

# Aula 11

## Estruturas de Dados

Listas de pares chave-valor

*Programação II, 2016-2017*

*v0.10, 08-05-2017*

O conceito de  
dicionário

Listas ligadas de pares  
chave-valor

Implementação

## 1 O conceito de dicionário

## 2 Listas ligadas de pares chave-valor Implementação

O conceito de  
dicionário

Listas ligadas de pares  
chave-valor

Implementação

## 1 O conceito de dicionário

## 2 Listas ligadas de pares chave-valor Implementação

- `LinkedList`
  - `addFirst()`, `addLast()`, `removeFirst()`, `first()`, ...
- `SortedList`
  - `insert()`, `remove()`, `first()`, ...
- `Stack`
  - `push()`, `pop()`, `top()`, ...
- `Queue`
  - `in()`, `out()`, `peek()`, ...

- Um **dicionário** é uma estrutura de dados que permite armazenar pares chave-valor.
- Cada chave funciona como um identificador único, ou seja, no conjunto de todos os pares chave-valor, cada chave aparece apenas uma vez.
- Assim, a associação de chaves a valores (ou elementos) define uma correspondência unívoca (*mapping*).
  - Por isso também se chama *mapa* (*map*).
- Tal como os índices dão acesso eficiente aos elementos armazenados num vector, também aqui as chaves permitem implementar um acesso eficiente aos elementos que lhes estão associados.
  - Por isso, também se chama *vector associativo* (*associative array*).
  - A eficiência do acesso por chave depende da implementação.

- Um **dicionário** é uma estrutura de dados que permite armazenar pares chave-valor.
- Cada chave funciona como um identificador único, ou seja, no conjunto de todos os pares chave-valor, cada chave aparece apenas uma vez.
- Assim, a associação de chaves a valores (ou elementos) define uma correspondência unívoca (*mapping*).
  - Por isso também se chama *mapa* (*map*).
- Tal como os índices dão acesso eficiente aos elementos armazenados num vector, também aqui as chaves permitem implementar um acesso eficiente aos elementos que lhes estão associados.
  - Por isso, também se chama **vector associativo** (*associative array*).
  - A eficiência do acesso por chave depende da implementação.

- Um **dicionário** é uma estrutura de dados que permite armazenar pares chave-valor.
- Cada chave funciona como um identificador único, ou seja, no conjunto de todos os pares chave-valor, cada chave aparece apenas uma vez.
- Assim, a associação de chaves a valores (ou elementos) define uma correspondência unívoca (*mapping*).
  - Por isso também se chama *mapa* (*map*).
- Tal como os índices dão acesso eficiente aos elementos armazenados num vector, também aqui as chaves permitem implementar um acesso eficiente aos elementos que lhes estão associados.
  - Por isso, também se chama **vector associativo** (*associative array*).
  - A eficiência do acesso por chave depende da implementação.

- Um **dicionário** é uma estrutura de dados que permite armazenar pares chave-valor.
- Cada chave funciona como um identificador único, ou seja, no conjunto de todos os pares chave-valor, cada chave aparece apenas uma vez.
- Assim, a associação de chaves a valores (ou elementos) define uma correspondência unívoca (*mapping*).
  - Por isso também se chama **mapa** (*map*).
- Tal como os índices dão acesso eficiente aos elementos armazenados num vector, também aqui as chaves permitem implementar um acesso eficiente aos elementos que lhes estão associados.
  - Por isso, também se chama **vector associativo** (*associative array*).
  - A eficiência do acesso por chave depende da implementação.

