

Análise de Algoritmos - Ordenação

Gustavo de Souza Silva
Guilherme de Souza Silva
Arthur Xavier
Schumaiquer Souto

Faculdade de Computação
Universidade Federal de Uberlândia

28 de junho de 2017

Lista de Figuras

2.1	Gráfico Insertion Sort - Vetor Aleatorio	31
2.2	Gráfico Insertion Sort - Vetor Crescente	32
2.3	Gráfico Insertion Sort - Vetor Crescente P10	33
2.4	Gráfico Insertion Sort - Vetor Crescente P20	34
2.5	Gráfico Insertion Sort - Vetor Crescente P30	35
2.6	Gráfico Insertion Sort - Vetor Crescente P40	36
2.7	Gráfico Insertion Sort - Vetor Crescente P50	37
2.8	Gráfico Insertion Sort - Vetor Decrescente	38
2.9	Gráfico Insertion Sort - Vetor Decrescente P10	39
2.10	Gráfico Insertion Sort - Vetor Decrescente P20	40
2.11	Gráfico Insertion Sort - Vetor Decrescente P30	41
2.12	Gráfico Insertion Sort - Vetor Decrescente P40	42
2.13	Gráfico Insertion Sort - Vetor Decrescente P50	43
3.1	Gráfico Merge Sort - Vetor Aleatório	45
3.2	Gráfico Merge Sort - Vetor Crescente	46
3.3	Gráfico Merge Sort - Vetor Crescente P10	47
3.4	Gráfico Merge Sort - Vetor Crescente P20	48
3.5	Gráfico Merge Sort - Vetor Crescente P30	49
3.6	Gráfico Merge Sort - Vetor Crescente P40	50
3.7	Gráfico Merge Sort - Vetor Crescente P50	51
3.8	Gráfico Merge Sort - Vetor Decrescente	52
3.9	Gráfico Merge Sort - Vetor Decrescente P10	53
3.10	Gráfico Merge Sort - Vetor Decrescente P20	54
3.11	Gráfico Merge Sort - Vetor Decrescente P30	55
3.12	Gráfico Merge Sort - Vetor Decrescente P40	56
3.13	Gráfico Merge Sort - Vetor Decrescente P50	57
4.1	Gráfico Heap Sort - Vetor Aleatório	59
4.2	Gráfico Heap Sort - Vetor Crescente	60
4.3	Gráfico Heap Sort - Vetor Crescente P10	61
4.4	Gráfico Heap Sort - Vetor Crescente P20	62
4.5	Gráfico Heap Sort - Vetor Crescente P30	63
4.6	Gráfico Heap Sort - Vetor Crescente P40	64
4.7	Gráfico Heap Sort - Vetor Crescente P50	65
4.8	Gráfico Heap Sort - Vetor Decrescente	66
4.9	Gráfico Heap Sort - Vetor Decrescente P10	67
4.10	Gráfico Heap Sort - Vetor Decrescente P20	68
4.11	Gráfico Heap Sort - Vetor Decrescente P30	69
4.12	Gráfico Heap Sort - Vetor Decrescente P40	70

4.13	Gráfico Heap Sort - Vetor Decrescente P50	71
5.1	Gráfico Quick Sort - Vetor Aleatório	73
5.2	Gráfico Quick Sort - Vetor Crescente	74
5.3	Gráfico Quick Sort - Vetor Crescente P10	75
5.4	Gráfico Quick Sort - Vetor Crescente P20	76
5.5	Gráfico Quick Sort - Vetor Crescente P30	77
5.6	Gráfico Quick Sort - Vetor Crescente P40	78
5.7	Gráfico Quick Sort - Vetor Crescente P50	79
5.8	Gráfico Quick Sort - Vetor Decrescente	80
5.9	Gráfico Quick Sort - Vetor Decrescente P10	81
5.10	Gráfico Quick Sort - Vetor Decrescente P20	82
5.11	Gráfico Quick Sort - Vetor Decrescente P30	83
5.12	Gráfico Quick Sort - Vetor Decrescente P40	84
5.13	Gráfico Quick Sort - Vetor Decrescente P50	85
6.1	Gráfico Counting Sort - Vetor Aleatório	87
6.2	Gráfico Counting Sort - Vetor Crescente	88
6.3	Gráfico Counting Sort - Vetor Crescente P10	89
6.4	Gráfico Counting Sort - Vetor Crescente P20	90
6.5	Gráfico Counting Sort - Vetor Crescente P30	91
6.6	Gráfico Counting Sort - Vetor Crescente P40	92
6.7	Gráfico Counting Sort - Vetor Crescente P50	93
6.8	Gráfico Counting Sort - Vetor Decrescente	94
6.9	Gráfico Counting Sort - Vetor Decrescente P10	95
6.10	Gráfico Counting Sort - Vetor Decrescente P20	96
6.11	Gráfico Counting Sort - Vetor Decrescente P30	97
6.12	Gráfico Counting Sort - Vetor Decrescente P40	98
6.13	Gráfico Counting Sort - Vetor Decrescente P50	99
7.1	Gráfico Radix Sort - Vetor Aleatório	101
7.2	Gráfico Radix Sort - Vetor Crescente	102
7.3	Gráfico Radix Sort - Vetor Crescente P10	103
7.4	Gráfico Radix Sort - Vetor Crescente P20	104
7.5	Gráfico Radix Sort - Vetor Crescente P30	105
7.6	Gráfico Radix Sort - Vetor Crescente P40	106
7.7	Gráfico Radix Sort - Vetor Crescente P50	107
7.8	Gráfico Radix Sort - Vetor Decrescente	108
7.9	Gráfico Radix Sort - Vetor Decrescente P10	109
7.10	Gráfico Radix Sort - Vetor Decrescente P20	110
7.11	Gráfico Radix Sort - Vetor Decrescente P30	111
7.12	Gráfico Radix Sort - Vetor Decrescente P40	112
7.13	Gráfico Radix Sort - Vetor Decrescente P50	113
8.1	Gráfico Bucket sort - Vetor Aleatorio	115
8.2	Gráfico Bucket sort - Vetor Crescente	116
8.3	Gráfico Bucket sort - Vetor Crescente P10	117
8.4	Gráfico Bucket sort - Vetor Crescente P20	118
8.5	Gráfico Bucket sort - Vetor Crescente P30	119
8.6	Gráfico Bucket sort - Vetor Crescente P40	120

