



Universidade Federal do Ceará
Campus Quixadá

LUCAS FERREIRA NOGUEIRA – 391051
PAULO CARDOSO DE ALMEIDA NETO – 383874

ANÁLISE COMPUTACIONAL SOBRE ÁRVORES BALANCEADAS

Estudo computacional: árvore AVL, árvore Splay e árvore
Rubro Negra

Quixadá
2017

LUCAS FERREIRA NOGUEIRA – 391051
PAULO CARDOSO DE ALMEIDA NETO – 383874

ANÁLISE COMPUTACIONAL SOBRE ÁRVORES BALANCEADAS

**Estudo computacional: árvore AVL, árvore Splay e árvore
Rubro Negra**

Trabalho final da disciplina de Estrutura de
Dados Avançada que consiste em testes e
análises sobre três tipos de árvores balan-
ceadas; Universidade Federal do Ceará,
curso de Ciência da Computação.

Professor Fabio Carlos Sousa Dias

**Quixadá
2017**

1. Especificações do sistema utilizado para as análises

Fabricante/Modelo do Sistema: Dell Inc. / Vostro 14-5480

Sistema Operacional: Linux Ubuntu 16.04

Processador: Intel Core I7-5500U CPU @ 2.40GHz (4 CPUs), ~3.0GHz

Memória: 8192MB RAM

Placa de Vídeo: NVIDIA GeForce 830M

2. Introdução

Neste trabalho final será demonstrada a diferença de tempo em milissegundos para operações de inserção, busca e remoção para os algoritmos da árvore avl, splay e rubro negra. Para realizar essas operações, foi utilizado um arquivo de texto com informações de pessoas, como nome, CPF, RG, data de nascimento, email, senha do email, CEP, rua, número, bairro, cidade, estado, telefone e celular. A chave será dada pela data de nascimento. O primeiro teste se dá utilizando todos os elementos para operação de inserção e para busca foi selecionado 30% destes elementos para busca e remoção; o segundo teste utilizou das três operações, a cada 20% dos elementos inseridos foram selecionados 30% para busca e 10% para remoção.

3. Resultados computacionais obtidos

3.1 Árvore AVL

Árvore AVL é uma árvore binária de busca balanceada. Nessa estrutura de dados cada elemento é chamado de nó. Cada nó armazena uma chave e dois ponteiros, uma para a subárvore esquerda e outro para a subárvore direita. As operações de busca, inserção e remoção de elementos possuem complexidade $O(\log n)$, no qual n é o número de elementos da árvore.

Árvore AVL	
Operações de inserção	25 ms
Operações de busca (30%)	5 ms
Operações de remoção (30%)	4 ms
Operações mescladas	19 ms

3.2 Árvore Splay

A árvore splay é uma árvore binária de busca balanceada auto ajustável. Na árvore splay, todas as suas operações colocam o elemento envolvido na operação na raiz, através de rotações, tornando os elementos recém acessados fáceis de serem acessados novamente. Para muitas sequências de operações não aleatórias, as árvores splay têm melhor desempenho do que outras árvores de busca, mesmo quando o padrão específico da sequência é desconhecido. As operações de busca, inserção e remoção de elementos possuem complexidade $O(\log n)$, no qual n é o número de elementos da árvore.

Árvore Splay	
Operações de inserção	37 ms
Operações de busca (30%)	2 ms
Operações de remoção (30%)	3 ms
Operações mescladas	17 ms

