

Trabalho Prático I

Profs. Cristiano Castro e João Pedro Campos

September 19, 2025

1 O PROBLEMA DA PONTE E DA TOCHA

O problema da Ponte e da Tocha (*Bridge and Torch Puzzle*) é um quebra-cabeça clássico de travessia. Imagine que quatro pessoas precisam atravessar uma ponte à noite e possuem apenas uma tocha. A ponte só suporta o peso de duas pessoas por vez, e qualquer travessia, seja de ida ou de volta, exige o uso da tocha.

Cada pessoa leva um tempo diferente para atravessar a ponte:

- Pessoa A: 1 minuto
- Pessoa B: 2 minutos
- Pessoa C: 5 minutos
- Pessoa D: 10 minutos

Quando duas pessoas atravessam juntas, elas se movem na velocidade da pessoa mais lenta. O objetivo é levar todas as quatro pessoas para o outro lado da ponte no menor tempo possível.

Com relação a esse quebra-cabeça, deve-se implementar as tarefas a seguir.



Figure 1.1: Ilustração do Bridge and Torch Puzzle.

2 TAREFAS

TAREFA 1: MODELAGEM DO PROBLEMA

Antes de implementar os algoritmos de busca, é fundamental modelar o problema. Defina formalmente o problema da Ponte e Tocha como um problema de busca em espaço de estados. Sua modelagem deve incluir:

- **Representação de Estado:** Descreva como você representará um estado do problema (e.g., quais pessoas estão em cada lado da ponte e a localização da tocha).
- **Estado Inicial e Objetivo:** Defina claramente o estado inicial (todos no início) e o estado objetivo (todos no final).
- **Função Sucessora:** Descreva as ações válidas que podem ser tomadas a partir de um estado e qual o estado resultante de cada ação.

DICAS PARA MODELAGEM DO PROBLEMA (EXEMPLOS)

Para te ajudar a começar, vamos ver um exemplo de como modelar o estado do problema e as transições entre estados.

REPRESENTAÇÃO DO ESTADO

Um estado precisa capturar toda a informação necessária para descrever uma situação no quebra-cabeça. Uma maneira eficiente de fazer isso é com uma tupla contendo:

1. Um conjunto com as pessoas que estão no **lado inicial** da ponte.
2. Uma string ou um inteiro indicando a **localização da tocha**.

EXEMPLOS:

- **Estado Inicial:** Todas as pessoas (A, B, C, D) e a tocha estão no lado inicial.
 $\text{estado_inicial} = (\{'A', 'B', 'C', 'D'\}, \text{'início'})$
- **Estado Objetivo:** Ninguém está no lado inicial, e a tocha está no lado final.
 $\text{estado_objetivo} = (\{\}, \text{'final'})$

AÇÕES, TRANSIÇÕES E CUSTOS

Uma ação corresponde a mover uma ou duas pessoas pela ponte, o que causa uma transição de um estado para outro com um custo associado (o tempo da travessia).

EXEMPLO DE TRANSIÇÃO 1: IDA

1. **Estado Atual:** $(\{'A', 'B', 'C', 'D'\}, \text{'início'})$
2. **Ação:** Mover as duas pessoas mais rápidas (A e B) para o lado final.
3. **Custo do Movimento:** O tempo é determinado pela pessoa mais lenta.
 $\text{custo} = \max(\text{tempo}_A, \text{tempo}_B) = \max(1, 2) = 2 \text{ minutos}$
4. **Novo Estado:** As pessoas A e B não estão mais no início, e a tocha agora está no final.
 $\text{novo_estado} = (\{'C', 'D'\}, \text{'final'})$

A transição completa é: $(\{'A', 'B', 'C', 'D'\}, \text{'início'}) \rightarrow (\{'C', 'D'\}, \text{'final'})$ com **custo 2**.

EXEMPLO DE TRANSIÇÃO 2: VOLTA

1. **Estado Atual:** $(\{'C', 'D'\}, \text{'final'})$
2. **Ação:** Alguém precisa retornar com a tocha. A pessoa mais rápida para fazer isso é a A (que já está no lado final).
3. **Custo do Movimento:** O tempo da travessia de A.
 $\text{custo} = \text{tempo}_A = 1 \text{ minuto}$
4. **Novo Estado:** A pessoa A se junta novamente ao conjunto de pessoas no início, e a tocha também volta.
 $\text{novo_estado} = (\{'A', 'C', 'D'\}, \text{'início'})$

A transição completa é: $(\{'C', 'D'\}, \text{'final'}) \rightarrow (\{'A', 'C', 'D'\}, \text{'início'})$ com **custo 1**.

