

# Usando um Simulador da Máquina de Turing

Claudio Kirner

2010

## 1. Introdução

A Máquina de Turing, idealizada por Alan Turing, em 1936, é uma máquina teórica simples capaz de calcular qualquer função matemática.

Ela é baseada em uma fita que se movimenta passo a passo para a esquerda ou para a direita embaixo de um cabeçote, que lê o conteúdo de uma célula e nela escreve outro conteúdo (Figura 1).

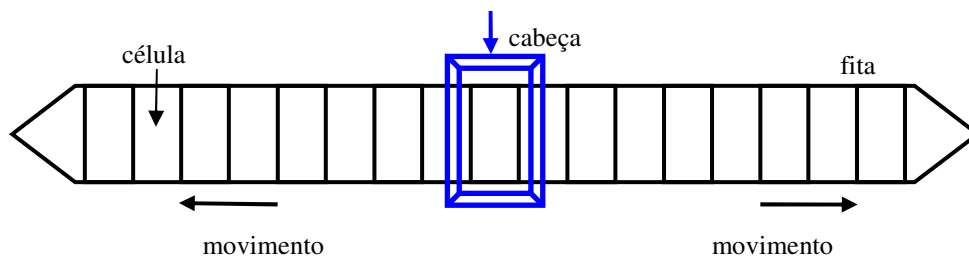


Figura 1. Diagrama da Máquina de Turing

A máquina baseia-se em 5 elementos, envolvendo:

- estado atual;
- caracter a ser lido;
- estado seguinte;
- caracter a ser escrito;
- movimento da fita (às vezes, usa-se o movimento da cabeça para facilitar).

Para funcionar, a máquina de Turing deve ser programada e ter um valor de entrada (célula ou conjunto de células com valor inicial).

Para programar-se a máquina de Turing, pode-se usar diagrama de estados e/ou diagrama de transição.

O diagrama de estados pode ser usado para especificar-se o algoritmo da solução do problema na máquina de Turing e o diagrama de estados pode funcionar como programa.

## 2. Exemplo de Solução de um Problema com a Máquina de Turing

Para mostrar um exemplo de solução de problema com a máquina de Turing, será usado um programa que lê uma cadeia de caracteres "1" e a transforma em uma cadeia com extremos "1" e seu interior com "0".

Para isto, vamos colocar a cabeça no extremo esquerdo da cadeia, conforme a Figura 2 e executar o programa que detecta o primeiro "1" e o mantém, indo em seguida para a direita, trocando todos os "1" por "0", até encontrar o último "1", mantendo-o. Uma alternativa

para implementar a situação final é ir trocando os “1” por “0”, até encontrar uma célula vazia, quando então, a máquina volta e escreve “1”, terminando em seguida. O término ocorre, quando a máquina alcança um estado de parada (Halt), ou um estado não definido.

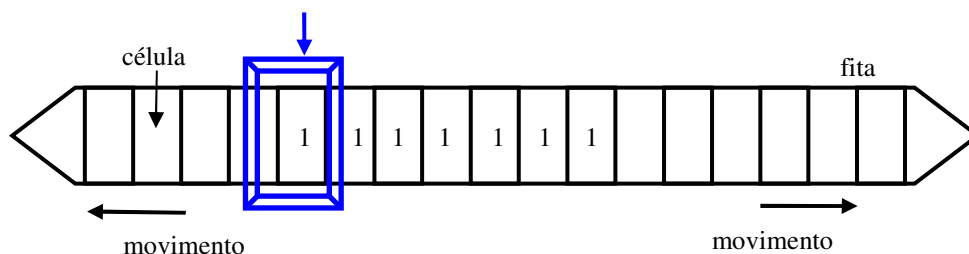


Figura 2. Situação inicial da Máquina de Turing

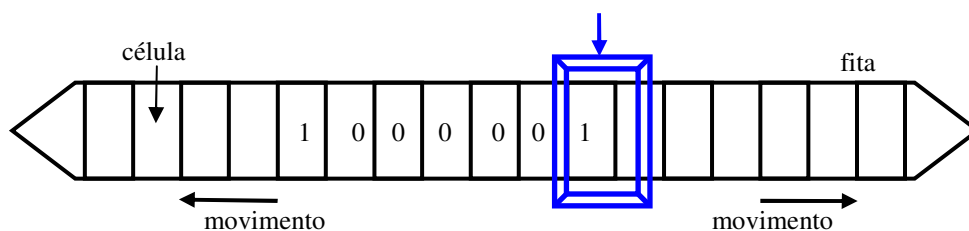


Figura 3. Situação final da Máquina de Turing

Portanto, a especificação da solução em linguagem textual é a seguinte:

