O Melhor Primeiro)

O Algoritmo A*

Serão alvo de um conjunto separado de diapositivos.

Introdução

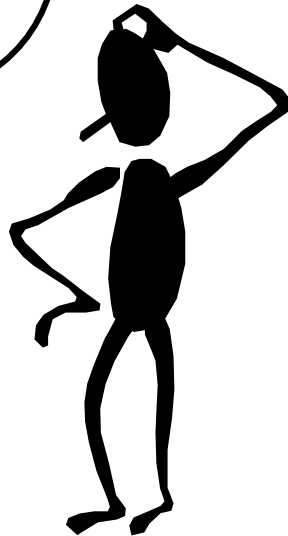
- Nos primeiros tempos da **Inteligência Artificial**, considerava-se que muitos problemas poderiam ser resolvidos pela consideração de todas as possibilidades rapidamente (e.g. Xadrez). Estes métodos foram apelidados de **Força Bruta**.
- Rapidamente se concluiu que os métodos de **pesquisa exaustiva** (por força Bruta) eram impraticáveis para muitos problemas práticos.
- Exemplo: Um controlador de um robô ou veículo autónomo que demore dez horas a prever uma colisão iminente não será muito prático...

Introdução

➤ Possível linha de pensamento:

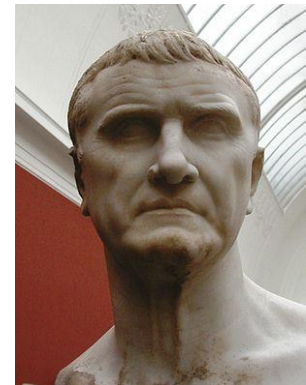
O avanço do poder computacional permitiu que muitos problemas computacionais possam ser resolvidos por métodos de força bruta.

Assim, é só uma questão de tempo até que qualquer problema computacional possa ser resolvido de forma exaustiva!



Erro Crasso !!

Marco Licínio **Crasso** : Extraído de
<https://pt.wikipedia.org/wiki/Crasso>
Acedido em 6-7-2018



Introdução

➤ **Exemplo:** Considere que:

1. Perdeu a chave numa casa. Como procederia para efetuar uma **busca**?
2. A chave pode estar perdida num bairro com 20 casas,
3. A chave pode estar perdida numa cidade,
4. A chave está perdida no universo.

O universo possui um conjunto infinito de locais

Um espaço de pesquisa infinito não pode ser pesquisado exhaustivamente por uma máquina finita (neste caso um computador).

Introdução

Pesquisa Exaustiva

Todo o espaço de pesquisa é examinado.

Pesquisa Heurística

Algumas heurísticas ou conhecimento adquirido por experiência são utilizados para restringir o espaço de pesquisa a um espaço mais pequeno.

Técnicas utilizando heurísticas modernas vão ser abordadas neste curso.

Introdução

- ✓ Assim, alguns das técnicas de pesquisa que vamos ver neste curso, são baseados em:

Métodos Aleatórios

Decisões Probabilísticas

Meta-heurísticas de inspiração natural e biológica:

- *Simulated Annealing*
- *Algoritmos Genéticos (Genetic Algorithms)*
- *Algoritmo de Otimização por Enxame de Partículas (Particle Swarm Optimization Algorithm, PSO)*