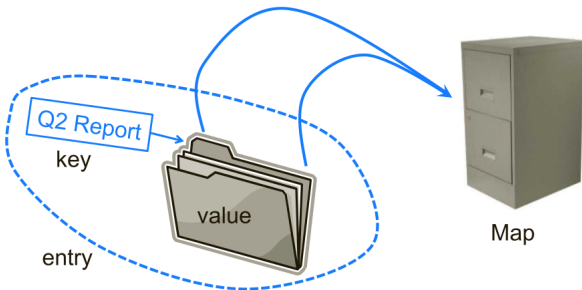


- Um **dicionário** é uma estrutura de dados que permite armazenar pares chave-valor.
- Cada chave funciona como um identificador único, ou seja, no conjunto de todos os pares chave-valor, cada chave aparece apenas uma vez.
- Assim, a associação de chaves a valores (ou elementos) define uma correspondência unívoca (*mapping*).
  - Por isso também se chama **mapa** (*map*).
- Tal como os índices dão acesso eficiente aos elementos armazenados num vector, também aqui as chaves permitem implementar um acesso eficiente aos elementos que lhes estão associados.
  - Por isso, também se chama **vector associativo** (*associative array*).
  - A eficiência do acesso por chave depende da implementação.

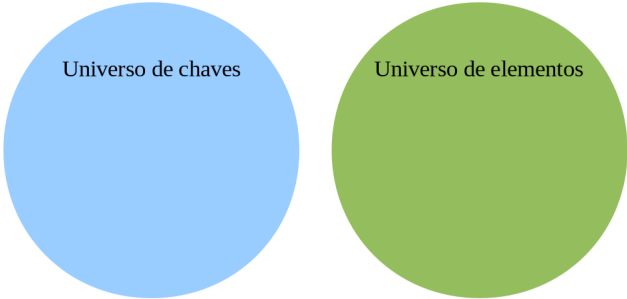
- Um **dicionário** é uma estrutura de dados que permite armazenar pares chave-valor.
- Cada chave funciona como um identificador único, ou seja, no conjunto de todos os pares chave-valor, cada chave aparece apenas uma vez.
- Assim, a associação de chaves a valores (ou elementos) define uma correspondência unívoca (*mapping*).
  - Por isso também se chama **mapa** (*map*).
- Tal como os índices dão acesso eficiente aos elementos armazenados num vector, também aqui as chaves permitem implementar um acesso eficiente aos elementos que lhes estão associados.
  - Por isso, também se chama **vector associativo** (*associative array*).
  - A eficiência do acesso por chave depende da implementação.

- Um **dicionário** é uma estrutura de dados que permite armazenar pares chave-valor.
- Cada chave funciona como um identificador único, ou seja, no conjunto de todos os pares chave-valor, cada chave aparece apenas uma vez.
- Assim, a associação de chaves a valores (ou elementos) define uma correspondência unívoca (*mapping*).
  - Por isso também se chama **mapa** (*map*).
- Tal como os índices dão acesso eficiente aos elementos armazenados num vector, também aqui as chaves permitem implementar um acesso eficiente aos elementos que lhes estão associados.
  - Por isso, também se chama **vector associativo** (*associative array*).
  - A eficiência do acesso por chave depende da implementação.

- Um **dicionário** é uma estrutura de dados que permite armazenar pares chave-valor.
- Cada chave funciona como um identificador único, ou seja, no conjunto de todos os pares chave-valor, cada chave aparece apenas uma vez.
- Assim, a associação de chaves a valores (ou elementos) define uma correspondência unívoca (*mapping*).
  - Por isso também se chama **mapa** (*map*).
- Tal como os índices dão acesso eficiente aos elementos armazenados num vector, também aqui as chaves permitem implementar um acesso eficiente aos elementos que lhes estão associados.
  - Por isso, também se chama **vector associativo** (*associative array*).
  - A eficiência do acesso por chave depende da implementação.

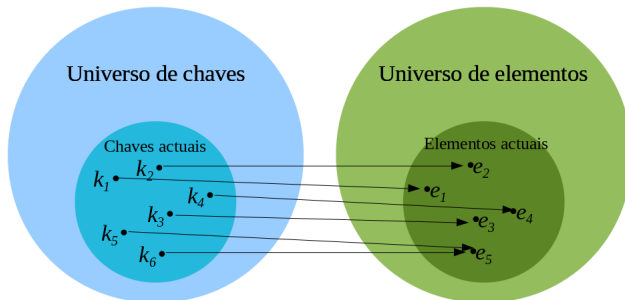


- Cada pasta contém uma determinada etiqueta no topo (a **chave**) e determinado conteúdo no seu interior (o **valor** ou elemento associado).
- O conjunto de pastas com as respectivas etiquetas são arrumadas no armário (o **dicionário**).



