

ACH2023 - Algoritmos e Estruturas de Dados I

Listas ligadas

Prof. Flávio Luiz Coutinho
flcoutinho@usp.br

Listas ligadas

Listas ligadas são um subtipo de listas lineares:

Listas ligadas

Listas ligadas são um subtipo de listas lineares:

- Mesmas propriedades gerais das listas lineares (organização linear; todos os elementos possuem um anterior e um próximo, com exceção das extremidades; associação entre posição e elemento).

Listas ligadas

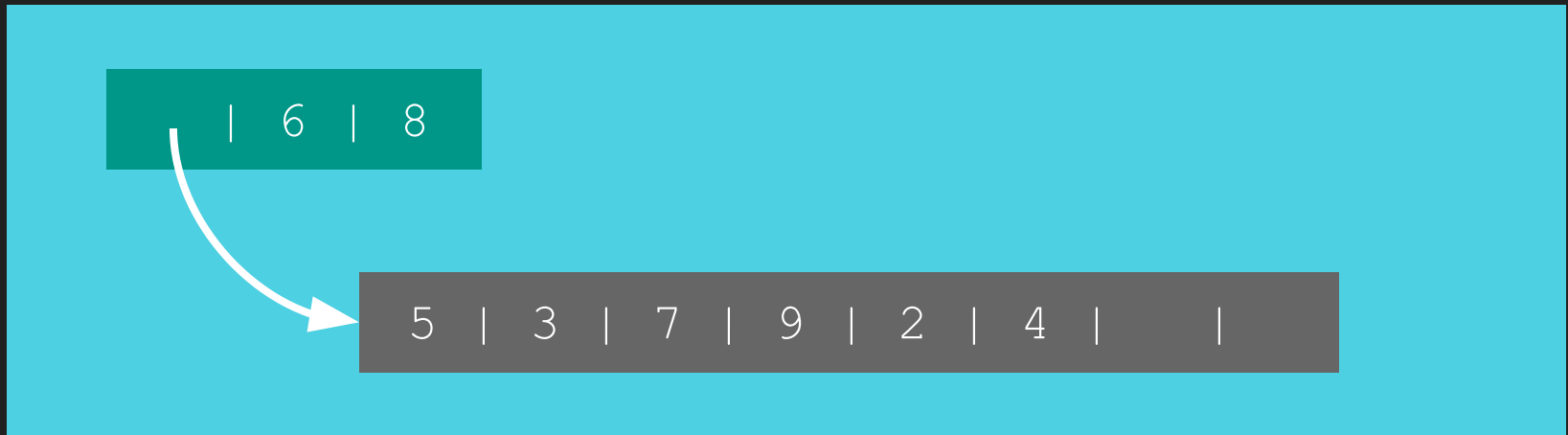
Listas ligadas são um subtipo de listas lineares:

- Mesmas propriedades gerais das listas lineares (organização linear; todos os elementos possuem um anterior e um próximo, com exceção das extremidades; associação entre posição e elemento).
- Mas ordem lógica da lista (aquela que é “vista” pelo usuário da estrutura) não é, necessariamente, igual à ordem física (disposição dos elementos em memória)

Listas ligadas

Lista: { 5, 3, 7, 9, 2, 4 }

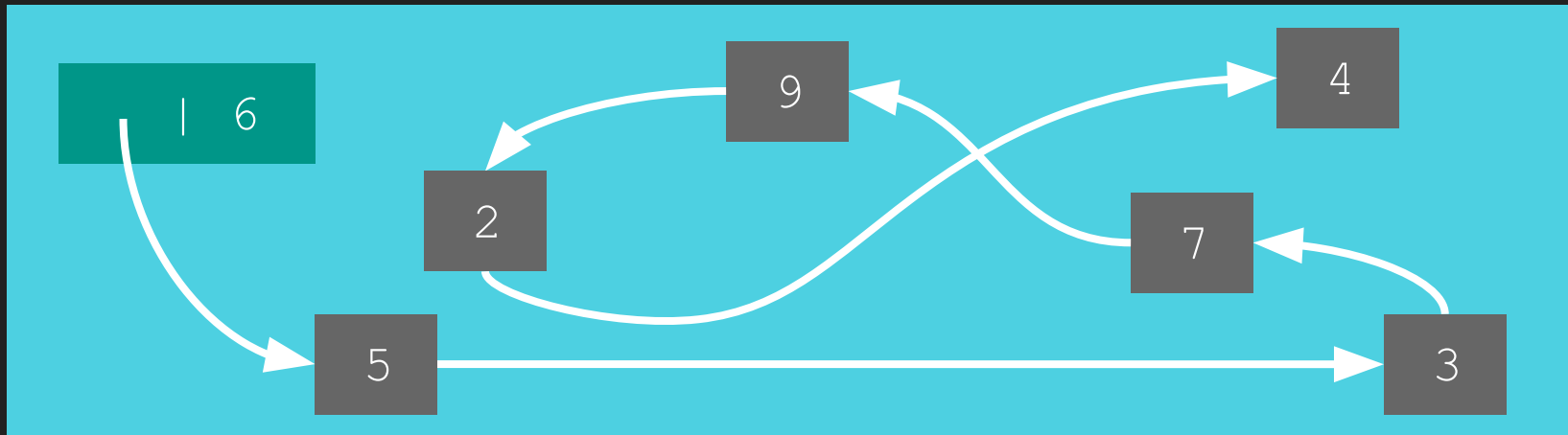
Representação sequencial (ordem lógica == ordem física):



Listas ligadas

Lista: { 5, 3, 7, 9, 2, 4 }

Representação em lista ligada (ordem lógica != ordem física):



Listas ligadas

Em uma lista ligada:

Listas ligadas

Em uma lista ligada:

- Cada elemento deve armazenar algum tipo de informação que nos permita chegar ao próximo elemento (pelo menos).

Listas ligadas

Em uma lista ligada:

- Cada elemento deve armazenar algum tipo de informação que nos permita chegar ao próximo elemento (pelo menos).
- Precisamos saber quem é o primeiro elemento da lista (ao menos).

Listas ligadas

Em uma lista ligada:

- Cada elemento deve armazenar algum tipo de informação que nos permita chegar ao próximo elemento (pelo menos).
- Precisamos saber quem é o primeiro elemento da lista (ao menos).
- Listas ligadas também podem ser implementadas de forma estática ou dinâmica.

Listas ligadas

Implementação de lista ligada estática.

Listas ligadas

Implementação de lista ligada estática.

Vetor (array) onde cada elemento guarda:

- informação em si (valor)
- índice do próximo elemento

Listas ligadas

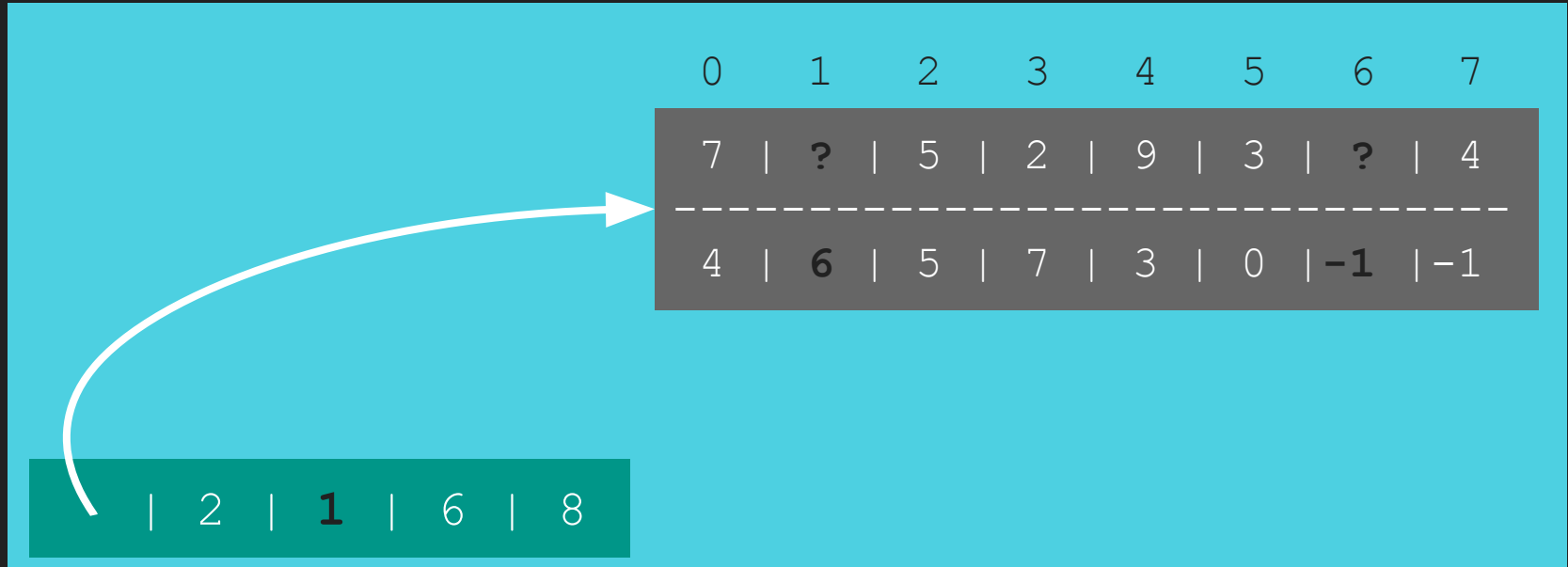
Implementação de lista ligada estática.

Além disso, precisamos:

- manter o índice do primeiro elemento da lista
- gerenciar também a lista das posições livres do vetor

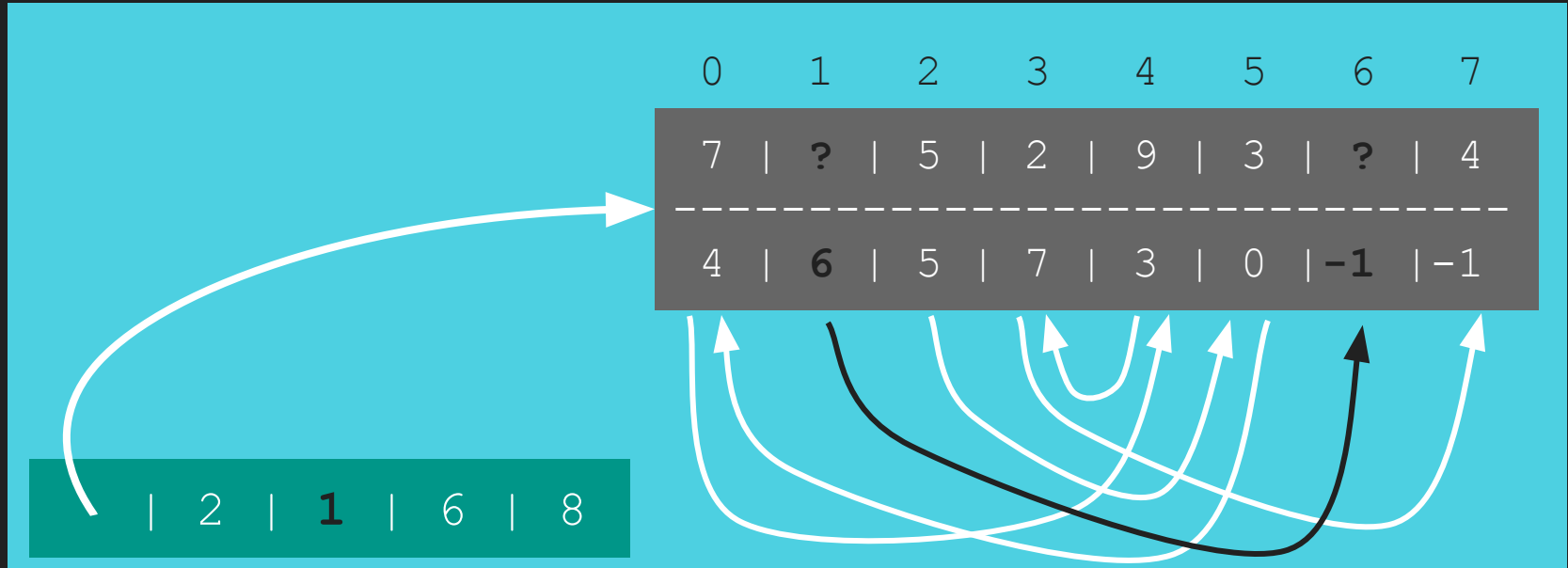
Listas ligadas

Implementação de lista ligada estática (estado arbitrário).