Introdução: Otimização

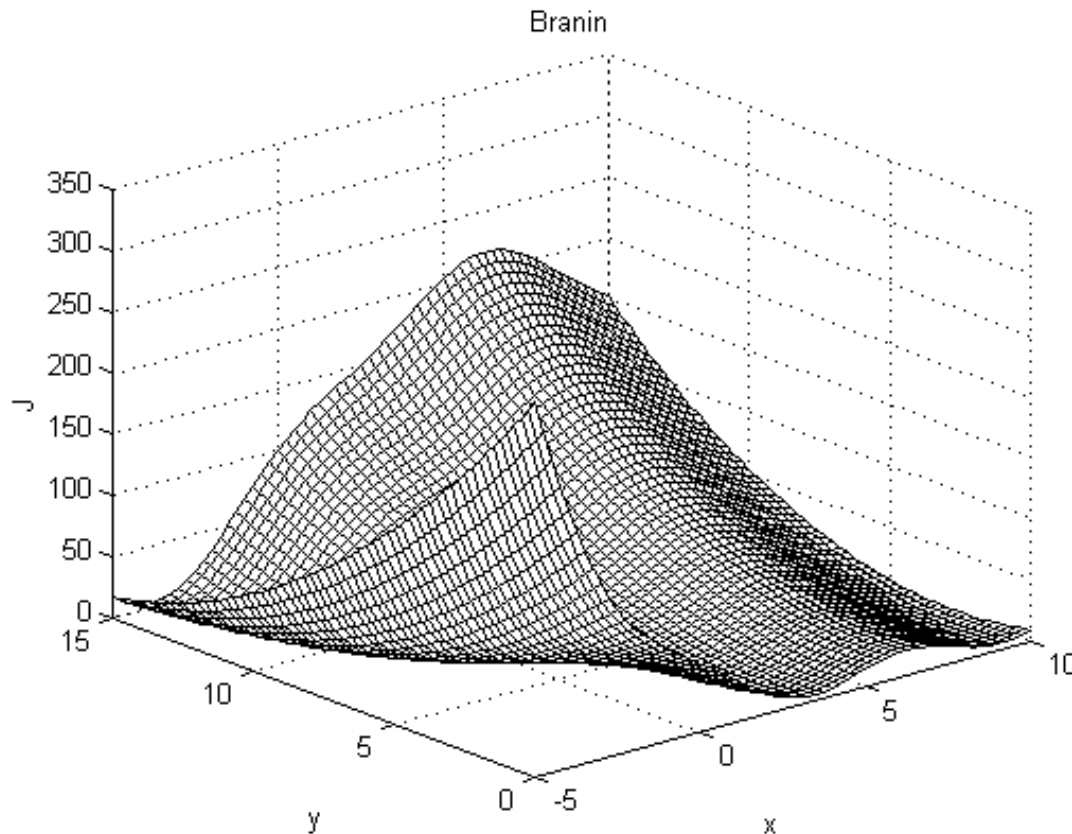
- ✓ Os métodos de pesquisa andam de “mão dada” com a otimização. Muitos problemas de otimização precisam de utilizar métodos de pesquisa.

"O homem à procura da perfeição encontra uma expressão desta na **Teoria da Otimização**. Estuda como descrever e atingir o que é *Melhor*, assim que se sabe como medir o que é *Bom* ou *Mau*.... A Teoria da Otimização incorpora o estudo quantitativo dos *ótima* e dos *métodos utilizados* para os encontrar."

- O mais importante objetivo da otimização é obter melhorias. Se neste processo de melhoramento se consegue atingir o ótimo, então isto é “ótimo” !!!

Introdução: Otimização

✓ Assim convém rever alguns conceitos:



✗ Soluções

✗ Função Objectivo

✗ Maximização/ Minimização

✗ Espaço de pesquisa

✗ Restrições

✗ Soluções viáveis e óptimas

Introdução: Otimização

Função Objetivo (*Objective Function*):

Função de Maximização (Max) ou Minimização (Min) tendo como argumento variáveis de decisão

