|  |
| --- |
| Manual Técnico |
| [Escreva o subtítulo do documento] |
|  |
| [Escreva a síntese do documento aqui. Normalmente, a síntese é um breve resumo do conteúdo do documento. Escreva a síntese do documento aqui. Normalmente, a síntese é um breve resumo do conteúdo do documento.] |
|  |

Manual Técnico

[Escreva o subtítulo do documento]

Requisitos do relatório

O Manual Técnico deverá conter o algoritmo geral e por partes devidamente

comentado; descrição dos objetos que compõem o projeto, incluindo dados e procedimentos;

identificação das limitações e opções técnicas. Deverá ser apresentada uma análise critica dos

resultados das execuções do programa onde deverá transparecer a compreensão das limitações

do projeto. Deverão usar uma análise comparativa do conjunto de execuções do programa

para cada algoritmo e cada problema, permitindo verificar o desempenho de cada algoritmo e

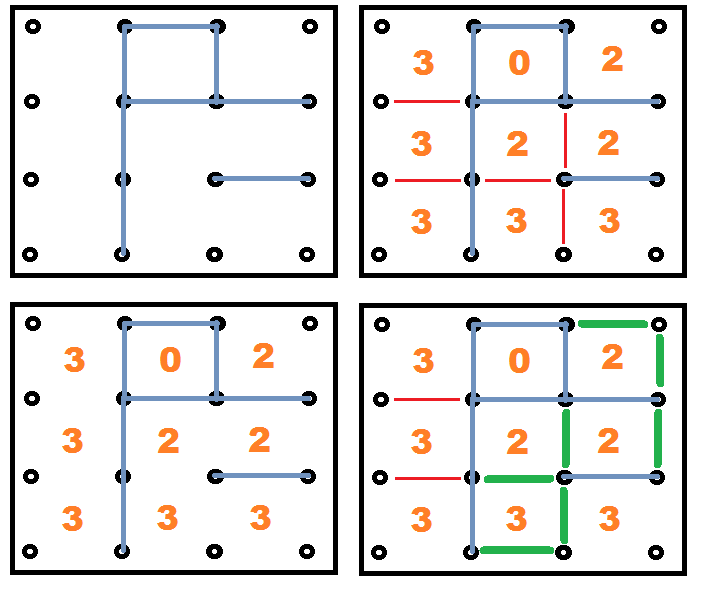
das heurísticas. Deverá, por fim, apresentar a lista dos requisitos do projeto (listados neste

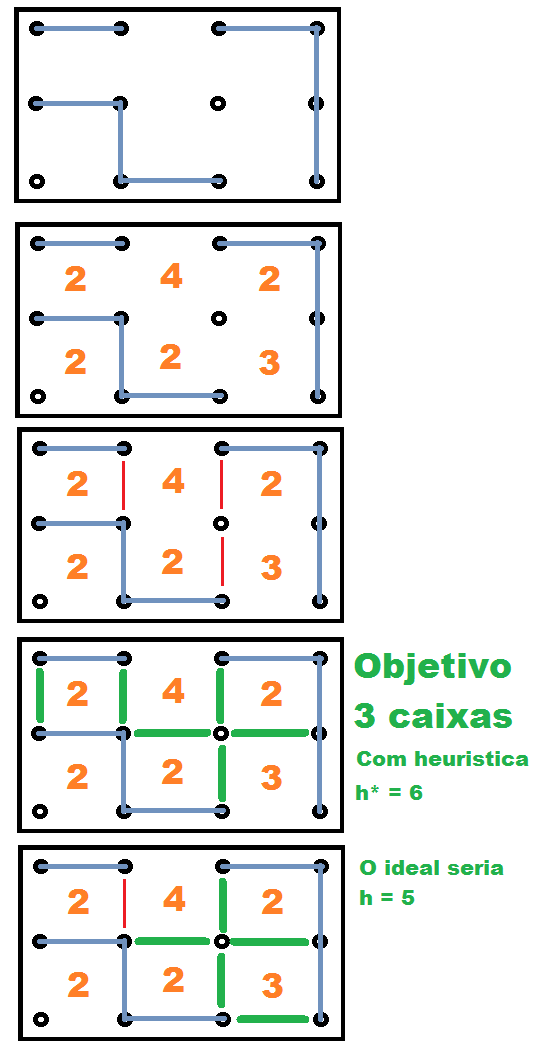
documento) que não foram implementados.

