



UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE RUSSAS

Relatório Trabalho 1 - Cubo Mágico

Semestre 2025.1

Disciplina: Inteligência Artificial
Professor: Alexandre Matos Arruda

Alunos: Antônio Cláudio Moreira de Almeida / Jhon Kryz Evangelista Cruz / Marcos Cauê Cavalcante Girão.
Matrículas: 540416 / 540224 / 540240

Russas, 25/06/2025

Sumário:

| | |
|--|----|
| Descrição:..... | 3 |
| Métodos esperados para encontrar a solução:..... | 3 |
| Teste de Instâncias:..... | 3 |
| Informações de Hardware e Software:..... | 3 |
| 1. Instância 1:..... | 4 |
| 2. Instância 2:..... | 4 |
| 3. Instância 3:..... | 4 |
| 4. Instância 4:..... | 5 |
| 5. Instância 5:..... | 5 |
| 6. Instância 6:..... | 6 |
| 7. Instância 7:..... | 6 |
| 8. Instância 8:..... | 6 |
| 9. Instância 9:..... | 7 |
| 10. Instância 10:..... | 7 |
| 11. Instância 11:..... | 7 |
| 12. Instância 12:..... | 8 |
| 13. Instância 13:..... | 8 |
| 14. Instância 14:..... | 9 |
| 15. Instância 15:..... | 9 |
| Gráficos de Métricas BFS:..... | 10 |
| Gráficos de Métricas IDDFS:..... | 13 |
| Gráficos de Métricas AE:..... | 15 |
| Link das planilhas..... | 17 |

Descrição:

- Cubo Mágico 3x3;
- Deve-se deixar todas as faces com cores únicas;
- Deve-se obter a solução ótima com o menor número de movimentos possíveis;
- A linguagem utilizada para resolução do trabalho foi JavaScript;
- Link do algoritmos usados para o relatório: github.com.

Métodos esperados para encontrar a solução:

- Busca em largura; ✓
- Busca em profundidade iterativa; ✓
- Busca A*; ✓

Teste de Instâncias:

As instâncias são formadas por 6 faces contendo 9 peças cada, {U,D,F,B,L,R} que estão embaralhadas.

Observações:

- A equipe conseguiu registrar todas as métricas propostas nas instâncias;
- De acordo com os testes que foram realizados, houve dificuldade na execução dos algoritmos BFS e IDDFS a partir da instância 6 com 6 movimentos aleatórios iniciais;
- A equipe conseguiu uma solução com o cubo embaralhado aleatoriamente com número de movimentos de 1 até 14;
- No algoritmo A* utilizamos a heurística das peças erradas.

Informações de Hardware e Software:

Hardware:

- Processador: Ryzen 5 5600G
- Memória: 16 GB
- HD 1 TB e SSD 1 TB

Software:

- SO: Windows 11
- Tipo do SO: 64 bits

Solução Ideal do Cubo:

[UUUUUUUUURRRRRRRRRRRFFFFFFFFFDDDDDDDDDDLLLLLLLLLLBBBBBBBBB]

1. Instância 1:

Movimentos feitos:

[R']

Instância 1:

[UUBUUBUUBRRRRRRRRRRFFUFFUFFUDDFDDFDDFLLLLLLLLLLDBBDBBDBB]

Solução Encontrada:

[R], Todos os algoritmos chegaram à mesma solução.

| Algoritmo | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
|-----------|----|---------|----|-----|-------|
| IDDFS | 1 | 0,71 ms | 1 | 11 | 18 |
| BFS | 1 | 4,11 ms | 11 | 181 | 16,36 |
| A* | 1 | 2,23 | 1 | 37 | 18 |

Legenda: C1 = Quantidade de Passos para Solução, C2= Tempo de Execução, C3 = Memória Estimada, C4 = Nós expandidos, C5 = Ramificação média.

2. Instância 2:

Movimentos feitos =

[B2 F']

Instância 2 =

[DDDUUURRRDRLDRLDRLFFFFFFFFFLLLDDDUUURLURLURLUBBBBBBBBBB]

Solução Encontrada =

[F B2], Todos os algoritmos chegaram à mesma solução.

| Algoritmo | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
|-----------|----|----------|-----|------|-------|
| IDDFS | 2 | 3,06 ms | 15 | 193 | 18 |
| BFS | 2 | 30,13 ms | 196 | 3454 | 17,91 |
| A* | 2 | 1,45 | 3 | 93 | 18 |

Legenda: C1 = Quantidade de Passos para Solução, C2= Tempo de Execução, C3 = Memória Estimada, C4 = Nós expandidos, C5 = Ramificação média.

3. Instância 3:

Movimentos feitos =

[D2 F2 L']

Instância 3 =

[BUUFUUFDDRRRLRRLLLUBBDFDFFFFUUBDDBDLRRLLRLLRBBDBBUFFU]

Solução Encontrada =

[L F2 D2], Todos os algoritmos chegaram à mesma solução.

| Algoritmo | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
|-----------|----|-----------|------|-------|-------|
| IDDFS | 3 | 20,74 ms | 151 | 1375 | 18 |
| BFS | 3 | 157,04 ms | 1495 | 26383 | 17,99 |
| A* | 3 | 1,48 ms | 5 | 153 | 18 |

Legenda: C1 = Quantidade de Passos para Solução, C2= Tempo de Execução, C3 = Memória Estimada, C4 = Nós expandidos, C5 = Ramificação média.

4. Instância 4:

Movimentos feitos =

[R F B' R2]

Instância 4 =

[LLRUUBLRFRFURUURUFFUFFBDDBRRLDDFRRLDLDLDBLBDBBFBFBFUU]

Solução Encontrada =

[R2 F' B R'], Todos os algoritmos chegaram à mesma solução.

| Algoritmo | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
|-----------|----|-------------|-------|--------|----|
| IDDFS | 4 | 587,14 ms | 4402 | 30542 | 18 |
| BFS | 4 | 15045,10 ms | 31622 | 558165 | 18 |
| A* | 4 | 10,48 ms | 44 | 1224 | 18 |

Legenda: C1 = Quantidade de Passos para Solução, C2= Tempo de Execução, C3 = Memória Estimada, C4 = Nós expandidos, C5 = Ramificação média.