Universe of keys

Universe of elements



# Dicionários: exemplos de aplicação

- Um sistema de informação sobre estudantes da universidade usa o identificador único (nº mecanográfico) de cada estudante como chave de acesso à respectiva informação.
- Um sistema de autenticação pode armazenar as credenciais dos utilizadores (nome e senha) na forma de um dicionário em que a chave é o nome e o valor associado é a senha desse utilizador.
- Um sistema de nomes (DNS) pode usar um dicionário para associar o nome de cada servidor (www.ua.pt) ao respectivo endereço IP (193.136.173.81).
- Pode-se usar um dicionário para registar contagens de ocorrência de certos eventos, por exemplo palavras num texto.

Exemplo: Neste caso o evento será a chave de acesso e a contagem será o valor associado.



- Um sistema de informação sobre estudantes da universidade usa o identificador único ( $n^{\circ}$  mecanográfico) de cada estudante como chave de acesso à respectiva informação.
- Um sistema de autenticação pode armazenar as credenciais dos utilizadores (nome e senha) na forma de um dicionário em que a chave é o nome e o valor associado é a senha desse utilizador.
- Um sistema de nomes (DNS) pode usar um dicionário para associar o nome de cada servidor (www.ua.pt) ao respectivo endereço IP (193.136.173.81).
- Pode-se usar um dicionário para registar contagens de ocorrência de certos eventos, por exemplo palavras num texto.
  - Neste caso o evento será a chave de acesso e a contagem será o valor associado.

- Um sistema de informação sobre estudantes da universidade usa o identificador único ( $n^{\circ}$  mecanográfico) de cada estudante como chave de acesso à respectiva informação.
- Um sistema de autenticação pode armazenar as credenciais dos utilizadores (nome e senha) na forma de um dicionário em que a chave é o nome e o valor associado é a senha desse utilizador.
- Um sistema de nomes (DNS) pode usar um dicionário para associar o nome de cada servidor (www.ua.pt) ao respectivo endereço IP (193.136.173.81).
- Pode-se usar um dicionário para registar contagens de ocorrência de certos eventos, por exemplo palavras num texto.
  - Neste caso o evento será a chave de acesso e a contagem será o valor associado.

- Um sistema de informação sobre estudantes da universidade usa o identificador único ( $n^{\circ}$  mecanográfico) de cada estudante como chave de acesso à respectiva informação.
- Um sistema de autenticação pode armazenar as credenciais dos utilizadores (nome e senha) na forma de um dicionário em que a chave é o nome e o valor associado é a senha desse utilizador.
- Um sistema de nomes (DNS) pode usar um dicionário para associar o nome de cada servidor (www.ua.pt) ao respectivo endereço IP (193.136.173.81).
- Pode-se usar um dicionário para registar contagens de ocorrência de certos eventos, por exemplo palavras num texto.
  - Neste caso o evento será a chave de acesso e a contagem será o valor associado.

- Um sistema de informação sobre estudantes da universidade usa o identificador único ( $n^{\circ}$  mecanográfico) de cada estudante como chave de acesso à respectiva informação.
- Um sistema de autenticação pode armazenar as credenciais dos utilizadores (nome e senha) na forma de um dicionário em que a chave é o nome e o valor associado é a senha desse utilizador.
- Um sistema de nomes (DNS) pode usar um dicionário para associar o nome de cada servidor (www.ua.pt) ao respectivo endereço IP (193.136.173.81).
- Pode-se usar um dicionário para registar contagens de ocorrência de certos eventos, por exemplo palavras num texto.
  - Neste caso o evento será a chave de acesso e a contagem será o valor associado.

