

MC202 - Estruturas de Dados

Alexandre Xavier Falcão

Instituto de Computação - UNICAMP

afalcao@ic.unicamp.br

- Ao armazenar uma sequência de elementos (números, tipos abstratos, cadeias) em um vetor, o espaço para o vetor precisa ser pré-allocado em memória assumindo um número máximo de elementos.

Listas ligadas, variações, e aplicações

- Ao armazenar uma sequência de elementos (números, tipos abstratos, cadeias) em um vetor, o espaço para o vetor precisa ser pré-allocado em memória assumindo um número máximo de elementos.
- Uma alternativa, no entanto, é criar um **nó** (registro) para cada elemento em memória à medida que ele surge, conectando os nós da sequência por ponteiros armazenados em um dos campos do registro.

- Ao armazenar uma sequência de elementos (números, tipos abstratos, cadeias) em um vetor, o espaço para o vetor precisa ser pré-allocado em memória assumindo um número máximo de elementos.
- Uma alternativa, no entanto, é criar um **nó** (registro) para cada elemento em memória à medida que ele surge, conectando os nós da sequência por ponteiros armazenados em um dos campos do registro.
- **Listas ligadas**, portanto, são estruturas de dados que utilizam esta estratégia para armazenar sequências de elementos.

- Listas ligadas simples.
- Variações: listas ligadas dupla e circular.
- Aplicações: polinômios e matrizes esparsas.

Lista Ligada Simples

- Uma lista ligada é uma sequência de elementos, onde a inserção e a remoção de um elemento pode ocorrer em qualquer ponto da sequência.

Lista Ligada Simples

- Uma lista ligada é uma sequência de elementos, onde a inserção e a remoção de um elemento pode ocorrer em qualquer ponto da sequência.
- Os elementos, nós da lista, são armazenados em posições quaisquer da memória e são ligados por ponteiros.

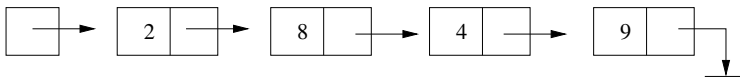
Lista Ligada Simples

- Uma lista ligada é uma sequência de elementos, onde a inserção e a remoção de um elemento pode ocorrer em qualquer ponto da sequência.
- Os elementos, nós da lista, são armazenados em posições quaisquer da memória e são ligados por ponteiros.
- A lista ligada é dita **simples** quando cada nó aponta apenas para o próximo da lista, ou para *NULL*, quando não existe próximo.

Lista Ligada Simples

- Uma lista ligada é uma sequência de elementos, onde a inserção e a remoção de um elemento pode ocorrer em qualquer ponto da sequência.
- Os elementos, nós da lista, são armazenados em posições quaisquer da memória e são ligados por ponteiros.
- A lista ligada é dita **simples** quando cada nó aponta apenas para o próximo da lista, ou para *NULL*, quando não existe próximo.

início



Lista Ligada Simples

- Cada nó da lista tem um ou mais campos de informação (um número inteiro no exemplo dado) e um campo ponteiro para o próximo nó.

Lista Ligada Simples

- Cada nó da lista tem um ou mais campos de informação (um número inteiro no exemplo dado) e um campo ponteiro para o próximo nó.
- O primeiro e o último nós são denominados cabeça e cauda da lista.

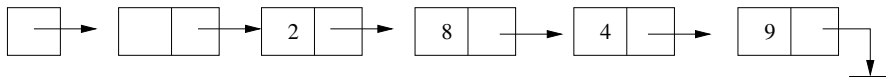
Lista Ligada Simples

- Cada nó da lista tem um ou mais campos de informação (um número inteiro no exemplo dado) e um campo ponteiro para o próximo nó.
- O primeiro e o último nós são denominados cabeça e cauda da lista.
- A adição de um nó-cabeça fictício (sem informação alguma) facilita operações que mantêm dois ponteiros, um para o nó próximo e outro para o anterior.

