

MAC2166 – Introdução à Computação

ESCOLA POLITÉCNICA - COMPUTAÇÃO / ELÉTRICA - PRIMEIRO SEMESTRE DE 2022

Exercício-Programa 3 (EP3)

Data de Entrega: **8 de julho de 2022**

Para se preparar bem para o desenvolvimento de seu EP3, cuja descrição inicia-se na próxima página, leia com atenção as instruções abaixo.

- Utilize **somente** os recursos da linguagem que aprendeu nas aulas.
- Veja em <https://www.ime.usp.br/~mac2166/infoepsC/> instruções de entrega dos exercícios-programa e atente para as instruções de preenchimento do cabeçalho do seu programa.
- Leia um FAQ sobre compilação em <https://www.ime.usp.br/~mac2166/compilacao/>.
- Sempre compile seus programas com as opções **-Wall -ansi -pedantic -O2**.
- **Importante:** seu programa deve
 - funcionar para qualquer entrada que está de acordo com o enunciado;
 - estar em conformidade com o enunciado;
 - estar bem estruturado;
 - ser de fácil compreensão, com uso idiomático da linguagem C.

EP3: O Problema das N Rainhas Especiais

Neste exercício-programa você implementará um programa para encontrar todas as possibilidades de posicionar N “rainhas especiais” em um tabuleiro de xadrez generalizado, com N linhas e N colunas. A condição exigida é que nenhuma das N rainhas especiais ataque outra. Além disso, você precisará computar, dentre todas as configurações possíveis, quantas vezes cada rainha especial aparece em cada posição do tabuleiro.

1 Xadrez e as rainhas especiais

Um tabuleiro de xadrez tem 64 posições distribuídas em 8 linhas e 8 colunas e o jogo contém diversas peças diferentes, que podem realizar movimentos diferentes das outras. Neste EP, precisaremos saber a movimentação das seguintes peças, descritas abaixo: bispo, cavalo, rei e torre.

- bispo: movimenta-se somente nas diagonais;
- cavalo: movimenta-se em “L”, isto é, duas posições para frente ou para trás e uma posição para esquerda ou direita; ou duas posições para esquerda ou direita e uma posição para cima ou para baixo;
- rei: movimenta-se uma posição em qualquer direção;
- torre: movimenta-se na horizontal e na vertical.

Abaixo temos exemplos de movimentação dessas peças, onde “X” indica a posição da peça e “o” indica para onde ela pode se movimentar em uma jogada.

- - - - o - -	- - - - - - -	- - - - - - -	- - - - o - - -
o - - - o - - -	- - - - - - -	- - - - - - -	- - - - o - - -
- o - o - - - -	- o - o - - - -	- - - - - - -	o o o o X o o o
- - X - - - - -	o - - - o - - -	- o o o - - - -	- - - - o - - -
- o - o - - - -	- - X - - - - -	- o X o - - - -	- - - - o - - -
o - - - o - - -	o - - - o - - -	- o o o - - - -	- - - - o - - -
- - - - - o - -	- o - o - - - -	- - - - - - -	- - - - o - - -
- - - - - - o -	- - - - - - -	- - - - - - -	- - - - o - - -
Bispo	Cavalo	Rei	Torre

Estamos interessados em uma nova peça, a *rainha especial*, que sempre pode fazer movimentos de torre e, a depender da entrada do usuário, poderá fazer movimentos de bispo, cavalo e rei. Uma outra novidade que trazemos é o tabuleiro, que não é mais 8×8 , e sim $N \times N$, onde N é um inteiro positivo dado como entrada.

2 Seu programa

Considere o problema de posicionar N rainhas especiais em um tabuleiro $N \times N$ de modo que nenhuma dessas rainhas ataque outra. Uma *solução* para esse problema é uma configuração do tabuleiro com N rainhas no tabuleiro $N \times N$ que respeita essa regra.

O que seu programa deve fazer depende dos parâmetros passados como entrada pelo usuário: o primeiro parâmetro que seu programa deve receber como entrada é um inteiro N , que indica a quantidade de linhas e também de colunas do tabuleiro.