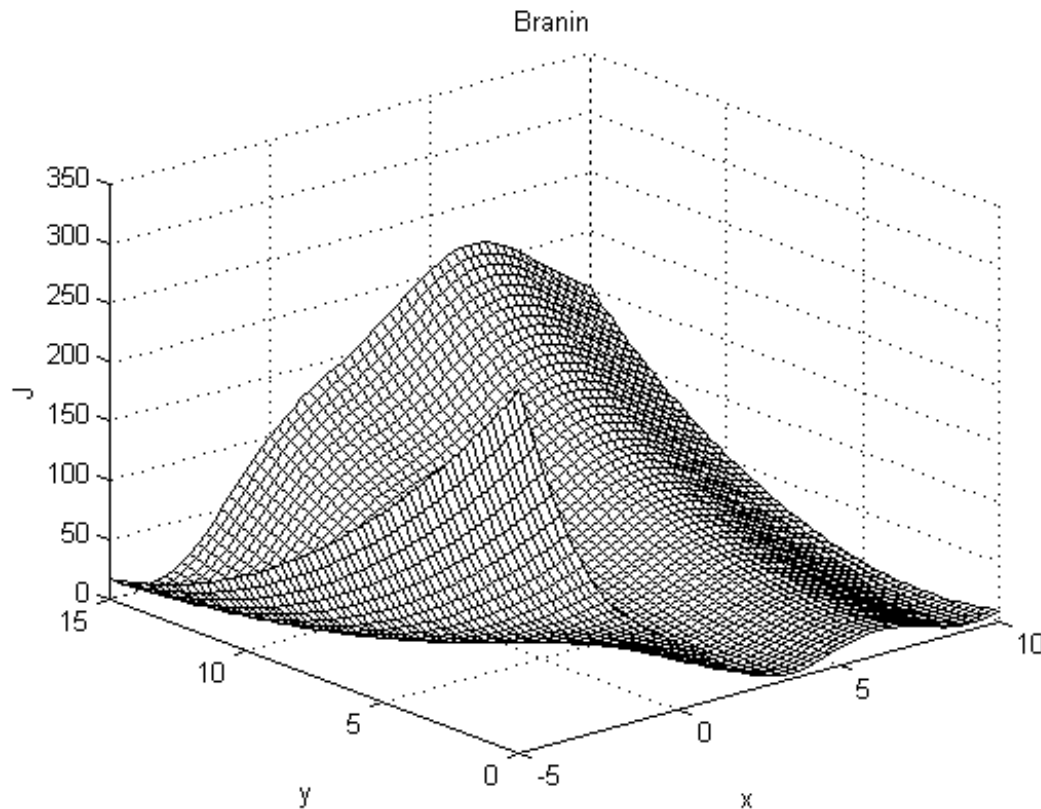
sujeita a restrições ($=, <, >, \leq, \geq$), que também podem ser funções.

Espaço de Pesquisa (*Search Space*):

Intervalos ou valores das variáveis de decisão que serão "procurados", durante a otimização.

Introdução: Otimização

A **solução** para um problema de otimização especifica os valores para as **variáveis de decisão**, e conseqüentemente o valor da função objetivo.



➤ Uma solução diz-se **viável** (*feasible*) se satisfaz todas as restrições.

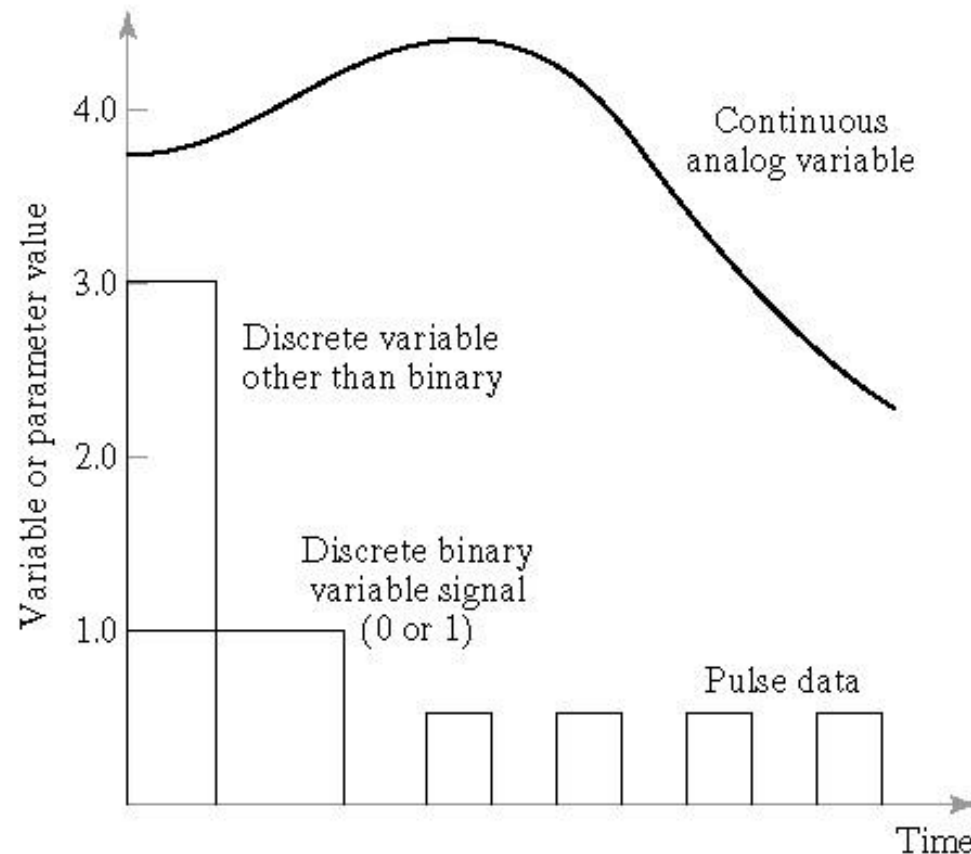
Uma solução **ótima** é viável e fornece o melhor valor para a função objetivo, (pode haver múltiplas soluções ótimas para um dado problema)