Lista Ligada Simples

- Cada nó da lista tem um ou mais campos de informação (um número inteiro no exemplo dado) e um campo ponteiro para o próximo nó.
- O primeiro e o último nós são denominados cabeça e cauda da lista.
- A adição de um nó-cabeça fictício (sem informação alguma) facilita operações que mantêm dois ponteiros, um para o nó próximo e outro para o anterior.

início

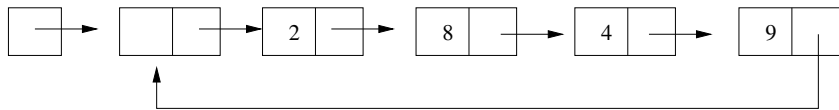


Se além de nó-cabeça fictício, a lista for circular, ela auxilia em operações de busca de um elemento.

Lista Ligada Simples

Se além de nó-cabeça fictício, a lista for circular, ela auxilia em operações de busca de um elemento.

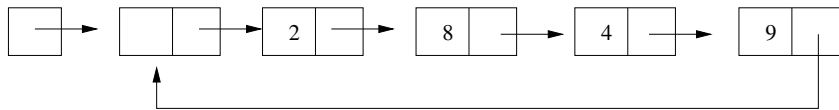
início



Lista Ligada Simples

Se além de nó-cabeça fictício, a lista for circular, ela auxilia em operações de busca de um elemento.

início



Vamos adotar o caso de lista simples sem nó fictício e não circular.

Lista Ligada Simples

Operações em lista ligada simples envolvem diferentes tipos de inserção, remoção e consulta.

- Verifica se a lista está vazia e retorna verdadeiro/falso.

início

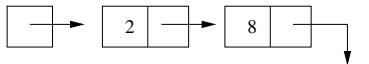


- Cria um nó com uma dada informação e retorna seu ponteiro.
- Busca um dado elemento na lista e retorna seu ponteiro e o ponteiro do elemento anterior.
- Busca o último elemento da lista e retorna seu ponteiro e o ponteiro do anterior.
- Imprime uma lista.

Lista Ligada Simples

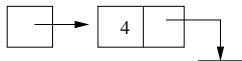
- Insere elemento no início da lista (vale para lista vazia)

início



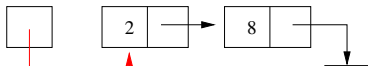
Insere 4

p



Cria no p

início



O proximo de p recebe início
e depois início recebe p

- Remove elemento do início da lista: salva inicio em p , atribui o próximo de inicio para inicio, e libera p da memória.
- Insere elemento no final da lista.
- Remove elemento do final da lista.
- Concatenação, união, intersecção de listas, etc.

- Remove elemento do início da lista: salva inicio em p , atribui o próximo de inicio para inicio, e libera p da memória.
- Insere elemento no final da lista.
- Remove elemento do final da lista.
- Concatenação, união, intersecção de listas, etc.

Vamos codificar...

- Uma lista duplamente ligada (lista dupla) armazena os ponteiros para os elementos próximo e anterior.

Lista Dupla

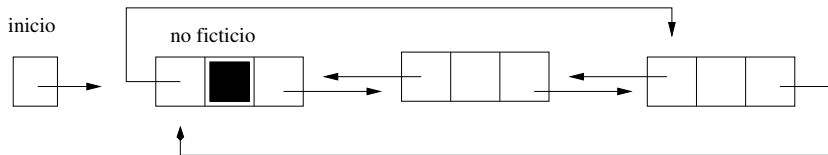
- Uma lista duplamente ligada (lista dupla) armazena os ponteiros para os elementos próximo e anterior.
- A lista dupla é dita **circular** quando o último elemento tem como próximo o primeiro elemento, e este tem como anterior o último elemento.

Lista Dupla

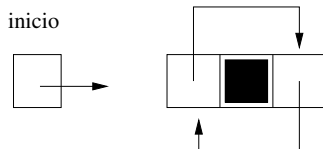
- Uma lista duplamente ligada (lista dupla) armazena os ponteiros para os elementos próximo e anterior.
- A lista dupla é dita **circular** quando o último elemento tem como próximo o primeiro elemento, e este tem como anterior o último elemento.
- Vamos estudar o caso em que além de ser duplamente ligada e circular, a lista terá um nó-cabeça fictício.