Outros parâmetros que devem ser passados como entrada para seu programa são b , c , r , f e v , todos com valor 0 ou 1. Os valores $b = 1$, $c = 1$ e $r = 1$ indicam, respectivamente, que as rainhas especiais fazem movimentos de bispo, cavalo e rei. Observe que todas as N rainhas são do tipo especificado pelo usuário. O parâmetro f , caso tenha valor 1, indica que você deve imprimir uma matriz onde cada uma das N^2 posições é a razão q/T , onde q é o número de vezes, considerando todas as soluções possíveis, em que uma rainha foi colocada naquela posição e T é o número total de soluções. Por fim, se $v = 1$, então você deve imprimir todas as soluções (precisamente no formato descrito na Seção 2.2).

2.1 Recebendo a entrada

Você deve receber a entrada diretamente na linha de comando. Seja `ep3` o programa executável gerado por seu compilador. Para executar o programa com parâmetros $N = 6$, $b = 1$, $c = 0$, $r = 0$, $f = 1$ e $v = 1$, você deve executar o seu programa da seguinte forma no terminal (com esse comando o programa recebe os parâmetros de entrada na ordem N , b , c , r , f e v):

```
$ ./ep3 6 1 0 0 1 1
```

Para ler os parâmetros recebidos, você deve usar o mecanismo ilustrado na seguinte função `main`:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

int main(int argc, char *argv[]) {
```

```

int N = atoi(argv[1]);
int b = atoi(argv[2]);
int c = atoi(argv[3]);
int r = atoi(argv[4]);
int f = atoi(argv[5]);
int v = atoi(argv[6]);
generate(N, b, c, r, f, v);
return 0;
}

```

Sua função `main` deve ser **precisamente** como a função acima, onde `generate` é uma função a ser implementada por você para realizar o que é pedido. Obviamente, você poderá implementar outras funções que julgar necessárias.

2.2 Eficiência e saída esperada

Eficiência. Seu programa deve ter eficiência comparável à eficiência dos executáveis disponibilizados no e-Disciplinas.

Formato da saída. A saída de seu programa deve conter as seguintes informações, nessa ordem:

- Todos os tabuleiros preenchidos com as soluções existentes (caso $v = 1$);
- Total de soluções existentes; seu programa deve imprimir a mensagem `Nao ha solucao` caso esse total seja 0;
- Para cada posição do tabuleiro, quantas vezes uma rainha aparece nessa posição dividido pelo total de soluções (caso $f = 1$).

Abaixo temos alguns exemplos de execução. Uma posição com um “X” indica que tem uma rainha especial naquela posição. Seu programa deve ter a saída no formato exemplificado abaixo.

```

$ ./ep3 6 1 0 0 1 1
- X - - - -
- - - X - -
- - - - - X
X - - - - -
- - X - - -
- - - - X -

```

```

- - X - - -
- - - - - X
- X - - - -
- - - - X -
X - - - - -
- - - X - -

```

```

- - - X - -
X - - - - -
- - - - X -
- X - - - -
- - - - - X
- - X - - -

```

```

- - - - X -
- - X - - -
X - - - - -
- - - - - X
- - - X - -
- X - - - -

```

Total de solucoes: 4

Mapa de frecuencias

```

0.0000 0.2500 0.2500 0.2500 0.2500 0.0000
0.2500 0.0000 0.2500 0.2500 0.0000 0.2500
0.2500 0.2500 0.0000 0.0000 0.2500 0.2500
0.2500 0.2500 0.0000 0.0000 0.2500 0.2500
0.2500 0.0000 0.2500 0.2500 0.0000 0.2500
0.0000 0.2500 0.2500 0.2500 0.2500 0.0000

```

```

$ ./ep3 6 1 0 0 0 1

```

```

- X - - - -
- - - X - -
- - - - - X
X - - - - -
- - X - - -
- - - - X -

```

```

- - X - - -
- - - - - X
- X - - - -
- - - - X -
X - - - - -
- - - X - -

```

```

- - - X - -
X - - - - -
- - - - X -
- X - - - -
- - - - - X
- - X - - -

```

```

- - - - X -
- - X - - -
X - - - - -
- - - - - X
- - - X - -
- X - - - -

```

Total de solucoes: 4