Introdução: Otimização

Contínuo *versus* Combinatório

Os problemas de otimização podem ser:

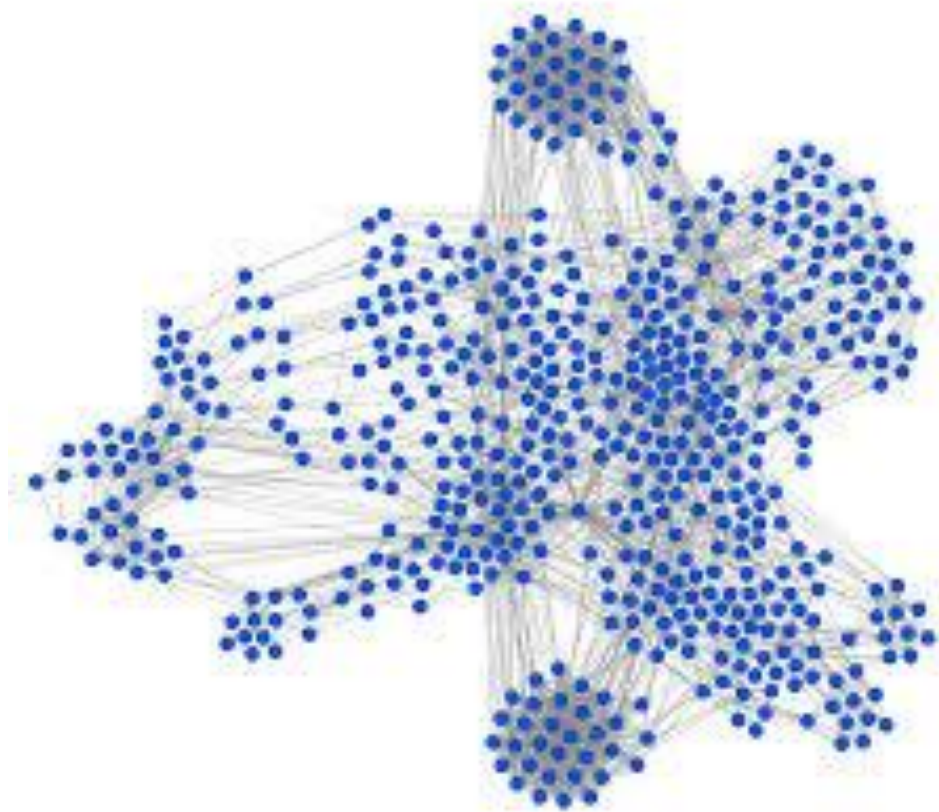
- **Contínuos:** possuem um número infinito de soluções viáveis.
- **Combinatórios:** possuem um número finito de soluções viáveis.



Introdução: Otimização

Contínuo *versus* Combinatório

Os problemas combinatórios são mais complexos na prática pois não dispõem de **informações de derivadas** e as **superfícies não são suaves**.