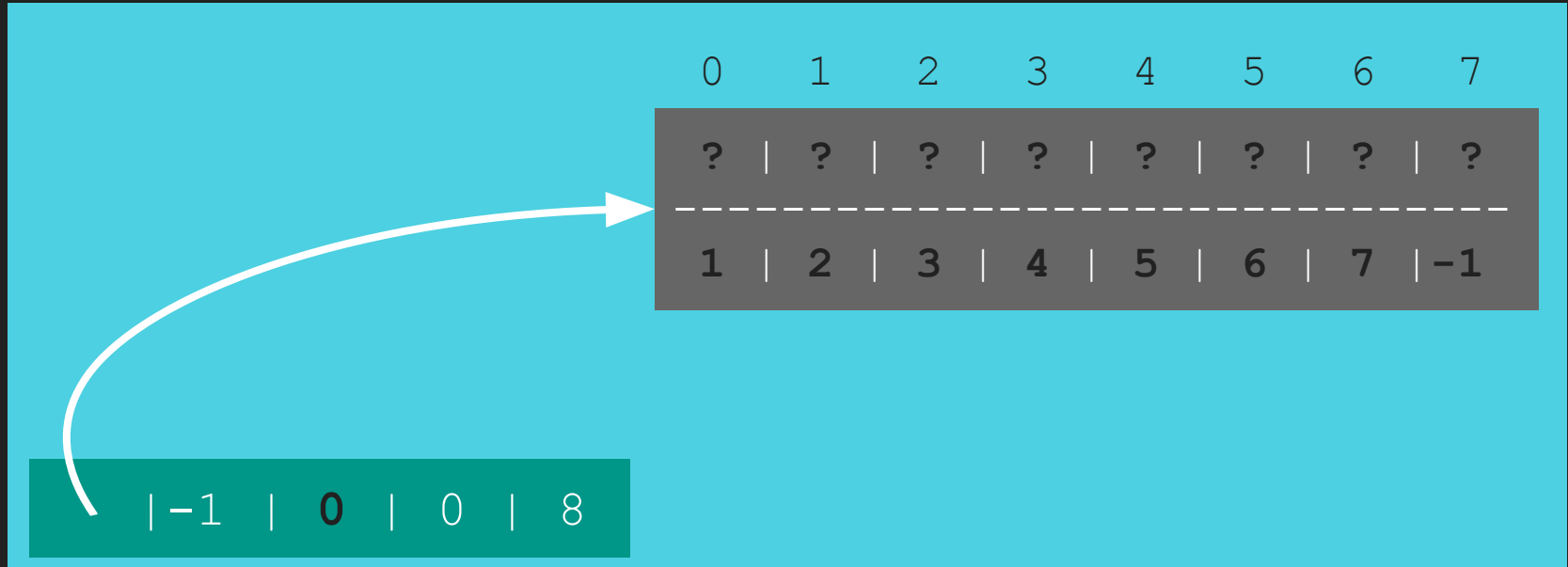
Listas ligadas

Implementação de lista ligada estática (estado arbitrário).



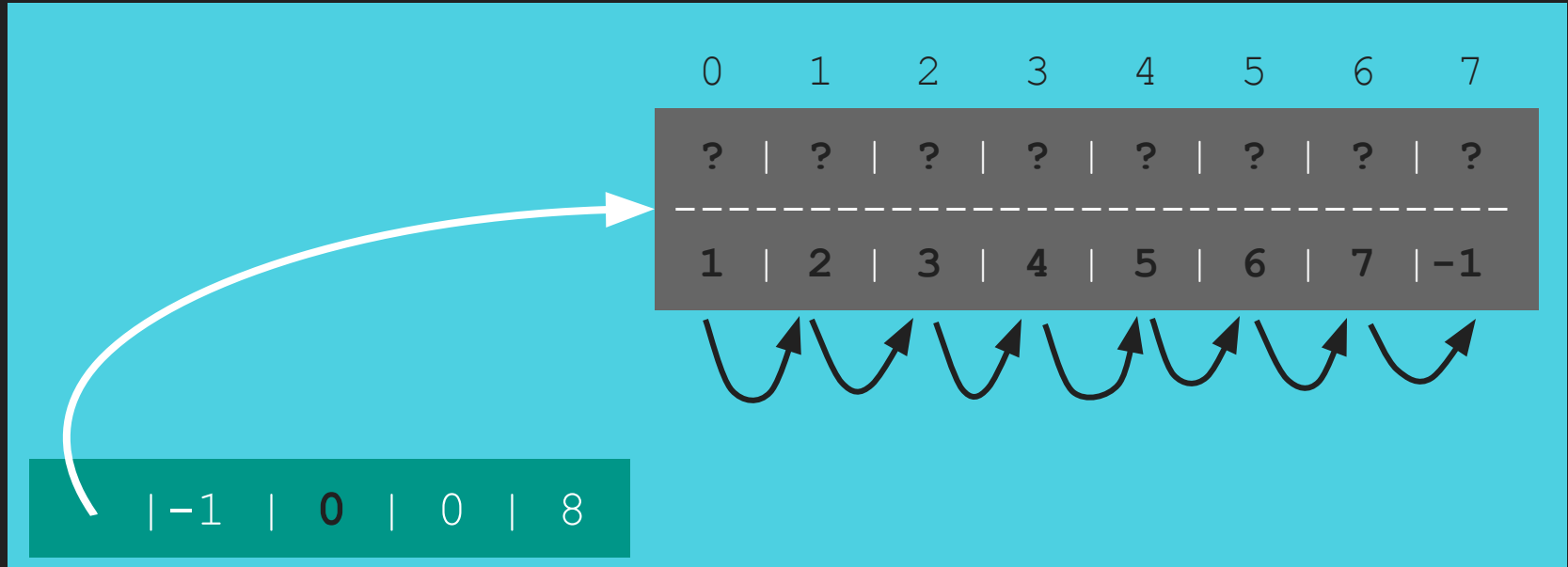
Listas ligadas

Implementação de lista ligada estática (estado inicial - lista vazia)



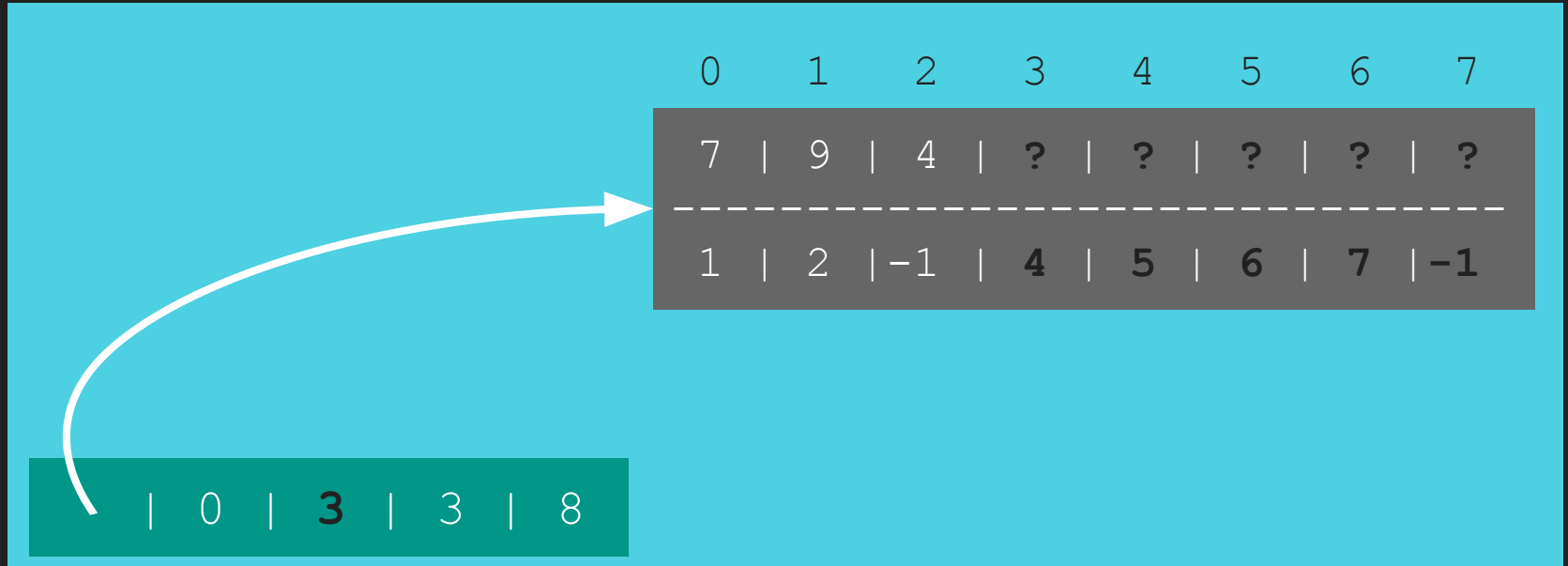
Listas ligadas

Implementação de lista ligada estática (estado inicial - lista vazia)



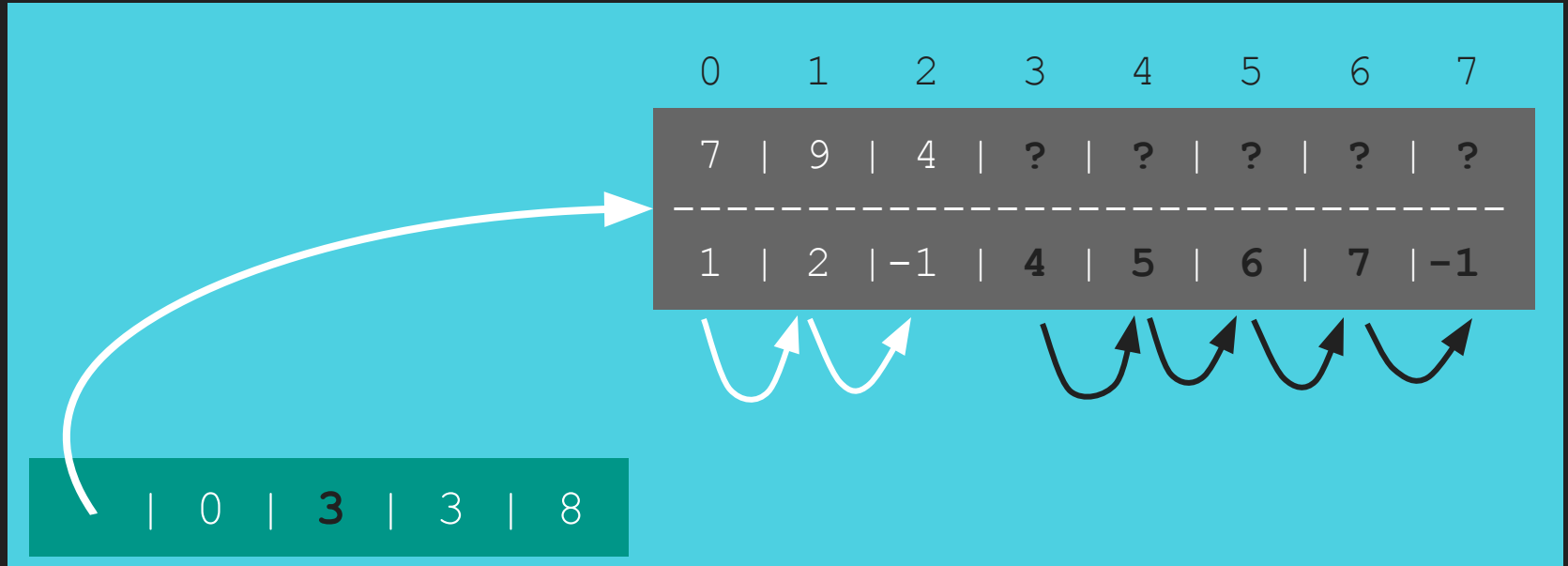
Listas ligadas

Implementação de lista ligada estática (apenas inserções no final, sem remoções)



Listas ligadas

Implementação de lista ligada estática (apenas inserções no final, sem remoções)



Listas ligadas

Implementação de lista ligada dinâmica.