```

$ ./ep3 6 1 0 0 1 0
Total de solucoes: 4

```

```

Mapa de frecuencias
0.0000 0.2500 0.2500 0.2500 0.2500 0.0000
0.2500 0.0000 0.2500 0.2500 0.0000 0.2500
0.2500 0.2500 0.0000 0.0000 0.2500 0.2500
0.2500 0.2500 0.0000 0.0000 0.2500 0.2500
0.2500 0.0000 0.2500 0.2500 0.0000 0.2500
0.0000 0.2500 0.2500 0.2500 0.2500 0.0000

```

```

$ ./ep3 8 0 0 0 1 0
Total de solucoes: 40320

```

Mapa de frequencias

0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250
0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250
0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250
0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250
0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250
0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250
0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250
0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250

\$./ep3 6 1 1 1 1 1

Nao ha solucao

Mapa de frequencias indefinido (nao ha solucao)

\$./ep3 12 1 1 1 1 0

Total de solucoes: 156

Mapa de frequencias

0.0000	0.0256	0.0962	0.1090	0.1346	0.1346	0.1346	0.1346	0.1090	0.0962	0.0256	0.0000
0.0256	0.0385	0.1987	0.1090	0.0962	0.0321	0.0321	0.0962	0.1090	0.1987	0.0385	0.0256
0.0962	0.1987	0.0641	0.0192	0.0385	0.0833	0.0833	0.0385	0.0192	0.0641	0.1987	0.0962
0.1090	0.1090	0.0192	0.0256	0.0897	0.1474	0.1474	0.0897	0.0256	0.0192	0.1090	0.1090
0.1346	0.0962	0.0385	0.0897	0.0513	0.0897	0.0897	0.0513	0.0897	0.0385	0.0962	0.1346
0.1346	0.0321	0.0833	0.1474	0.0897	0.0128	0.0128	0.0897	0.1474	0.0833	0.0321	0.1346
0.1346	0.0321	0.0833	0.1474	0.0897	0.0128	0.0128	0.0897	0.1474	0.0833	0.0321	0.1346
0.1346	0.0962	0.0385	0.0897	0.0513	0.0897	0.0897	0.0513	0.0897	0.0385	0.0962	0.1346
0.1090	0.1090	0.0192	0.0256	0.0897	0.1474	0.1474	0.0897	0.0256	0.0192	0.1090	0.1090
0.0962	0.1987	0.0641	0.0192	0.0385	0.0833	0.0833	0.0385	0.0192	0.0641	0.1987	0.0962
0.0256	0.0385	0.1987	0.1090	0.0962	0.0321	0.0321	0.0962	0.1090	0.1987	0.0385	0.0256
0.0000	0.0256	0.0962	0.1090	0.1346	0.1346	0.1346	0.1346	0.1090	0.0962	0.0256	0.0000

\$./ep3 10 0 0 1 1 0

Total de solucoes: 479306

Mapa de frequencias

0.0896	0.1009	0.1028	0.1032	0.1034	0.1034	0.1032	0.1028	0.1009	0.0896
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