Lista Dupla

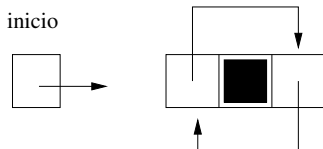
- Uma lista duplamente ligada (lista dupla) armazena os ponteiros para os elementos próximo e anterior.
- A lista dupla é dita **circular** quando o último elemento tem como próximo o primeiro elemento, e este tem como anterior o último elemento.
- Vamos estudar o caso em que além de ser duplamente ligada e circular, a lista terá um nó-cabeça fictício.



A lista dupla com nó-cabeça fictício está vazia quando:



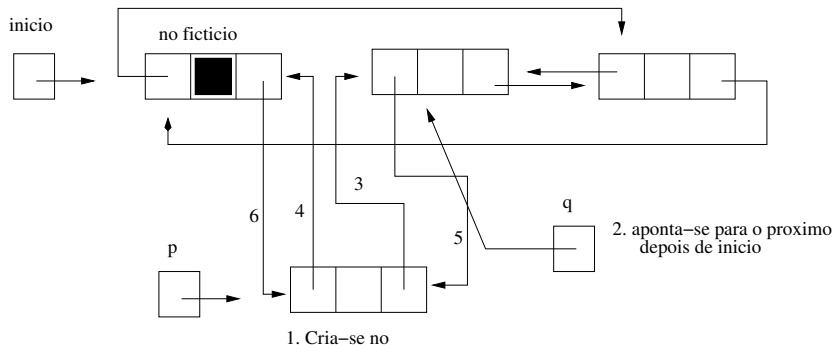
A lista dupla com nó-cabeça fictício está vazia quando:



Assim como no caso de lista simples, as operações devem ser pensadas passo a passo, desenhando a disposição dos nós em memória.

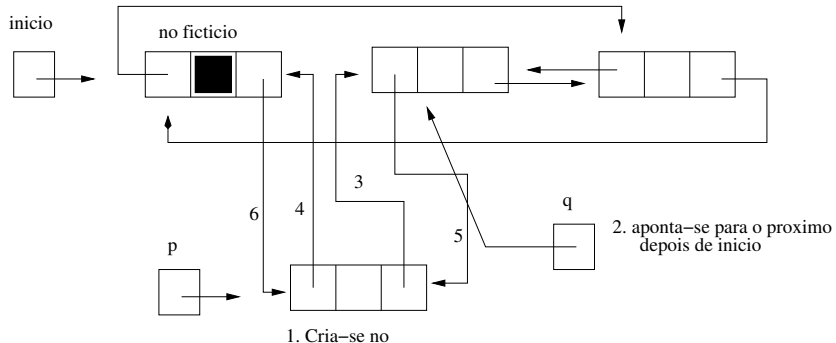
Lista Dupla

Por exemplo, os passos para inserção de um nó no início da lista são:



Lista Dupla

Por exemplo, os passos para inserção de um nó no início da lista são:



Vamos codificar...

Vamos ver dois exemplos de aplicações para listas ligadas.

- Matrizes esparsas
- Polinômios

Vamos ver dois exemplos de aplicações para listas ligadas.

- Matrizes esparsas
- Polinômios

Outro exemplo seria a manipulação de conjuntos.

Matrizes Esparsas

- Imagine a quantidade de memória necessária para armazenar uma matriz com dezenas de milhares de linhas e de colunas.

Matrizes Esparsas

- Imagine a quantidade de memória necessária para armazenar uma matriz com dezenas de milhares de linhas e de colunas.
- Imagine ainda que apenas alguns elementos desta matriz são diferentes de zero.

Matrizes Esparsas

- Imagine a quantidade de memória necessária para armazenar uma matriz com dezenas de milhares de linhas e de colunas.
- Imagine ainda que apenas alguns elementos desta matriz são diferentes de zero.

