

# Extensões de Máquinas Universais

Teoria da Computação

INF05501

# Modificações sobre Máquinas Universais

- Como **evidências internas** de que as máquinas vistas são universais estão diversas **propostas de extensão dos modelos básicos**
- **Verifica-se que Máquinas Universais são equivalentes às diversas versões modificadas de seus modelos básicos**
- A seguir, veremos **algumas destas modificações** que, apesar de não aumentarem o poder computacional, **adicionam características importantes a estas máquinas em alguns contextos**

## Não-Determinismo

- É uma importante **generalização** dos modelos de máquinas
- **Na Máquina de Turing:**
  - Para o mesmo estado corrente e símbolo lido, diversas alternativas são possíveis
  - Cada alternativa é percorrida de forma **totalmente independente**
- Mesma ideia se aplica à **variável  $X$  da Máquina de Post** ou para as **pilhas do Autômato com Pilhas**

## Não-Determinismo (cont.)

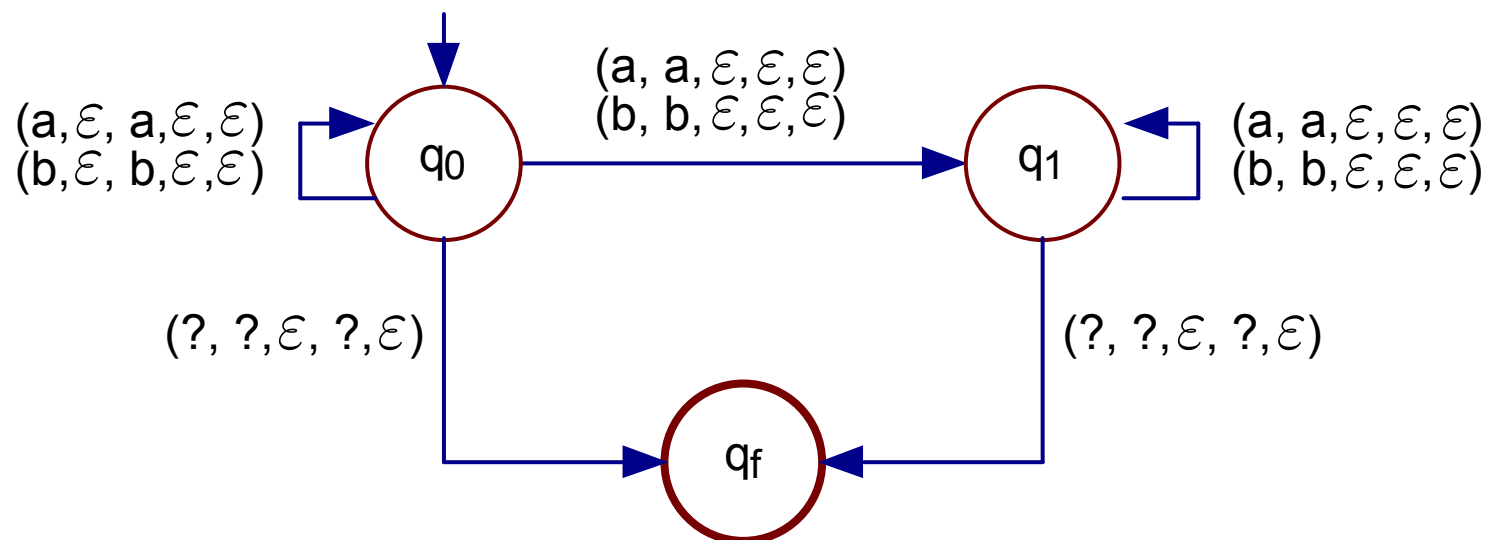
- Genericamente, não-determinismo é interpretado como:
  - Processamento da entrada resulta em um **conjunto de novos estados possíveis**
  - Cada estado alternativo é tratado **como se houvesse uma multiplicação da unidade de controle, uma para cada alternativa**
  - **Processamento de um caminho não influi no estado geral**, nem no símbolo lido dos demais caminhos alternativos

