

Linguagens Formais e Autômatos

P. Blauth Menezes

blauth@inf.ufrgs.br

**Departamento de Informática Teórica
Instituto de Informática / UFRGS**



Linguagens Formais e Autômatos

P. Blauth Menezes

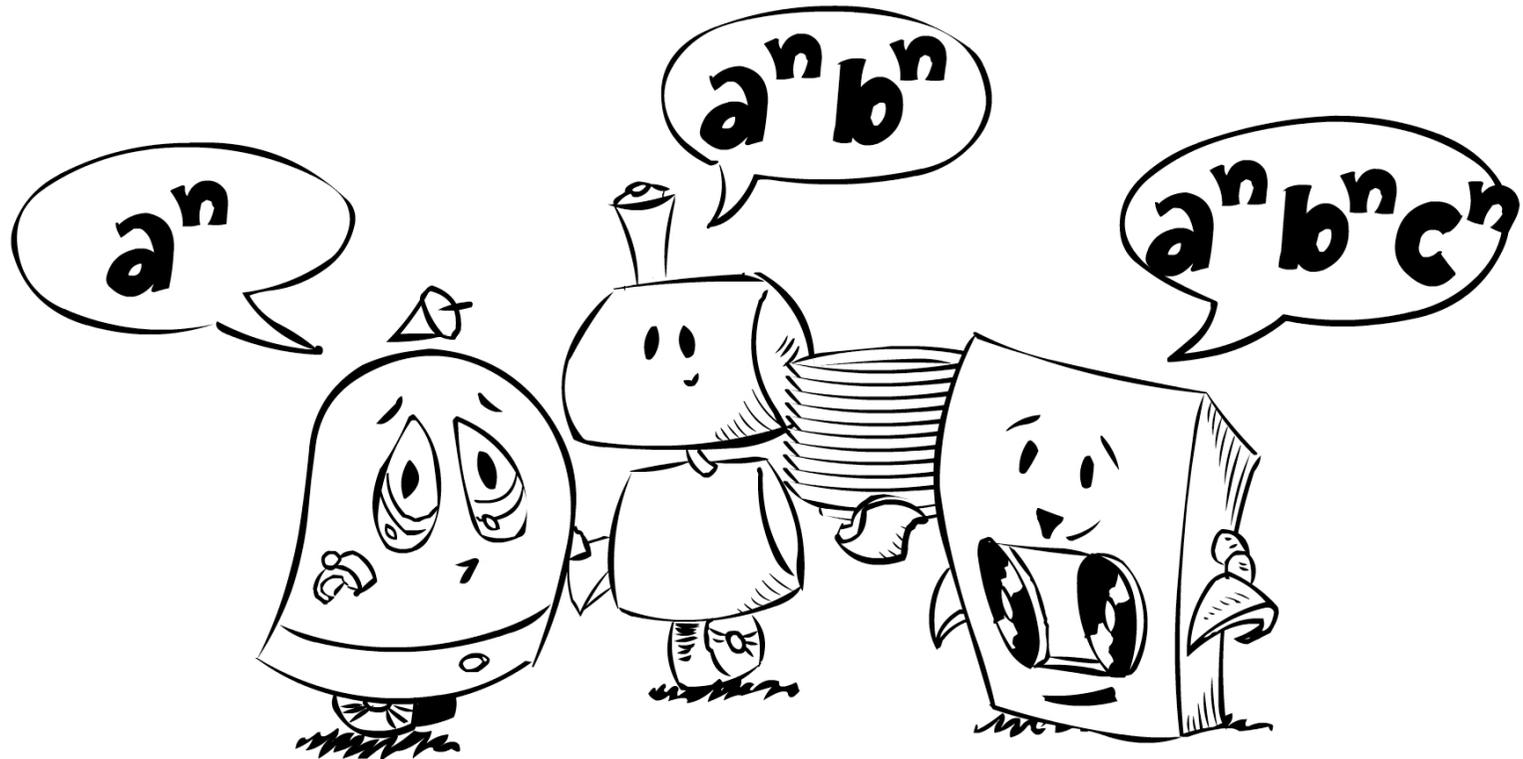
- 1 **Introdução e Conceitos Básicos**
- 2 **Linguagens e Gramáticas**
- 3 **Linguagens Regulares**
- 4 **Propriedades das Linguagens Regulares**
- 5 **Autômato Finito com Saída**
- 6 **Linguagens Livres do Contexto**
- 7 **Propriedades e Reconhecimento das Linguagens Livres do Contexto**
- 8 **Linguagens Recursivamente Enumeráveis e Sensíveis ao Contexto**
- 9 **Hierarquia de Classes e Linguagens e Conclusões**