Listas ligadas

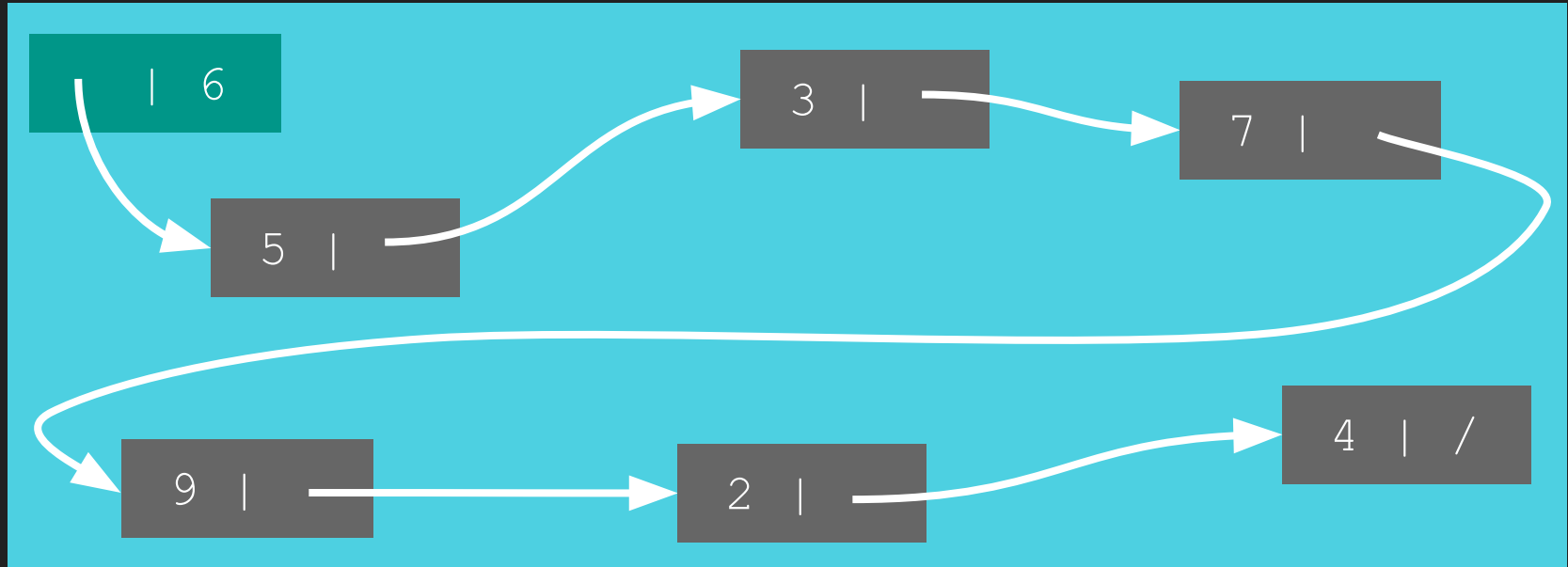
Implementação de lista ligada dinâmica.

Nó: armazena um valor, e também o ponteiro do próximo nó.

A lista mantém o ponteiro do primeiro nó.

Listas ligadas

Implementação de lista ligada dinâmica.



Listas ligadas (dinâmicas)

Criação/inicialização de uma nova lista:

- 1) alocar estrutura que representa a lista
- 2) inicializar campo primeiro como NULL

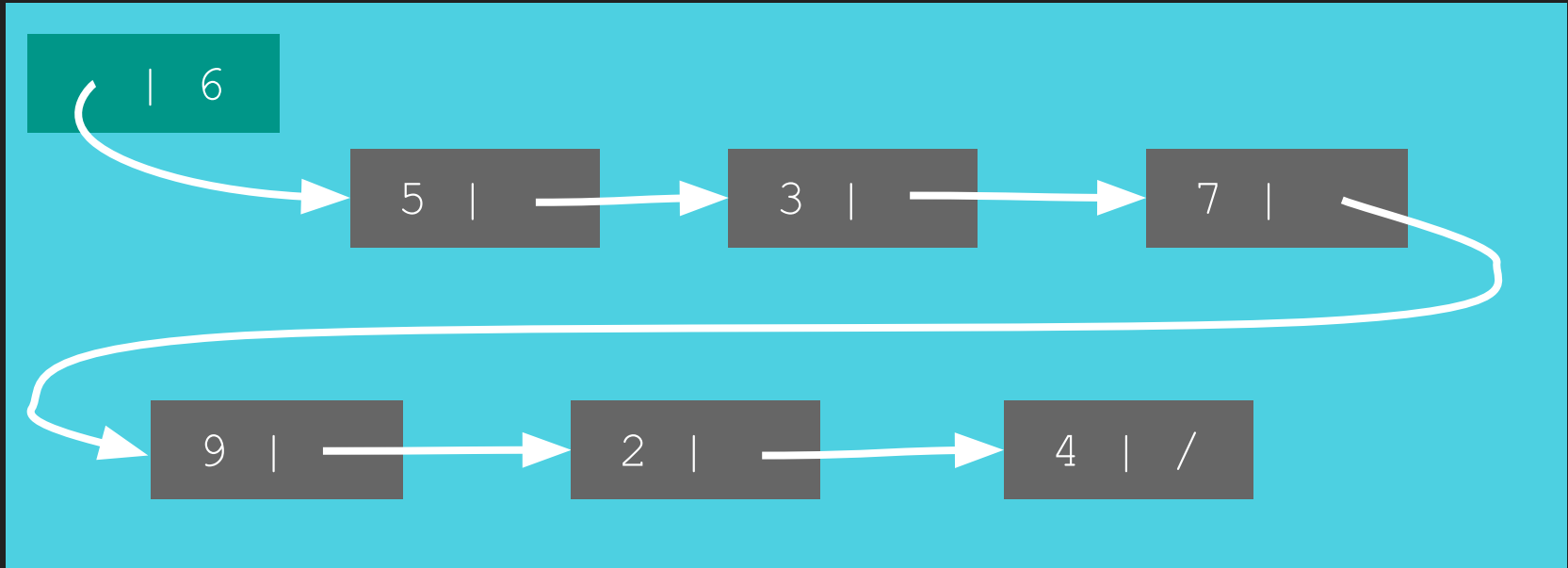
Listas ligadas

base da iteração (para impressão, busca sequencial, determinar tamanho, etc):

- 1) pegar o ponteiro para o primeiro nó da lista (p)
- 2) se p é não nulo:
 - a) usar o nó para alguma finalidade (impressão, verificação do valor, etc)
 - b) atualizar p para ser o próximo de p
 - c) voltar ao passo 2

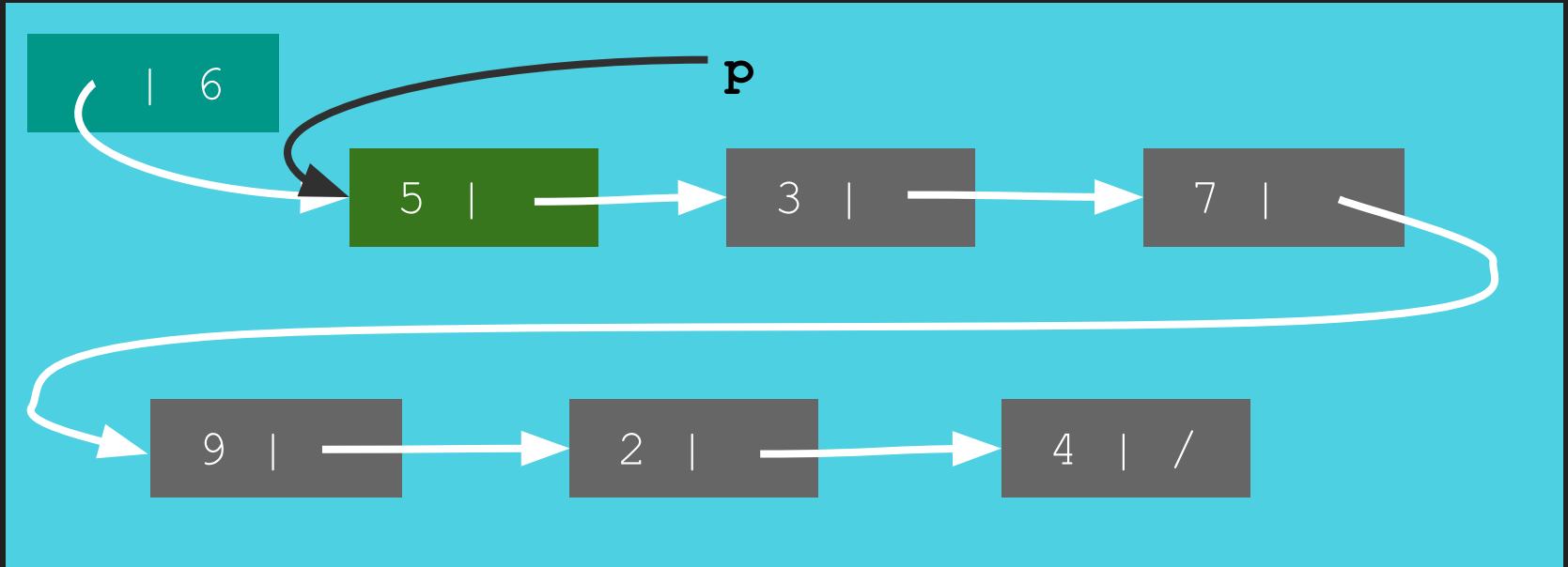
Listas ligadas

base da iteração (para impressão, busca sequencial, determinar tamanho, etc):



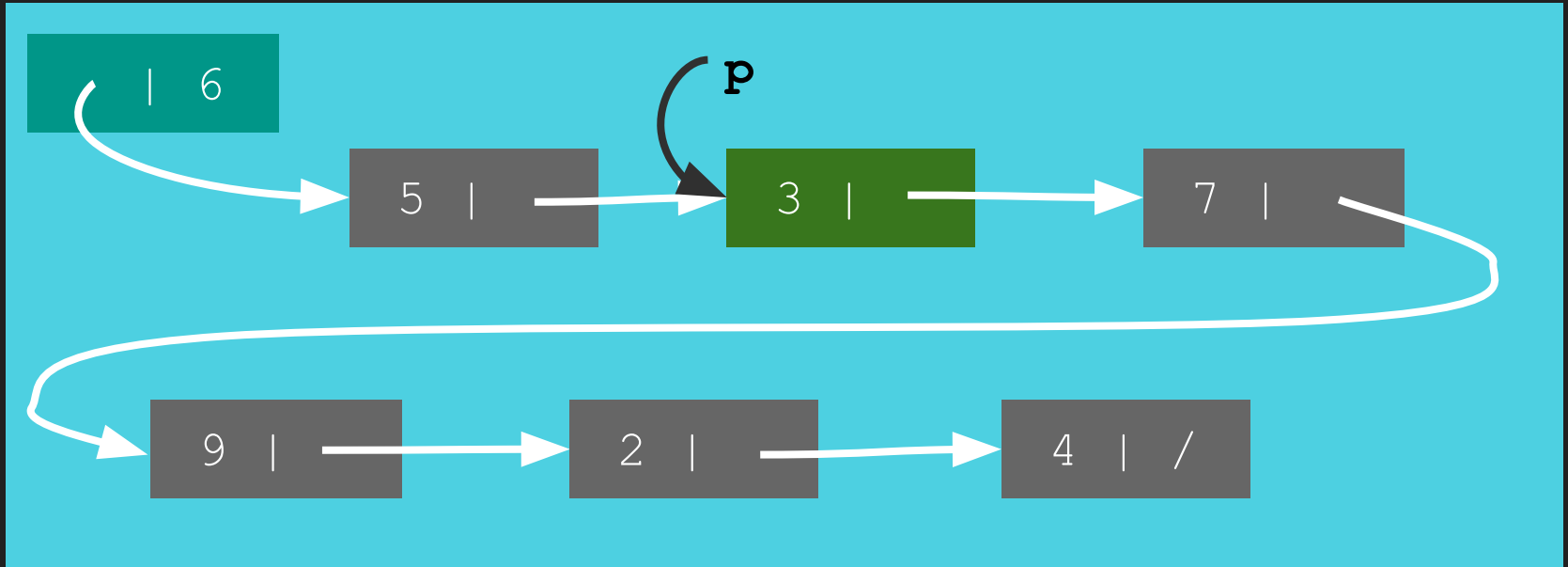
Listas ligadas

base da iteração (para impressão, busca sequencial, determinar tamanho, etc):



