

Introdução à Recuperação de Informações

<https://github.com/fccoelho/curso-IRI>

IRI 3: Dicionários e Recuperação Tolerante

Flávio Codeço Coelho

Escola de Matemática Aplicada, Fundação Getúlio Vargas

Sumário

- 1 Recapitulação
- 2 Dicionários
- 3 Consultas Coringa

Distinguindo entre Tipo e token

- **Token** – Uma instância de uma palavra ou termo ocorrendo em um documento
- **Tipo** – Uma classe de equivalência de tokens
- *In June, the dog likes to chase the cat in the barn.*
- 12 tokens, 9 tipos de palavras

Problemas na tokenização

- Quais são os delimitadores? Espaços? Apóstrofes? Hífen?
- Para cada um destes: às vezes eles delimitam, às vezes não.
- Muitas línguas não possuem espaços! (P.ex., Chinês)
- Não Há espaços em palavras compostas em Holandês, Alemão e Sueco (*Lebensversicherungsgesellschaftsangestellter*)

Problemas com classes de equivalência

- Um termo é uma classe de equivalência de tokens.
- Como definir Classes de equivalência?
- Números: (3/20/91 vs. 20/3/91)
- Capitalização
- Truncagem, Truncador de Porter
- Análise Morfológica : infleccional vs. derivacional
- Problemas de classes de equivalências em outras línguas
 - Morfologias mais complexas do que o inglês
 - Finlandês: Um único verbo pode ter 12000 formas diferentes
 - Acentos, tremas, etc.

Principais conclusões de hoje

Principais conclusões de hoje

- Recuperação Tolerante: O que fazer se não há correspondência exata entre o termo de consulta e os termos do documento.

Principais conclusões de hoje

- Recuperação Tolerante: O que fazer se não há correspondência exata entre o termo de consulta e os termos do documento.
- Consultas coringas

Principais conclusões de hoje

- Recuperação Tolerante: O que fazer se não há correspondência exata entre o termo de consulta e os termos do documento.
- Consultas coringas
- Correção ortográficas

Índice invertido

Para cada termo t , armazenamos uma lista de documentos que contém t .

BRUTUS	→	1	2	4	11	31	45	173	174
--------	---	---	---	---	----	----	----	-----	-----

CAESAR	→	1	2	4	5	6	16	57	132	...
--------	---	---	---	---	---	---	----	----	-----	-----

CALPURNIA	→	2	31	54	101
-----------	---	---	----	----	-----

⋮


dicionário


postings

Índice invertido

Para cada termo t , armazenamos uma lista de documentos que contém t .

BRUTUS	→	1	2	4	11	31	45	173	174
--------	---	---	---	---	----	----	----	-----	-----

CAESAR	→	1	2	4	5	6	16	57	132	...
--------	---	---	---	---	---	---	----	----	-----	-----

CALPURNIA	→	2	31	54	101
-----------	---	---	----	----	-----

⋮

dicionário

postings

Dicionários

- O dicionário é a estrutura de dados que é usada para armazenar o vocabulário de termos.

Dicionários

- O dicionário é a estrutura de dados que é usada para armazenar o vocabulário de termos.
- **vocabulário de termos:** os **dados**

Dicionários

- O dicionário é a estrutura de dados que é usada para armazenar o vocabulário de termos.
- **vocabulário de termos**: os **dados**
- **Dicionário**: A **estrutura de dados** para armazenamento do vocabulário

Dicionário como uma matriz com entradas de tamanho fixo

- Para cada termo, precisamos armazenar um par de ítems:

Dicionário como uma matriz com entradas de tamanho fixo

- Para cada termo, precisamos armazenar um par de itens:
 - Frequência de documentos

Dicionário como uma matriz com entradas de tamanho fixo

- Para cada termo, precisamos armazenar um par de itens:
 - Frequência de documentos
 - Ponteiro para a lista de postings

Dicionário como uma matriz com entradas de tamanho fixo

- Para cada termo, precisamos armazenar um par de itens:
 - Frequência de documentos
 - Ponteiro para a lista de postings
 - ...

Dicionário como uma matriz com entradas de tamanho fixo

- Para cada termo, precisamos armazenar um par de itens:
 - Frequência de documentos
 - Ponteiro para a lista de postings
 - ...
- Assuma por ora que podemos armazenar esta informação em uma entrada de tamanho fixo.

Dicionário como uma matriz com entradas de tamanho fixo

- Para cada termo, precisamos armazenar um par de itens:
 - Frequência de documentos
 - Ponteiro para a lista de postings
 - ...
- Assuma por ora que podemos armazenar esta informação em uma entrada de tamanho fixo.
- Assuma que armazenamos estas entradas em uma matriz.