9 - Hierarquia de Classes de Linguagens e Conclusões

9.1 Hierarquia de Chomsky

9.2 Conclusões

9.3 Leitura Complementar: Gramática de Grafos



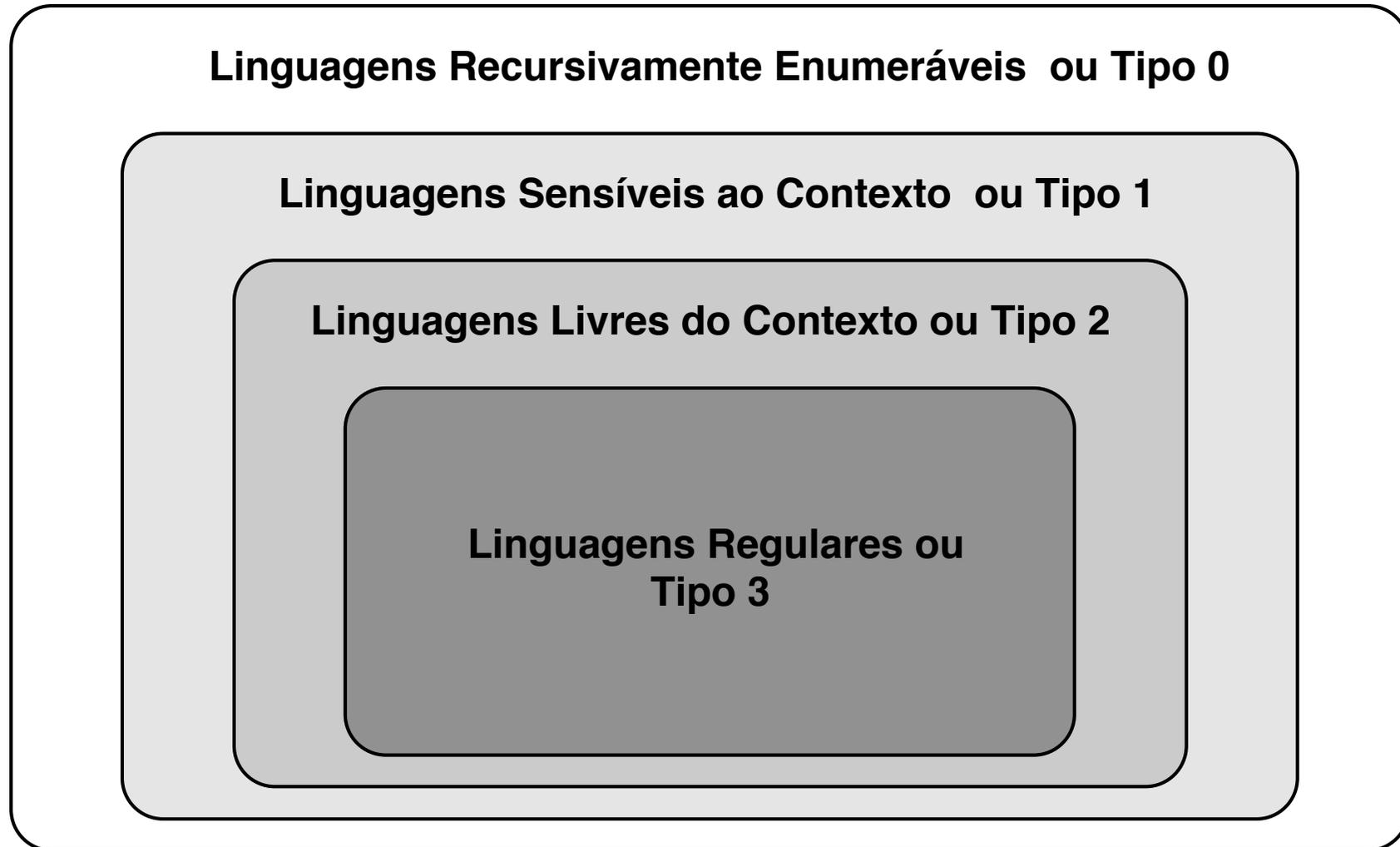
9 - Hierarquia de Classes de Linguagens e Conclusões