Um exemplo simples seria:

$$\begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 8 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 4 \end{vmatrix}$$

Matrizes Esparsas

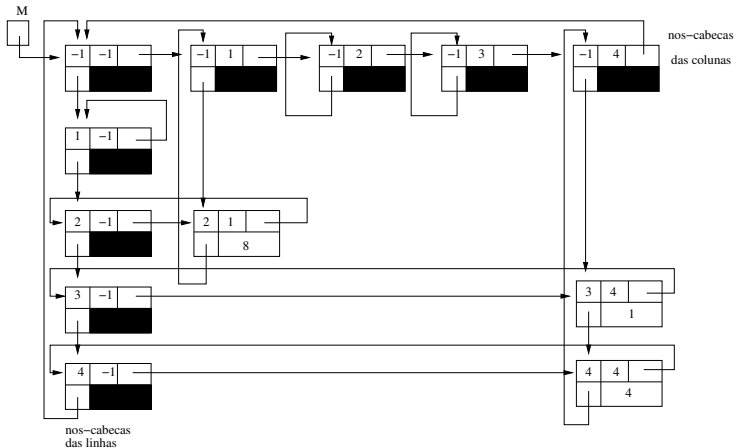
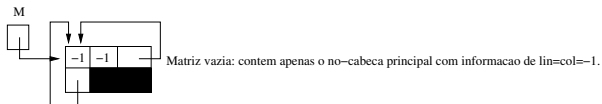
- Imagine a quantidade de memória necessária para armazenar uma matriz com dezenas de milhares de linhas e de colunas.
- Imagine ainda que apenas alguns elementos desta matriz são diferentes de zero.

Um exemplo simples seria:

$$\begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 8 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 4 \end{vmatrix}$$

Como evitar o armazenamento dos elementos nulos?

Matrizes Esparsas



Matrizes Esparsas

- A matriz inicia vazia e os nós-cabeças das linhas e colunas vão sendo criados à medida que o elemento a ser inserido está em uma linha/coluna maior que as dos elementos armazenados previamente.

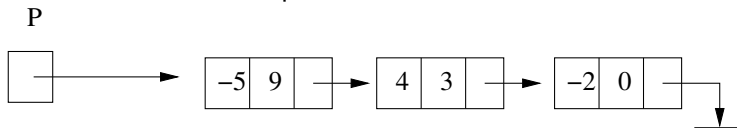
- A matriz inicia vazia e os nós-cabeças das linhas e colunas vão sendo criados à medida que o elemento a ser inserido está em uma linha/coluna maior que as dos elementos armazenados previamente.
- Além disto, a inserção requer a busca dos ponteiros dos elementos anteriores na linha e na coluna, os quais indicam a posição de inserção do novo elemento na matriz.

- A matriz inicia vazia e os nós-cabeças das linhas e colunas vão sendo criados à medida que o elemento a ser inserido está em uma linha/coluna maior que as dos elementos armazenados previamente.
- Além disto, a inserção requer a busca dos ponteiros dos elementos anteriores na linha e na coluna, os quais indicam a posição de inserção do novo elemento na matriz.
- A remoção de um elemento de uma linha e uma coluna dadas pode usar as mesmas funções que indicam a posição de inserção.

Cada termo de um polinômio é representado por um coeficiente e um expoente. Basta então um apontador para o próximo termo.

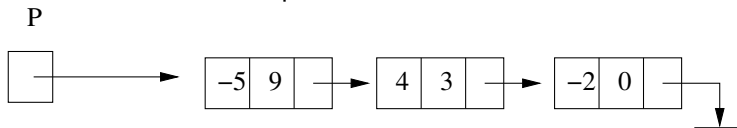
Cada termo de um polinômio é representado por um coeficiente e um expoente. Basta então um apontador para o próximo termo.

Exemplo: $-5x^9 + 4x^3 - 2$



Cada termo de um polinômio é representado por um coeficiente e um expoente. Basta então um apontador para o próximo termo.

Exemplo: $-5x^9 + 4x^3 - 2$



Note que para somar dois polinômios, o algoritmo é similar ao de união de listas. **Código de matrizes esparsas e polinômios...**