Dicionário como uma matriz com entradas de tamanho fixo

termo	documento frequência	ponteiro para lista de postings
a	656.265	→
aachen	65	→
...
zulu	221	→

espaço necessário: 20 bytes 4 bytes 4 bytes

como acessamos um termo de consulta q_i nesta matriz em tempo de consulta? Ou seja: Que estrutura de dados usamos para localizar a entrada (linha) na matriz onde q_i está armazenado?

Estruturas de dados para acessar os termos

- Duas Classes principais de estruturas de dados: hashes e árvores

Estruturas de dados para acessar os termos

- Duas Classes principais de estruturas de dados: hashes e árvores
- Alguns sistemas de RI usam hashes, outros usam árvores.

Estruturas de dados para acessar os termos

- Duas Classes principais de estruturas de dados: hashes e árvores
- Alguns sistemas de RI usam hashes, outros usam árvores.
- Critérios de escolha:

Estruturas de dados para acessar os termos

- Duas Classes principais de estruturas de dados: hashes e árvores
- Alguns sistemas de RI usam hashes, outros usam árvores.
- Critérios de escolha:
 - Existe um número fixo de termos ou ele crescerá indefinidamente?

Estruturas de dados para acessar os termos

- Duas Classes principais de estruturas de dados: hashes e árvores
- Alguns sistemas de RI usam hashes, outros usam árvores.
- Critérios de escolha:
 - Existe um número fixo de termos ou ele crescerá indefinidamente?
 - Quais as frequências relativas com que as várias chaves serão acessadas?

Estruturas de dados para acessar os termos

- Duas Classes principais de estruturas de dados: hashes e árvores
- Alguns sistemas de RI usam hashes, outros usam árvores.
- Critérios de escolha:
 - Existe um número fixo de termos ou ele crescerá indefinidamente?
 - Quais as frequências relativas com que as várias chaves serão acessadas?
 - Quantos termos teremos?

Hashes

- Cada termo do vocabulário é “hasheado” para um inteiro.

Hashes

- Cada termo do vocabulário é “hasheado” para um inteiro.
- Busca-se evitar colisões

Hashes

- Cada termo do vocabulário é “hasheado” para um inteiro.
- Busca-se evitar colisões
- No momento da consulta, faz-se o seguinte: Hasheia o termo de consulta, resolve as colisões, Localiza entrada em uma matriz de elementos com tamanho constante

Hashes

- Cada termo do vocabulário é “hasheado” para um inteiro.
- Busca-se evitar colisões
- No momento da consulta, faz-se o seguinte: Hasheia o termo de consulta, resolve as colisões, Localiza entrada em uma matriz de elementos com tamanho constante
- Prós: Busca em um hash é mais rápida do que em uma árvore.

Hashes

- Cada termo do vocabulário é “hasheado” para um inteiro.
- Busca-se evitar colisões
- No momento da consulta, faz-se o seguinte: Hasheia o termo de consulta, resolve as colisões, Localiza entrada em uma matriz de elementos com tamanho constante
- Prós: Busca em um hash é mais rápida do que em uma árvore.
 - Tempo de consulta é constante.

Hashes

- Cada termo do vocabulário é “hasheado” para um inteiro.
- Busca-se evitar colisões
- No momento da consulta, faz-se o seguinte: Hasheia o termo de consulta, resolve as colisões, Localiza entrada em uma matriz de elementos com tamanho constante
- Prós: Busca em um hash é mais rápida do que em uma árvore.
 - Tempo de consulta é constante.
- Contras

Hashes

- Cada termo do vocabulário é “hasheado” para um inteiro.
- Busca-se evitar colisões
- No momento da consulta, faz-se o seguinte: Hasheia o termo de consulta, resolve as colisões, Localiza entrada em uma matriz de elementos com tamanho constante
- Prós: Busca em um hash é mais rápida do que em uma árvore.
 - Tempo de consulta é constante.
- Contras
 - Não há forma de encontrar pequenas variações (*resume* vs. *résumé*)

Hashes

- Cada termo do vocabulário é “hasheado” para um inteiro.
- Busca-se evitar colisões
- No momento da consulta, faz-se o seguinte: Hasheia o termo de consulta, resolve as colisões, Localiza entrada em uma matriz de elementos com tamanho constante
- Prós: Busca em um hash é mais rápida do que em uma árvore.
 - Tempo de consulta é constante.
- Contras
 - Não há forma de encontrar pequenas variações (*resume* vs. *résumé*)
 - Não permite busca de prefixos (Todos os termos que começam com *automat*)