9 Hierarquia de Classes de Linguagens e Conclusões

9.1 Hierarquia de Chomsky

◆ Constituída pelas classes & inclusões próprias

- Regulares ou Tipo 3
- Livres do Contexto ou Tipo 2
- Sensíveis ao Contexto ou Tipo 1
- Recursivamente Enumeráveis ou Tipo 0



- ◆ **Noam Chomsky definiu estas classes como (potenciais) modelos para linguagens naturais**

◆ Linguagens de programação

- nem sempre são tratadas adequadamente na Hierarquia de Chomsky

◆ Existem linguagens que não são livres do contexto para as quais

- poder dos formalismos sensíveis ao contexto é excessivo
- inadequados principalmente no que se refere à complexidade

◆ Conhecimento das linguagens sensíveis ao contexto

- relativamente limitado
- dificulta o seu tratamento

◆ Exemplos de problemas que *não* Livres do Contexto

- múltiplas ocorrências de um mesmo trecho de programa
 - * como a declaração de um identificador e suas referências de USO
 - * análogo a $\{wcw \mid w \text{ é palavra de } \{a, b\}^*\}$
- alguns casos de validação de expressões com variáveis de tipos diferentes
- associação de um significado (*semântica*) de um trecho de programa
 - * análise de um conjunto de informações (dependentes de contextos)
 - * como identificadores, ambientes, tipos de dados, localização, seqüências de operações, etc

◆ Para algumas linguagens de programação

- Classe das Linguagens Livres do Contexto é excessiva
- Classe das Linguagens Regulares, insuficiente

◆ Linguagem Livre do Contexto Determinística

- pode ser denotada por um Autômato com Pilha Determinístico
- é possível implementar (facilmente) um reconhecedor com tempo de processamento proporcional a $2n$
 - * n é o tamanho da entrada
 - * muito mais eficiente que o melhor algoritmo conhecido para as linguagens livres do contexto

◆ De qualquer forma, o estudo das Linguagens Livres do Contexto tem sido de especial interesse

- permitem uma **representação simples** da **sintaxe**
- **adequada** para **estruturação formal** e para **análise computacional**

◆ Entretanto, o estudo das Linguagens Livres do Contexto tem mostrado problemas não-solucionáveis

- determinar se uma **gramática** é **ambígua**
 - * existem duas ou mais árvores de derivação distintas para uma mesma palavra
- não existe um algoritmo que verifique a **igualdade** de **duas linguagens**
 - * **dificulta otimização** e **teste** de processadores de linguagens

◆ Portanto, dependendo da linguagem e dos objetivos do trabalho

- estudos específicos
 - * eventualmente fora da Hierarquia de Chomsky
 - * são recomendados ou necessários
- exemplo apresentado

Classe de Linguagens Recursivas

9 - Hierarquia de Classes de Linguagens e Conclusões

9.1 Hierarquia de Chomsky

9.2 Conclusões

9.3 Leitura Complementar: Gramática de Grafos

9.2 Conclusões

- ◆ **Linguagens Formais oferecem meios para modelar e desenvolver ferramentas que**
 - **especificam** linguagens
 - processos de **análise**
 - **propriedades**
 - **limitações** algorítmicas

