



INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

---

## Trabalho I - Busca

---

*Autores:*

Vítor Augusto Paiva de Brito

Marcus Vinicius da Silva

Rafael Cunha Bejes Learth

Gabriela Passos de Andrade

Matheus Pereira Dias

João Pedro Gomes

José Matheu Alves da Silva

*Nº USP :*

13732303

13833150

13676367

12625142

11207752

13839069

15505755

*Docente:*

Solange Oliveira Rezende

2024



# Conteúdo

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>2</b>
1.1	Problema . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Desenvolvimento</b>	<b>3</b>
2.1	Solução . . . . .	3
2.1.1	Busca cega . . . . .	3
2.1.2	Busca heurística . . . . .	3
2.2	Discussões e decisões . . . . .	4
2.2.1	Considerar respostas que percorram o mesmo ponto na busca cega . . .	4
2.2.2	Heurística a partir do grafo reduzido . . . . .	5
2.2.3	Preservar melhores rotas que passam por pontos não turísticos no grafo reduzido . . . . .	5
2.3	Diferenças entre implementações . . . . .	5
2.3.1	Busca cega . . . . .	5
2.3.2	Busca heurística . . . . .	5
2.4	Aplicação . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Conclusão</b>	<b>6</b>



# 1 Introdução

## 1.1 Problema

O problema abordado é retirado da seguinte situação da vida real: Uma empresa de turismo busca oferecer um serviço em que ela propõe aos seus clientes itinerários acerca do local o qual esses estão visitando. Para proporcionar uma melhor experiência para eles, esse itinerário seria montado tendo como ponto de partida e chegada o hotel onde eles ficariam hospedados, por exemplo, como também o tempo disponível para a visita dos pontos turísticos.

Assim, a rota de turismo seria desenvolvida de forma que, dentro dessa faixa de tempo estabelecida, assim como o ponto de partida, os clientes poderiam visitar o maior número de pontos turísticos possíveis e retornar ao seu local de partida. Resultando em um itinerário que se adéqua às condições geográficas de um ambiente diverso que pode conter desvios, tempos distintos de ida em relação a volta entre os mesmos pontos e pontos extras que não são pontos turísticos mas que compõem a complexidade geográfica da área.

Dessa forma, a disposição geográfica de uma cidade é modelada como um grafo, no qual os pontos de uma cidade são representados por vértices na estrutura e as ruas que ligam os nós são representados como as arestas, sendo ponderadas de acordo com o tempo de deslocamento. A estrutura possuirá pontos turísticos, nos quais há preferência de passagem, pontos não turísticos, nos quais não há preferência de passagem, porém, podem ser úteis para minimizar as rotas entre os pontos de interesse, e o ponto inicial, o qual será obrigatoriamente o ponto de início e o ponto final da rota.

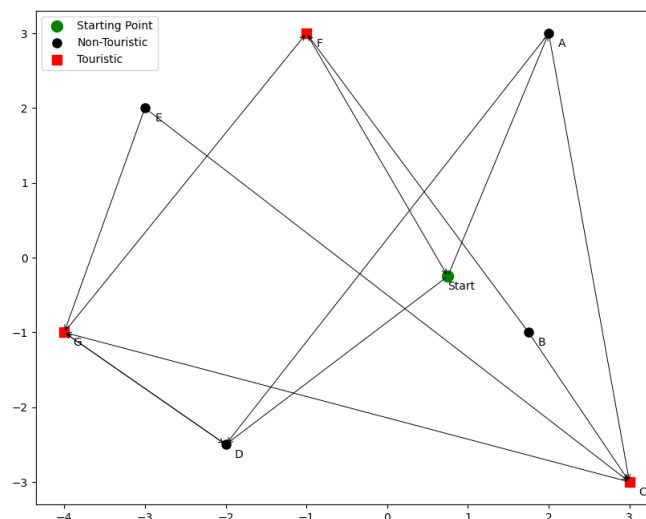


Figura 1: Modelagem dos pontos de uma cidade.



## 2 Desenvolvimento

### 2.1 Solução

A fim de solucionar o problema, utiliza-se duas abordagens de solução. A primeira proposta de solução lança mão da busca cega, a partir da busca em profundidade entre os nós, e, após, faz-se uso da busca informada, usando heurísticas para diminuir o conjunto de soluções exploradas.