Hashes

- Cada termo do vocabulário é “hasheado” para um inteiro.
- Busca-se evitar colisões
- No momento da consulta, faz-se o seguinte: Hasheia o termo de consulta, resolve as colisões, Localiza entrada em uma matriz de elementos com tamanho constante
- Prós: Busca em um hash é mais rápida do que em uma árvore.
 - Tempo de consulta é constante.
- Contras
 - Não há forma de encontrar pequenas variações (*resume* vs. *résumé*)
 - Não permite busca de prefixos (Todos os termos que começam com *automat*)
 - é necessário “rehashar” tudo periodicamente se o vocabulário continua crescendo.

Árvores

- Árvores resolvem o problema do prefixo (Encontrar todos os termos começando com *automat*).

Árvores

- Árvores resolvem o problema do prefixo (Encontrar todos os termos começando com *automat*).
- Árvore mais simples: árvore binária

Árvores

- Árvores resolvem o problema do prefixo (Encontrar todos os termos começando com *automat*).
- Árvore mais simples: árvore binária
- Busca é ligeiramente mais lenta que em hashes: $O(\log M)$, onde M é o tamanho do vocabulário.

Árvores

- Árvores resolvem o problema do prefixo (Encontrar todos os termos começando com *automat*).
- Árvore mais simples: árvore binária
- Busca é ligeiramente mais lenta que em hashes: $O(\log M)$, onde M é o tamanho do vocabulário.
- $O(\log M)$ vale apenas para árvores **balanceadas**.

Árvores

- Árvores resolvem o problema do prefixo (Encontrar todos os termos começando com *automat*).
- Árvore mais simples: árvore binária
- Busca é ligeiramente mais lenta que em hashes: $O(\log M)$, onde M é o tamanho do vocabulário.
- $O(\log M)$ vale apenas para árvores **balanceadas**.
- Rebalancear árvores binárias é caro.

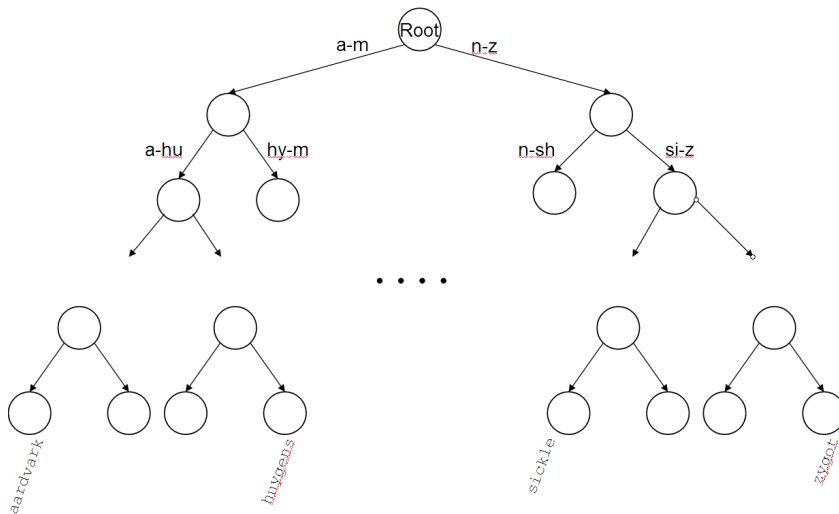
Árvores

- Árvores resolvem o problema do prefixo (Encontrar todos os termos começando com *automat*).
- Árvore mais simples: árvore binária
- Busca é ligeiramente mais lenta que em hashes: $O(\log M)$, onde M é o tamanho do vocabulário.
- $O(\log M)$ vale apenas para árvores **balanceadas**.
- Rebalancear árvores binárias é caro.
- **Arvores-B** resolvem o problema do balanceamento.

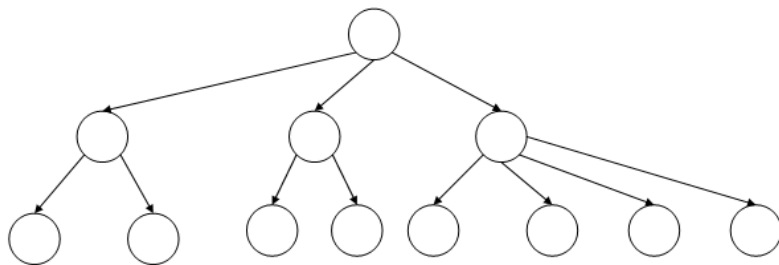
Árvores

- Árvores resolvem o problema do prefixo (Encontrar todos os termos começando com *automat*).
- Árvore mais simples: árvore binária
- Busca é ligeiramente mais lenta que em hashes: $O(\log M)$, onde M é o tamanho do vocabulário.
- $O(\log M)$ vale apenas para árvores **balanceadas**.
- Rebalancear árvores binárias é caro.
- **Arvores-B** resolvem o problema do balanceamento.
- Definição de árvore-B: cada nó interno tem um número de filhos no intervalo $[a, b]$ onde a, b são inteiros positivos apropriados , p.ex., $[2, 4]$.

