SIMULATED ANNEALING SA

- HEURÍSTICA
  ENCONTRAR MÍNIMO GLOBAL DE UMA FUNÇÃO GERAL USANDO PROCESSO DE BUSCA EM VIZINHANÇAS, CONTROLADO POR "TEMPERATURA".

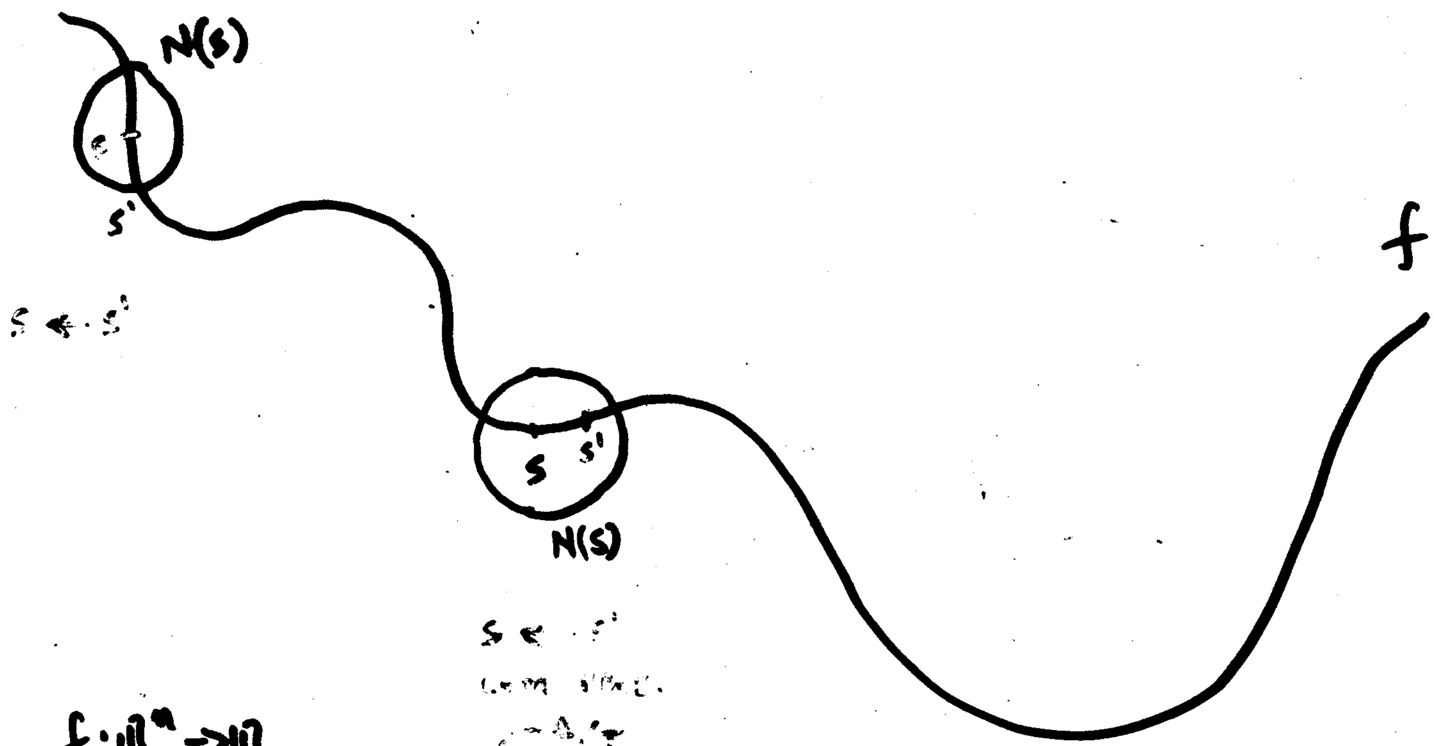
- ANALOGIA A SISTEMA FÍSICO
  "ANNEALING FÍSICO": ENCONTRAR ESTADOS DE BAIXA ENERGIA EM SÓLIDOS, INICIALMENTE FUNDINDO A SUBSTÂNCIA, E ENTÃO, BAIXANDO LENTAMENTE A TEMPERATURA, LEVANDO GRANDE TEMPO EM TEMPERATURAS PRÓXIMAS AO PONTO DE SOLIDIFICAÇÃO.

Ex.: PRODUÇÃO DE CRISTAIS

SE O RESFRIAMENTO FOR MUITO RÁPIDO OBTEM-SE VIDRO OU CRISTAL DE BAIXA QUALIDADE.