◆ Alguns problemas possuem questões em aberto

- tradução de linguagens, com ênfase nas naturais
- **explosão de estados** dos autômatos finitos
 - * desenvolvimento de **soluções** (possivelmente) **complexas**
 - * exige um **número excessivo de estados**
 - * importante tema de pesquisa
- tratamento de **linguagens n-dimensionais**, ênfase bi/tridimensionais
 - * **imagens**
 - * **animações**
 - * **sistemas biológicos**: simulação do desenvolvimento de sistemas vivos), tanto no plano, quanto no espaço
 - * **sistemas concorrentes** (eventualmente **distribuídos** e/ou **comunicantes**): especificação formal e prova de propriedades

◆ Limitação do trabalho desenvolvido

- formalismos desenvolvidos não são adequados para o
 - * tratamento de problemas complexos
- não possuem construções composicionais em suas definições
 - * sem qualquer estruturação modular ou hierárquica

◆ Algumas construções composicionais foram exploradas

- união, intersecção, complemento, etc
- limitadas em termos de expressividade

◆ Construções composicionais mais ricas: inspiradas em Teoria das Categorias

- constituem uma **álgebra** sobre os formalismos
 - * com **operações expressivas**
- desenvolvimento de **soluções complexas** de **forma simples**
 - * em grande parte dos casos, **corretas por construção**
- abordagem: transcende o objetivo da disciplina
 - * importante linha de pesquisa
 - * para quem deseja dar continuidade aos estudos

9 - Hierarquia de Classes de Linguagens e Conclusões

9.1 Hierarquia de Chomsky

9.2 Conclusões

9.3 Leitura Complementar: Gramática de Grafos

9.3 Leitura Complementar: Gramática de Grafos

- ◆ Uma abordagem às linguagens n -dimensionais
- ◆ Idéia básica das gramáticas de grafos
 - análoga à das Gramáticas de Chomsky
- ◆ Gramática de Grafos
 - regras de produção: pares, mas de grafos
 - derivação: substituição de um subgrafo de acordo com uma regra de produção

◆ Gramáticas de grafos

- caso particular das gramáticas categoriais
- nenhum conceito de **Teoria das Categorias** é formalmente introduzido

◆ Gramáticas categoriais podem ser definidas sobre

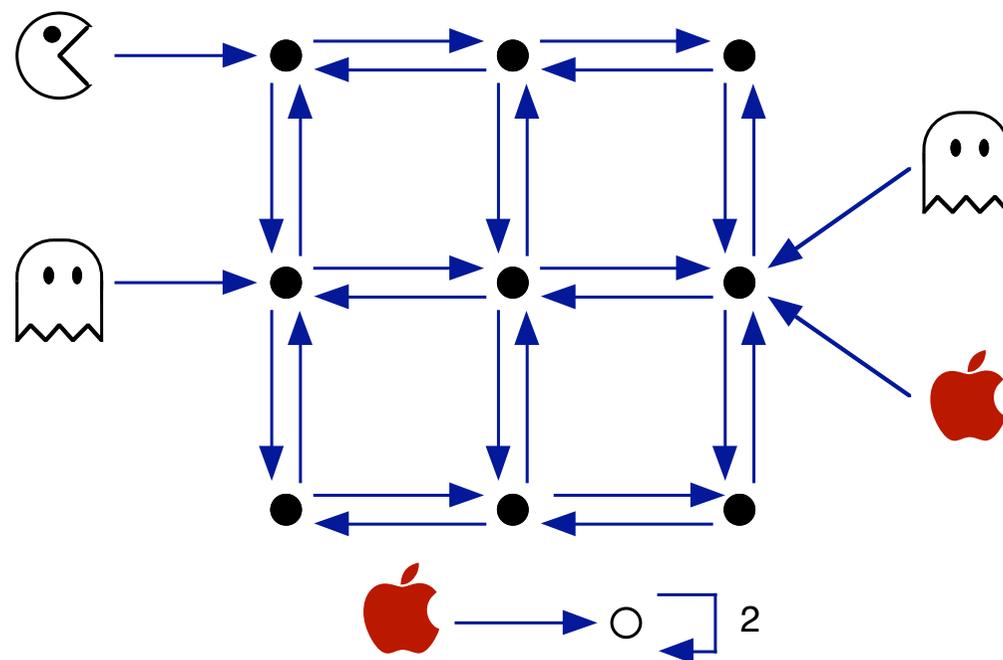
- palavras
- grafos
- conjuntos parcialmente ordenados
- redes
- autômatos
- máquinas
- linguagens de programação
- ..., desde que sejam satisfeitas determinadas condições