Introdução: Otimização

Restrições

- ✓ As restrições podem ser **Duras (*Hard*)** (têm de ser satisfeitas) ou **Suaves (*Soft*)** (é desejável que sejam satisfeitas)

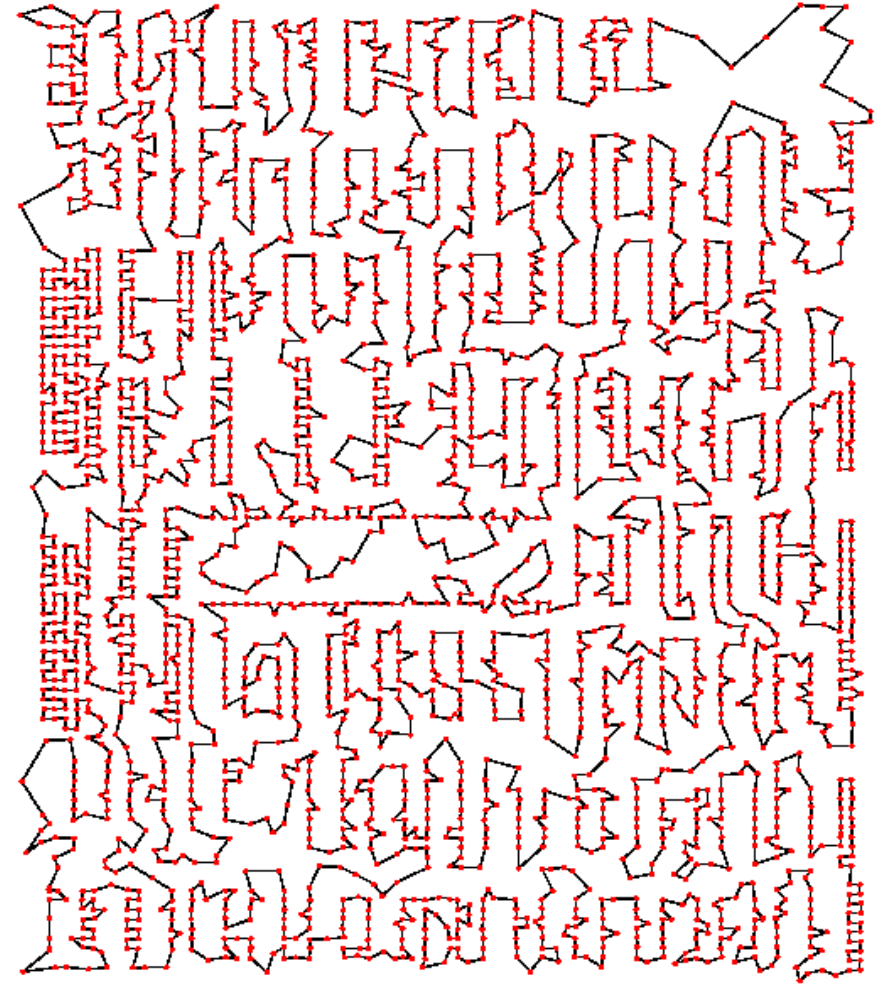
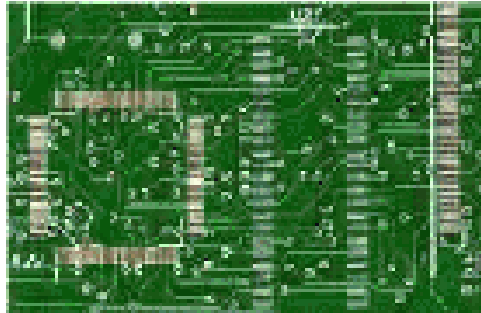
Exemplo: Na elaboração de horários uma restrição *hard* é não existirem sobreposições de turmas e uma restrição *soft* é que as aulas sejam depois da 10h.

- ✓ As restrições podem ser **Explícitas** (apresentadas no problemas) ou **Implícitas** (óbvias para o problema)

Exemplo: No problema do caixeiro viajante cada cidade uma restrição implícita é que cada cidade seja visitada só uma vez.

Introdução: Otimização

Aplicações Práticas



Introdução: Otimização

Simples

- Poucas Variáveis de Decisão
- Diferenciável
- Unimodal
- Objetivo fácil de calcular
- Sem restrições (ou c/ suaves)
- Viabilidade fácil de determinar
- Uni-objetivo
- Determinístico

Complexo

- Muitas Variáveis de Decisão
- Descontínua, combinatória
- Multimodal
- Objetivo difícil de calcular
- Seramente restringida
- Viabilidade difícil de determinar
- Multi-objectivo
- Estocástico