- situação inicial da fita “1111111”, com a cabeça posicionada no “1 “ da esquerda.
- no estado inicial 1, espera a leitura do caracter 1, executa a escrita “1”, vai para o estado 2 e move a cabeça para a direita (>).
- no estado 2, espera a leitura de caracter “1”, executa a escrita “0”, mantém o estado 2 e move a cabeça para a direita (>).
- no estado 2, espera a leitura de caracter vazio, executa a escrita vazia, vai para o estado 3 e move a cabeça para a esquerda (<), retornando ao último “0” escrito.
- no estado 3, espera a leitura de “0”, executa a escrita “1”, vai para o estado de parada (halt) e deixa a cabeça onde está ( ).
- A execução termina.

Obs. A célula vazia pode conter algum caractere com este significado, como “b”, “\_” ou “ “. Neste caso, vamos usar “underline” como ausência de caractere, ou seja “\_”.

Usando diagrama de estados para especificar a solução do problema na máquina de Turing, teremos o seguinte:

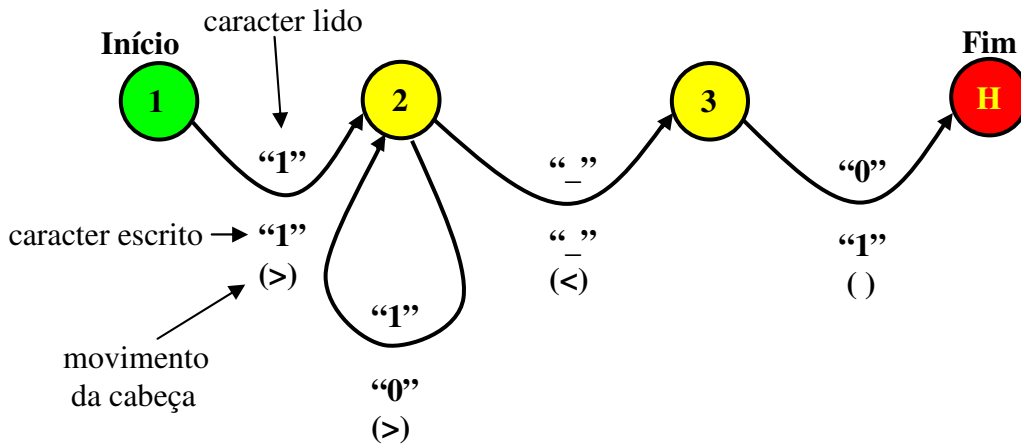


Figura 4. Diagrama de Estados da Solução de um Problema na Máquina de Turing

O Diagrama de Transição da máquina de Turing pode ser escrito com 5 elementos, conforme a Figura 5.

Estado inicial	Caracter lido	Estado seguinte	Caracter escrito	Movimento da cabeça
1	1	2	1	>
2	1	2	0	>
2	_	3	_	<
3	0	H	1	

Legenda: “\_” = caracter vazio; “ ” = sem movimento

Figura 5. Diagrama de Transição da Solução de um Problema na Máquina de Turing

Compactando a tabela, o Diagrama de Transição ficará da seguinte maneira:

```

1 1 2 1 >
2 1 2 0 >
2 _ 3 _ <
3 0 H 1

```

Figura 6. Diagrama de Transição equivalente ao da Figura 5

Os simuladores da máquina de Turing, funcionam com o programa fornecido sob a forma de Diagrama de Estados ou Diagrama de Transição.

Neste tutorial, será adotado o Diagrama de Estados como a especificação da solução do problema (algoritmo) e o Diagrama de Transição compactado será o programa a ser fornecido ao simulador.

### 3. Simulação da Máquina de Turing

#### 3.1 Introdução

Há vários simuladores da máquina de Turing, elaborados com várias linguagens e disponibilizados para execução offline ou através de Applets.