◆ Adicionalmente, as derivações são generalizadas

Exp: Gramática de Grafos: PacMan

Jogo PacMan (simplificado)

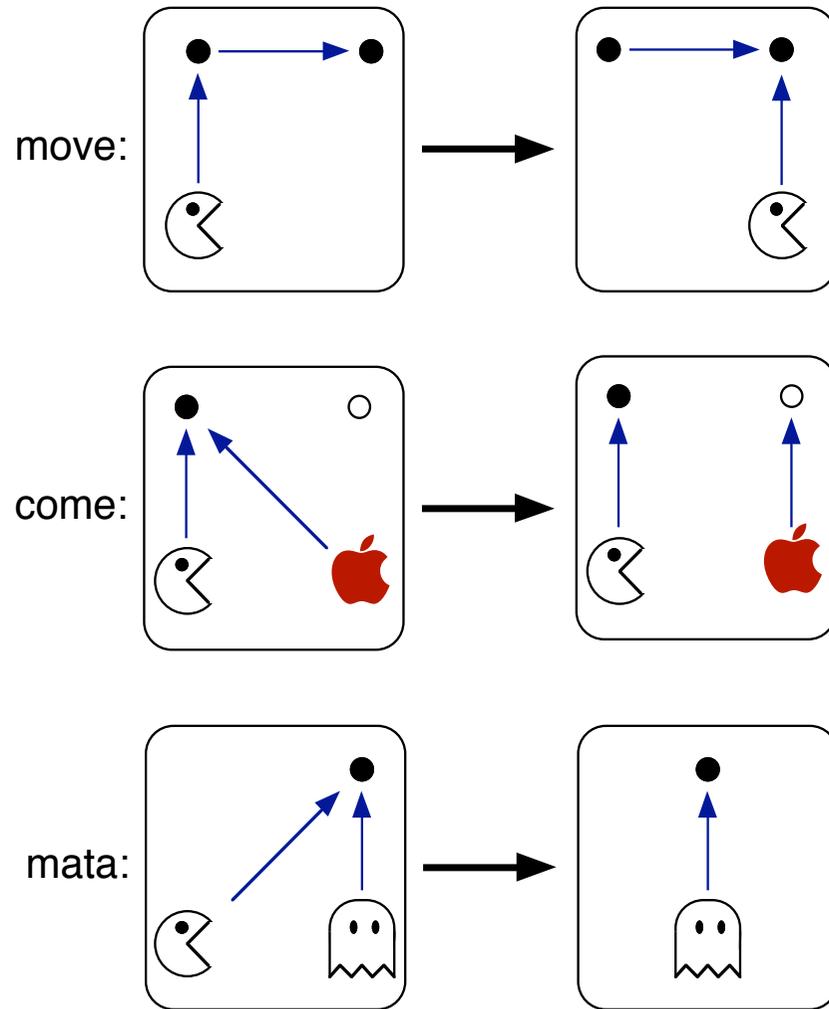
- tabuleiro
- PacMan
- conjunto de fantasmas
- conjunto de maçãs