#### 2.1.1 Busca cega

A primeira abordagem de solução, por intermédio de uma estratégia de recursão, percorre os nós do grafo indiscriminadamente buscando soluções factíveis para o problema de rotas enquanto houver tempo de deslocamento disponível. Uma solução nesse algoritmo vai ser considerada possível para o resultado final caso a recursão complete um ciclo no grafo em torno do ponto inicial, ou seja, quando uma recursão percorre o nó inicial, a rota até aquele momento é adicionada a um vetor de soluções factíveis. Por fim, quando todas as chamadas recursivas são finalizadas, seleciona-se a solução que percorreu o maior número de pontos turísticos dentre aquelas consideradas possíveis na lista de respostas, além disso, caso haja empate no número de nós turísticos visitados, a rota com menor tempo gasto é escolhida.

#### 2.1.2 Busca heurística

Na abordagem de solução que usa a busca informada, primeiramente, a fim de se obter um grafo que possui apenas os pontos de interesse para a solução final, os pontos turísticos e o ponto inicial, faz-se uso de uma estratégia para reduzir o grafo a apenas tais pontos na qual, para que possíveis rotas entre nós relevantes que passam por nós não sejam perdidas, utiliza-se o algoritmo do *A estrela* utilizando a heurística da distância euclideana para encontrar as menores rotas entre os pontos de interesse caso exista um caminho, assim, a partir dessa estratégia de redução obtém-se um grafo que contém apenas nós relevantes para o problema inicial com novas arestas em relação ao grafo inicial, as quais representam os caminhos mais curtos entre os pontos percorrendo os pontos originais da estrutura.

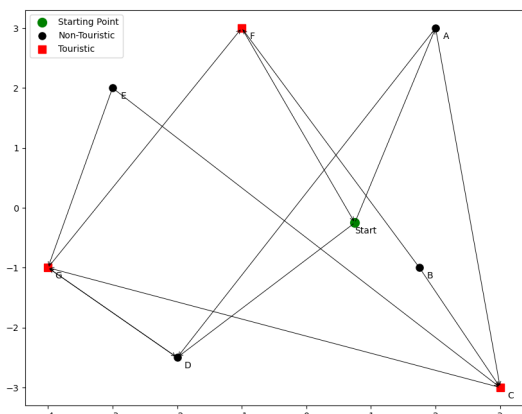


Figura 2: Modelagem dos pontos de uma cidade.

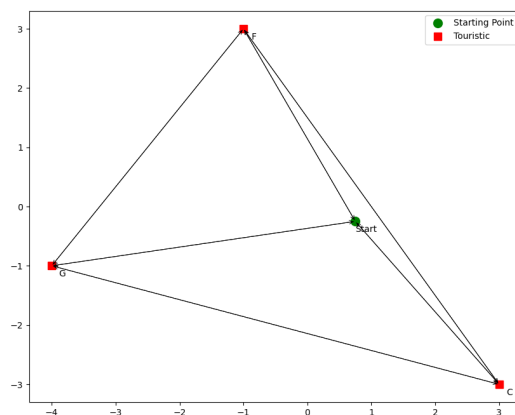


Figura 3: Grafo reduzido a pontos de interesse em uma cidade.

A partir do grafo reduzido, utiliza-se a heurística do vizinho mais próximo para escolher o próximo nó a ser visitado. Primeiramente, o algoritmo verifica os possíveis nós a serem visitados a partir do ponto atual, para isso, analisa-se o tempo de ida ao nó futuro e o tempo de volta ao nó inicial a partir daquele ponto, caso a soma dos custos dessas duas rotas seja menor que o tempo restante disponível de deslocamento, o nó é considerado para um possível ponto futuro. Assim, a partir do vetor de nós futuros possíveis, seleciona-se aquele cuja distância de ida a partir do estado atual é menor, o que, após todas as iterações, caso não haja mais nós futuros possíveis, volta ao ponto inicial e retorna a rota que maximiza a visita em pontos turísticos.

## 2.2 Discussões e decisões

Durante o projeto, surgiram discussões sobre o algoritmo e sobre as estratégias adotadas.

### 2.2.1 Considerar respostas que percorram o mesmo ponto na busca cega

Como o problema abordado não implica uma solução que requira um caminho mínimo primordialmente, sendo o objetivo primário a maximização dos pontos turísticos visitados, a solução pode incluir pontos repetidos na lista de nós percorridos, assim, a recursão será limitada unicamente pelo limite de tempo de deslocamento imposto. Portanto, a eficiência do algoritmo de busca cega é fortemente dependente do tempo delimitado, sendo que, com maior tempo, o número de soluções exploradas é polinomialmente maior, mesmo para um mesmo exemplo de



grafo, o que torna o algoritmo expressivamente mais ineficiente para exemplos de maior porte.