5. Instância 5:

Movimentos feitos =

[R' L' F' F' F]

Instância 5 =

[FUBFUBRRRFRRRDRRBRRUUUFFFDDDLLLBDFBDFLLBLLULLFDBUDBUDBU]

Solução Encontrada =

[F L R], Todos os algoritmos chegaram à mesma solução.

| Algoritmo | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
|-----------|----|-----------|------|-------|-------|
| IDDFS | 3 | 28,49 ms | 257 | 2438 | 18 |
| BFS | 3 | 242,24 ms | 2510 | 44299 | 17,99 |
| A* | 3 | 1,84 ms | 6 | 178 | 18 |

Legenda: C1 = Quantidade de Passos para Solução, C2= Tempo de Execução, C3 = Memória Estimada, C4 = Nós expandidos, C5 = Ramificação média.

6. Instância 6:

Movimentos feitos =

[D U' L' B' U L]

Instância 6 =

[RFBRUBBUBUUURRUFFULFLUFFULLFDDDDDDRFDDDLLBLRLFRBBRBR]

Solução Encontrada =

[L' U' B L U D'], Chegamos apenas na solução pelo A*.

| Algoritmo | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
|-----------|----|-----------|-------|------|----|
| IDDFS | - | - | - | - | - |
| BFS | - | - | - | - | - |
| A* | 6 | 502,13 ms | 85915 | 3191 | 18 |

Legenda: C1 = Quantidade de Passos para Solução, C2= Tempo de Execução, C3 = Memória Estimada, C4 = Nós expandidos, C5 = Ramificação média.

7. Instância 7:

Movimentos feitos =

[D2 L2 R D2 F2 U R]

Instância 7 =

[UDRDUBBFFRLULRBLRBRRDDFUDFUBUBBDUFDRFFULLLLRLFRLUBFDBD]

Solução Encontrada =

[R' U' F2 D2 L2 R' D2], Chegamos apenas na solução pelo A*.

| Algoritmo | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
|-----------|----|-----------|-------|------|----|
| IDDFS | - | - | - | - | - |
| BFS | - | - | - | - | - |
| A* | 7 | 338,18 ms | 43083 | 1611 | 18 |

Legenda: C1 = Quantidade de Passos para Solução, C2= Tempo de Execução, C3 = Memória Estimada, C4 = Nós expandidos, C5 = Ramificação média.

8. Instância 8:

Movimentos feitos =

[L D' B2 U F' F2 U2 D']

Instância 8 =

[FLFFUUFBBUFDURLDBBDLLRFRFBLLDBRDUBDUULLRLDRFURURDBBRFD]

Solução Encontrada =

[D U2 F' U' B2 D L'], Chegamos apenas na solução pelo A*.

| Algoritmo | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
|-----------|----|----|----|----|----|
| IDDFS | - | - | - | - | - |
| BFS | - | - | - | - | - |

| | | | | | |
|----|---|-----------|-------|------|----|
| A* | 7 | 314,51 ms | 49319 | 1828 | 18 |
|----|---|-----------|-------|------|----|

Legenda: C1 = Quantidade de Passos para Solução, C2= Tempo de Execução, C3 = Memória Estimada, C4 = Nós expandidos, C5 = Ramificação média.

9. Instância 9:

Movimentos feitos =

[D2 L U' L' R R U2 F U]

Instância 9 =

[RDDLUBLUUFURRRFUDLLBFRRBFRRDDURDBBFBBLDBRULLDFBULFU]

Solução Encontrada =

[U' F' U2 R2 L U L' D2], Chegamos apenas na solução pelo A*.

| Algoritmo | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
|-----------|----|------------|--------|-------|----|
| IDDFS | - | - | - | - | - |
| BFS | - | - | - | - | - |
| A* | 8 | 4121,16 ms | 691099 | 25822 | 18 |

Legenda: C1 = Quantidade de Passos para Solução, C2= Tempo de Execução, C3 = Memória Estimada, C4 = Nós expandidos, C5 = Ramificação média.

10. Instância 10:

Movimentos feitos =

[F F' L' R2 U' D R2 R2 L' F']

Instância 9 =

[LDDDUUDRDBFBRRRFBLBLLFLBDUUBFUDDR UUULFBLFFLLRRFFBURRD]

Solução Encontrada =

[F L U D' L R2], Chegamos apenas na solução pelo A*.

| Algoritmo | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
|-----------|----|-----------|-------|-----|----|
| IDDFS | - | - | - | - | - |
| BFS | - | - | - | - | - |
| A* | 6 | 124,71 ms | 18353 | 682 | 18 |

Legenda: C1 = Quantidade de Passos para Solução, C2= Tempo de Execução, C3 = Memória Estimada, C4 = Nós expandidos, C5 = Ramificação média.

11. Instância 11:

Movimentos feitos =

[B' D' B D2 B2 F' B' F' R' R2 F]

Instância 11 =

[RDLUUFRRDLDDRRFDDFFBFFBBDURFLRDRLRLBLUULUUBUFLDUBBFB]

Solução Encontrada =

[F' R' F2 B' D2 B' D B], Chegamos apenas na solução pelo A*.

| Algoritmo | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
|-----------|----|------------|---------|-------|----|
| IDDFS | - | - | - | - | - |
| BFS | - | - | - | - | - |
| A* | 8 | 6344,23 ms | 1036334 | 38561 | 18 |

Legenda: C1 = Quantidade de Passos para Solução, C2= Tempo de Execução, C3 = Memória Estimada, C4 = Nós expandidos, C5 = Ramificação média.

12. Instância 12:

Movimentos feitos =

[L' F' F2 F2 L R' L2 D' L2 B' L2 F']

Instância 12 =

[FLRFUBRRRLDRFFRUFBBUUBFFDLLLLUUDLDDURRUUBLLRBDFDBRBBFDDL]

Solução Encontrada =

[F L2 B L2 D L R F L], Chegamos apenas na solução pelo A*.

| Algoritmo | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
|-----------|----|-------------|---------|--------|----|
| IDDFS | - | - | - | - | - |
| BFS | - | - | - | - | - |
| A* | 9 | 35253,17 ms | 5421522 | 203088 | 18 |

Legenda: C1 = Quantidade de Passos para Solução, C2= Tempo de Execução, C3 = Memória Estimada, C4 = Nós expandidos, C5 = Ramificação média.