8.7	Gráfico Bucket sort - Vetor Crescente P50	121
8.8	Gráfico Bucket sort - Vetor Decrescente	122
8.9	Gráfico Bucket sort - Vetor Decrescente P10	123
8.10	Gráfico Bucket sort - Vetor Decrescente P20	124
8.11	Gráfico Bucket sort - Vetor Decrescente P30	125
8.12	Gráfico Bucket sort - Vetor Decrescente P40	126
8.13	Gráfico Bucket sort - Vetor Decrescente P50	127

Lista de Tabelas

2.1	Insertion Sort com Vetor aleatório	30
2.2	Insertion Sort com Vetor ordenado em ordem crescente	31
2.3	Insertion Sort com Vetor ordenado em ordem crescente 10% ordenado	32
2.4	Insertion Sort com Vetor ordenado em ordem crescente 20% ordenado	33
2.5	Insertion Sort com Vetor ordenado em ordem crescente 30% ordenado	34
2.6	Insertion Sort com Vetor ordenado em ordem crescente 40% ordenado	35
2.7	Insertion Sort com Vetor ordenado em ordem crescente 50% ordenado	36
2.8	Insertion Sort com Vetor ordenado em ordem decrescente	37
2.9	Insertion Sort com Vetor ordenado em ordem decrescente 10% ordenado . . .	38
2.10	Insertion Sort com Vetor ordenado em ordem decrescente 20% ordenado . . .	39
2.11	Insertion Sort com Vetor ordenado em ordem decrescente 30% ordenado . . .	40
2.12	Insertion Sort com Vetor ordenado em ordem decrescente 40% ordenado . . .	41
2.13	Insertion Sort com Vetor ordenado em ordem decrescente 50% ordenado . . .	42
3.1	Merge Sort com vetor aleatório	44
3.2	Merge Sort com vetor ordenado em ordem crescente	45
3.3	Merge Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 10% ordenado .	46
3.4	Merge Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 20% ordenado .	47
3.5	Merge Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 30% ordenado .	48
3.6	Merge Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 40% ordenado .	49
3.7	Merge Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 50% ordenado .	50
3.8	Merge Sort com vetor ordenado em ordem decrescente	51
3.9	Merge Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 10% ordenado	52
3.10	Merge Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 20% ordenado	53
3.11	Merge Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 30% ordenado	54
3.12	Merge Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 40% ordenado	55
3.13	Merge Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 50% ordenado	56
4.1	Heap Sort com vetor aleatório	58
4.2	Heap Sort com vetor ordenado em ordem crescente	59
4.3	Heap Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 10% ordenado .	60
4.4	Heap Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 20% ordenado .	61
4.5	Heap Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 30% ordenado .	62
4.6	Heap Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 40% ordenado .	63
4.7	Heap Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 50% ordenado .	64
4.8	Heap Sort com vetor ordenado em ordem decrescente	65
4.9	Heap Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 10% ordenado	66
4.10	Heap Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 20% ordenado	67
4.11	Heap Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 30% ordenado	68
4.12	Heap Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 40% ordenado	69