Árvore Binária



Árvore B



Consultas coringa

- `mon*`: Encontre todos os documentos contendo termos começados por *mon*

Consultas coringa

- mon^* : Encontre todos os documentos contendo termos começados por *mon*
- Fácil com dicionários baseados em árvore B: recupera todos os termos t no intervalo: $mon \leq t < moo$

Consultas coringa

- mon^* : Encontre todos os documentos contendo termos começados por *mon*
- Fácil com dicionários baseados em árvore B: recupera todos os termos t no intervalo: $mon \leq t < moo$
- $*mon$: Encontre todos os documentos contendo termos que terminam com *mon*

Consultas coringa

- mon^* : Encontre todos os documentos contendo termos começados por *mon*
- Fácil com dicionários baseados em árvore B: recupera todos os termos t no intervalo: $mon \leq t < moo$
- $*mon$: Encontre todos os documentos contendo termos que terminam com *mon*
 - Mantém uma árvore adicional para termos *ao contrário*

Consultas coringa

- mon^* : Encontre todos os documentos contendo termos começados por *mon*
- Fácil com dicionários baseados em árvore B: recupera todos os termos t no intervalo: $mon \leq t < moo$
- $*mon$: Encontre todos os documentos contendo termos que terminam com *mon*
 - Mantém uma árvore adicional para termos *ao contrário*
 - Então recupera todos os termos t no intervalo: $nom \leq t < non$

Consultas coringa

- mon^* : Encontre todos os documentos contendo termos começados por *mon*
- Fácil com dicionários baseados em árvore B: recupera todos os termos t no intervalo: $mon \leq t < moo$
- $*mon$: Encontre todos os documentos contendo termos que terminam com *mon*
 - Mantém uma árvore adicional para termos *ao contrário*
 - Então recupera todos os termos t no intervalo: $nom \leq t < non$
- Resultado: Um conjunto de termos que correspondem à consulta coringa

Consultas coringa

- mon^* : Encontre todos os documentos contendo termos começados por *mon*
- Fácil com dicionários baseados em árvore B: recupera todos os termos t no intervalo: $mon \leq t < moo$
- $*mon$: Encontre todos os documentos contendo termos que terminam com *mon*
 - Mantém uma árvore adicional para termos *ao contrário*
 - Então recupera todos os termos t no intervalo: $nom \leq t < non$
- Resultado: Um conjunto de termos que correspondem à consulta coringa
- Então recupera todos os documentos que contenham estes termos

Como lidar com um * no meio de um termo

- Exemplo: m*nchen

Como lidar com um * no meio de um termo

- Exemplo: m^*nchen
- Poderíamos buscar todos os termos que satisfazem m^* e $*nchen$ Na árvore B e reter a interseção dos dois conjuntos.

Como lidar com um * no meio de um termo

- Exemplo: m^*nchen
- Poderíamos buscar todos os termos que satisfazem m^* e $*nchen$ Na árvore B e reter a interseção dos dois conjuntos.
- Mas sai caro

Como lidar com um * no meio de um termo

- Exemplo: m^*nchen
- Poderíamos buscar todos os termos que satisfazem m^* e $*nchen$ Na árvore B e reter a interseção dos dois conjuntos.
- Mas sai caro
- Alternativa: índice [permuterm](#)

Como lidar com um * no meio de um termo

- Exemplo: m^*nchen
- Poderíamos buscar todos os termos que satisfazem m^* e $*nchen$ Na árvore B e reter a interseção dos dois conjuntos.
- Mas sai caro
- Alternativa: índice [permuterm](#)
- Idéia básica: Rotaciona cada consulta coringa, de forma que o * ocorra no final.