13. Instância 13:

Movimentos feitos =

[U U' R B2 B' U2 R' B2 U F' F2 D2 B2]

Instância 13 =

[FLBRULLLUFBLLBRRDLUFFLFFDDFLFUBDDDDFRUUDULDBRRUURBBBBRR]

Solução Encontrada =

[B2 D2 F' U' B2 R U2 B' R'], Chegamos apenas na solução pelo A*.

| Algoritmo | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
|-----------|----|-------------|---------|--------|----|
| IDDFS | - | - | - | - | - |
| BFS | - | - | - | - | - |
| A* | 9 | 38437,79 ms | 5764043 | 217279 | 18 |

Legenda: C1 = Quantidade de Passos para Solução, C2= Tempo de Execução, C3 = Memória Estimada, C4 = Nós expandidos, C5 = Ramificação média.

14. Instância 14:

Movimentos feitos =

[B R F2 L' R' R F R L2 L B' B' R' R']

Instância 14 =

[ULRFUUFLBRRDRDDDDLDUBFDBFLRLBUDFFRFRUURLUDLUBBFBFLBR]

Solução Encontrada =

[R2 B2 L R' F' L F2 R' B'], Chegamos apenas na solução pelo A*.

| Algoritmo | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
|-----------|----|-------------|---------|--------|----|
| IDDFS | - | - | - | - | - |
| BFS | - | - | - | - | - |
| A* | 9 | 42755,91 ms | 6282454 | 235991 | 18 |

Legenda: C1 = Quantidade de Passos para Solução, C2= Tempo de Execução, C3 = Memória Estimada, C4 = Nós expandidos, C5 = Ramificação média.

15. Instância 15:

Movimentos feitos =

[L' L D2 D B2 L R' D D2 B L2 U' F2 F L']

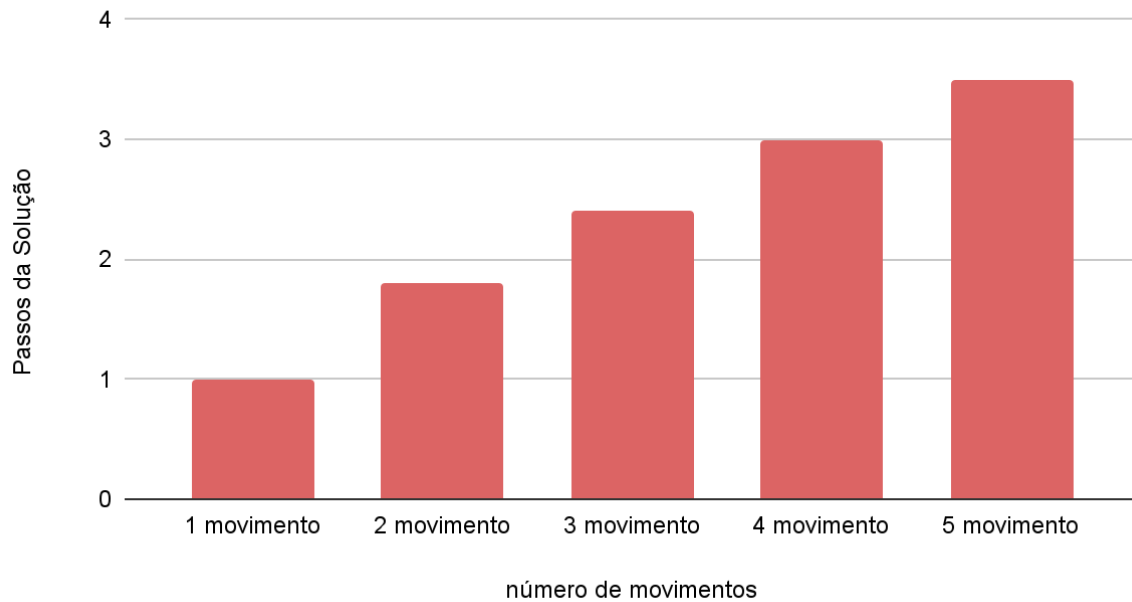
Instância 15 =

[BBLRUUURDRFDFRFLBFRUBBFRLLUDDBUDURFURDFDLRFLBFLULBBLDD]

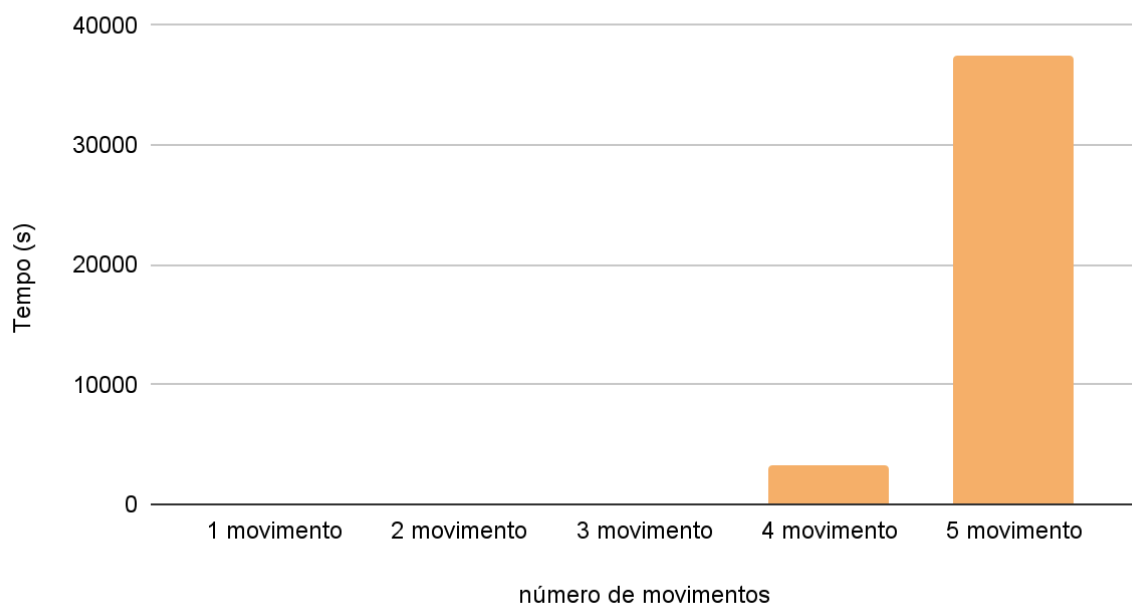
<--- Last few GCs --->

Gráficos de Métricas do Algoritmo Busca em Largura(BFS):