# Complexidade espacial algorítmica

|  |  |
| --- | --- |
| Algoritmo | Complexidade pior caso |
| Breadth-First Search | O(número de nós) |
| Depth-First Search | O(número de nós) |
| A\* Search | O(número de nós) |
| IDA\* Search | O(número de nós) |

# Heurística desenvolvida





# Estudo comparativo

Nesta parte do documento é apresentado um estudo comparativo entre os algoritmos utilizados na resolução dos tabuleiros do enunciado.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Tabuleiro | Heurística | Algoritmo | Tempo  em segundos | Nós gerados | Nós expandidos | Profundidade | Penetrância | Fator de ramificação (margem 0.5 erro) | Profundidade máxima |
| A | N/A | BFS | 0 | 914 | 64 | 2 | 0.0022 | 29.7340 | N/A |
| A | N/A | DFS | 0 | 70 | 5 | 5 | 0.0690 | 2.0593 | 1000 |
| A | Enunciado | A\* | 0 | 31 | 2 | 2 | 0.0645 | 5.0859 | N/A |
| A | Enunciado | IDA\* | 0 | 47 | 3 | 2 | 0.0426 | 6.3799 | N/A |
| A | Desenvolvida | A\* |  |  |  |  |  |  | N/A |
| A | Desenvolvida | IDA\* |  |  |  |  |  |  | N/A |
| B | N/A | BFS | 0 | 155 | 11 | 1 | 0.0065 | 154.6973 | N/A |
| B | N/A | DFS | 0 | 15 | 1 | 1 | 1 | 14.5312 | 1000 |
| B | Enunciado | A\* | 0 | 15 | 1 | 1 | 0.0667 | 14.5312 | N/A |
| B | Enunciado | IDA\* | 0 | 15 | 1 | 1 | 0.0667 | 14.5312 | N/A |
| B | Desenvolvida | A\* |  |  |  |  |  |  | N/A |
| B | Desenvolvida | IDA\* |  |  |  |  |  |  | N/A |
| C | N/A | BFS | Indefinido | Indefinido | Indefinido | Indefinido | Indefinido | Indefinido | N/A |
| C | N/A | DFS | 0 | 150 | 12 | 12 | 0.0769 | 1.3624 | 1000 |
| C | Enunciado | A\* | 0 | 4922 | 343 | 8 | 0.0016 | 2.7341 | N/A |
| C | Enunciado | IDA\* | 0 | 2357 | 155 | 8 | 0.0034 | 2.4744 | N/A |
| C | Desenvolvida | A\* |  |  |  |  |  |  | N/A |
| C | Desenvolvida | IDA\* |  |  |  |  |  |  | N/A |
| D | N/A | BFS | Indefinido | Indefinido | Indefinido | Indefinido | Indefinido | Indefinido | N/A |
| D | N/A | DFS | 0 | 1170 | 39 | 39 | 0.0328 | 1.1352 | 1000 |
| D | Enunciado | A\* | Indefinido | Indefinido | Indefinido | Indefinido | Indefinido | Indefinido | N/A |
| D | Enunciado | IDA\* | Indefinido | Indefinido | Indefinido | Indefinido | Indefinido | Indefinido | N/A |
| D | Desenvolvida | A\* |  |  |  |  |  |  | N/A |
| D | Desenvolvida | IDA\* |  |  |  |  |  |  | N/A |
| E | N/A | BFS | Indefinido | Indefinido | Indefinido | Indefinido | Indefinido | Indefinido | N/A |
| E | N/A | DFS | 0 | 783 | 29 | 29 | 0.0364 | 1.1795 | 1000 |
| E | Enunciado | A\* | 0 | 536 | 16 | 16 | 0.0299 | 1.3643 | N/A |
| E | Enunciado | IDA\* | 0 | 602 | 18 | 17 | 0.0282 | 1.3457 | N/A |
| E | Desenvolvida | A\* |  |  |  |  |  |  | N/A |
| E | Desenvolvida | IDA\* |  |  |  |  |  |  | N/A |
| F | N/A | BFS | Indefinido | Indefinido | Indefinido | Indefinido | Indefinido | Indefinido | N/A |
| F | N/A | DFS | 0 | 5985 | 105 | 105 | 0.0174 | 1.0565 | 1000 |
| F | Enunciado | A\* | Indefinido | Indefinido | Indefinido | Indefinido | Indefinido | Indefinido | N/A |
| F | Enunciado | IDA\* | Indefinido | Indefinido | Indefinido | Indefinido | Indefinido | Indefinido | N/A |
| F | Desenvolvida | A\* |  |  |  |  |  |  | N/A |
| F | Desenvolvida | IDA\* |  |  |  |  |  |  | N/A |