SISTEMA FÍSICO	PROBLEMA DE OTIMIZAÇÃO
ESTADO	SOLUÇÃO VIÁVEL
ENERGIA	CUSTO
ESTADO ESTACIONÁRIO	SOLUÇÃO ÓTIMA
RESFRIAMENTO RÁPIDO	BUSCA LOCAL
"ANNEALING" CUIDADOSO	SIMULATED ANNEALING

"TEMPERATURA" : T



$f: \mathbb{R}^n \to \mathbb{R}$

$\underbrace{x \in X}_{S}$

BUSCA LOCAL

1. TOME SOLUÇÃO INICIAL S
2. ENQUANTO ∃ VIZINHO NÃO TESTADO DE S FAÇA
   - 2.1. SEJA S' UM VIZINHO NÃO TESTADO DE S;
   - 2.2. SE CUSTO(S') < CUSTO(S), FAÇA $S \leftarrow S'$;
3. RETORNE S.

SIMULATED ANNEALING

1. TOME SOLUÇÃO INICIAL S
2. TOME TEMPERATURA INICIAL $T > 0$
3. ENQUANTO "ESTADO DE EQUILÍBRIO" NÃO FOR ALCANÇADO FAÇA
   - 3.1. EFETUE O SEGUINTE "LOOP" L VEZES
     - 3.1.1. TOME UM VIZINHO ALEATÓRIO S' DE S;
     - 3.1.2. SEJA $\Delta =$ CUSTO(S') - CUSTO(S);
     - 3.1.3. SE $\Delta \leq 0$ FAÇA $S \leftarrow S'$;
     - 3.1.4. SE $\Delta > 0$ FAÇA $S \leftarrow S'$ COM PROB. $e^{-\Delta/T}$;
   - 3.2. FAÇA $T \leftarrow$ red T (reduzir temperatura)
4. RETORNAR S.

DETALHES

ESPECÍFICOS DO PROBLEMA

1. O que é uma solução?
2. Quais são os vizinhos de uma solução?
3. Qual a função custo?
4. Como determinar solução inicial?

GENÉRICOS

1. Como determinar uma temperatura inicial?
2. Como determinar a razão de resfriamento?
3. Como determinar o comprimento da variação de temperatura L?
4. Como reconhecer quando o estado estacionário foi atingido?

EXEMPLOS

PARTICIONAMENTO DE GRAFOS

DADO GRAFO $G=(V,E)$

PARTICIONAR O CONJUNTO DOS VÉRTICES V EM DOIS SUBCONJUNTOS V_1 E V_2 TAL QUE O NÚMERO DE ARESTAS COM VÉRTICE EM V_1 E OUTRO EM V_2 SEJA MÍNIMO (E V_1 E V_2 SEJAM DE MESMO "TAMANHO").

- É NP-COMPLETO
- Aplicação: "Design" de circuito

- ESPAÇO DE SOLUÇÕES

PARTIÇÃO DE V EM V_1 E V_2 (PODENDO POSSUIR CARDINALIDADES DIFERENTES). (V_1, V_2)

- VIZINHANÇA E MOVIMENTO

TROCA DE VÉRTICE ESCOLHIDO ALEATORIAMENTE DE UM CONJUNTO PARA OUTRO.

SE (V_1,V_2) É PARTIÇÃO DE V E $v \in V_1$, ENTÃO (V_1, V_2) e $(V_1 - \{v\}, V_2 \cup \{v\})$ SÃO VIZINHOS.

- **Função custo**

$$c(V_1,V_2) = |\{\{u,v\} \in E : u \in V_1 \text{ e } v \in V_2\}| + \alpha\,(|V_1| - |V_2|)^2$$

$\alpha \leftarrow$ parametro que penaliza partições com cardinalidades diferentes.
(Johnson et al. 1989 usam $\alpha = 0.05$)

- **Solução inicial**

Heurística simples

- **Decréscimo da temperatura**

Usa-se $T \leftarrow red\, T$, para $red = 0.95$

- **Temperatura inicial**

Escolhida através de uma aplicação abreviada do algoritmo em que 40% dos movimentos são aceites.

- CRITÉRIO DE PARADA

Um contador é incrementado em 1 cada vez que em uma mudança de temperatura a percentagem de movimentos aceitos é menor ou igual a 2%, e é zerado toda vez que é encontrada uma solução melhor que a global anterior.

O algoritmo termina quando o contador for igual a cinco.