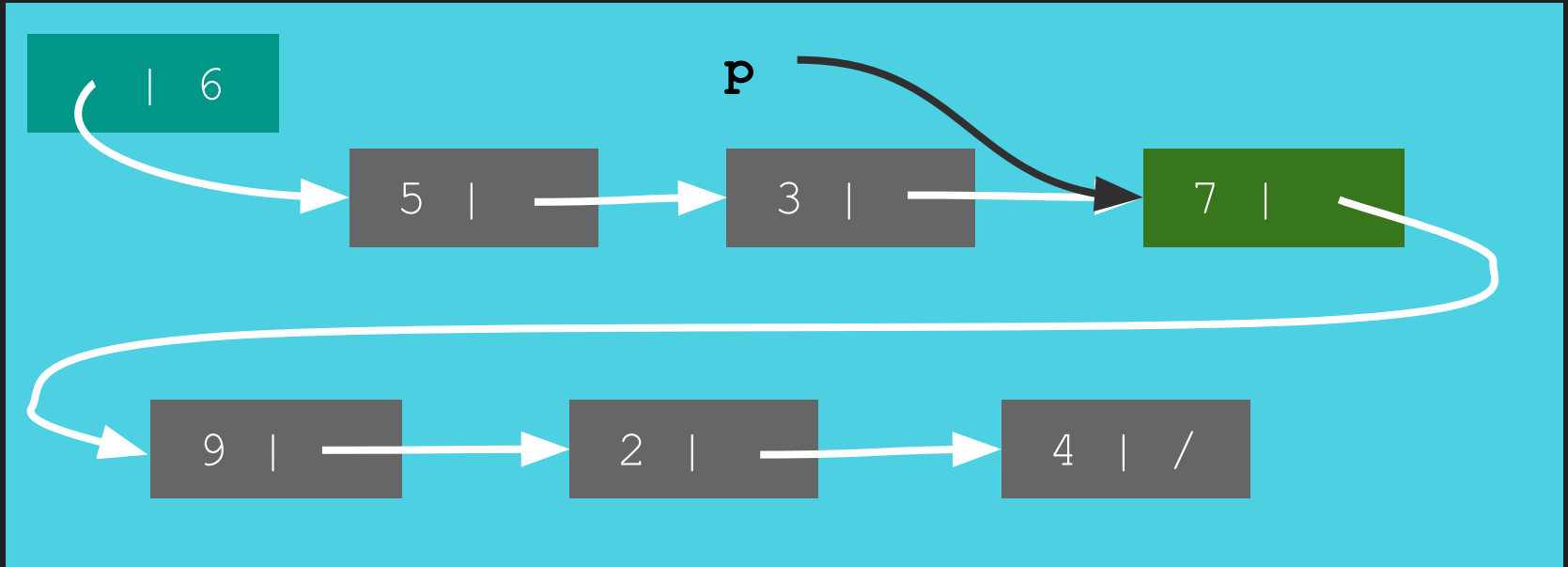
Listas ligadas

base da iteração (para impressão, busca sequencial, determinar tamanho, etc):



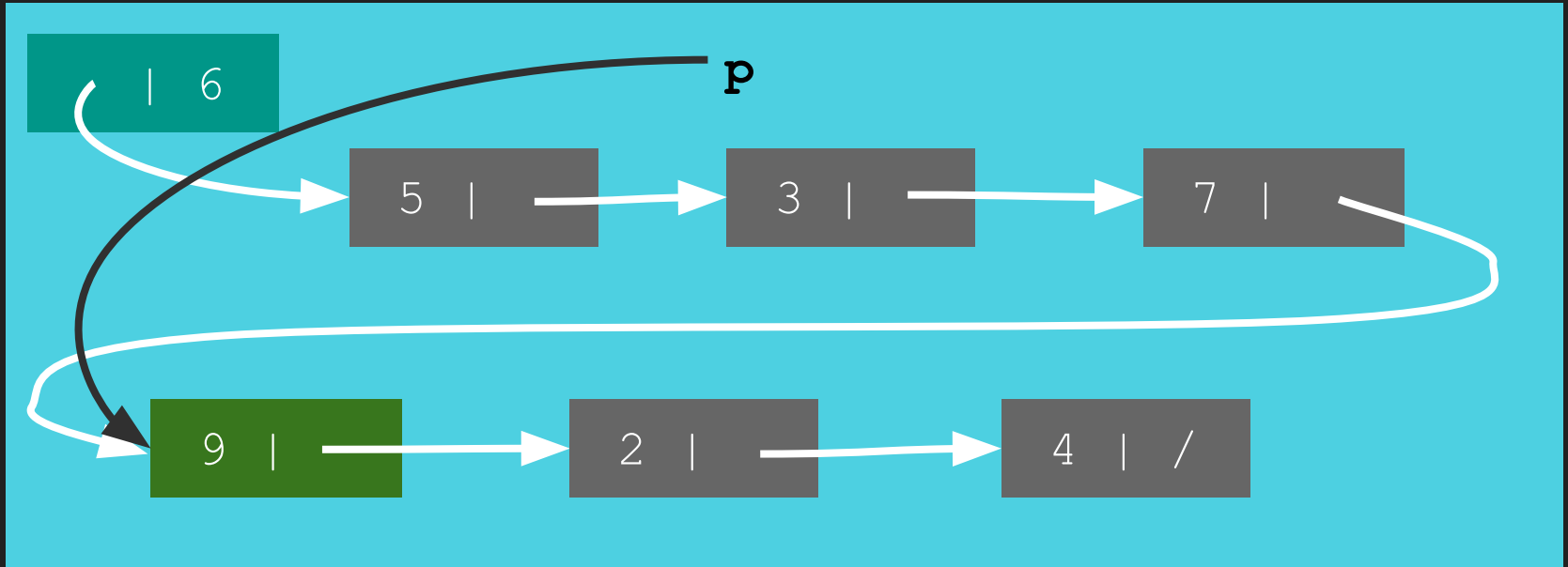
Listas ligadas

base da iteração (para impressão, busca sequencial, determinar tamanho, etc):



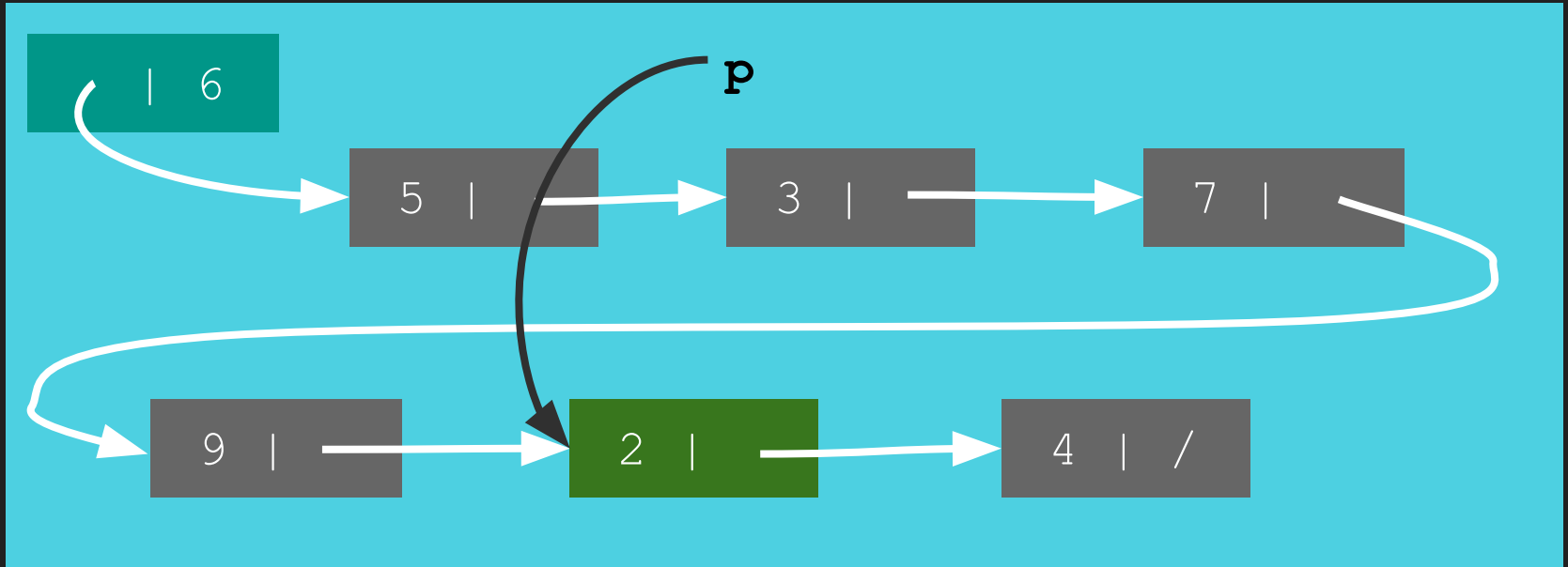
Listas ligadas

base da iteração (para impressão, busca sequencial, determinar tamanho, etc):