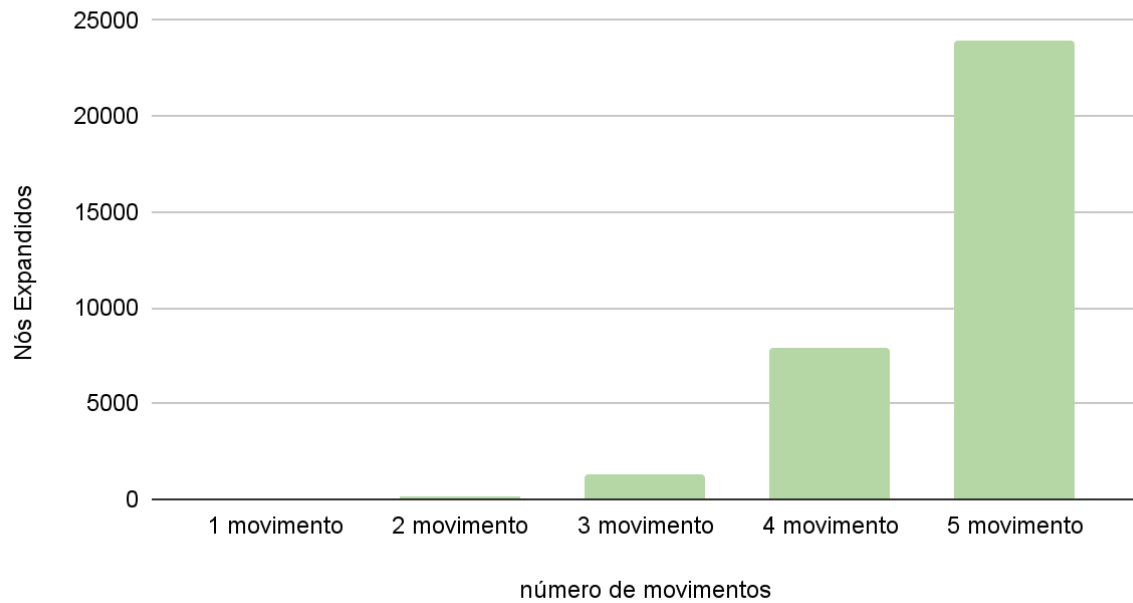
Quantidade de Passos para Solução



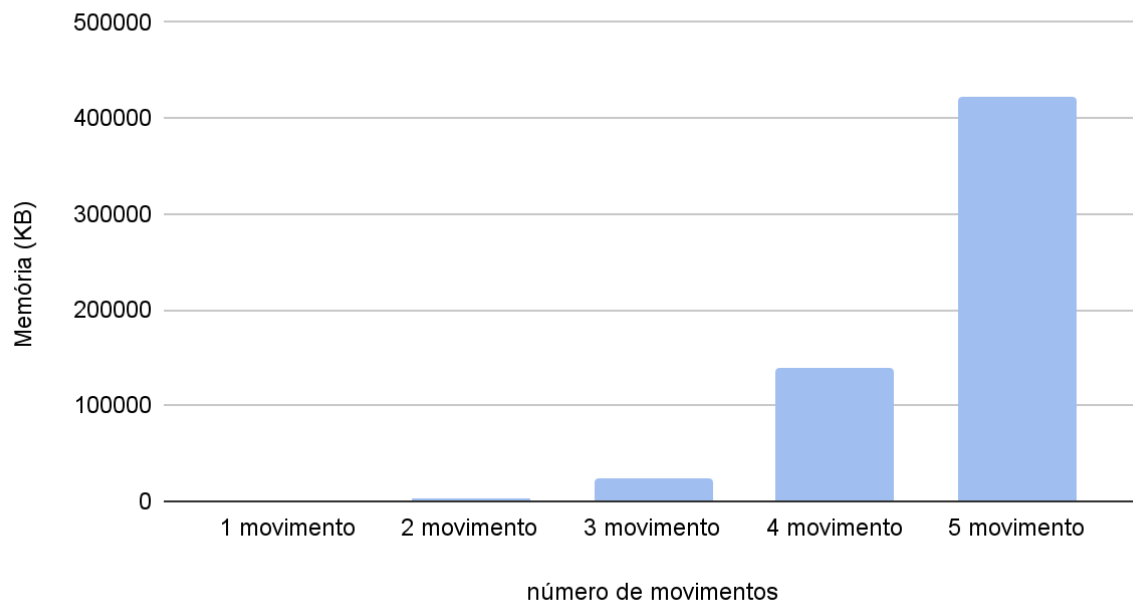
Tempo de Execução



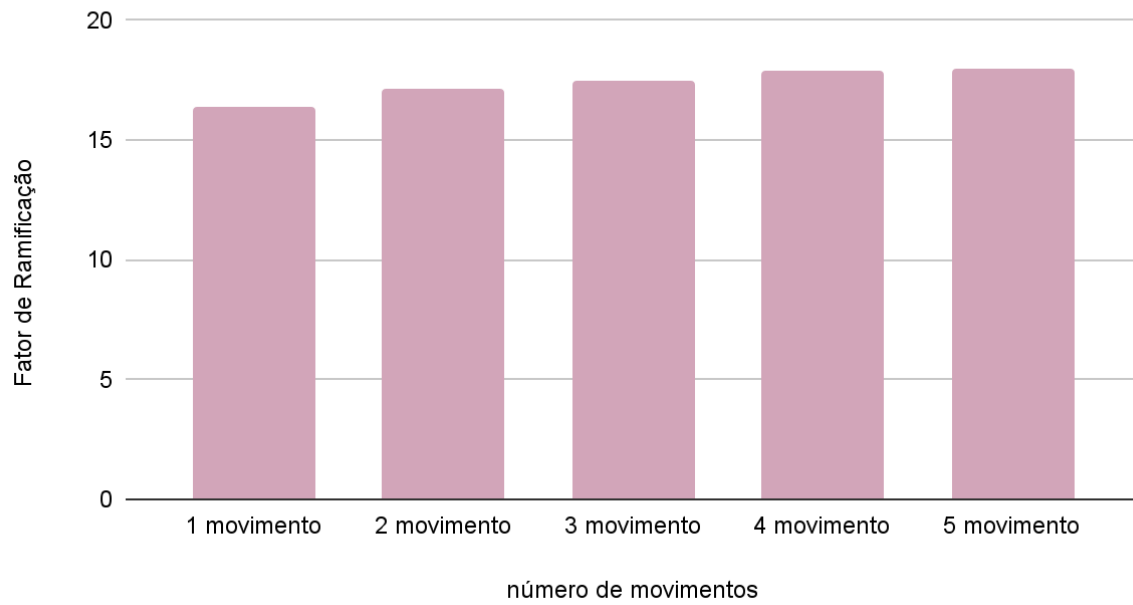
Nós Expandidos