No decorrer deste projeto tentamos resolver 6 tabuleiros com diferentes algoritmos de pesquisa em espaço de estado. Utilizamos algoritmos de procura não informados e algoritmos de procura informados. Para os algoritmos de procura informada utilizamos duas heurísticas, uma já fornecida no enunciado do projeto e outra desenvolvida por nós. Infelizmente nem todos os algoritmos conseguiram terminar e encontrar a solução pois o número de nós a explorar nalguns dos tabuleiros até encontrar a solução são imensos e, portanto, o algoritmo leva demasiado tempo a completar e a encontrar uma solução.

O Breadth-First Search é um bom algoritmo para encontrar a solução ótima, no entanto ele explora todos os nós das profundidades abaixo da profundidade da solução ótima. Quando o nó objetivo está numa profundidade muito alta, esta procura geralmente leva demasiado tempo para encontrar o objetivo.

O Depth-First Search é um algoritmo bom para encontrar uma solução que não é necessariamente a ótima. Este algoritmo expandir a árvore até chegar à profundidade máxima (se não encontrar solução) e no caso deste problema em particular o algoritmo irá facilmente encontrar a solução pois a cada operador aplicado mais próximo se estará da solução.

O algoritmo A\* leva em conta uma heurística e consegue estimar o custo h utilizando a estimativa *h’*, sendo h o custo do caminho de um nó até à solução. Com esta estimativa é possível calcular o custo *f* de um nó *N* que será a soma do custo *g* (custo do nó inicial até ao nó *N*) e o *h’* (curto estimado desde o nó *N* até à solução). Assim para cada nó gerado é calculado o custo *f* e é expandido sempre o nó com menor valor *f*. Assim quando mais próxima for a estimativa *h’* de *h* mais rápida e mais eficaz será a procura.

O algoritmo IDA\* utiliza um limite. Basicamente a procura é idêntica ao A\* com a particularidade de que são feitas várias procuras limitadas incrementalmente até atingir a solução. O algoritmo começa por um limite de valor 1 e executar a procura. Sempre que é encontrado um valor de *f* de um nó *N* superior ao limite não são gerados os sucessores desse nó *N*. No final da primeira procura se não for encontrada nenhuma solução, o valor mínimo *f* dos nós que ultrapassaram o limite passa a ser o novo limite e a procura recomeça. A procura termina após ser encontrada uma solução.

Tendo em conta o funcionamento dos algoritmos vamos rever os resultados obtidos em cada um dos tabuleiros.

## Tabuleiro A

Considerando a heurística do enunciado, o algoritmo A\* teve a melhor performance. Conseguiu atingir a solução ótima gerando apenas 31 nós e expandindo apenas 2 nós. Ainda assim o algoritmo Depth-First Search teve uma maior penetrância pois foi mais direto à solução. No fator de ramificação o Depth-First Search também teve menor valor que o A\*. Neste domínio de problema o algoritmo Depth-First Search tende a encontrar facilmente a solução sendo a profundidade máxima suficientemente grande.

## Tabuleiro B

Neste problema o claro vencedor é o Depth-First Search que além de atingir a solução ótima consegue ser superior em todas as estatísticas. O A\* e o IDA\* neste caso têm o mesmo comportamento.

## Tabuleiro C

O tabuleiro C foi demasiado difícil para o algoritmo Breadth-First Search e, portanto, levaria tempo indefinido até atingir a solução, visto que o tempo é limitado não foi possível esperar até que a solução fosse encontrada. Na resolução deste problema o IDA\* conseguiu superar o A\* pois gerou e expandiu menos nós e chegou a uma solução com a mesma profundidade. Além disso o IDA\* tem uma penetrância superior e um fator de ramificação inferior em relação ao A\*. O Depth-First Search aqui não é comparável pois encontrou a solução na profundidade 12.

## Tabuleiro D

Apenas o algoritmo Depth-First Search conseguiu atingir uma solução a tempo aceitável. Os restantes algoritmos não conseguiram chegar a uma solução mesmo tentando uma abordagem iterativa. Logo não existem resultados para serem comparados.

## Tabuleiro E

## Tabuleiro F

Apenas o algoritmo Depth-First Search conseguiu atingir uma solução a tempo aceitável. Os restantes algoritmos não conseguiram chegar a uma solução mesmo tentando uma abordagem iterativa. Logo não existem resultados para serem comparados.