4.13	Heap Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 50% ordenado	70
5.1	Quick Sort com vetor aleatório	72
5.2	Quick Sort com vetor ordenado em ordem crescente	73
5.3	Quick Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 10% ordenado .	74
5.4	Quick Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 20% ordenado .	75
5.5	Quick Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 30% ordenado .	76
5.6	Quick Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 40% ordenado .	77
5.7	Quick Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 50% ordenado .	78
5.8	Quick Sort com vetor ordenado em ordem decrescente	79
5.9	Quick Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 10% ordenado	80
5.10	Quick Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 20% ordenado	81
5.11	Quick Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 30% ordenado	82
5.12	Quick Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 40% ordenado	83
5.13	Quick Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 50% ordenado	84
6.1	Counting Sort com vetor aleatório	86
6.2	Counting Sort com vetor ordenado em ordem crescente	87
6.3	Counting Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 10% ordenado	88
6.4	Counting Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 20% ordenado	89
6.5	Counting Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 30% ordenado	90
6.6	Counting Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 40% ordenado	91
6.7	Counting Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 50% ordenado	92
6.8	Counting Sort com vetor ordenado em ordem decrescente	93
6.9	Counting Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 10% ordenado	94
6.10	Counting Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 20% ordenado	95
6.11	Counting Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 30% ordenado	96
6.12	Counting Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 40% ordenado	97
6.13	Counting Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 50% ordenado	98
7.1	Radix Sort com vetor aleatório	100
7.2	Radix Sort com vetor ordenado em ordem crescente	101
7.3	Radix Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 10% ordenado .	102
7.4	Radix Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 20% ordenado .	103
7.5	Radix Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 30% ordenado .	104
7.6	Radix Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 40% ordenado .	105
7.7	Radix Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 50% ordenado .	106
7.8	Radix Sort com vetor ordenado em ordem decrescente	107
7.9	Radix Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 10% ordenado	108
7.10	Radix Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 20% ordenado	109
7.11	Radix Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 30% ordenado	110
7.12	Radix Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 40% ordenado	111
7.13	Radix Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 50% ordenado	112
8.1	Bucket sort com Vetor aleatório	114
8.2	Bucket sort com Vetor ordenado em ordem crescente	115
8.3	Bucket sort com Vetor ordenado em ordem crescente 10% ordenado	116
8.4	Bucket sort com Vetor ordenado em ordem crescente 20% ordenado	117
8.5	Bucket sort com Vetor ordenado em ordem crescente 30% ordenado	118
8.6	Bucket sort com Vetor ordenado em ordem crescente 40% ordenado	119

8.7	Bucket sort com Vetor ordenado em ordem crescente 50% ordenado	120
8.8	Bucket sort com Vetor ordenado em ordem decrescente	121
8.9	Bucket sort com Vetor ordenado em ordem decrescente 10% ordenado	122
8.10	Bucket sort com Vetor ordenado em ordem decrescente 20% ordenado	123
8.11	Bucket sort com Vetor ordenado em ordem decrescente 30% ordenado	124
8.12	Bucket sort com Vetor ordenado em ordem decrescente 40% ordenado	125
8.13	Bucket sort com Vetor ordenado em ordem decrescente 50% ordenado	126

Lista de Listagens

1.1	Arquivo referente ao vetor	14
1.2	Geração dos vetores	19
1.3	Métodos de ordenação	21
1.4	Automatização dos experimentos	25

Sumário

Lista de Figuras	2
Lista de Tabelas	5
1 Introdução	14
1.1 Codificação	14
1.1.1 Comandos	28
1.2 Máquina de teste	29
2 Insertion Sort	30
2.1 Insertion Sort - Vetor Aleatório	30
2.1.1 Gráfico Insertion sort - Vetor Aleatório	31
2.2 Insertion Sort - Vetor Crescente	31
2.2.1 Gráfico Insertion Sort - Vetor Crescente	32
2.3 Insertion Sort - Vetor Crescente P10	32
2.3.1 Gráfico Insertion Sort - Vetor Crescente P10	33
2.4 Insertion Sort - Vetor Crescente P20	33
2.4.1 Gráfico Insertion Sort - Vetor Crescente P20	34
2.5 Insertion Sort - Vetor Crescente P30	34
2.5.1 Gráfico Insertion Sort - Vetor Crescente P30	35
2.6 Insertion Sort - Vetor Crescente P40	35
2.6.1 Gráfico Insertion Sort - Vetor Crescente P40	36
2.7 Insertion Sort - Vetor Crescente P50	36
2.7.1 Gráfico Insertion Sort - Vetor Crescente P50	37
2.8 Insertion Sort - Vetor Decrescente	37
2.8.1 Gráfico Insertion Sort - Vetor Decrescente	38
2.9 Insertion Sort - Vetor Decrescente P10	38
2.9.1 Gráfico Insertion Sort - Vetor Decrescente P10	39
2.10 Insertion Sort - Vetor Decrescente P20	39
2.10.1 Gráfico Insertion Sort - Vetor Decrescente P20	40
2.11 Insertion Sort - Vetor Decrescente P30	40
2.11.1 Gráfico Insertion Sort - Vetor Decrescente P30	41
2.12 Insertion Sort - Vetor Decrescente P40	41
2.12.1 Gráfico Insertion Sort - Vetor Decrescente P40	42
2.13 Insertion Sort - Vetor Decrescente P50	42
2.13.1 Gráfico Insertion Sort - Vetor Decrescente P50	43
2.14 Observações Finais	43