Memória Estimada

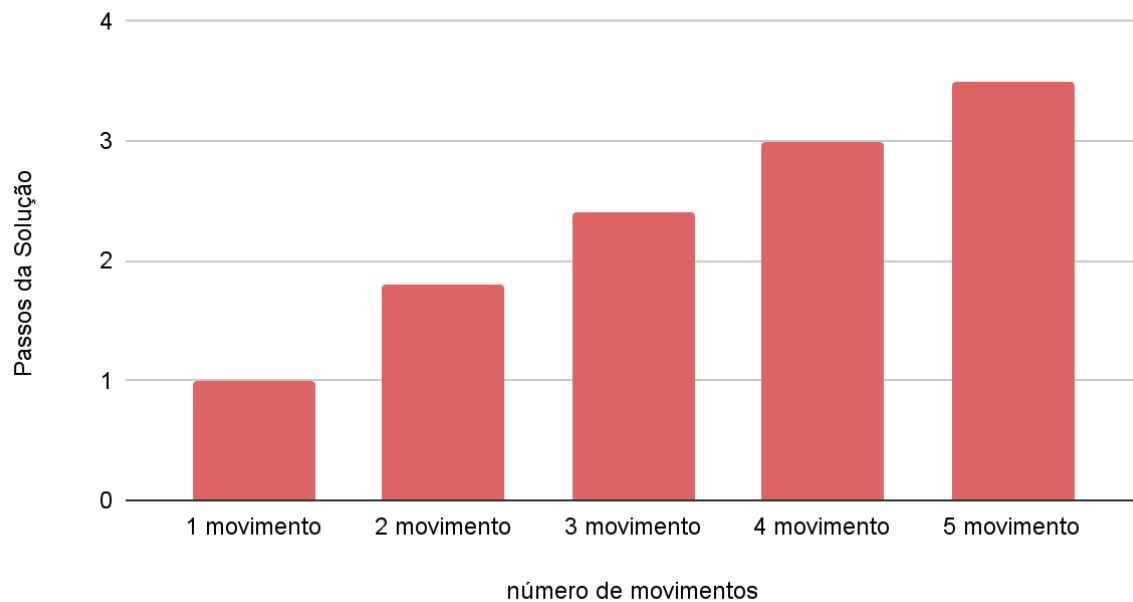


Ramificação Média

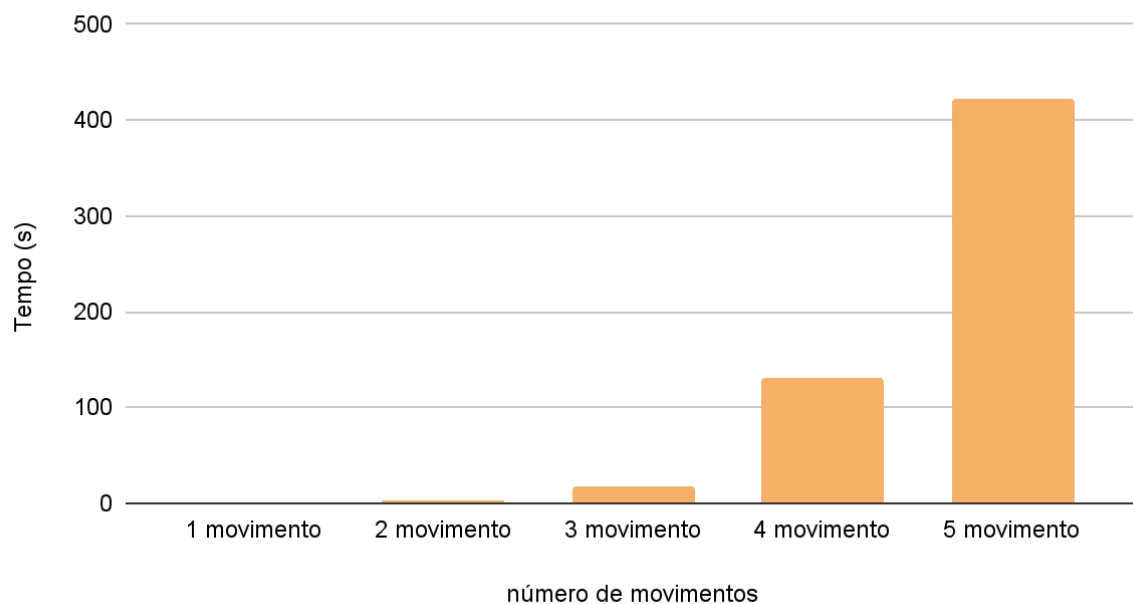


Gráficos de Métricas do Algoritmo Busca em Profundidade Iterativa(IDDFS):