- Um sistema de informação sobre estudantes da universidade usa o identificador único ( $n^{\circ}$  mecanográfico) de cada estudante como chave de acesso à respectiva informação.
- Um sistema de autenticação pode armazenar as credenciais dos utilizadores (nome e senha) na forma de um dicionário em que a chave é o nome e o valor associado é a senha desse utilizador.
- Um sistema de nomes (DNS) pode usar um dicionário para associar o nome de cada servidor (www.ua.pt) ao respectivo endereço IP (193.136.173.81).
- Pode-se usar um dicionário para registar contagens de ocorrência de certos eventos, por exemplo palavras num texto.
  - Neste caso o evento será a chave de acesso e a contagem será o valor associado.

- **get(k)** - devolve o valor associado à chave dada.  
Ex: `Par<String, Integer> contatos = ...`  
`Integer id = contatos.get("João")`
- **set(k, e)** - actualiza o valor associado à chave k, caso esta exista, ou insere o novo par (k, e).  
Ex: `Par<String, Integer> contatos = ...`  
`contatos.set("João", 123456789)`
- **remove(k)** - remove o par associado à chave k.  
Ex: `Par<String, Integer> contatos = ...`  
`contatos.remove("João")`
- **contains(k)** - devolve true se o dicionário contém a chave dada e false caso contrário.
- **size()** - devolve o número de elementos no dicionário.
- **isEmpty()** - devolve true se o dicionário está vazio e false caso contrário.
- **keys()** - devolve um vector com todas as chaves existentes.

- **get(k)** - devolve o valor associado à chave dada.
  - Pré-condição: `contains(k)`
- **set(k, e)** - actualiza o valor associado à chave `k`, caso esta exista, ou insere o novo par `(k, e)`.
  - Pós-condição: `contains(k) && get(k) == e`
- **remove(k)** - remove o par associado à chave `k`.
  - Pré-condição: `contains(k)`
  - Pós-condição: `!contains(k)`
- **contains(k)** - devolve `true` se o dicionário contém a chave dada e `false` caso contrário.
- **size()** - devolve o número de elementos no dicionário.
- **isEmpty()** - devolve `true` se o dicionário está vazio e `false` caso contrário.
- **keys()** - devolve um vector com todas as chaves existentes.

- **get(k)** - devolve o valor associado à chave dada.
  - Pré-condição: `contains(k)`
- **set(k, e)** - actualiza o valor associado à chave `k`, caso esta exista, ou insere o novo par `(k, e)`.
  - Pós-condição: `contains(k) && get(k) == e`
- **remove(k)** - remove o par associado à chave `k`.
  - Pré-condição: `contains(k)`
  - Pós-condição: `!contains(k)`
- **contains(k)** - devolve `true` se o dicionário contém a chave dada e `false` caso contrário.
- **size()** - devolve o número de elementos no dicionário.
- **isEmpty()** - devolve `true` se o dicionário está vazio e `false` caso contrário.
- **keys()** - devolve um vector com todas as chaves existentes.



- **get(k)** - devolve o valor associado à chave dada.
  - Pré-condição: `contains(k)`
- **set(k, e)** - actualiza o valor associado à chave `k`, caso esta exista, ou insere o novo par `(k, e)`.
  - Pós-condição: `contains(k) && get(k) == e`
- **remove(k)** - remove o par associado à chave `k`.
  - Pré-condição: `contains(k)`
  - Pós-condição: `!contains(k)`
- **contains(k)** - devolve `true` se o dicionário contém a chave dada e `false` caso contrário.
- **size()** - devolve o número de elementos no dicionário.
- **isEmpty()** - devolve `true` se o dicionário está vazio e `false` caso contrário.
- **keys()** - devolve um vector com todas as chaves existentes.

- **get(k)** - devolve o valor associado à chave dada.
  - Pré-condição: `contains(k)`
- **set(k, e)** - actualiza o valor associado à chave `k`, caso esta exista, ou insere o novo par `(k, e)`.
  - Pós-condição: `contains(k) && get(k) == e`
- **remove(k)** - remove o par associado à chave `k`.
  - Pré-condição: `contains(k)`
  - Pós-condição: `!contains(k)`
- **contains(k)** - devolve `true` se o dicionário contém a chave dada e `false` caso contrário.
- **size()** - devolve o número de elementos no dicionário.
- **isEmpty()** - devolve `true` se o dicionário está vazio e `false` caso contrário.
- **keys()** - devolve um vector com todas as chaves existentes.