3	Merge Sort	44
3.1	Merge Sort - Vetor Aleatório	44
3.1.1	Gráfico Merge Sort - Vetor Aleatório	45
3.2	Merge Sort - Vetor Crescente	45
3.2.1	Gráfico Merge Sort - Vetor Crescente	46
3.3	Merge Sort - Vetor Crescente P10	46
3.3.1	Gráfico Merge Sort - Vetor Crescente P10	47
3.4	Merge Sort - Vetor Crescente P20	47
3.4.1	Gráfico Merge Sort - Vetor Crescente P20	48
3.5	Merge Sort - Vetor Crescente P30	48
3.5.1	Gráfico Merge Sort - Vetor Crescente P30	49
3.6	Merge Sort - Vetor Crescente P40	49
3.6.1	Gráfico Merge Sort - Vetor Crescente P40	50
3.7	Merge Sort - Vetor Crescente P50	50
3.7.1	Gráfico Merge Sort - Vetor Crescente P50	51
3.8	Merge Sort - Vetor Decrescente	51
3.8.1	Gráfico Merge Sort - Vetor Decrescente	52
3.9	Merge Sort - Vetor Decrescente P10	52
3.9.1	Gráfico Merge Sort - Vetor Decrescente P10	53
3.10	Merge Sort - Vetor Decrescente P20	53
3.10.1	Gráfico Merge Sort - Vetor Decrescente P20	54
3.11	Merge Sort - Vetor Decrescente P30	54
3.11.1	Gráfico Merge Sort - Vetor Decrescente P30	55
3.12	Merge Sort - Vetor Decrescente P40	55
3.12.1	Gráfico Merge Sort - Vetor Decrescente P40	56
3.13	Merge Sort - Vetor Decrescente P50	56
3.13.1	Gráfico Merge Sort - Vetor Decrescente P50	57
3.14	Observações Finais	57
4	Heap Sort	58
4.1	Heap Sort - Vetor Aleatório	58
4.1.1	Gráfico Heap Sort - Vetor Aleatório	59
4.2	Heap Sort - Vetor Crescente	59
4.2.1	Gráfico Heap Sort - Vetor Crescente	60
4.3	Heap Sort - Vetor Crescente P10	60
4.3.1	Gráfico Heap Sort - Vetor Crescente P10	61
4.4	Heap Sort - Vetor Crescente P20	61
4.4.1	Gráfico Heap Sort - Vetor Crescente P20	62
4.5	Heap Sort - Vetor Crescente P30	62
4.5.1	Gráfico Heap Sort - Vetor Crescente P30	63
4.6	Heap Sort - Vetor Crescente P40	63
4.6.1	Gráfico Heap Sort - Vetor Crescente P40	64
4.7	Heap Sort - Vetor Crescente P50	64
4.7.1	Gráfico Heap Sort - Vetor Crescente P50	65
4.8	Heap Sort - Vetor Decrescente	65
4.8.1	Gráfico Heap Sort - Vetor Decrescente	66
4.9	Heap Sort - Vetor Decrescente P10	66
4.9.1	Gráfico Heap Sort - Vetor Decrescente P10	67
4.10	Heap Sort - Vetor Decrescente P20	67

4.10.1	Gráfico Heap Sort - Vetor Decrescente P20	68
4.11	Heap Sort - Vetor Decrescente P30	68
4.11.1	Gráfico Heap Sort - Vetor Decrescente P30	69
4.12	Heap Sort - Vetor Decrescente P40	69
4.12.1	Gráfico Heap Sort - Vetor Decrescente P40	70
4.13	Heap Sort - Vetor Decrescente P50	70
4.13.1	Gráfico Heap Sort - Vetor Decrescente P50	71
4.14	Observações Finais	71
5	Quick Sort	72
5.1	Quick Sort - Vetor Aleatório	72
5.1.1	Gráfico Quick Sort - Vetor Aleatório	73
5.2	Quick Sort - Vetor Crescente	73
5.2.1	Gráfico Quick Sort - Vetor Crescente	74
5.3	Quick Sort - Vetor Crescente P10	74
5.3.1	Gráfico Quick Sort - Vetor Crescente P10	75
5.4	Quick Sort - Vetor Crescente P20	75
5.4.1	Gráfico Quick Sort - Vetor Crescente P20	76
5.5	Quick Sort - Vetor Crescente P30	76
5.5.1	Gráfico Quick Sort - Vetor Crescente P30	77
5.6	Quick Sort - Vetor Crescente P40	77
5.6.1	Gráfico Quick Sort - Vetor Crescente P40	78
5.7	Quick Sort - Vetor Crescente P50	78
5.7.1	Gráfico Quick Sort - Vetor Crescente P50	79
5.8	Quick Sort - Vetor Decrescente	79
5.8.1	Gráfico Quick Sort - Vetor Decrescente	80
5.9	Quick Sort - Vetor Decrescente P10	80
5.9.1	Gráfico Quick Sort - Vetor Decrescente P10	81
5.10	Quick Sort - Vetor Decrescente P20	81
5.10.1	Gráfico Quick Sort - Vetor Decrescente P20	82
5.11	Quick Sort - Vetor Decrescente P30	82
5.11.1	Gráfico Quick Sort - Vetor Decrescente P30	83
5.12	Quick Sort - Vetor Decrescente P40	83
5.12.1	Gráfico Quick Sort - Vetor Decrescente P40	84
5.13	Quick Sort - Vetor Decrescente P50	84
5.13.1	Gráfico Quick Sort - Vetor Decrescente P50	85
5.14	Observações Finais	85
6	Counting Sort	86
6.1	Counting Sort - Vetor Aleatório	86
6.1.1	Gráfico Counting Sort - Vetor Aleatório	87
6.2	Counting Sort - Vetor Crescente	87
6.2.1	Gráfico Counting Sort - Vetor Crescente	88
6.3	Counting Sort - Vetor Crescente P10	88
6.3.1	Gráfico Counting Sort - Vetor Crescente P10	89
6.4	Counting Sort - Vetor Crescente P20	89
6.4.1	Gráfico Counting Sort - Vetor Crescente P20	90
6.5	Counting Sort - Vetor Crescente P30	90
6.5.1	Gráfico Counting Sort - Vetor Crescente P30	91

