

Problema de Satisfação de Restrições - N-Rainhas

1. Descrição

O projeto implementa o algoritmo de **Busca por Backtracking** para resolver um **Problema de Satisfação de Restrições (CSP)**. O problema modelo utilizado é o clássico **N-Rainhas**, que consiste em posicionar N rainhas de xadrez em um tabuleiro N×N de forma que nenhuma rainha possa atacar a outra.

2. Modelagem (como CSP)

A formulação do problema como um CSP foi a seguinte:

- **Variáveis:** $V = \{C_0, C_1, \dots, C_{N-1}\}$ (Uma variável para cada coluna do tabuleiro).
 - **Domínio:** $D = \{0, 1, \dots, N - 1\}$ (O valor de cada variável C_i é a linha onde a rainha da coluna i será posicionada).
 - **Restrições:** Para quaisquer duas rainhas (C_i, linha_i) e (C_j, linha_j) com $i \neq j$:
 1. **Restrição de Linha:** $\text{linha}_i \neq \text{linha}_j$.
 2. **Restrição de Diagonal:** $|\text{linha}_i - \text{linha}_j| \neq |i - j|$.
 - *Nota: A restrição de coluna é satisfeita implicitamente pela modelagem, pois cada variável representa uma coluna.*
-

3. Algoritmo

- **Busca por Backtracking:** O algoritmo resolve o problema de forma recursiva, atribuindo um valor (linha) a uma variável (coluna) por vez.
 1. Tenta posicionar uma rainha na próxima coluna.
 2. Verifica se a posição viola as restrições com as rainhas já posicionadas.
 3. Se a posição é **válida**, avança recursivamente para a próxima coluna.
 4. Se a posição é **inválida** (ou se a chamada recursiva falha), o algoritmo **retrocede** (**backtrack**), desfaz a atribuição e tenta o próximo valor (próxima linha) no domínio.
 5. O processo termina quando uma solução é encontrada (todas as colunas preenchidas) ou quando todas as possibilidades foram exaustivamente testadas sem sucesso.
-

4. Resultados (para N=8)

O programa foi executado para o problema clássico de 8-Rainhas (N=8).

- **Solução Encontrada:** `[(0, 0), (1, 4), (2, 7), (3, 5), (4, 2), (5, 6), (6, 1), (7, 3)]`
- **Nós Visitados:** 114
- **Tempo de Execução:** 0.88 ms

O algoritmo encontrou uma solução válida, conforme visualizado abaixo:

```
Q . . . . . . .
. . . . . Q .
. . . . Q . .
. . . . . . Q .
. Q . . . . .
. . . Q . . .
. . . . Q . .
. . Q . . . .
. . . . . . . .
```

5. Conclusão

O algoritmo de **Backtracking** mostrou-se extremamente eficaz para resolver o problema das N-Rainhas. Ao verificar as restrições a cada passo, o algoritmo "poda" vastas seções da árvore de busca, evitando a necessidade de explorar o espaço de estados completo (que para N=8 seria $8^8 \approx 16.7$ milhões de estados). A execução encontrou uma solução visitando apenas **114 estados**, demonstrando a eficiência do CSP como uma técnica poderosa de resolução de problemas baseada em restrições.