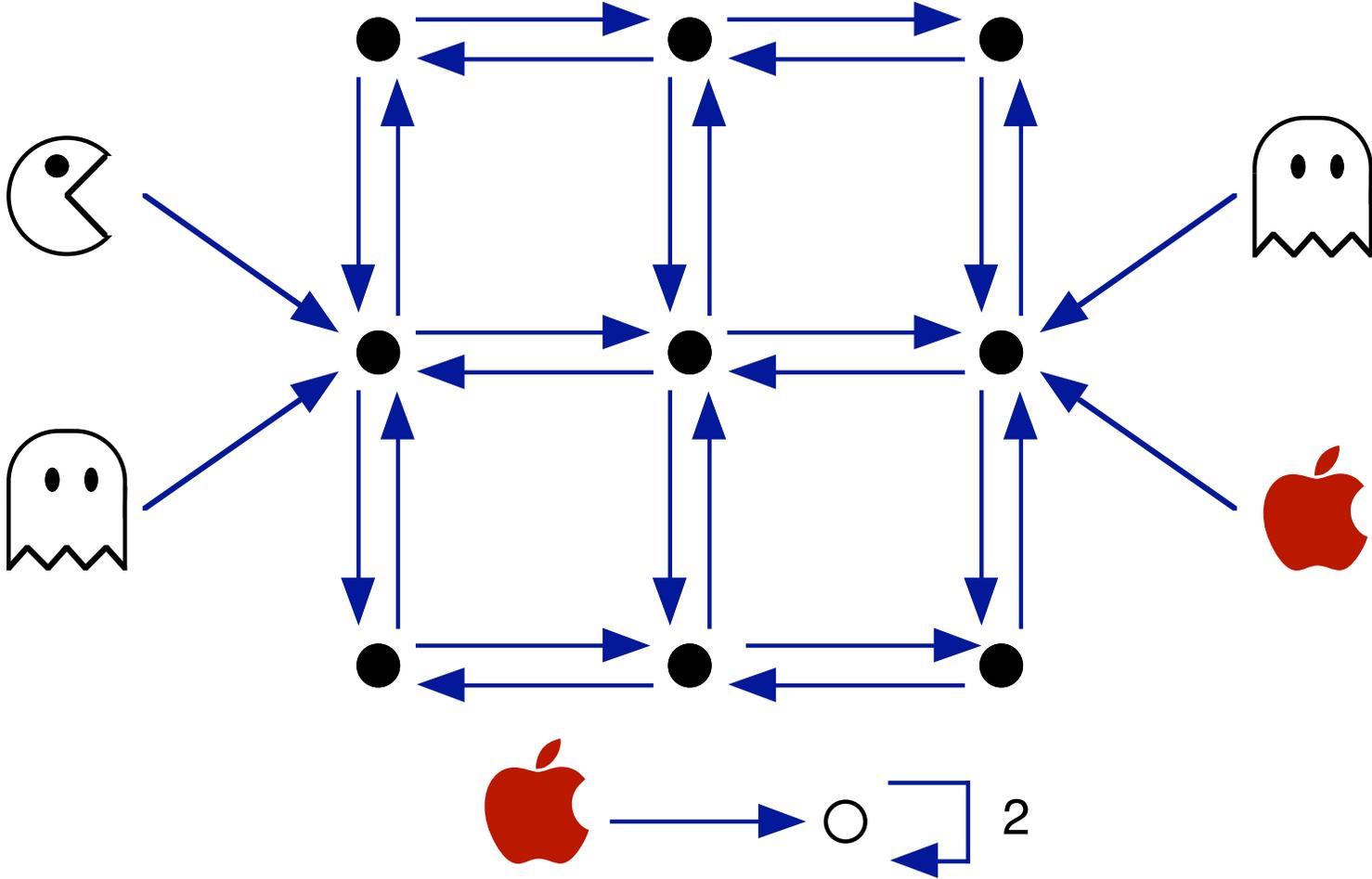
“Palavra” da linguagem

- nodos pretos
 - * lugares do tabuleiro
- arestas
 - * caminhos possíveis entre dois lugares
- PacMan, fantasmas e maçãs
 - * nodos com simbologia própria
 - * arcos denotam o posicionamento no tabuleiro
- nodo branco
 - * maçã já comida
 - * fase em que se encontra o jogo (no caso, segunda fase)