3.3 Árvore Rubro Negra

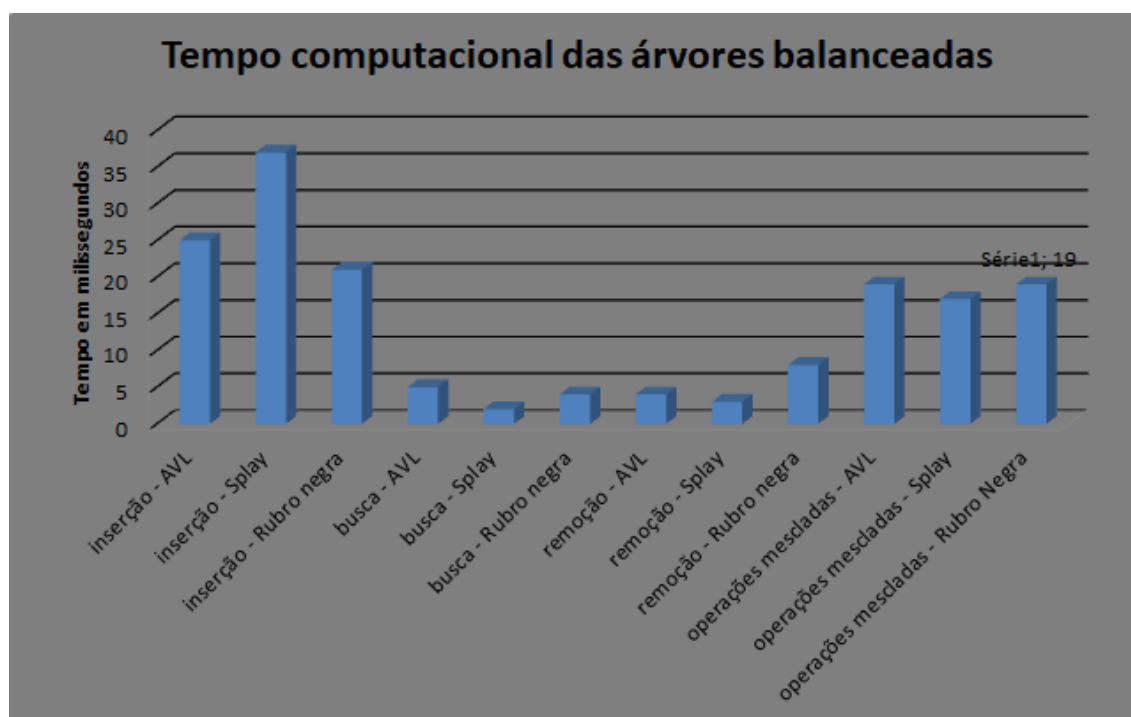
Uma árvore Rubro Negra é um tipo de árvore de busca binária balanceada. Ela é complexa, mas tem um “bom pior-caso” de tempo de execução para suas operações e é eficiente na prática: pode-se buscar, inserir, e remover em tempo $O(\log n)$, onde n é o número total de elementos da árvore. Cada nó de uma Árvore Rubro Negra tem um atributo de cor, vermelho ou preto. Além dos requisitos ordinários impostos pelas árvores de busca binárias, as árvores rubro-negras tem os seguintes requisitos adicionais:

- Um nó é vermelho ou preto.
- A raiz é preta
- Todas as folhas são pretas
- Ambos os filhos de todos os nós vermelhos são pretos.
- Todo caminho de um dado nó para qualquer de seus nós folhas descendentes contem o mesmo número de nós pretos.

Árvore Rubro Negra	
Operações de inserção	21 ms
Operações de busca (30%)	4 ms
Operações de remoção (30%)	8 ms
Operações mescladas	19 ms

4. Conclusão

Analisando os resultados obtidos, para operações de inserção, a árvore rubro negra conseguiu um tempo em cerca de 40% menor se comparada as outras; já para operações de busca, a árvore splay se destacou e conseguiu um tempo cerca de 50% menor se comparada a árvore rubro negra e 60% menor se comparado a árvore avl. Para operações de remoção a árvore splay teve um tempo cerca de 63% menor se comparado a árvore rubro negra e 25% menor se comparado a árvore avl e para operações mescladas a árvore splay se destacou mais uma vez, sendo 11% menor o tempo se comparado as demais árvores. O gráfico abaixo demonstra melhor o tempo para cada operação em cada tipo de árvore balanceada:



Com isso chegamos à conclusão que a árvore splay, por ter sido mais eficiente na maioria dos testes, é a árvore balanceada mais eficaz, tendo em vista qual será sua finalidade de implementação e para quê será utilizada. Para inserção a árvore rubro negra é a mais recomendada, agora se for para uma mescla de operações ou remoção e buscas aleatórias, a árvore splay é a mais recomendada.