- **get(k)** - devolve o valor associado à chave dada.
  - Pré-condição: `contains(k)`
- **set(k, e)** - actualiza o valor associado à chave `k`, caso esta exista, ou insere o novo par `(k, e)`.
  - Pós-condição: `contains(k) && get(k) == e`
- **remove(k)** - remove o par associado à chave `k`.
  - Pré-condição: `contains(k)`
  - Pós-condição: `!contains(k)`
- **contains(k)** - devolve `true` se o dicionário contém a chave dada e `false` caso contrário.
- **size()** - devolve o número de elementos no dicionário.
- **isEmpty()** - devolve `true` se o dicionário está vazio e `false` caso contrário.
- **keys()** - devolve um vector com todas as chaves existentes.

- **get(k)** - devolve o valor associado à chave dada.
  - Pré-condição: `contains(k)`
- **set(k, e)** - actualiza o valor associado à chave `k`, caso esta exista, ou insere o novo par `(k, e)`.
  - Pós-condição: `contains(k) && get(k) == e`
- **remove(k)** - remove o par associado à chave `k`.
  - Pré-condição: `contains(k)`
  - Pós-condição: `!contains(k)`
- **contains(k)** - devolve `true` se o dicionário contém a chave dada e `false` caso contrário.
- **size()** - devolve o número de elementos no dicionário.
- **isEmpty()** - devolve `true` se o dicionário está vazio e `false` caso contrário.
- **keys()** - devolve um vector com todas as chaves existentes.

- **get(k)** - devolve o valor associado à chave dada.
  - Pré-condição: `contains(k)`
- **set(k, e)** - actualiza o valor associado à chave `k`, caso esta exista, ou insere o novo par `(k, e)`.
  - Pós-condição: `contains(k) && get(k) == e`
- **remove(k)** - remove o par associado à chave `k`.
  - Pré-condição: `contains(k)`
  - Pós-condição: `!contains(k)`
- **contains(k)** - devolve `true` se o dicionário contém a chave dada e `false` caso contrário.
- **size()** - devolve o número de elementos no dicionário.
- **isEmpty()** - devolve `true` se o dicionário está vazio e `false` caso contrário.
- **keys()** - devolve um vector com todas as chaves existentes.

- **get(k)** - devolve o valor associado à chave dada.
  - Pré-condição: `contains(k)`
- **set(k, e)** - actualiza o valor associado à chave `k`, caso esta exista, ou insere o novo par `(k, e)`.
  - Pós-condição: `contains(k) && get(k) == e`
- **remove(k)** - remove o par associado à chave `k`.
  - Pré-condição: `contains(k)`
  - Pós-condição: `!contains(k)`
- **contains(k)** - devolve `true` se o dicionário contém a chave dada e `false` caso contrário.
- **size()** - devolve o número de elementos no dicionário.
- **isEmpty()** - devolve `true` se o dicionário está vazio e `false` caso contrário.
- **keys()** - devolve um vector com todas as chaves existentes.

- **get(k)** - devolve o valor associado à chave dada.
  - Pré-condição: `contains(k)`
- **set(k, e)** - actualiza o valor associado à chave `k`, caso esta exista, ou insere o novo par `(k, e)`.
  - Pós-condição: `contains(k) && get(k) == e`
- **remove(k)** - remove o par associado à chave `k`.
  - Pré-condição: `contains(k)`
  - Pós-condição: `!contains(k)`
- **contains(k)** - devolve `true` se o dicionário contém a chave dada e `false` caso contrário.
- **size()** - devolve o número de elementos no dicionário.
- **isEmpty()** - devolve `true` se o dicionário está vazio e `false` caso contrário.
- **keys()** - devolve um vector com todas as chaves existentes.