Sua principal tarefa na função sucessora será gerar *todas* as ações válidas (movimentos de 1 ou 2 pessoas) a partir de qualquer estado.

TAREFA 2

Projete um agente capaz de resolver o quebra-cabeça utilizando os métodos de busca não informada relacionados a seguir. Nota: será necessário evitar ciclos em sua implementação.

- Busca em profundidade (depth-first search)
- Busca em largura (breadth-first search)

TAREFA 3

O objetivo principal deste problema é minimizar o *tempo total*, o que o torna ideal para algoritmos de busca informada e de custo.

- **Função de Custo:** Defina uma função de custo, $g(n)$, que represente o tempo total acumulado para alcançar o estado n .
- **Função Heurística:** Proponha uma função heurística, $h(n)$, que seja admissível para este problema. Justifique por que sua heurística nunca superestima o custo real para atingir o objetivo.
- **Implementação:** Implemente um agente capaz de resolver o problema utilizando os seguintes métodos:
 - Busca de Custo Uniforme (Dijkstra)
 - Busca A^*

TAREFA 4

Compare os quatro métodos implementados (Busca em Profundidade, Busca em Largura, Custo Uniforme e A^*) e discuta os resultados. Em sua análise, compare os métodos em termos de valores médios para:

- Custo da solução encontrada (tempo total de travessia);
- Número de nós expandidos (explorados) durante a busca;
- Tempo de processamento até a solução.

Explique por que a Busca em Largura (BFS) não garante a solução ótima (de menor tempo) para este problema, enquanto a Busca de Custo Uniforme e a A^* garantem. É recomendável que seu programa termine após um número fixo e elevado de nós expandidos para evitar buscas excessivamente longas, especialmente para DFS.

3 CONSTRUÇÃO DO RELATÓRIO

Cada grupo deverá entregar um relatório detalhado, preferencialmente escrito em $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$, contendo as explicações e discussões pertinentes às resoluções de cada tarefa enumerada na seção anterior. Dentre as discussões que devem constar no documento, estão:

- Explicação da modelagem do problema na forma de grafo;
- Explicação clara das rotinas desenvolvidas;
- Explicação básica dos algoritmos de busca estudados;
- Comparação e discussão dos algoritmos aplicados para solucionar o puzzle.

O relatório será avaliado em termos da clareza da escrita, correção gramatical e riqueza do conteúdo apresentado. Não hesite em acrescentar imagens, gráficos e tabelas para dar suporte à sua argumentação. Lembre-se: figuras e tabelas devem ser devidamente referenciadas no texto. Todas as referências bibliográficas utilizadas devem constar ao final do documento e devem estar no mesmo formato (ABNT, APA, Vancouver, o que desejarem).

4 CONSTITUIÇÃO DOS GRUPOS

Os trabalhos deverão ser desenvolvidos em grupos de 5 (cinco) estudantes. Importante: $5 \neq 6$. Lembrem-se: fiquem à vontade para marcar uma conversa com os tutores da disciplina caso surjam dúvidas.

5 USO DE IAS GENERATIVAS

Em tempos de IA generativa, é importante frisar que tais ferramentas podem ser muito úteis e ajudar no aprendizado de conteúdos novos, **quando bem utilizadas**. Recomendamos que consultem, caso já não o tenham feito, os materiais presentes no Moodle acerca do uso ético de IAs no ambiente acadêmico. Relatórios que contenham **marcas evidentes de uso de IA generativa** (como trechos de *prompt* ou respostas da IA em primeira pessoa) **não serão corrigidos**. O uso de IAs é bem-vindo para tarefas que não envolvam geração de conteúdo do zero, mas sim aquelas que auxiliam o pesquisador a tratar, refinar, debugar, corrigir ou melhorar conteúdo já gerado. Recomendamos fortemente que, caso usem IAs, tomem o cuidado de se certificar de que estão **entendendo o que está sendo feito, e não apenas delegando o raciocínio à IA**.

BOM TRABALHO!