6.6	Counting Sort - Vetor Crescente P40	91
6.6.1	Gráfico Counting Sort - Vetor Crescente P40	92
6.7	Counting Sort - Vetor Crescente P50	92
6.7.1	Gráfico Counting Sort - Vetor Crescente P50	93
6.8	Counting Sort - Vetor Decrescente	93
6.8.1	Gráfico Counting Sort - Vetor Decrescente	94
6.9	Counting Sort - Vetor Decrescente P10	94
6.9.1	Gráfico Counting Sort - Vetor Decrescente P10	95
6.10	Counting Sort - Vetor Decrescente P20	95
6.10.1	Gráfico Counting Sort - Vetor Decrescente P20	96
6.11	Counting Sort - Vetor Decrescente P30	96
6.11.1	Gráfico Counting Sort - Vetor Decrescente P30	97
6.12	Counting Sort - Vetor Decrescente P40	97
6.12.1	Gráfico Counting Sort - Vetor Decrescente P40	98
6.13	Counting Sort - Vetor Decrescente P50	98
6.13.1	Gráfico Counting Sort - Vetor Decrescente P50	99
6.14	Observações Finais	99
7	Radix Sort	100
7.1	Radix Sort - Vetor Aleatório	100
7.1.1	Gráfico Radix Sort - Vetor Aleatório	101
7.2	Radix Sort - Vetor Crescente	101
7.2.1	Gráfico Radix Sort - Vetor Crescente	102
7.3	Radix Sort - Vetor Crescente P10	102
7.3.1	Gráfico Radix Sort - Vetor Crescente P10	103
7.4	Radix Sort - Vetor Crescente P20	103
7.4.1	Gráfico Radix Sort - Vetor Crescente P20	104
7.5	Radix Sort - Vetor Crescente P30	104
7.5.1	Gráfico Radix Sort - Vetor Crescente P30	105
7.6	Radix Sort - Vetor Crescente P40	105
7.6.1	Gráfico Radix Sort - Vetor Crescente P40	106
7.7	Radix Sort - Vetor Crescente P50	106
7.7.1	Gráfico Radix Sort - Vetor Crescente P50	107
7.8	Radix Sort - Vetor Decrescente	107
7.8.1	Gráfico Radix Sort - Vetor Decrescente	108
7.9	Radix Sort - Vetor Decrescente P10	108
7.9.1	Gráfico Radix Sort - Vetor Decrescente P10	109
7.10	Radix Sort - Vetor Decrescente P20	109
7.10.1	Gráfico Radix Sort - Vetor Decrescente P20	110
7.11	Radix Sort - Vetor Decrescente P30	110
7.11.1	Gráfico Radix Sort - Vetor Decrescente P30	111
7.12	Radix Sort - Vetor Decrescente P40	111
7.12.1	Gráfico Radix Sort - Vetor Decrescente P40	112
7.13	Radix Sort - Vetor Decrescente P50	112
7.13.1	Gráfico Radix Sort - Vetor Decrescente P50	113
7.14	Observações Finais	113

8	Bucket sort	114
8.1	Bucket sort - Vetor Aleatório	114
8.1.1	Gráfico Bucket sort - Vetor Aleatório	115
8.2	Bucket sort - Vetor Crescente	115
8.2.1	Gráfico Bucket sort - Vetor Crescente	116
8.3	Bucket sort - Vetor Crescente P10	116
8.3.1	Gráfico Bucket sort - Vetor Crescente P10	117
8.4	Bucket sort - Vetor Crescente P20	117
8.4.1	Gráfico Bucket sort - Vetor Crescente P20	118
8.5	Bucket sort - Vetor Crescente P30	118
8.5.1	Gráfico Bucket sort - Vetor Crescente P30	119
8.6	Bucket sort - Vetor Crescente P40	119
8.6.1	Gráfico Bucket sort - Vetor Crescente P40	120
8.7	Bucket sort - Vetor Crescente P50	120
8.7.1	Gráfico Bucket sort - Vetor Crescente P50	121
8.8	Bucket sort - Vetor Decrescente	121
8.8.1	Gráfico Bucket sort - Vetor Decrescente	122
8.9	Bucket sort - Vetor Decrescente P10	122
8.9.1	Gráfico Bucket sort - Vetor Decrescente P10	123
8.10	Bucket sort - Vetor Decrescente P20	123
8.10.1	Gráfico Bucket sort - Vetor Decrescente P20	124
8.11	Bucket sort - Vetor Decrescente P30	124
8.11.1	Gráfico Bucket sort - Vetor Decrescente P30	125
8.12	Bucket sort - Vetor Decrescente P40	125
8.12.1	Gráfico Bucket sort - Vetor Decrescente P40	126
8.13	Bucket sort - Vetor Decrescente P50	126
8.13.1	Gráfico Bucket sort - Vetor Decrescente P50	127
8.14	Observações Finais	127
9	Referências	128

Capítulo 1

Introdução

Este relatório tem como objetivo fazer a análise de diversos algoritmos já conhecidos de ordenação. O intuito deste trabalho é comprovar que as provas matemáticas realmente acontecem em um ambiente real de execução.

1.1 Codificação

O arquivo `vetor.c` mantém todas as funções a respeito do vetor, como geração, preenchimento, etc.