- **get(k)** - devolve o valor associado à chave dada.
  - Pré-condição: `contains(k)`
- **set(k, e)** - actualiza o valor associado à chave `k`, caso esta exista, ou insere o novo par `(k, e)`.
  - Pós-condição: `contains(k) && get(k) == e`
- **remove(k)** - remove o par associado à chave `k`.
  - Pré-condição: `contains(k)`
  - Pós-condição: `!contains(k)`
- **contains(k)** - devolve `true` se o dicionário contém a chave dada e `false` caso contrário.
- **size()** - devolve o número de elementos no dicionário.
- **isEmpty()** - devolve `true` se o dicionário está vazio e `false` caso contrário.
- **keys()** - devolve um vector com todas as chaves existentes.



- **get(k)** - devolve o valor associado à chave dada.
  - Pré-condição: `contains(k)`
- **set(k, e)** - actualiza o valor associado à chave `k`, caso esta exista, ou insere o novo par `(k, e)`.
  - Pós-condição: `contains(k) && get(k) == e`
- **remove(k)** - remove o par associado à chave `k`.
  - Pré-condição: `contains(k)`
  - Pós-condição: `!contains(k)`
- **contains(k)** - devolve `true` se o dicionário contém a chave dada e `false` caso contrário.
- **size()** - devolve o número de elementos no dicionário.
- **isEmpty()** - devolve `true` se o dicionário está vazio e `false` caso contrário.
- **keys()** - devolve um vector com todas as chaves existentes.

- Existem muitas formas de implementar um dicionário, com simplicidade e eficiência variáveis.
- Nesta unidade curricular, vamos ver as seguintes:
  - Listas ligadas de pares chave-valor, na aula 11;
  - Tabelas de dispersão, na aula 12;
  - Árvores binárias de pesquisa, na aula 13.

- Existem muitas formas de implementar um dicionário, com simplicidade e eficiência variáveis.
- Nesta unidade curricular, vamos ver as seguintes:
  - Listas ligadas de pares chave-valor, nesta aula;
  - Tabelas de dispersão, na aula 12;
  - Árvores binárias de pesquisa, na aula 13.

- Existem muitas formas de implementar um dicionário, com simplicidade e eficiência variáveis.
- Nesta unidade curricular, vamos ver as seguintes:
  - Listas ligadas de pares chave-valor, nesta aula;
  - Tabelas de dispersão, na aula 12;
  - Árvores binárias de pesquisa, na aula 13.

- Existem muitas formas de implementar um dicionário, com simplicidade e eficiência variáveis.
- Nesta unidade curricular, vamos ver as seguintes:
  - Listas ligadas de pares chave-valor, nesta aula;
  - Tabelas de dispersão, na aula 12;
  - Árvores binárias de pesquisa, na aula 13.

- Existem muitas formas de implementar um dicionário, com simplicidade e eficiência variáveis.
- Nesta unidade curricular, vamos ver as seguintes:
  - Listas ligadas de pares chave-valor, nesta aula;
  - Tabelas de dispersão, na aula 12;
  - Árvores binárias de pesquisa, na aula 13.

- Existem muitas formas de implementar um dicionário, com simplicidade e eficiência variáveis.
- Nesta unidade curricular, vamos ver as seguintes:
  - Listas ligadas de pares chave-valor, nesta aula;
  - Tabelas de dispersão, na aula 12;
  - Árvores binárias de pesquisa, na aula 13.

- Segue a estrutura geral das listas ligadas.
  - Ver aula 07.
- No entanto:
  - Cada nó, além do elemento e da referência do nó seguinte, tem também a chave que dá acesso ao elemento;
  - Não precisamos da referência do último nó, ou seja, trabalhamos apenas com a referência do primeiro (*first*).
- Vamos trabalhar com chaves que são cadeias de caracteres e elementos de tipo arbitrário.



- Segue a estrutura geral das listas ligadas.
  - Ver aula 07.
- No entanto:
  - Cada nó, além do **elemento** e da referência do nó **seguinte**, tem também a **chave** que dá acesso ao elemento;
  - Não precisamos da referência do último nó, ou seja, trabalhamos apenas com a referência do primeiro (*first*).
- Vamos trabalhar com chaves que são cadeias de caracteres e elementos de tipo arbitrário.