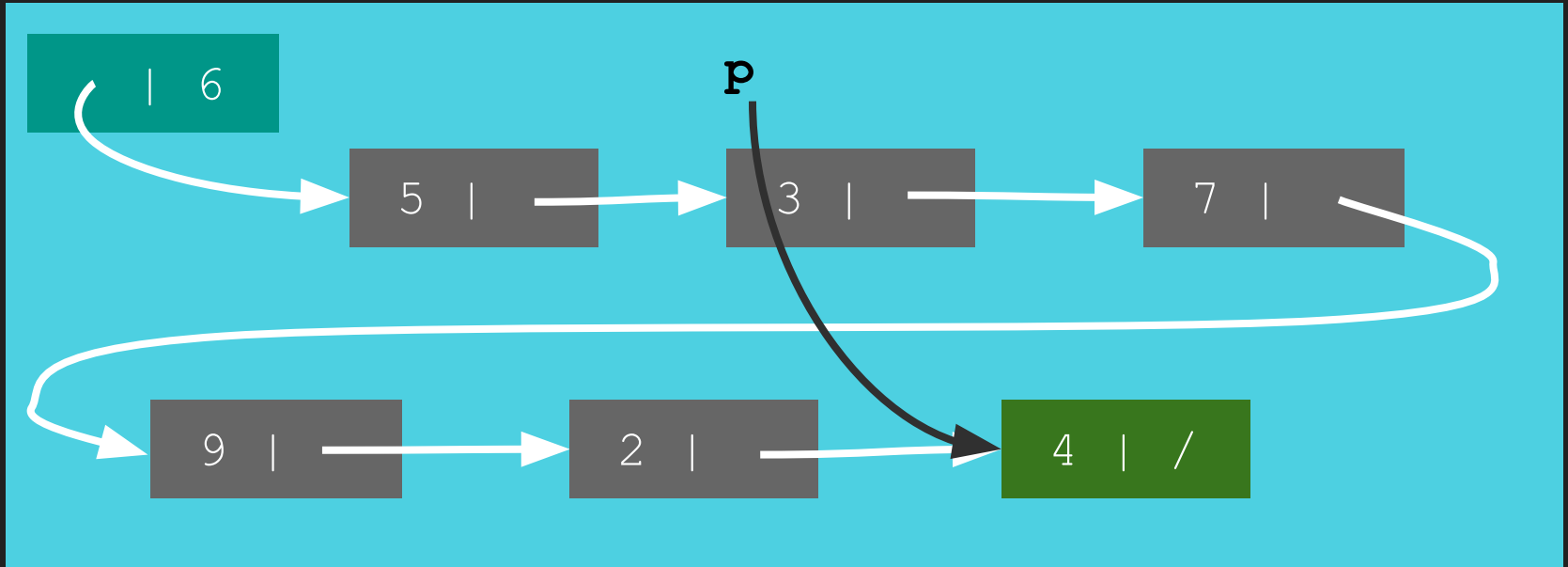
Listas ligadas

base da iteração (para impressão, busca sequencial, determinar tamanho, etc):



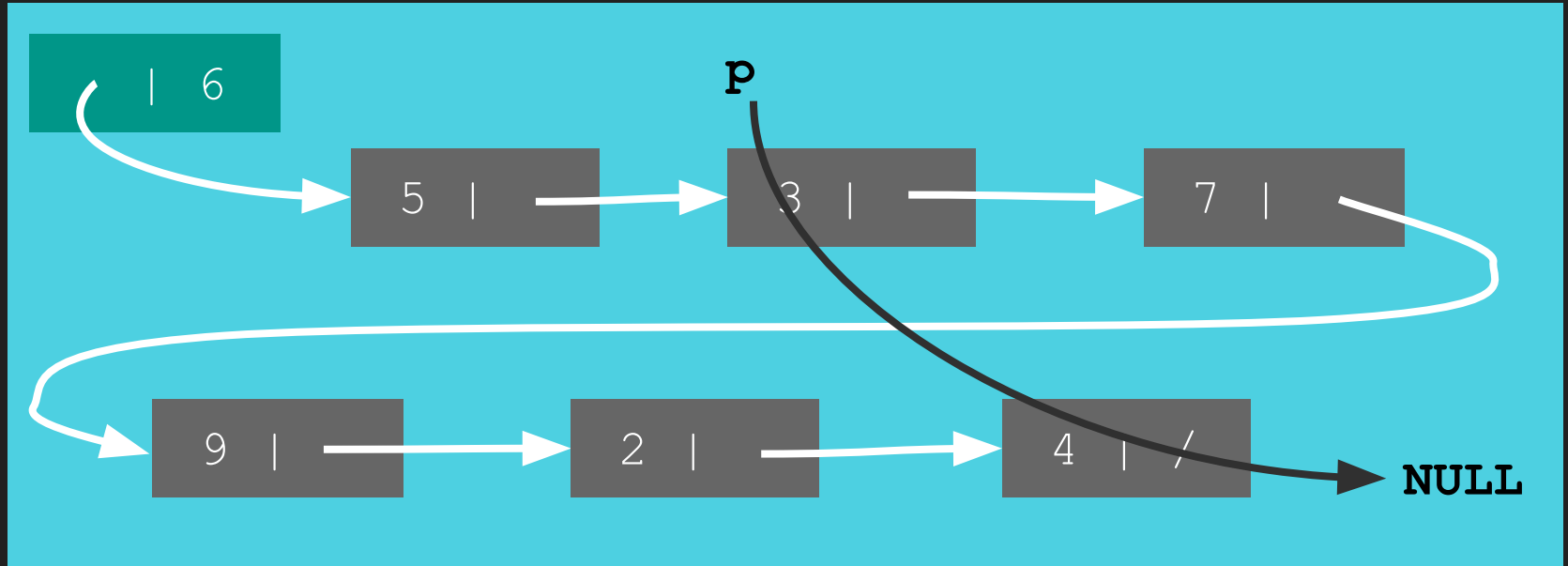
Listas ligadas

base da iteração (para impressão, busca sequencial, determinar tamanho, etc):



Listas ligadas

base da iteração (para impressão, busca sequencial, determinar tamanho, etc):



Listas ligadas

Inserção de um elemento no i -ésimo índice:

- 1) criar novo nó contendo o elemento (valor) a ser armazenado na lista.
- 2) se lista não estiver vazia e $i > 0$:
 - a) percorrer a lista, até chegar ao nó de índice $(i - 1)$
 - b) encaixar o novo nó entre os elementos de índice $(i - 1)$ e i

caso contrário:

- c) fazer o novo nó apontar para o início antigo da lista (pode ser NULL no caso da lista vazia)
- d) atualizar o primeiro nó de modo a para apontar para o novo nó

Listas ligadas

Inserção de um elemento no i -ésimo índice:

1) criar novo nó contendo o elemento (valor) a ser armazenado na lista.

2) se lista não estiver vazia e $i > 0$:

- a) percorrer a lista, até chegar ao nó de índice $(i - 1)$
- b) encaixar o novo nó entre os elementos de índice $(i - 1)$ e i

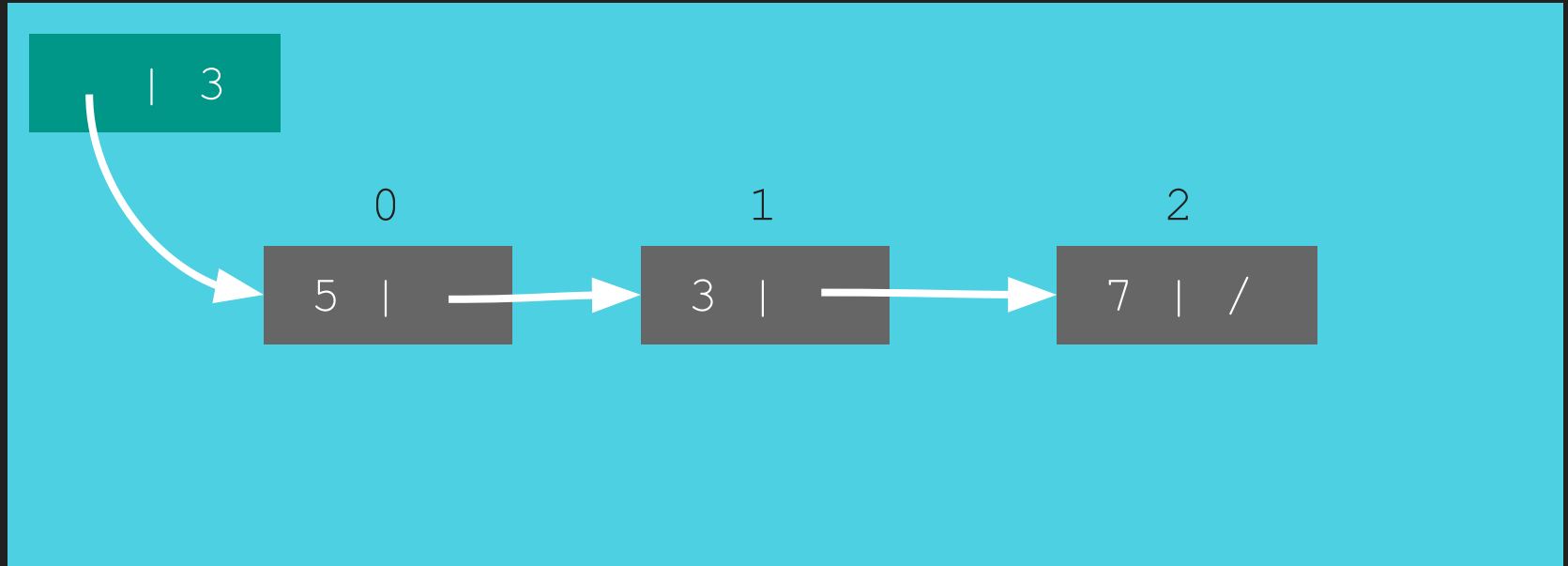
caso contrário:

- c) fazer o novo nó apontar para o início antigo da lista (pode ser NULL no caso da lista vazia)
- d) atualizar o primeiro nó de modo a para apontar para o novo nó

Note que a inserção não provoca o deslocamento físico dos elementos na lista, em oposição a uma lista sequencial.

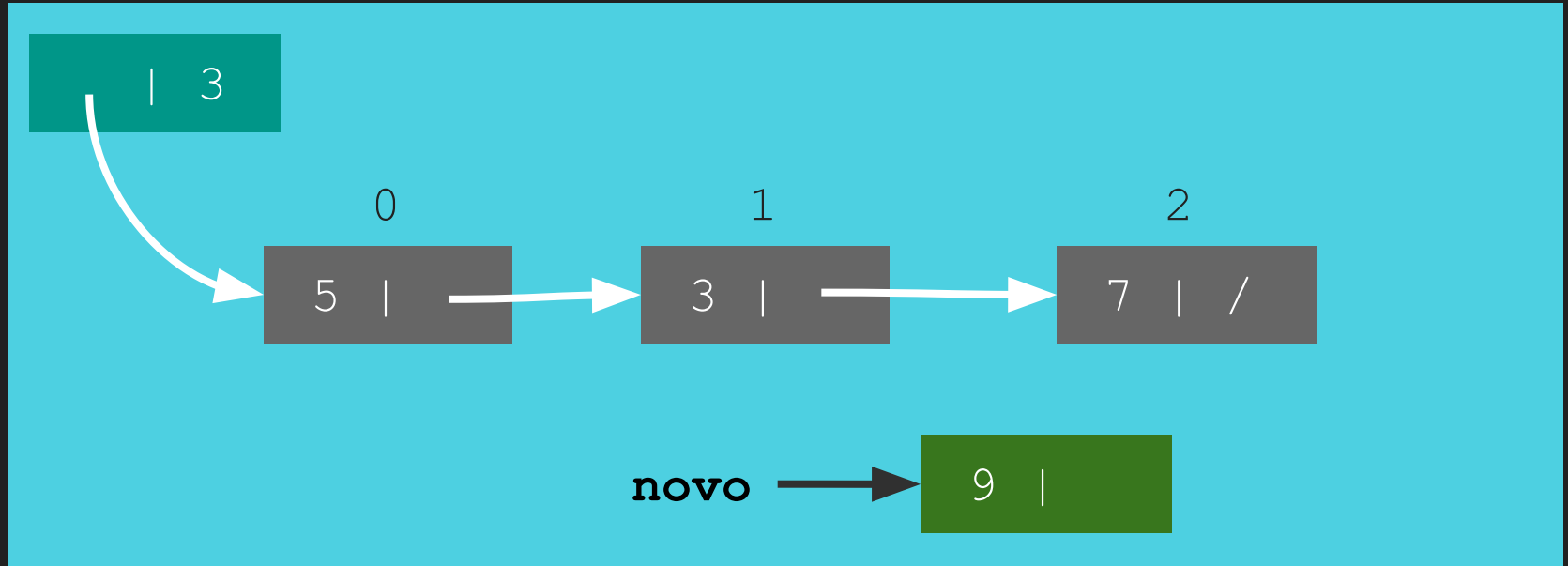
Listas ligadas

Inserção de um elemento no i-ésimo índice (valor 9, no índice 2):