Listagem 1.1: Arquivo referente ao vetor

```
1 #include <stdlib.h>
2 #include <stdio.h>
3
4 #include "vetor.h"
5
6 #define MAX(x,y) ( \
7     { __auto_type __x = (x); __auto_type __y = (y); \
8       __x > __y ? __x : __y; })
9
10 #define TROCA(v, i, j, temp) ( \
11     { (temp) = v[(i)]; \
12       v[(i)] = v[(j)]; \
13       v[(j)] = (temp); })
14
15 double rand_double(double min, double max)
16 {
17     return min + (rand() / (RAND_MAX / (max-min)));
18 }
19
20 int rand_int(int min, int max){
21
22     unsigned long num_baldes = (unsigned long) max-min+1;
23     if (num_baldes<1){
24         fprintf(stderr, "Intervalo invalido\n");
25         exit(-1);
26     }
27     unsigned long num_rand = (unsigned long) RAND_MAX+1;
```

1.1

```
28 unsigned long tam_balde = num_rand / num_baldes;
29 unsigned long defeito = num_rand % num_baldes;
30 long x;
31 do
32     x = random();
33 while (num_rand - defeito <= (unsigned long)x);
34 return x / tam_balde + min;
35 }
36
37
38 static void inline preenche_vetor_int(int * v, int n, int k, int q, int r,
    int incr){
39     int i, j;
40     i=0;
41     while (i < n) {
42         for(j=i; j < i+q; j++)
43             v[j] = k;
44
45         i = i + q;
46         if (r > 0) {
47             v[j] = k;
48             i = i + 1;
49             r = r - 1;
50         }
51         k = k + incr;
52     }
53 }
54
55
56 int * gera_vetor_int(int n, Modificador c, Ordem o, Percentual p,
57     int minimo, int maximo){
58     int i,j; // índices
59     int a = maximo - minimo + 1; // amplitude do intervalo
60     int q = n / a; // número mínimo de valores repetidos
61     int r = n % a; // r elementos terão o número (q+1) valores repetidos
62     int k; // valor do elemento atualmente sob consideração
63     int * v; // vetor[0..n-1] a ser preenchido
64
65     CONFIRME(n >= 1, "O número de elementos deve ser estritamente positivo.\n");
66     CONFIRME(maximo >= minimo, "O valor máximo deve ser maior que o mínimo.\n");
67     CONFIRME(0 <= p && p <= 100, "O percentual deve estar entre [0,100]\n");
68
69     v = (int *) calloc(n, sizeof(int)); // aloca um vetor com n inteiros
70     CONFIRME(v != NULL, "calloc falhou\n");
71
72     switch (o) {
73     case CRESCENTE:
74         preenche_vetor_int(v, n, minimo, q, r, 1);
75         break;
76     case DECRESCENTE:
77         preenche_vetor_int(v, n, maximo, q, r, -1);
78         break;
79     case ALEATORIO:
80         for(i=0; i<n; i++) v[i] = rand_int(minimo,maximo);
81         break;
82     default: CONFIRME(false, "Ordem Inválida\n");
83     }
```

```

84
85     switch (c) {
86     case PARCIALMENTE:
87         q = (p * n) / 200;
88         for(i=0; i<q; i++)
89             TROCA(v, i, n-i-1, k);
90         break;
91     case TOTALMENTE: break;
92     default: CONFIRME(false, "Modificador do vetor desconhecido");
93     }
94
95     return v;
96 }
97
98
99 static void inline preenche_vetor_double(double * v, int n, double inicial
100     ,
101                                     double delta, double sinal)
102 {
103     int i;
104     for(i=0; i<n; i++)
105         v[i] = inicial + sinal*i*delta;
106 }
107
108 double * gera_vetor_double(int n, Modificador c, Ordem o, Percentual p,
109                             double minimo, double maximo){
110     int i; // índice
111     double a = maximo - minimo; // amplitude do intervalo
112     double delta;
113     double * v; // vetor[0..n-1] a ser preenchido
114     double temp;
115     int q;
116
117     CONFIRME(n >= 1, "O número de elementos deve ser estritamente positivo.\n");
118     CONFIRME(maximo >= minimo, "O valor máximo deve ser maior que o mínimo.\n");
119     CONFIRME(0 <= p && p <= 100, "O percentual deve estar entre [0,100]\n");
120
121     delta = a / MAX(n-1.0, 1.0); // incremento nos elementos do vetor
122     v = (double *) calloc(n, sizeof(double)); // aloca um vetor com n
123         doubles
124     CONFIRME(v != NULL, "callocfalhou\n");
125
126     switch (o) {
127     case CRESCENTE:
128         preenche_vetor_double(v, n, minimo, delta, 1);
129         break;
130     case DECRESCENTE:
131         preenche_vetor_double(v, n, maximo, delta, -1);
132         break;
133     case ALEATORIO:
134         for(i=0; i<n; i++) v[i] = rand_double(minimo, maximo);
135         break;
136     default: CONFIRME(false, "Ordem Inválida\n");
137     }
138
139     switch (c) {