Regras de produção



Grafo resultante da aplicação da regra *move*

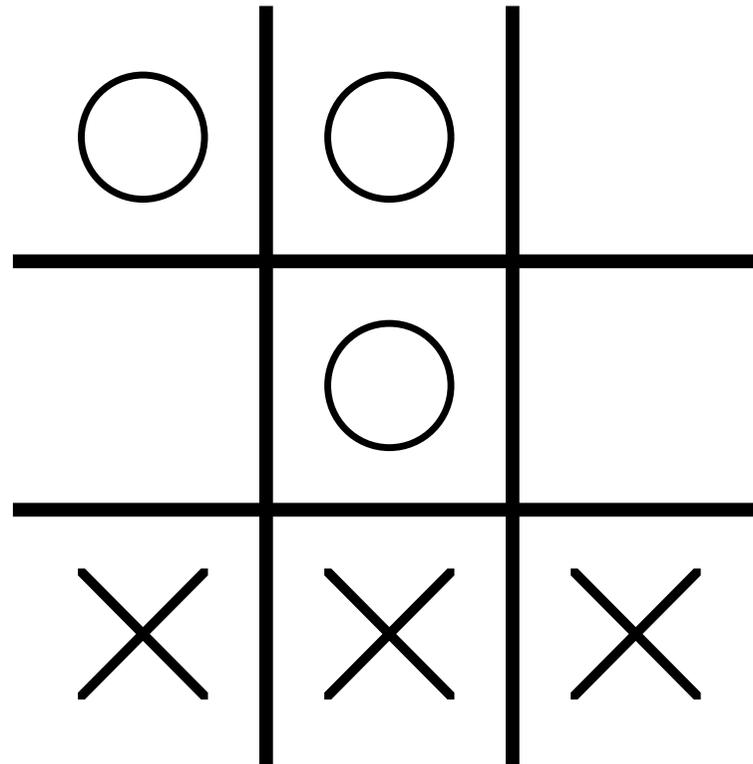


◆ Comparativamente com as gramáticas de Chomsky

- em geral, **não distinguem** entre **variáveis** e **terminais**
 - * **todos** os símbolos (grafos) são tratados como **terminais**
- possui símbolo inicial (**grafo inicial**)
- **linguagem gerada**
 - * conjunto de **grafos** que podem ser **gerados**
 - * via derivações
 - * **a partir** do **grafo inicial**

◆ Exercício: Jogo da Velha

- jogadas alternadas de dois jogadores
- condição de parada quando um dos jogadores completa uma linha de três casas (horizontal, vertical ou oblíqua)



◆ Exercício: Jogo de Damas

- jogador com as pedras brancas inicia o jogo
- *Dica*
 - * na definição da regra “comer uma pedra”, lembre-se de que o movimento é sempre em “linha reta”
 - * não pode fazer uma “curva” de 90° no tabuleiro

Linguagens Formais e Autômatos

P. Blauth Menezes

- 1** Introdução e Conceitos Básicos
- 2** Linguagens e Gramáticas
- 3** Linguagens Regulares
- 4** Propriedades das Linguagens Regulares
- 5** Autômato Finito com Saída
- 6** Linguagens Livres do Contexto
- 7** Propriedades e Reconhecimento das Linguagens Livres do Contexto
- 8** Linguagens Recursivamente Enumeráveis e Sensíveis ao Contexto
- 9** Hierarquia de Classes e Linguagens e Conclusões

Linguagens Formais e Autômatos

P. Blauth Menezes

blauth@inf.ufrgs.br

**Departamento de Informática Teórica
Instituto de Informática / UFRGS**