Neste tutorial, optou-se por usar Applets Java, em função da facilidade de uso em qualquer local. Optou-se também pelo uso de Diagrama de Transição com 5 elementos, por ser mais compacto (de nível mais alto).

Entre os vários simuladores existentes, pode-se citar:

- 1 - <http://www.warthman.com/ex-turing.htm>
- 2 - <http://web.bvu.edu/faculty/schweller/Turing/Turing.html>
- 3 - <http://ironphoenix.org/tril/tm/>

O primeiro simulador serve apenas para demonstração.

O segundo simulador é programável e trabalha com Diagramas de Transição com 4 elementos, exigindo mais esforço de programação.

O terceiro simulador, elaborado por Suzanne Britton, é programável e trabalha com Diagramas de Transição com 5 elementos. Além disso, oferece opções interessantes de programação e execução.

#### 3.2 Programando o Simulador da Máquina de Turing de Suzanne Britton

Para programar o Simulador da Máquina de Turing de Suzanne Britton, entre no site:

- 3 - <http://ironphoenix.org/tril/tm/>

Espre até o Applet ser baixado, quando será visto o Applet, de acordo com a Figura 7.

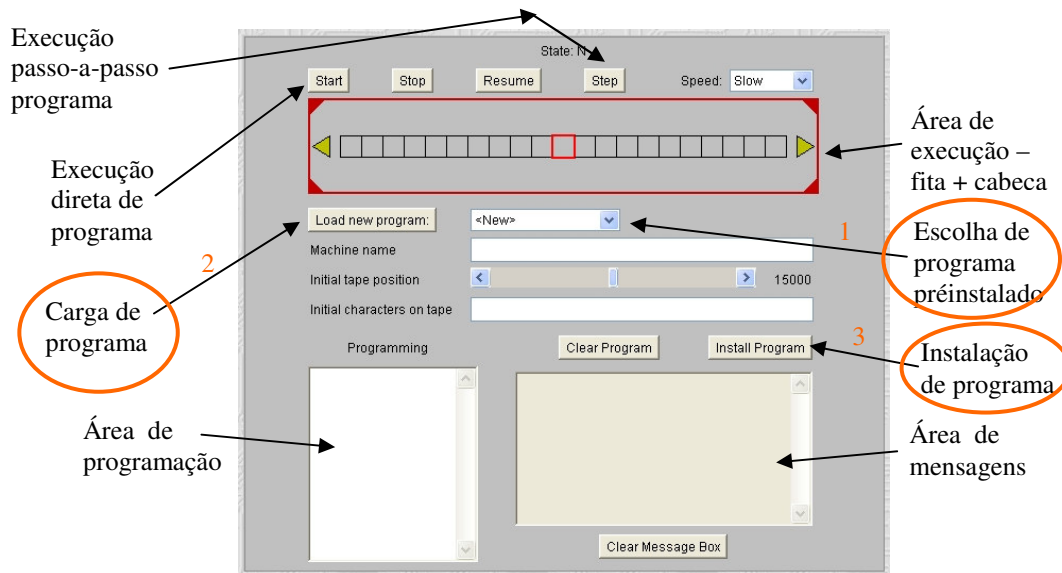


Figura 7. Applet do Simulador da Máquina de Turing

Inicialmente, carregue um programa pré-instalado, seguindo os passos 1, 2 e 3 da Figura 7. Pode escolher o programa Subtractor, mas não precisa executá-lo. Esse procedimento deixará a máquina pronta para receber programação.

Em seguida, pode-se preparar a programação.

Um programa é uma cadeia de caracteres na sequência:

**Estado Inicial**, **Caracter a ser Lido**, **Próximo Estado**, **Caracter a ser Impresso**, **Movimento da Cabeça**

Os estados são inteiros não negativos, incluindo o H, que é o estado de parada.

Estados = {1,2,3...H}

Os movimentos da cabeça são para à esquerda (<), para a direita (>) e permanecer onde está (vazio).

Movimentos={<, >, “ ”}

A maioria dos caracteres é aceita. O caracter “\_” significa vazio ou “branco”.

Caracteres={caracteres, “ ”}

Prepare o programa num editor de texto (Bloco de Notas, por exemplo), ou prepare-se para digitá-lo diretamente na área de programação da máquina de Turing.