```



```

139  case PARCIALMENTE:
140      q = (p * n) / 200;
141      for (i=0; i<q; i++)
142          TROCA(v, i, n-i-1, temp);
143      break;
144  case TOTALMENTE: break;
145  default: CONFIRME(false, "Modificador do vetor desconhecido");
146  }
147
148  return v;
149 }
150
151 void escreva_vetor_int(int * v, int n, char * arq){
152     int i;
153     FILE* fd = NULL;
154
155     fd = fopen(arq, "w");
156     CONFIRME(fd!= NULL, "escreva_vetor_int: fopen falhou\n");
157
158     // Na primeira linha está o número de elementos
159     fprintf(fd, "%d\n", n);
160     for (i=0; i<n; i++)
161         fprintf(fd, "%d\n", v[i]);
162     fclose(fd);
163 }
164
165 void escreva_vetor_double(double * v, int n, char * arq){
166     int i;
167     FILE* fd = NULL;
168
169     fd = fopen(arq, "w");
170     CONFIRME(fd!= NULL, "escreva_vetor_double: fopen falhou\n");
171
172     // Na primeira linha está o número de elementos
173     fprintf(fd, "%d\n", n);
174     for (i=0; i<n; i++)
175         fprintf(fd, "%f\n", v[i]);
176     fclose(fd);
177 }
178
179 int * leia_vetor_int(char * arq, int * n){
180     int i;
181     FILE* fd = NULL;
182     int * v;
183
184     fd = fopen(arq, "r");
185     CONFIRME(fd!= NULL, "leia_vetor_int: fopen falhou\n");
186
187     // Leia o número de elementos do vetor
188     CONFIRME(fscanf(fd, "%d\n", n) == 1,
189             "leia_vetor_int: erro ao ler o número de elementos do vetor\n")
190         ;
191
192     v = (int *) calloc(*n, sizeof(int)); // aloca um vetor com n inteiros
193     CONFIRME(v != NULL, "leia_vetor_int: calloc falhou\n");
194
195     i=0;
196     while(fscanf(fd, "%d\n", &v[i]) == 1) i++;
197     fclose(fd);

```

```

197
198     return v;
199 }
200
201 double * leia_vetor_double(char * arq, int * n){
202     int i;
203     FILE* fd = NULL;
204     double * v;
205
206     fd = fopen(arq, "r");
207     CONFIRME(fd!= NULL, "leia_vetor_int: fopen falhou\n");
208
209     // Leia o número de elementos do vetor
210     CONFIRME(fscanf(fd, "%d\n", n) == 1,
211             "leia_vetor_double: erro ao ler o número de elementos do vetor\
212             n");
213
214     // Aloca um vetor com n doubles
215     v = (double *) calloc(*n, sizeof(double));
216     CONFIRME(v != NULL, "leia_vetor_int: calloc falhou\n");
217
218     i=0;
219     while(fscanf(fd, "%lf\n", &v[i]) == 1) i++;
220     fclose(fd);
221
222     return v;
223 }
224
225 bool esta_ordenado_int(Ordem o, int * v, int n){
226     int i;
227
228     CONFIRME(n > 0,
229             "estaOrdenado_int: o número de elementos deve ser maior que
230             zero.\n");
231     if (n == 1) return true;
232     switch (o) {
233         case CRESCENTE:
234             for(i=0;i<n;i++)
235                 if (v[i-1] > v[i])
236                     return false;
237             break;
238         case DECRESCENTE:
239             for(i=0;i<n;i++)
240                 if (v[i-1] < v[i])
241                     return false;
242             break;
243         default: CONFIRME(false, "estaOrdenado_int: Ordem Inválida\n");
244     }
245     return true;
246 }
247
248 bool esta_ordenado_double(Ordem o, double * v, int n){
249     int i;
250
251     CONFIRME(n > 0,
252             "estaOrdenado_double: o número de elementos deve ser maior que
253             zero.\n");

```

```

253  if (n == 1) return true;
254  switch (o) {
255      case CRESCENTE:
256          for(i=1;i<n;i++){
257              if (v[i-1] > v[i]){
258                  printf("valor V[%d] = %lf eh maior que V[%d] = %lf",i-1,v[i-1],i
259                      ,v[i]);
260                  return false;
261              }
262              break;
263          case DECRESCENTE:
264              for(i=1;i<n;i++){
265                  if (v[i-1] < v[i]){
266                      printf("valor V[%d] = %lf eh menor que V[%d] = %lf",i-1,v[i-1],i
267                          ,v[i]);
268                      return false;
269                  }
270              break;
271          default: CONFIRME(false, "estaOrdenado_double: Ordem Inválida\n");
272      }
273  return true;
274 }
275
276 void imprime_vetor_int(int * v, int n){
277     int i;
278     for(i=0; i < n; i++)
279         printf("v[%d] = %d\n", i, v[i]);
280     printf("\n");
281 }
282
283 void imprime_vetor_double(double * v, int n){
284     int i;
285     for(i=0; i < n; i++)
286         printf("v[%d] = %lf\n", i, v[i]);
287     printf("\n");
288 }

```

Este arquivo serve para gerar os vetores e salva-los em arquivos.