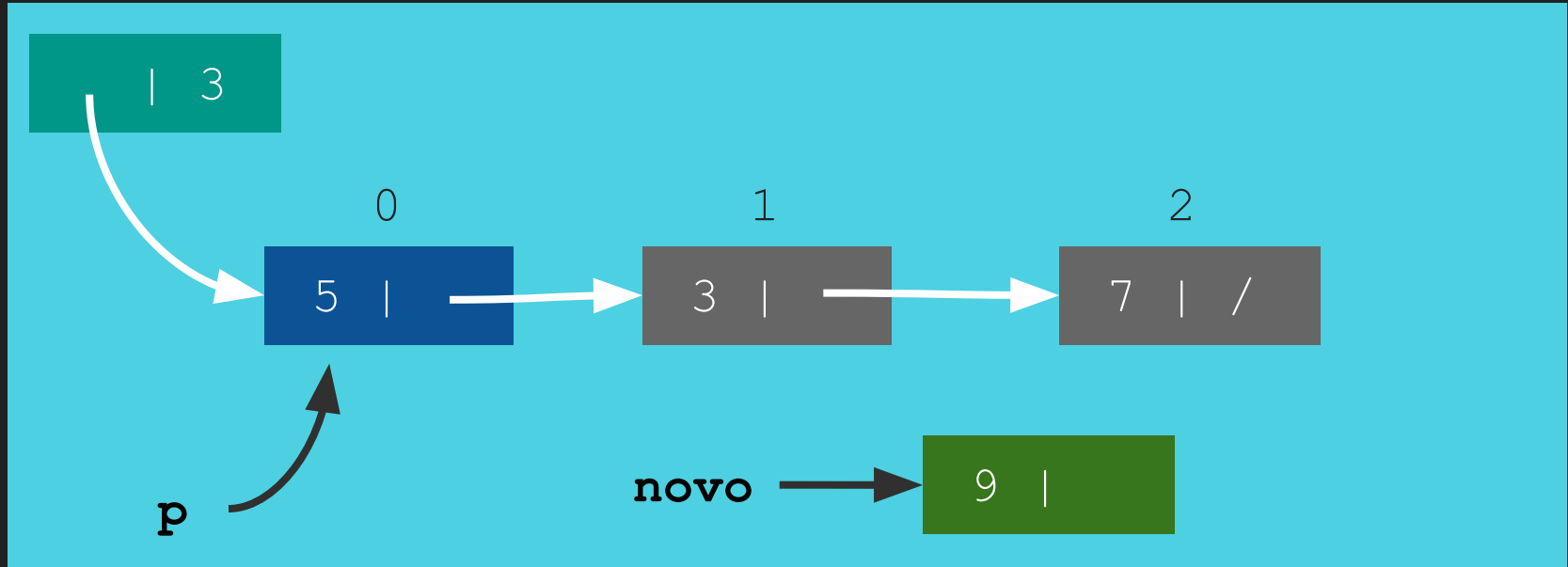
Listas ligadas

Inserção de um elemento no i-ésimo índice (valor 9, no índice 2):



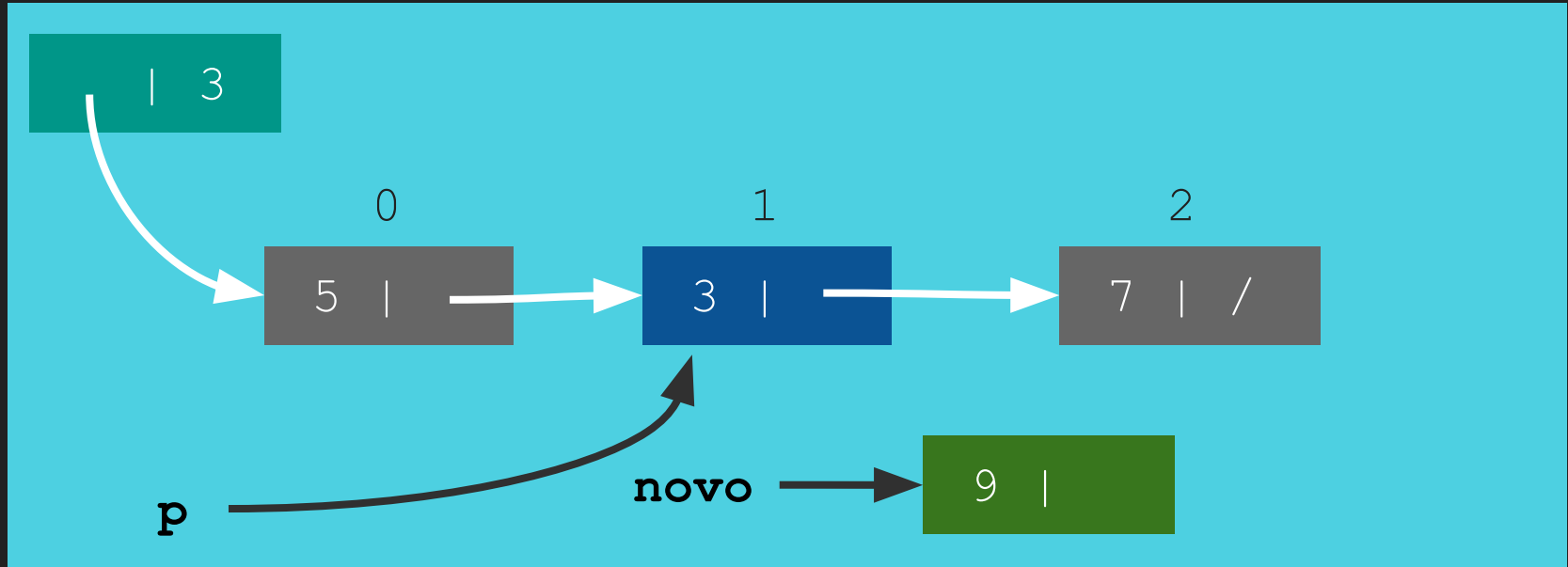
Listas ligadas

Inserção de um elemento no i -ésimo índice (valor 9, no índice 2):



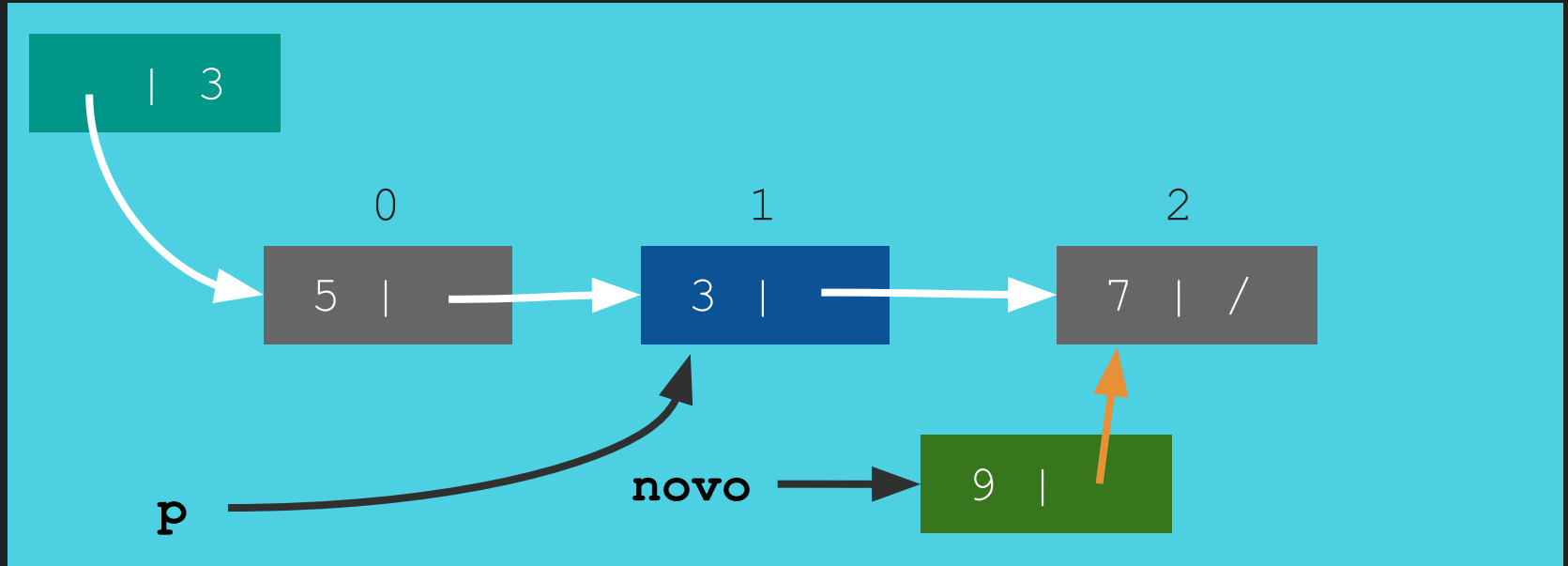
Listas ligadas

Inserção de um elemento no i -ésimo índice (valor 9, no índice 2):



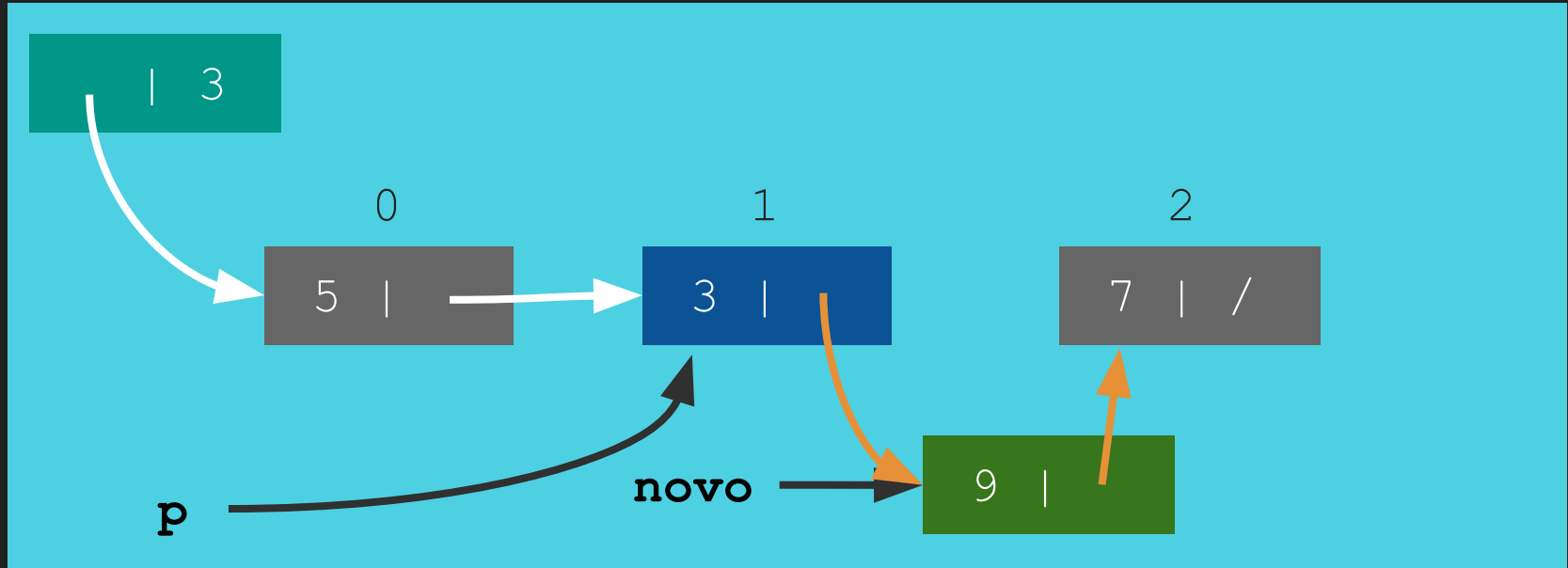
Listas ligadas

Inserção de um elemento no i-ésimo índice (valor 9, no índice 2):