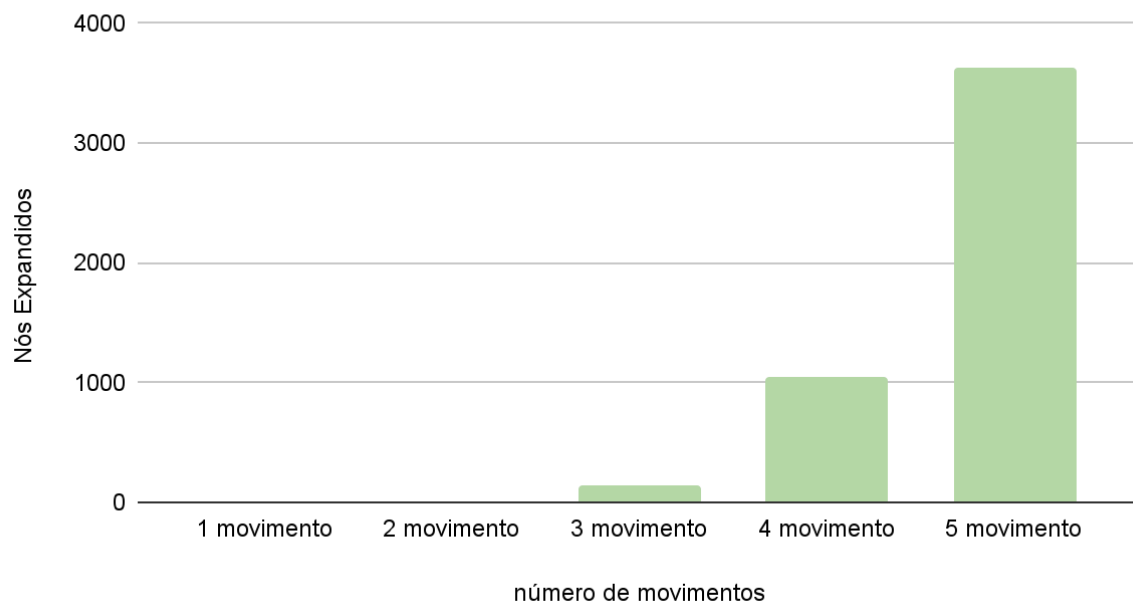
Quantidade de Passos para Solução



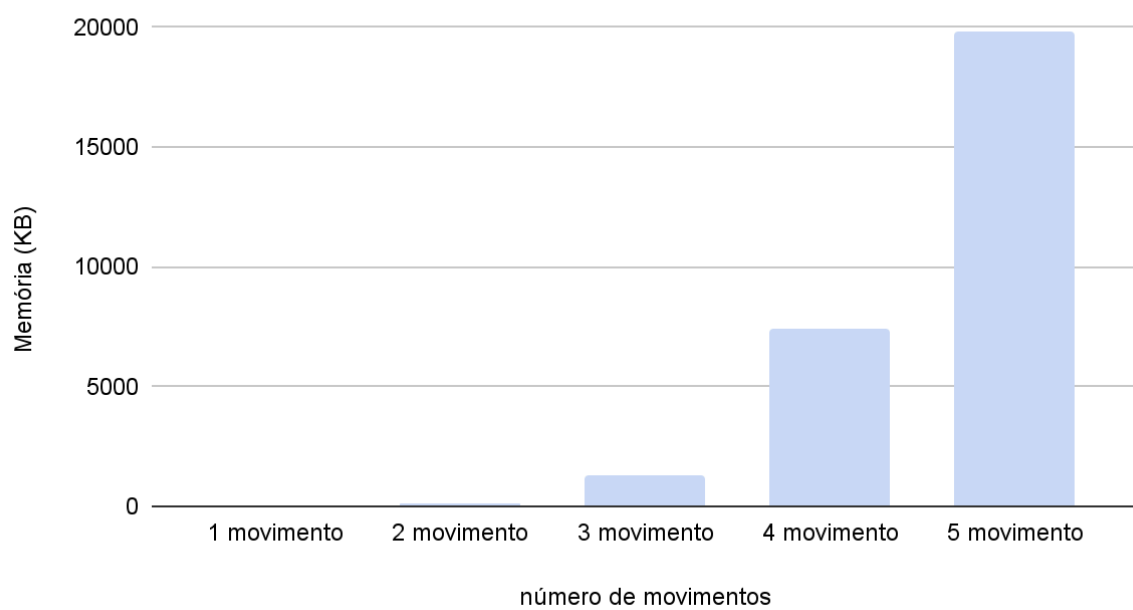
Tempo de Execução



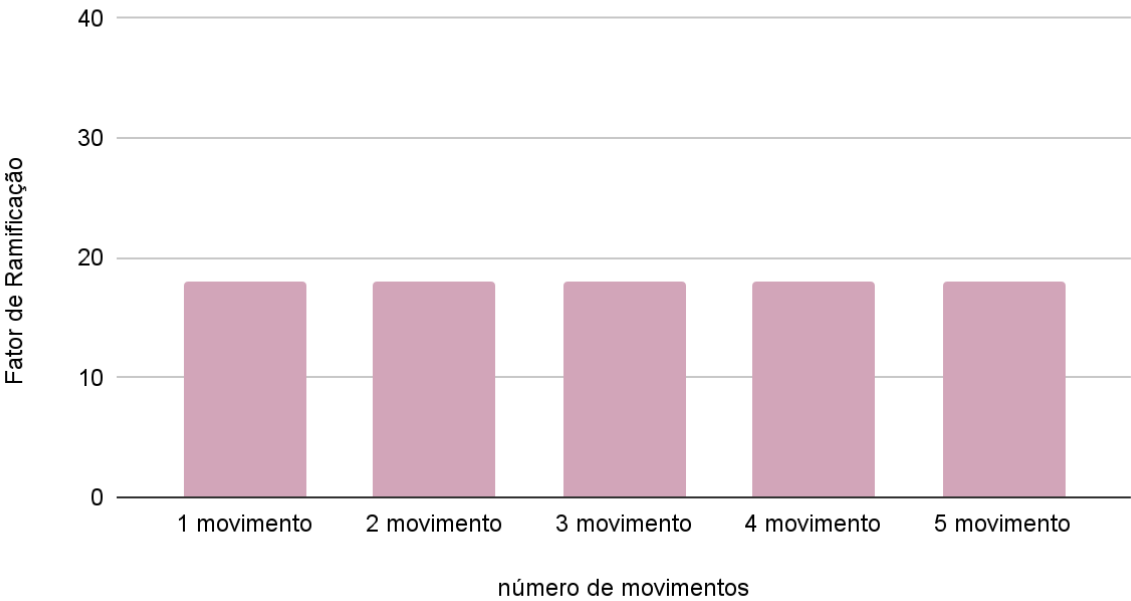