## Não-Determinismo (cont.)

- Dada uma Máquina de Turing Não-Determinística  $M$  e uma palavra  $w$  qualquer:
  - $w \in ACEITA(M)$  se existe pelo menos um caminho alternativo que **aceita a palavra**
  - $w \in REJEITA(M)$  se todas as alternativas **rejeitam a entrada**
  - $w \in LOOP(M)$  se nenhum caminho **aceita a palavra** e pelo menos um fica em **loop**

## Não-Determinismo: Exemplo

- Linguagem *Palavra\_Reversa* =  $\{ww^r | w \in \{a, b\}^*\}$



## Não-Determinismo: Equivalências

- Máquina de Turing é **equivalente** a:
  - Máquina de Turing Não-Determinística
  - Máquina de Post Não-Determinística
  - Autômato com Pilhas Não-Determinístico

## Não-Determinismo: Aplicação

- Estudo dos **sistemas concorrentes**
  - **Multiprocessamento**: existência de **duas ou mais unidades de processamento** realizando computações **simultâneas**
  - **Multiprogramação**: conceito lógico, normalmente implementado em nível de sistema operacional, que permite manter **mais de um programa ativo ao mesmo tempo**
- Multiprocessamento e multiprogramação apenas aumentam a eficiência e a flexibilidade dos computadores, não seu poder computacional
- Note: Não-Determinismo  $\neq$  Concorrência



## MT com Fita Infinita à Esquerda

- Modificação da definição básica que permite que a **fita** seja **infinita em ambos os lados**
- **Simulação**: **Células pares** representam a **parte direita** da fita, e as **células ímpares**, a **parte esquerda**
- **Símbolo**  $\triangleright$  é usado para controlar a **fronteira entre as partes**

## MT com Múltiplas Fitas

- MT com  $k$  fitas infinitas em ambos os lados e  $k$  correspondentes cabeças de fita
- Processamento:
  - Inicialmente, a **palavra de entrada é armazenada na primeira fita**, ficando as demais com valor branco
  - Depende do estado corrente e do símbolo lido **em cada uma das fitas**
  - Grava um novo símbolo **em cada uma das fitas**
  - Move cada uma das cabeças **independentemente** para a esquerda ou direita
  - Máquina assume **um único novo estado**

## MT com Múltiplas Fitas (cont.)

- Simulação para  $k = 3$ :
  - As três fitas são simuladas em uma única fita, **modificando-se os alfabetos de entrada e auxiliar**
  - **Cada símbolo** contido em uma célula **é uma 6-upla**
    - \* 3 componentes para representar as **células de cada uma das 3 fitas**
    - \* 3 componentes para marcar a **posição corrente das cabeças de cada fita**

## Outras Modificações

- **MT Multidimensional**: fita tradicional substituída por uma estrutura do tipo arranjo  $k$ -dimensional, infinita em todas as  $2k$  direções
- **MT com Múltiplas Cabeças**:  $k$  cabeças de leitura e gravação sobre uma única fita, com movimentos independentes, sendo que o processamento depende do estado corrente e do símbolo lido em cada uma das cabeças
- **Combinações**: Combinações de algumas ou de todas as modificações apresentadas

## Hierarquia de Classes de Máquinas

1. Máquinas Universais (MU)
2. Máquinas Universais - algoritmos que sempre param
3. Máquina Com Uma Pilha Não-Determinística (MPND)
4. Máquina Com Uma Pilha Determinística (MPD)
5. Máquina Sem Pilhas (MSP)

## Hierarquia de Classes de Linguagens

1. Linguagens Enumeráveis Recursivamente (reconhecidas por MU)
2. Linguagens Recursivas (reconhecedor sempre para)
3. Linguagens Livres do Contexto (reconhecidas por MPND)
4. Linguagens Livres do Contexto Determinísticas (reconhecidas por MPD)
5. Linguagens Regulares (reconhecidas por MSP)

## Hipótese de Church

“A capacidade de computação representada pela Máquina de Turing é o limite máximo que pode ser atingido por qualquer dispositivo de computação.”

- **Função Computável**: existe uma Máquina de Turing (ou formalismo equivalente) que compute a função
- **Função Não-Computável**: Não existe Máquina de Turing (ou formalismo equivalente) que compute a função