- Segue a estrutura geral das listas ligadas.
  - Ver aula 07.
- No entanto:
  - Cada nó, além do **elemento** e da referência do nó **seguinte**, tem também a **chave** que dá acesso ao elemento;
  - Não precisamos da referência do último nó, ou seja, trabalhamos apenas com a referência do primeiro (*first*).
- Vamos trabalhar com chaves que são cadeias de caracteres e elementos de tipo arbitrário.

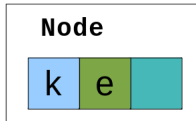
- Segue a estrutura geral das listas ligadas.
  - Ver aula 07.
- No entanto:
  - Cada nó, além do **elemento** e da referência do nó **seguinte**, tem também a **chave** que dá acesso ao elemento;
  - Não precisamos da referência do último nó, ou seja, trabalhamos apenas com a referência do primeiro (*first*).
- Vamos trabalhar com chaves que são cadeias de caracteres e elementos de tipo arbitrário.

- Segue a estrutura geral das listas ligadas.
  - Ver aula 07.
- No entanto:
  - Cada nó, além do **elemento** e da referência do nó **seguinte**, tem também a **chave** que dá acesso ao elemento;
  - Não precisamos da referência do último nó, ou seja, trabalhamos apenas com a referência do primeiro (*first*).
- Vamos trabalhar com chaves que são cadeias de caracteres e elementos de tipo arbitrário.

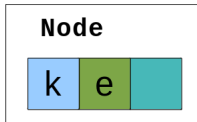
# Listas ligadas de pares chave-valor



# Listas ligadas de pares chave-valor



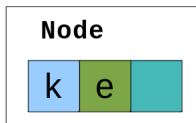
# Listas ligadas de pares chave-valor



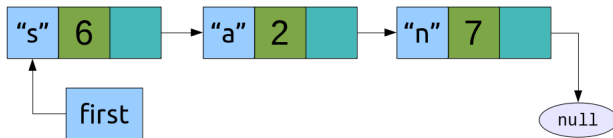
```
class KeyValueNode
{
    String key;
    int elem;
    KeyValueNode next;
}
```



# Listas ligadas de pares chave-valor



```
class KeyValueNode  
{  
    String key;  
    int elem;  
    KeyValueNode next;  
}
```





- A lista de pares chave-valor é uma implementação simplista do conceito de dicionário.
  - Em geral não é eficiente: o acesso a cada elemento demora um tempo proporcional ao número de elementos (complexidade  $O(n)$ ).
- No entanto, a lista de pares chave-valor vai ser utilizada na tabela de dispersão, que é uma implementação muito eficiente do conceito de dicionário.
  - Ver aula 12.

```
class KeyValueNode<E> {  
  
    final String key;  
    E elem;  
    KeyValueNode<E> next;  
  
    KeyValueNode(String k, E e, KeyValueNode<E> n) {  
        key = k;  
        elem = e;  
        next = n;  
    }  
  
    KeyValueNode(String k, E e) {  
        key = k;  
        elem = e;  
        next = null;  
    }  
}
```

```
class KeyValueNode<E> {  
  
    final String key;  
    E elem;  
    KeyValueNode<E> next;  
  
    KeyValueNode(String k, E e, KeyValueNode<E> n) {  
        key = k;  
        elem = e;  
        next = n;  
    }  
  
    KeyValueNode(String k, E e) {  
        key = k;  
        elem = e;  
        next = null;  
    }  
}
```

# Lista de pares chave-valor: esqueleto de implementação

```
public class KeyValueTypeList<E> {

    private KeyValueTypeNode<E> first = null;
    private int size = 0;

    public KeyValueTypeList() { }

    public E get(String k) {
        assert contains(k) : "Key does not exist";
        ... ..
    }

    public boolean set(String k, E e) {
        ... ..
        assert contains(k) && get(k).equals(e);
        return ...
    }

    public void remove(String k) {
        assert contains(k) : "Key does not exist";
        ... ..
        assert !contains(k) : "Key still exists";
    }

    public boolean contains(String k)
    { ... }

    public String[] keys()
    { ... }

    public int size()
    { ... }

    public boolean isEmpty()
    { ... }

}
```