```

0.1009 0.1012 0.0997 0.0992 0.0989 0.0989 0.0992 0.0997 0.1012 0.1009
0.1028 0.0997 0.0989 0.0990 0.0995 0.0995 0.0990 0.0989 0.0997 0.1028
0.1032 0.0992 0.0990 0.0995 0.0990 0.0990 0.0995 0.0990 0.0992 0.1032
0.1034 0.0989 0.0995 0.0990 0.0992 0.0992 0.0990 0.0995 0.0989 0.1034
0.1034 0.0989 0.0995 0.0990 0.0992 0.0992 0.0990 0.0995 0.0989 0.1034
0.1032 0.0992 0.0990 0.0995 0.0990 0.0990 0.0995 0.0990 0.0992 0.1032
0.1028 0.0997 0.0989 0.0990 0.0995 0.0995 0.0990 0.0989 0.0997 0.1028
0.1009 0.1012 0.0997 0.0992 0.0989 0.0989 0.0992 0.0997 0.1012 0.1009
0.0896 0.1009 0.1028 0.1032 0.1034 0.1034 0.1032 0.1028 0.1009 0.0896

```

3 Mapa de frequências

É mais fácil de entender o mapa de frequências com um gráfico. Por exemplo, um gráfico do mapa de frequências para $N = 16$, $b = 1$, $c = 0$ e $r = 0$ (este é o problema de posicionar 16 rainhas em um tabuleiro 16×16) é dado na Figura 1.

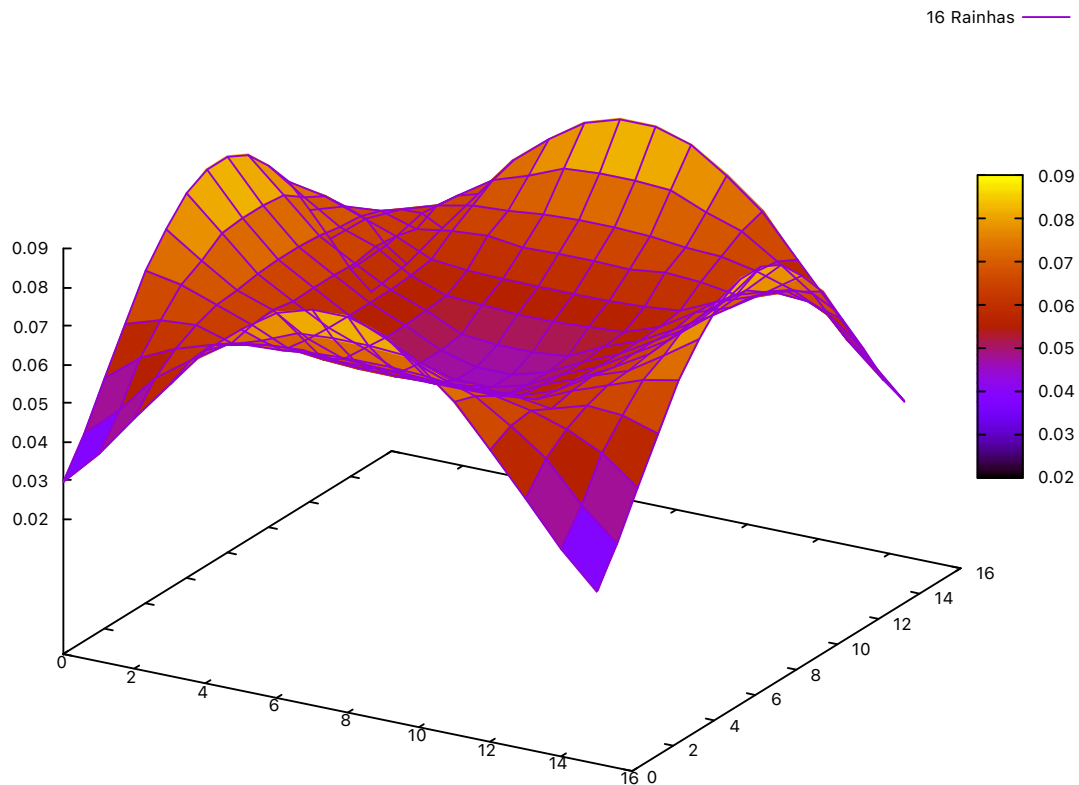


Figura 1: Mapa de frequências para 16 rainhas

Você pode obter a imagem na Figura 1 usando o gnuplot. Basta criar um arquivo

com a matriz gerada pelo seu programa, digamos 16_q.txt, e alimentar esse arquivo ao gnuplot. Para tanto, faça o seguinte no gnuplot:

```
gnuplot> set pm3d  
gnuplot> splot "16_q.txt" matrix title "16 Rainhas" w l
```

Por conveniência, a matriz 16_q.txt é dada em https://www.ime.usp.br/~yoshi/2022i/mac2166/sandbox/EPs/EP3/16_q.txt.

Observação. Você pode achar interessante gerar gráficos para os mapas de frequências que você obtiver com seu programa. Entretanto, não é necessário entregar esses gráficos.