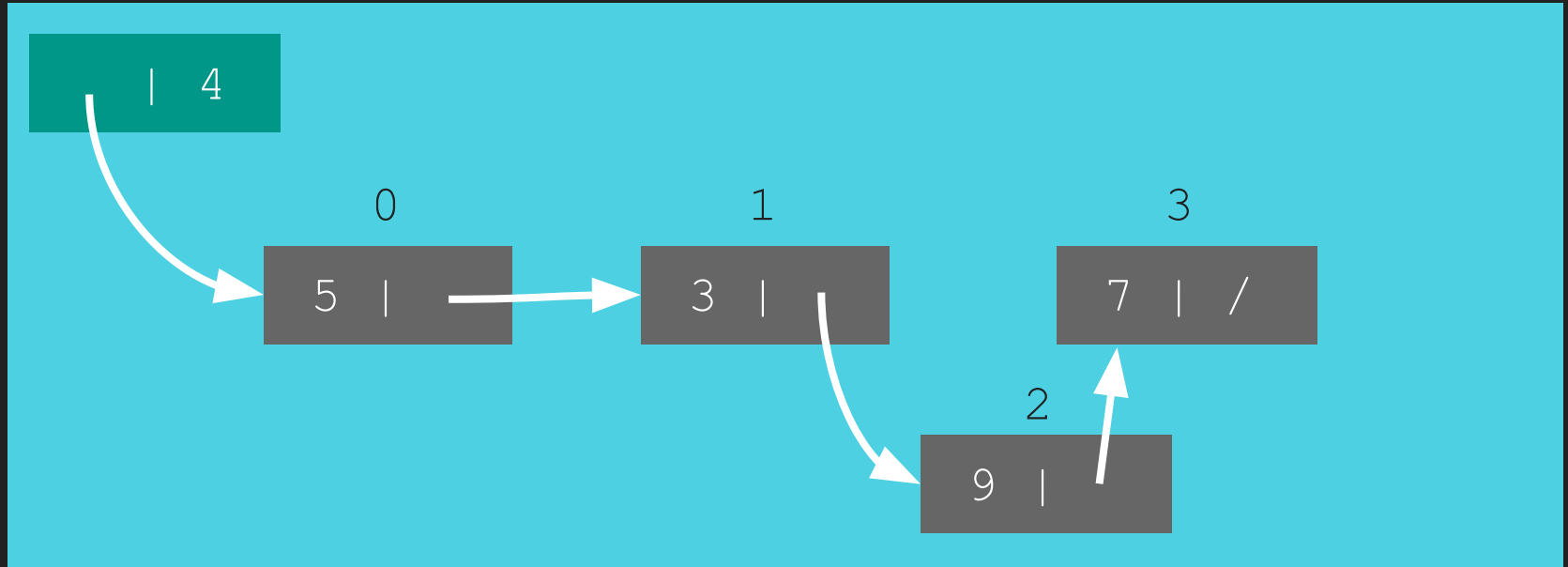
Listas ligadas

Inserção de um elemento no i-ésimo índice (valor 9, no índice 2):



Listas ligadas

Inserção de um elemento no i-ésimo índice (valor 9, no índice 2):



Listas ligadas

Remoção de um elemento (assumindo elemento existente):

1) encontrar índice i no qual o elemento se encontra

2) se $i > 0$:

- a) percorrer a lista, até chegar ao nó de índice $(i - 1)$
- b) fazer o nó do índice $(i - 1)$ apontar para o nó do índice $(i + 1)$

caso contrário:

- c) o primeiro nó da lista passa a apontar para o segundo nó

Listas ligadas

Remoção de um elemento (assumindo elemento existente):

1) encontrar índice i no qual o elemento se encontra.

2) se $i > 0$:

- a) percorrer a lista, até chegar ao nó de índice $(i - 1)$
- b) fazer o nó do índice $(i - 1)$ apontar para o nó do índice $(i + 1)$

caso contrário:

- c) o primeiro nó da lista passa a apontar para o segundo nó

Note que a remoção não provoca o deslocamento físico dos elementos na lista, assim como ocorre na inserção.

Listas ligadas

Remoção de um elemento (assumindo elemento existente):

1) encontrar índice i no qual o elemento se encontra.

2) se $i > 0$:

- a) percorrer a lista, até chegar ao nó de índice $(i - 1)$
- b) fazer o nó do índice $(i - 1)$ apontar para o nó do índice $(i + 1)$

caso contrário:

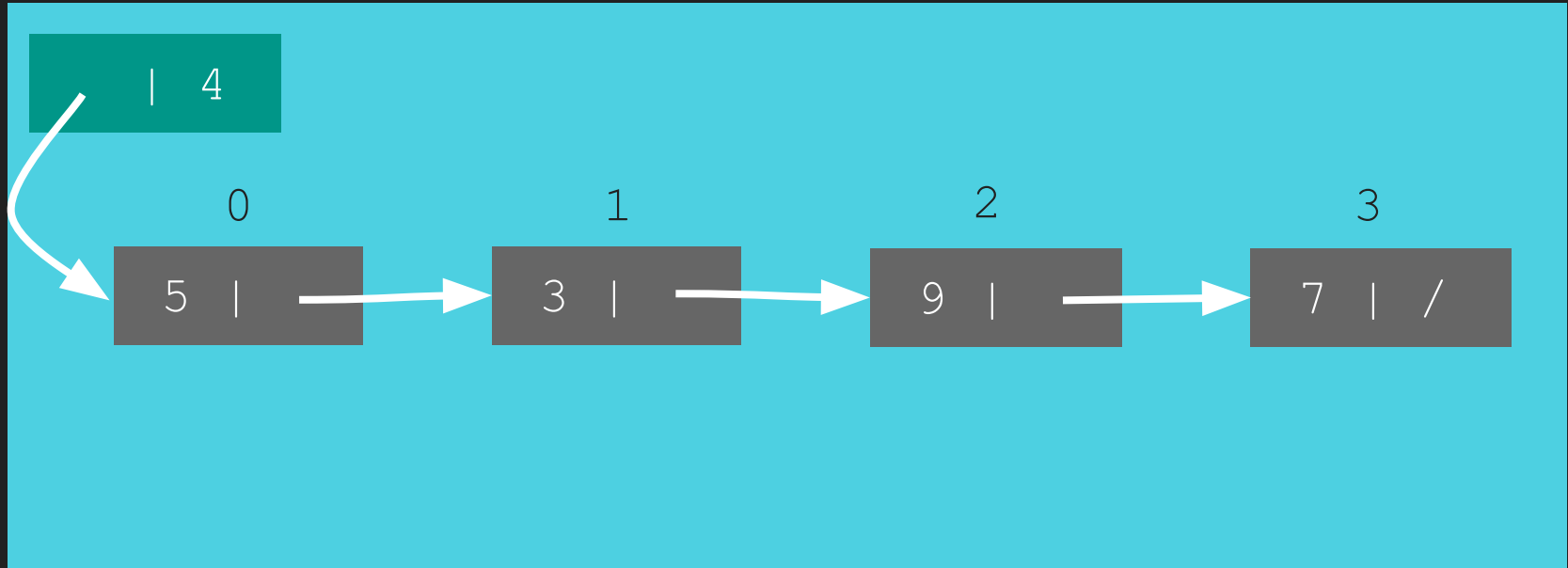
- c) o primeiro nó da lista passa a apontar para o segundo nó

Note que a remoção não provoca o deslocamento físico dos elementos na lista, assim como ocorre na inserção.

Não esquecer de liberar o nó removido da lista!

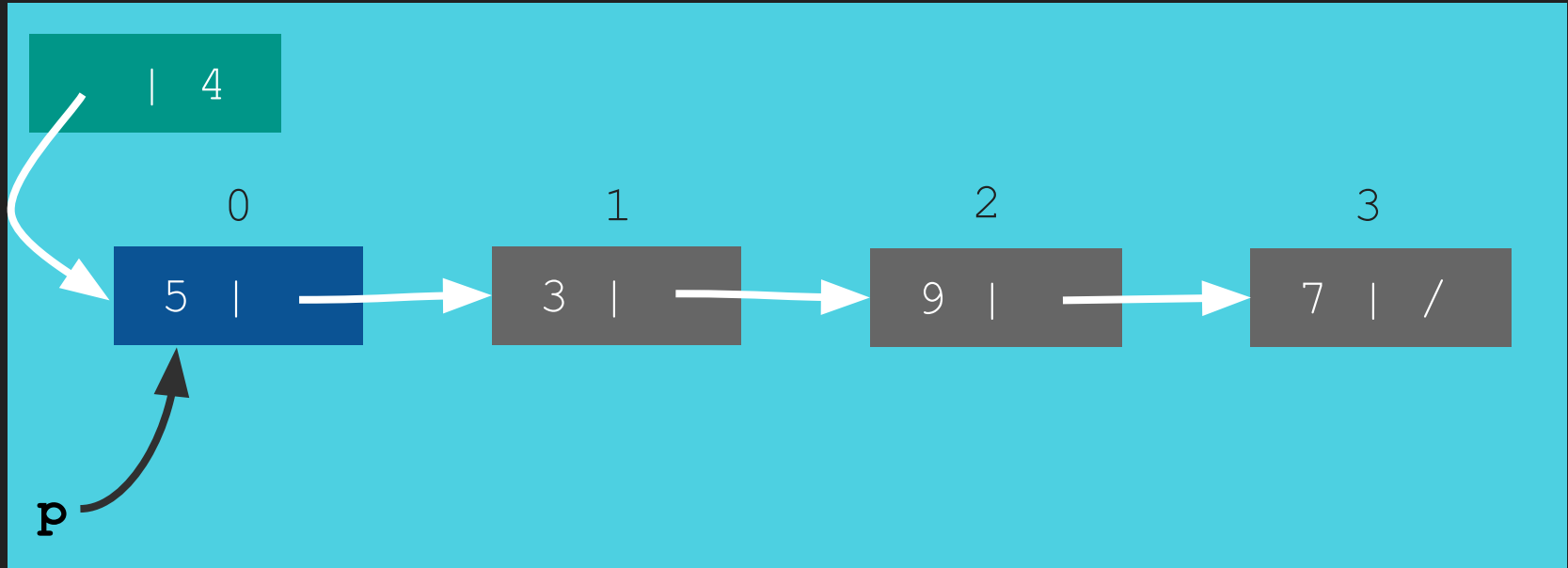
Listas ligadas

Remoção de um elemento (valor 9, que se encontra no índice 2):



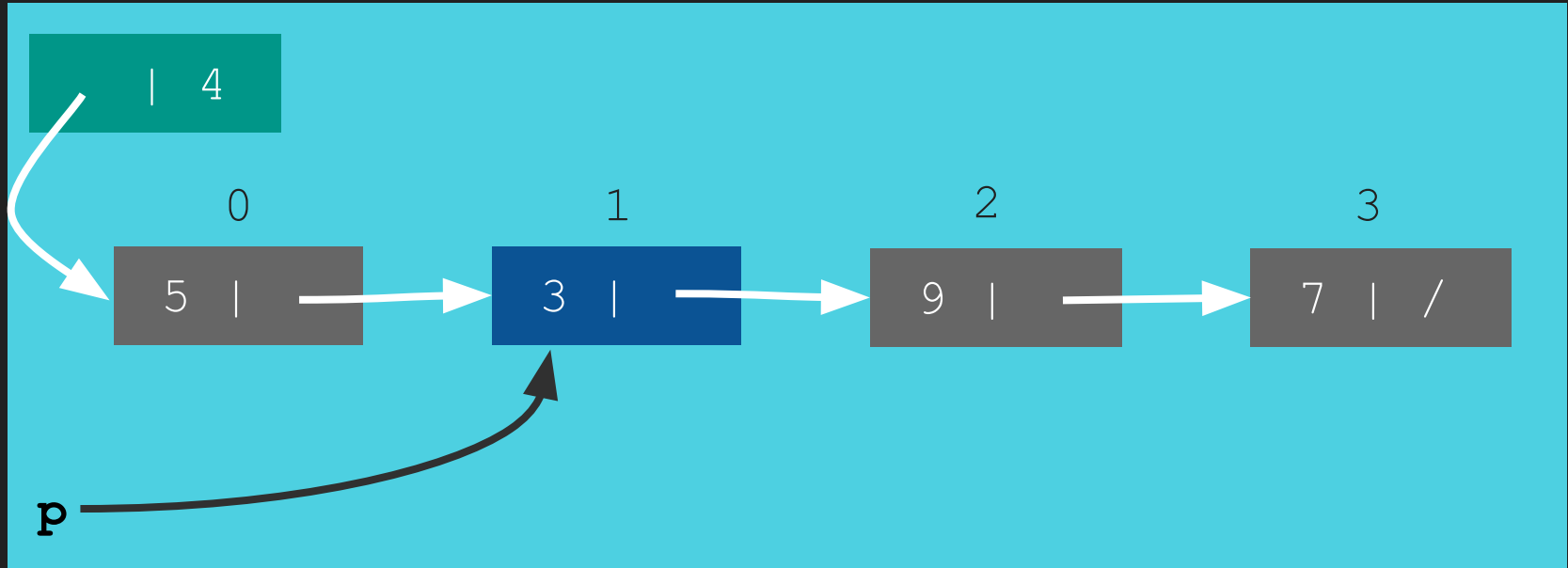
Listas ligadas

Remoção de um elemento (valor 9, que se encontra no índice 2):