### **2.2.2 Heurística a partir do grafo reduzido**

O problema do caixeiro viajante usualmente é estudado no caso em que a solução pretendida tem como cerne o caminho mínimo em um grafo, desse modo, como a situação abordada no caso atual tem como fito retornar uma rota que maximize o número de pontos de um dado tipo, as heurísticas usadas no modelo de problema tiveram que ser adaptadas.

### **2.2.3 Preservar melhores rotas que passam por pontos não turísticos no grafo reduzido**

A fim de se aplicar a heurística do vizinho mais próximo, todos os pontos do grafo precisam nós de interesse para a resposta final, assim, para que a estratégia possa ser utilizada é necessário algum tipo de filtragem no grafo. Assim, foi necessário implementar a redução do grafo a partir da heurística da distância euclidiana.

## **2.3 Diferenças entre implementações**

### **2.3.1 Busca cega**

A busca cega, pelo fato da condição de para ser o tempo limite, torna-se significativamente sensível a um tempo limite alto, mesmo considerando exemplos de grafos iguais. Além disso, a busca cega, por realizar recursões indiscriminadamente, armazena muito mais cópias dos nós na memória, o que implica em um algoritmo de maior complexidade de tempo e de espaço. Portanto, a solução que emprega a busca cega implica em um algoritmo altamente ineficiente e, a partir de um certo grau de complexidade do grafo ou da ordem de grandeza do tempo limite, frequentemente inviável.

### **2.3.2 Busca heurística**

A busca heurística demonstrou insensibilidade a tempos limites mais altos, ou seja, mesmo com tempos limites de ordens de grandezas próximas ao infinito computacionalmente, a resposta é retornada em mesma ordem de complexidade assintótica em todos os casos. Além disso, pelo fato do algoritmo não percorrer nós indiscriminadamente, o número de nós na memória é significativamente menor e o número de soluções exploradas é expressivamente menor. Portanto, o

algoritmo que utiliza abordagem com busca informada proporciona uma complexidade menor em espaço e em tempo.

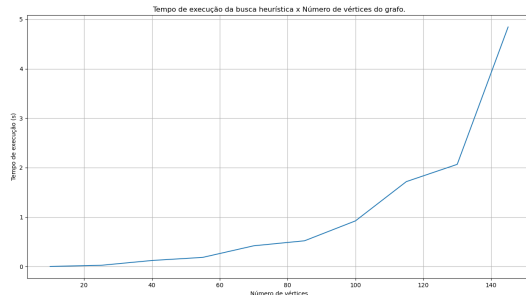


Figura 4: Relação entre tempo de execução e número de vértices do grafo da busca heurística.

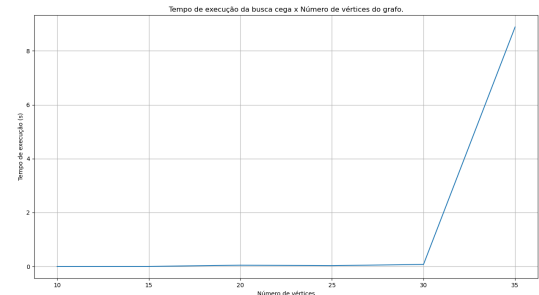


Figura 5: Relação entre tempo de execução e número de vértices do grafo da busca cega.

Com bases nas **Figuras 4 e 5**, vê-se que a ordem de grandeza do tempo de execução da busca cega ultrapassa a busca heurística com um grafo com número bem menor. Assim, infere-se a eficiência do algoritmo da busca informada.

## 2.4 Aplicação

O algoritmo apresentado pode ser aplicado, por exemplo, no desenvolvimento de rotas de uma empresa turística real. Assim, uma empresa pode oferecer melhores itinerários de viagens dentre de um limite de tempo para seus clientes, incrementando a eficiência do serviço.

## 3 Conclusão

Portanto, por todos os fatores supracitados, infere-se que a busca informada oferece uma solução altamente superior em questão de complexidade de tempo e de espaço em relação à busca cega. Assim, por mais que a busca não informada proporcione uma simplicidade maior de solução, a elaboração da solução a partir de uma heurística é consideravelmente mais satisfatória.