Nós Expandidos



Memória Estimada

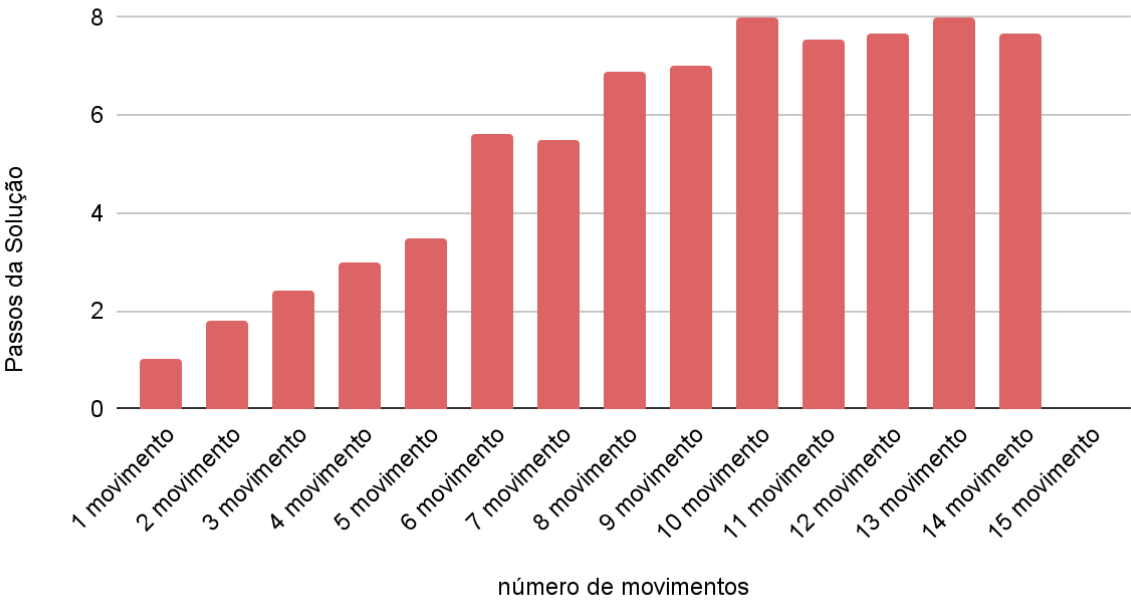


Ramificação Média

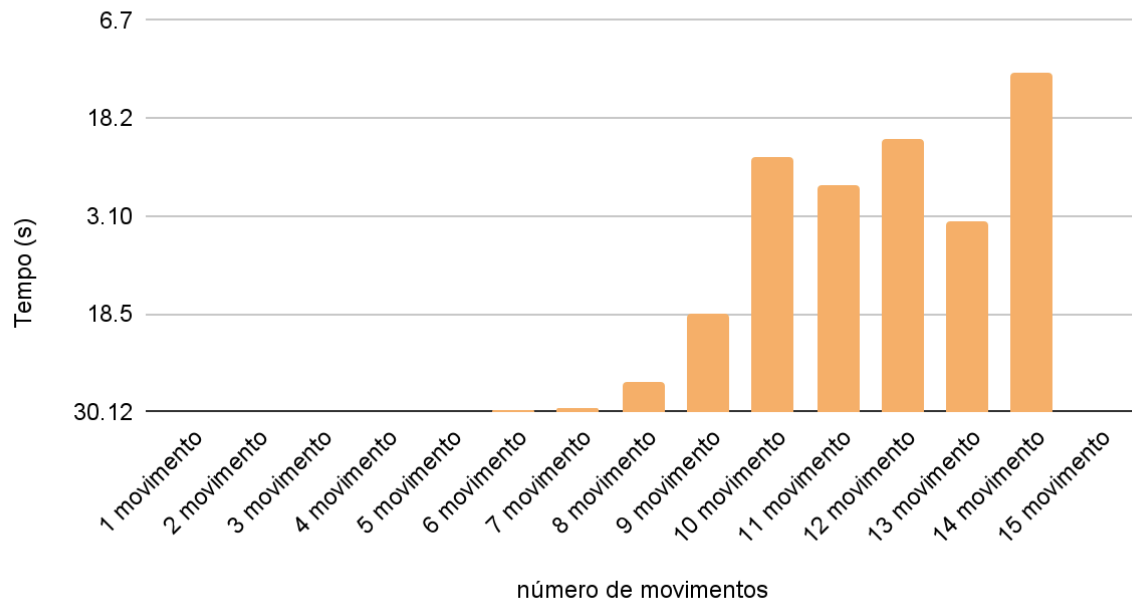


Gráficos de Métricas do Algoritmo A Estrela(A*):