Para colocar o programa no simulador, execute os passos seguintes, conforme a Figura 8.

- 1 - clique em “Load New Program”
- 2 - digite ou cole o programa na área de programação
- 3 - coloque a cadeia inicial de caracteres, na fita (“Initial characters on tape”)
- 4 - clique em “Install Program”

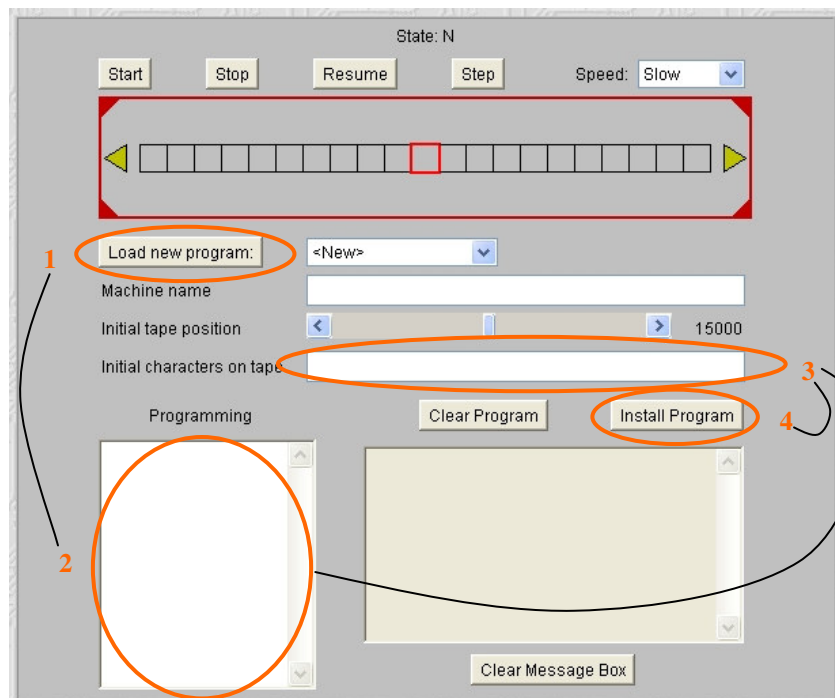


Figura 8. Editando e Instalando um Programa no Simulador da Máquina de Turing

### 3.3 Executando um Programa no Simulador da Máquina de Turing

A situação do programa carregado e instalado pode ser vista na Figura 9. Veja que a cadeia de caracteres de entrada, em “initial characters on tape” foi copiada para a fita a ser executada, com a cabeça apontando para o primeiro caracter à esquerda. Se o usuário quiser, ele poderá mover a fita, antes de começar, clicando nas setas amarelas, dentro a área de execução. Em alguns casos, a execução, a partir de outro ponto da fita poderá ocorrer e dar um resultado diferente. Isto vale somente para a execução passo a passo.