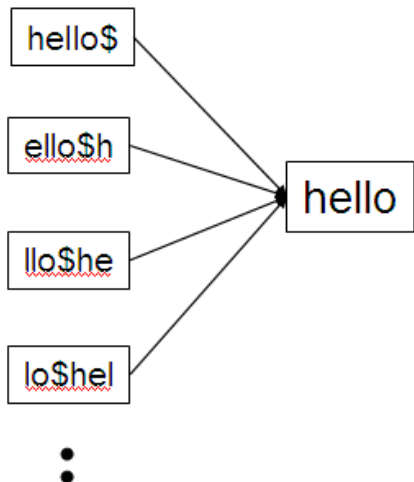
Como lidar com um * no meio de um termo

- Exemplo: m^*nchen
- Poderíamos buscar todos os termos que satisfazem m^* e $*nchen$ Na árvore B e reter a interseção dos dois conjuntos.
- Mas sai caro
- Alternativa: índice [permuterm](#)
- Idéia básica: Rotaciona cada consulta coringa, de forma que o * ocorra no final.
- Armazena cada uma destas rotações no dicionário, por exemplo, em uma árvore B

Índice Permuterm

- Para o termo HELLO: adicione *hello\$*, *ello\$h*, *llo\$he*, *lo\$hel*, *o\$hell*, e *\$hello* à árvore B onde \$ é um símbolo especial

Permuterm → mapeamento de termos



Índice Permuterm

- Para HELLO, adicionamos: *hello\$*, *ello\$h*, *llo\$he*, *lo\$hel*, e *o\$hell*

Índice Permuterm

- Para HELLO, adicionamos: *hello\$, ello\$h, llo\$he, lo\$hel, e o\$hell*
- Consultas

Índice Permuterm

- Para HELLO, adicionamos: *hello\$, ello\$h, llo\$he, lo\$hel, e o\$hell*
- Consultas
 - Para X, acesse X\$

Índice Permuterm

- Para HELLO, adicionamos: *hello\$, ello\$h, llo\$he, lo\$hel, e o\$hell*
- Consultas
 - Para X, acesse X\$
 - Para X*, acesse \$X*

Índice Permuterm

- Para HELLO, adicionamos: *hello\$, ello\$h, llo\$he, lo\$hel, e o\$hell*
- Consultas
 - Para X, acesse X\$
 - Para X*, acesse \$X*
 - Para *X, acesse X\$*

Índice Permuterm

- Para HELLO, adicionamos: *hello\$, ello\$h, llo\$he, lo\$hel, e o\$hell*
- Consultas
 - Para X, acesse X\$
 - Para X*, acesse \$X*
 - Para *X, acesse X\$*
 - Para *X*, acesse X*

Índice Permuterm

- Para HELLO, adicionamos: *hello\$, ello\$h, llo\$he, lo\$hel, e o\$hell*
- Consultas
 - Para X, acesse X\$
 - Para X*, acesse \$X*
 - Para *X, acesse X\$*
 - Para *X*, acesse X*
 - Para X*Y, acesse Y\$X*

Índice Permuterm

- Para HELLO, adicionamos: *hello\$, ello\$h, llo\$he, lo\$hel, e o\$hell*
- Consultas
 - Para X, acesse X\$
 - Para X*, acesse \$X*
 - Para *X, acesse X\$*
 - Para *X*, acesse X*
 - Para X*Y, acesse Y\$X*
 - Example: Para hel*o, acesse o\$hel*

Índice Permuterm

- Para HELLO, adicionamos: *hello\$, ello\$h, llo\$he, lo\$hel, e o\$hell*
- Consultas
 - Para X, acesse X\$
 - Para X*, acesse \$X*
 - Para *X, acesse X\$*
 - Para *X*, acesse X*
 - Para X*Y, acesse Y\$X*
 - Example: Para hel*o, acesse o\$hel*
- Um nome mais adequado para um índice Permuterm seria uma árvore permuterm tree.

Índice Permuterm

- Para HELLO, adicionamos: *hello\$, ello\$h, llo\$he, lo\$hel, e o\$hell*
- Consultas
 - Para X, acesse X\$
 - Para X*, acesse \$X*
 - Para *X, acesse X\$*
 - Para *X*, acesse X*
 - Para X*Y, acesse Y\$X*
 - Example: Para hel*o, acesse o\$hel*
- Um nome mais adequado para um índice Permuterm seria uma árvore permuterm tree.
- Mas índice permuterm é o nome mais comum.

Processando um acesso ao índice permuterm

- Rotacione a consulta coringa para a direita

Processando um acesso ao índice permuterm

- Rotacione a consulta coringa para a direita
- Use o acesso à árvore B como descrito anteriormente

Processando um acesso ao índice permuterm

- Rotacione a consulta coringa para a direita
- Use o acesso à árvore B como descrito anteriormente
- Problema: O Permuterm mais do que **quaduplica** o tamanho do dicionário quando comparado a uma árvore B regular. (observação empírica)