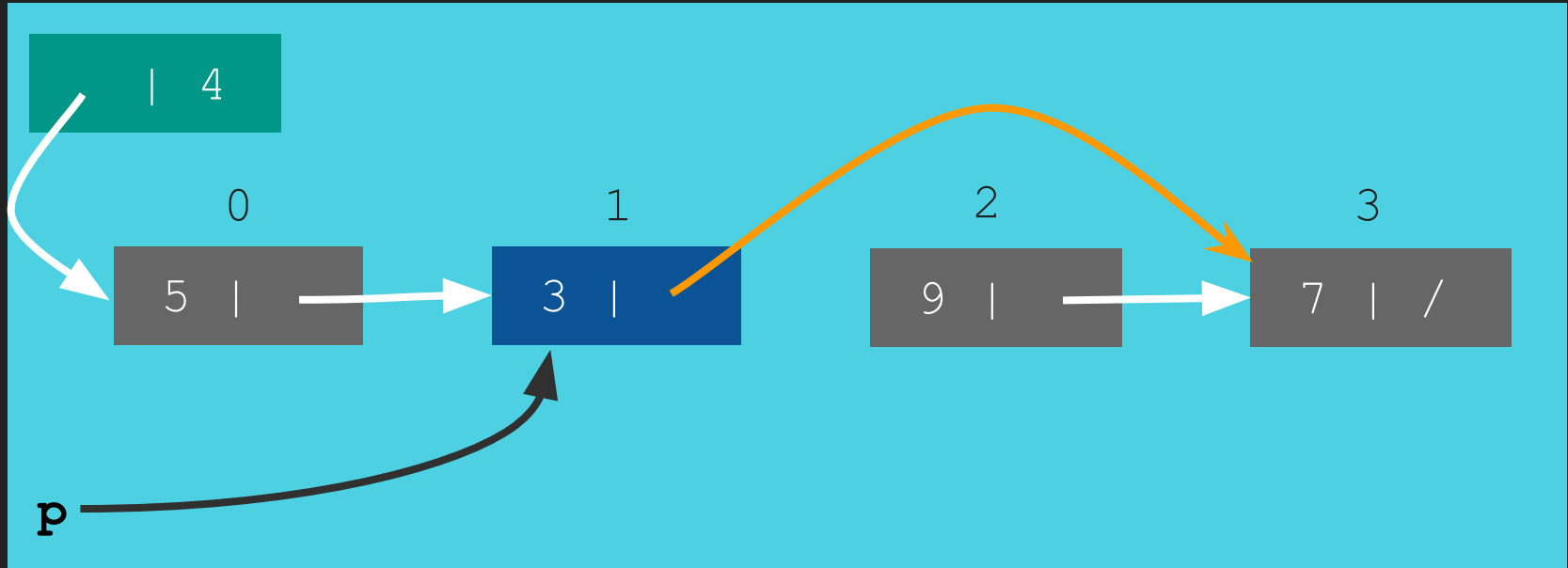
Listas ligadas

Remoção de um elemento (valor 9, que se encontra no índice 2):



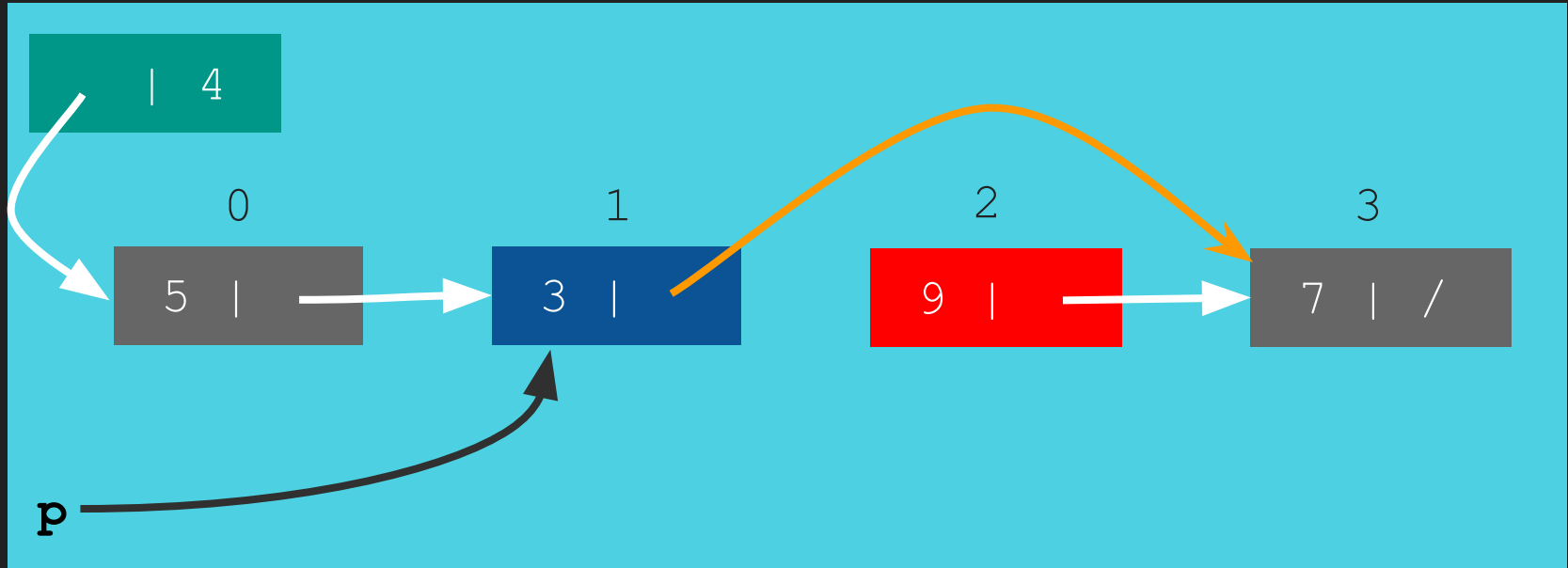
Listas ligadas

Remoção de um elemento (valor 9, que se encontra no índice 2):



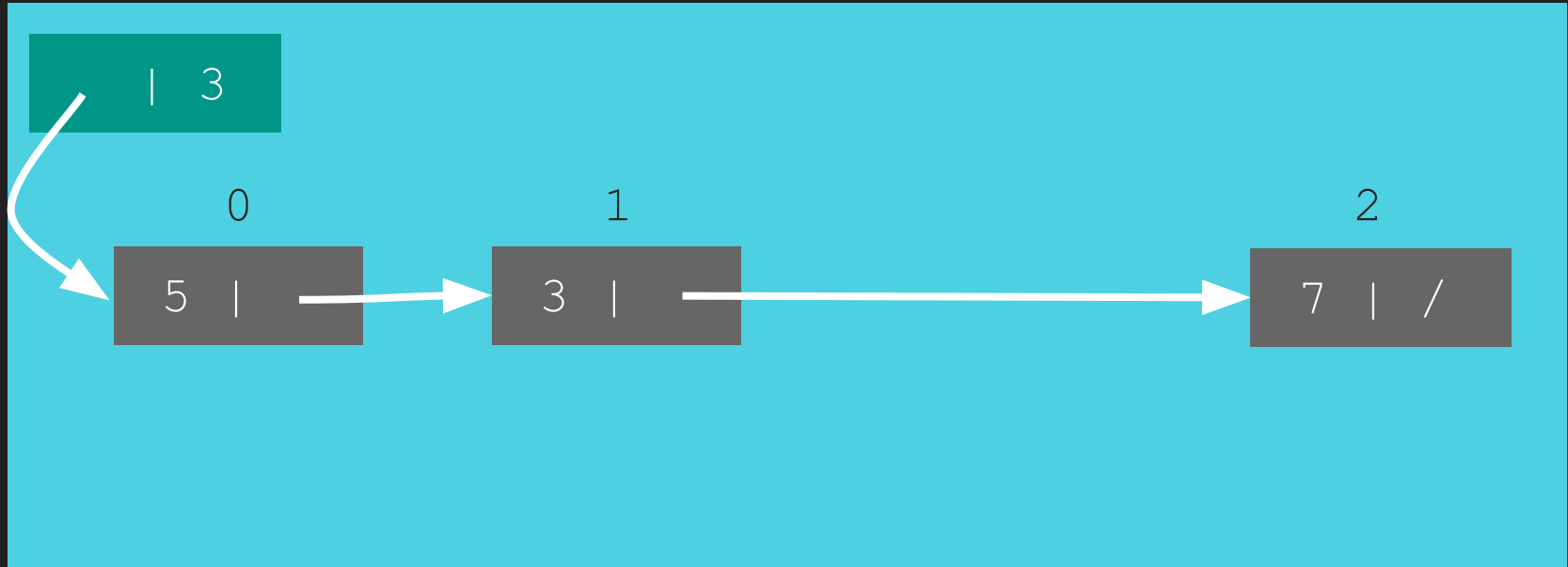
Listas ligadas

Remoção de um elemento (valor 9, que se encontra no índice 2):



Listas ligadas

Remoção de um elemento (valor 9, que se encontra no índice 2):



Listas ligadas

Custo de tempo esperado das operações, para uma lista ligada de tamanho n :

- criação fixo
- tamanho* proporcional a n (implementação mínima)
- imprime proporcional a n
- busca proporcional a n (pior caso)
- insere proporcional a n (pior caso)
- remove proporcional a n (pior caso)

* é bem fácil fazer esta operação ter custo constante!

Listas ligadas

Custo de tempo esperado das operações, para uma lista ligada de tamanho n :

- criação fixo
- tamanho proporcional a n (implementação mínima)
- imprime proporcional a n
- busca proporcional a n (pior caso)
- insere proporcional a n (pior caso)
- remove proporcional a n (pior caso)

Apesar de equivalentes (comparado à lista sequencial), a inserção e remoção não realizam o deslocamento de elementos, poupando tempo de processamento.

Listas ligadas

Algumas melhorias/modificações:

- manter o tamanho da lista como um campo da struct ListaLigada:
 - reduz o custo da função tamanho
 - tempo constante (fixo) ao invés de tempo proporcional a n

Listas ligadas

Algumas melhorias/modificações:

- manter a lista ordenada:
- benefícios?
- faz sentido pensar em busca binária???

Listas ligadas

Algumas melhorias/modificações:

- Lista circular:

- benefícios?

Listas ligadas

Algumas melhorias/modificações:

- Lista circular com cabeça:
- benefícios?

Listas ligadas

Algumas melhorias/modificações:

- Lista duplamente ligada:
- benefícios?