# Lista de pares chave-valor: esqueleto de implementação

```
public class KeyValueTypeList<E> {  
  
    private KeyValueTypeNode<E> first = null;  
    private int size = 0;  
  
    public KeyValueTypeList() { }  
  
    public E get(String k) {  
        assert contains(k) : "Key does not exist";  
        ...  
    }  
  
    public boolean set(String k, E e) {  
        ...  
        assert contains(k) && get(k).equals(e);  
        return ...  
    }  
  
    public void remove(String k) {  
        assert contains(k) : "Key does not exist";  
        ...  
        assert !contains(k) : "Key still exists";  
    }  
  
    public boolean contains(String k)  
    { ... }  
    public String[] keys()  
    { ... }  
    public int size()  
    { ... }  
    public boolean isEmpty()  
    { ... }  
}
```

## Consulta: get ()

```
public class KeyValueList<E> {  
    ...  
    public E get(String k) {  
        assert contains(k) : "Key does not exist";  
        return get(first, k);  
    }  
    private E get(KeyValueNode<E> n, String k) {  
        if (n.key.equals(k)) return n.elem;  
        return get(n.next, k);  
    }  
    ...  
}
```

## Consulta: get ()

```
public class KeyValueList<E> {  
    ...  
    public E get(String k) {  
        assert contains(k) : "Key does not exist";  
        return get(first, k);  
    }  
    private E get(KeyValueNode<E> n, String k) {  
        if (n.key.equals(k)) return n.elem;  
        return get(n.next, k);  
    }  
    ...  
}
```

## Consulta: get ()

```
public class KeyValueList<E> {  
    ...  
    public E get(String k) {  
        assert contains(k) : "Key does not exist";  
        return get(first, k);  
    }  
    private E get(KeyValueNode<E> n, String k) {  
        if (n.key.equals(k)) return n.elem;  
        return get(n.next, k);  
    }  
    ...  
}
```



# Actualização: set ()

```
public class KeyValueList<E> {  
    ...  
    public boolean set(String k, E e) {  
        int prev_size = size;  
        first = set(first, k, e);  
        assert contains(k) && get(k).equals(e);  
        return size>prev_size;  
    }  
    private KeyValueNode<E> set(KeyValueNode<E> n, String k, E e) {  
        if (n==null) {  
            n = new KeyValueNode<E>(k, e);  
            size++;  
        }  
        else if (n.key.equals(k)) {  
            n.elem = e;  
        }  
        else n.next = set(n.next, k, e);  
        return n;  
    }  
    ...  
}
```

# Actualização: set ()

```
public class KeyValueList<E> {  
    ...  
    public boolean set(String k, E e) {  
        int prev_size = size;  
        first = set(first, k, e);  
        assert contains(k) && get(k).equals(e);  
        return size>prev_size;  
    }  
    private KeyValueNode<E> set(KeyValueNode<E> n, String k, E e) {  
        if (n==null) {  
            n = new KeyValueNode<E>(k, e);  
            size++;  
        }  
        else if (n.key.equals(k)) {  
            n.elem = e;  
        }  
        else n.next = set(n.next, k, e);  
        return n;  
    }  
    ...  
}
```

# Actualização: set ()

```
public class KeyValueList<E> {  
    ...  
    public boolean set(String k, E e) {  
        int prev_size = size;  
        first = set(first, k, e);  
        assert contains(k) && get(k).equals(e);  
        return size>prev_size;  
    }  
    private KeyValueNode<E> set(KeyValueNode<E> n, String k, E e) {  
        if (n==null) {  
            n = new KeyValueNode<E>(k, e);  
            size++;  
        }  
        else if (n.key.equals(k)) {  
            n.elem = e;  
        }  
        else n.next = set(n.next, k, e);  
        return n;  
    }  
    ...  
}
```