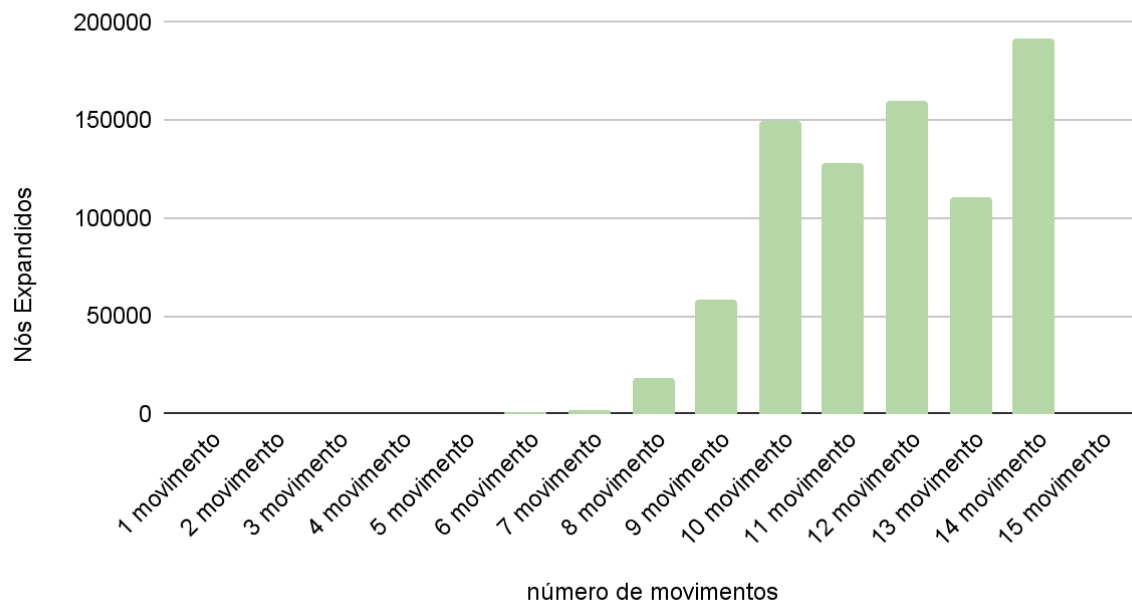
Quantidade de Passos para Solução



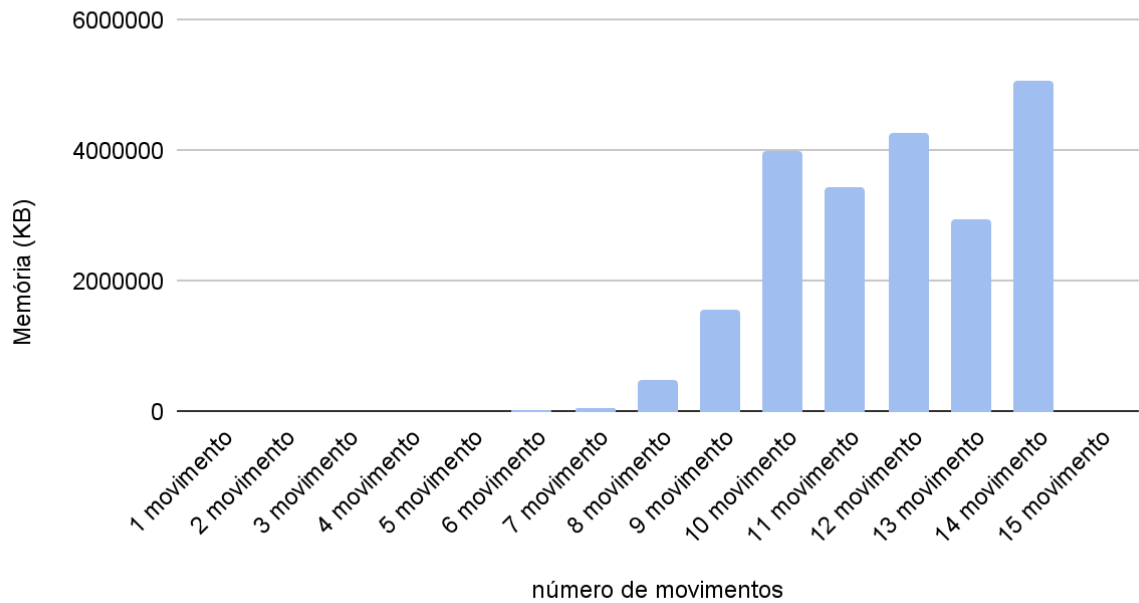
Tempo de Execução



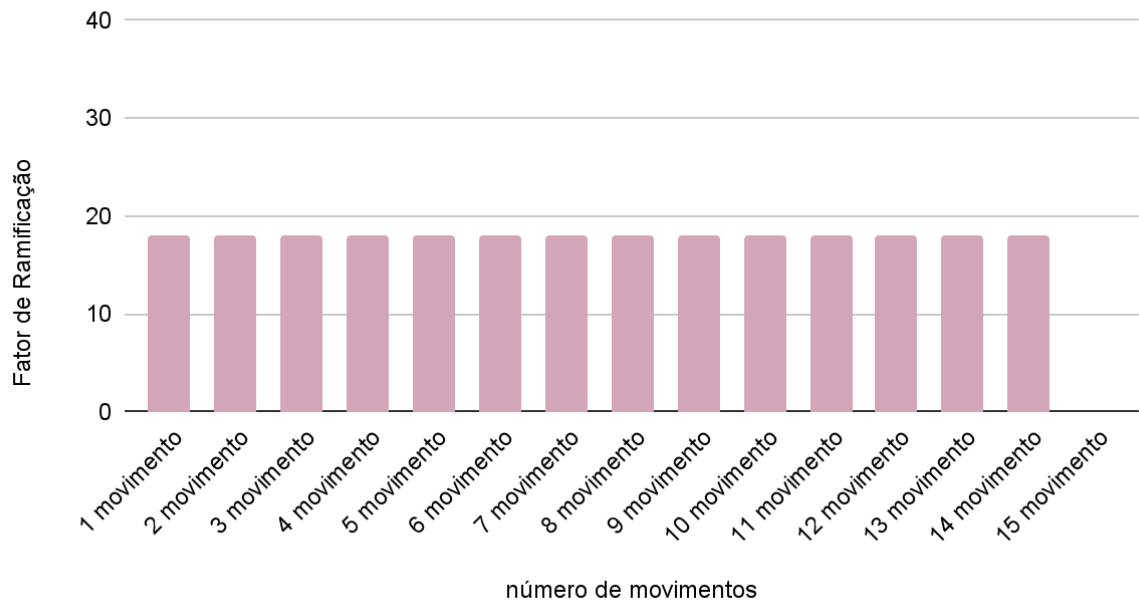
Nós Expandidos



Memória Estimada



Ramificação Média



Planilhas com as Instâncias:

bfs: [Dados BFS](#)

iddfs: [Dados IDDFS](#)

a*: [Dados AE](#)