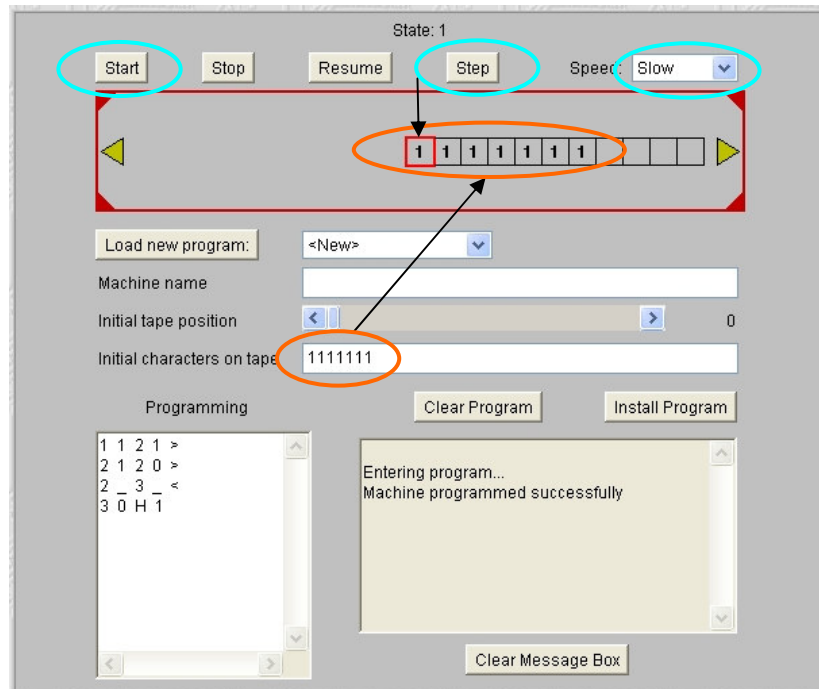


Figura 9. Simulador da Máquina de Turing com o Programa Instalado

Para executar o programa, vá clicando no botão “step”, no topo da interface, e acompanhe o comportamento do conteúdo da fita e da cabeça.

Se quiser executar automaticamente e ver os estados intermediários até alcançar o resultado final, regule a velocidade no menu suspenso “speed” e clique no botão “Start”. Se escolher a velocidade “compute”, a máquina dará o resultado diretamente – ela usará a fita na situação inicial, mesmo que ela tenha sido movida anteriormente.

O resultado final pode ser visto na Figura 10.

Se quiser executar o programa novamente, altere a cadeia de caracteres de entrada, em “initial characters on tape”, e clique em “Install Program”. O programa fará nova execução usando a nova cadeia de caracteres de entrada.

Para terminar, basta fechar a Applet.

É recomendável usar um editor de texto para a preparação do programa, para poder salvá-lo e reusá-lo mais tarde, pois o fechamento da Applet incorrerá na perda do programa.

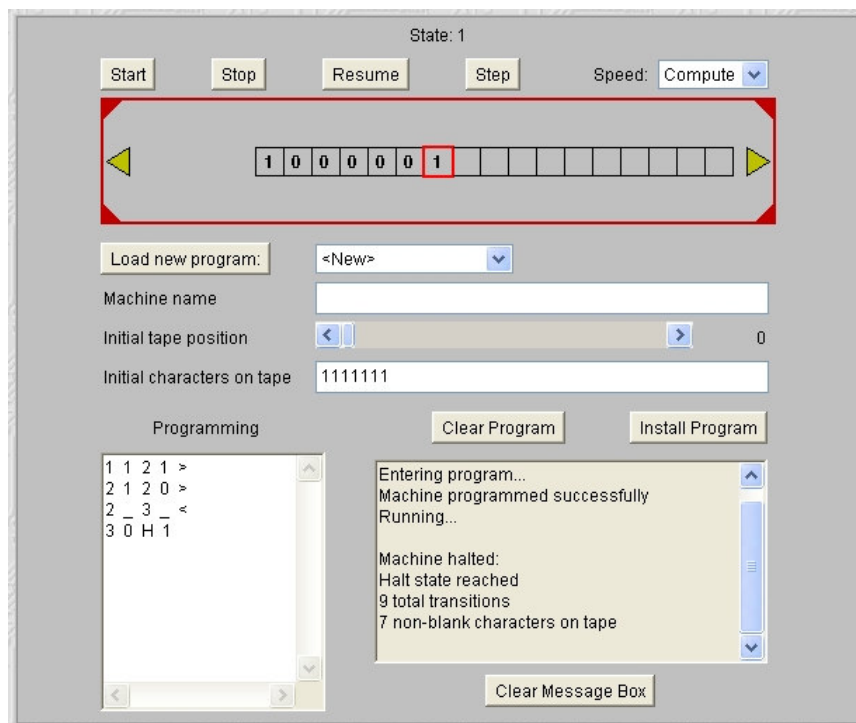


Figura 10. Simulador da Máquina de Turing com o Programa Executado

#### 4. Conclusões

O uso de um simulador da máquina de Turing é muito interessante para fixar os conceitos teóricos sobre Máquina de Turing, permitindo ao usuário, testar seu funcionamento e praticar os processos de resolver problemas com o uso da máquina, montando diagramas de estados e de transições.

Apesar da Applet Java elaborada por Suzane Britton ter sido usada neste tutorial, outros simuladores têm propriedades parecidas, de forma que as instruções aqui fornecidas podem ser adaptadas para outros simuladores.

#### Referências

BRITTON, S. – Turing Machine Simulator (<http://ironphoenix.org/tril/tm/>). Acessado em 10/06/2010.