Listagem 1.2: Geração dos vetores

```

1  #include <stdlib.h>
2  #include <stdio.h>
3  #include <string.h>
4  #include <math.h>
5  #include <sys/types.h>
6  #include <sys/stat.h>
7  #include <unistd.h>
8
9  #include "vetor.h"
10
11 #define POT2(n) (1 << (n))
12
13
14 void gera_e_salva_vet(int n, Modificador m, Ordem o, Percentual p){
15     int * v = NULL;
16     char nome_do_arquivo[64];

```

```

17  char sufixo[10];
18
19  switch (o){
20      case ALEATORIO:
21          sprintf(nome_do_arquivo, "vIntAleatorio_%d", n);
22          break;
23      case CRESCENTE:
24          sprintf(nome_do_arquivo, "vIntCrescente_%d", n);
25          break;
26      case DECRESCENTE:
27          sprintf(nome_do_arquivo, "vIntDecrescente_%d", n);
28          break;
29      default: CONFIRME(false,
30                      "gera_e_salva_vet: Ordenação desconhecida");
31  }
32
33  if (p > 0)
34      sprintf(sufixo, "_P%2d.dat", p);
35  else
36      strcpy(sufixo, ".dat");
37
38  v = gera_vetor_int(n, m, o, p, 1, n);
39  strcat(nome_do_arquivo, sufixo);
40  escreva_vetor_int(v, n, nome_do_arquivo);
41  free(v);
42 }
43
44
45 int main(int argc, char *argv[]){
46     int n = 0;
47     int p = 0;
48     char diretorio[256];
49
50     struct stat st = {0};
51
52
53     if (argc == 2)
54         strcpy(diretorio, argv[1]);
55     else
56         strcpy(diretorio, "./vetores");
57
58     if (stat(diretorio, &st) == -1) { // se o diretorio não existir,
59         mkdir(diretorio, 0700);      // crie um
60     }
61
62     CONFIRME(chdir(diretorio) == 0, "Erro ao mudar de diretório");
63
64     for(n = POT2(4); n <= POT2(14); n <= 1){
65         gera_e_salva_vet(n, TOTALMENTE, ALEATORIO, 0);
66         gera_e_salva_vet(n, TOTALMENTE, CRESCENTE, 0);
67         gera_e_salva_vet(n, TOTALMENTE, DECRESCENTE, 0);
68
69         for(p=10; p <= 50; p += 10){
70             gera_e_salva_vet(n, PARCIALMENTE, CRESCENTE, p);
71             gera_e_salva_vet(n, PARCIALMENTE, DECRESCENTE, p);
72         }
73         printf("Vetores para n = %d gerados.\n", n);
74     }
75

```

```

76 CONFIRME(chdir("../") == 0, "Erro ao mudar de diretório");
77
78 exit(0);
79 }

```

Este arquivo contém os algoritmos de ordenação pedidos.

Listagem 1.3: Métodos de ordenação

```

1  #include <stdio.h>
2  #include <stdlib.h>
3  #include "vetor.h"
4  #include <math.h>
5  void intercala(int *v, int p, int q, int r);
6  static void inline troca(int *A, int i, int j){
7      int temp;
8      temp = A[i];
9      A[i] = A[j];
10     A[j] = temp;
11 }
12
13 void ordena_intercala(int *v, int p, int r)
14 {
15     int q;
16     if (p < r) {
17         q = floor ((p + r) / 2); // retorna o chão dessa operação
18         ordena_intercala (v, p, q);
19         ordena_intercala(v, q + 1, r);
20         intercala(v, p, q, r);
21     }
22 }
23
24 void intercala(int *v, int p, int q, int r)
25 {
26     int *B = calloc((r+1), sizeof(int));
27     int i, k, j;
28     for (i = p; i <= q; i++)
29         B[i] = v[i];
30     for (j = (q + 1); j <= r; j++) {
31         B[(r + q + 1 - j)] = v[j];
32     }
33     i = p;
34     j = r;
35     for(k = p; k <= r; k++) {
36         if (B[i] <= B[j]) {
37             v[k] = B[i];
38             i++;
39         } else {
40             v[k] = B[j];
41             j--;
42         }
43     }
44     free(B);
45 }
46
47 void insertion(int *v, int tam)
48 {
49     int chave, i, j;
50     for (j=1; j<tam; j++)

```

```

51     {
52         chave = v[j];
53         i = j - 1;
54         while (i >= 0 && v[i] > chave)
55         {
56             v[i+1] = v[i];
57             i = i-1;
58         }
59         v[i+1] = chave;
60     }
61 }
62
63 void heap(int *a, int n) {
64     int i = n / 2, pai, filho, t;
65     for (;;) {
66         if (i > 0) {
67             i--;
68             t = a[i];
69         } else {
70             n--;
71             if (n == 0) return;
72             t = a[n];
73             a[n] = a[0];
74         }
75         pai = i;
76         filho = i * 2 + 1;
77         while (filho < n) {
78             if ((filho + 1 < n) && (a[filho + 1] > a[filho]))
79                 filho++;
80             if (a[filho] > t) {
81                 a[pai] = a[filho];
82                 pai = filho;
83                 filho = pai * 2 + 1;
84             } else {
85                 break;
86             }
87         }
88         a[pai] = t;
89     }
90 }
91
92 void quick(int *vetor, int inicio, int fim){
93
94     int pivo, aux, i, j, meio;
95
96     i = inicio;
97     j = fim;
98
99     meio = (int) ((i + j) / 2);
100    pivo = vetor[meio];
101
102    do{
103        while (vetor[i] < pivo) i = i + 1;
104        while (vetor[j] > pivo) j = j - 1;
105
106        if(i <= j){
107            aux = vetor[i];
108            vetor[i] = vetor[j];
109            vetor[j] = aux;

```

1.1

```
110         i = i + 1;
111         j = j - 1;
112     }
113     }while(j > i);
114
115     if(inicio < j) quick(vetor, inicio, j);
116     if(i < fim) quick(vetor, i, fim);
117 }
118
119 void coutingsort(int *A, int tamanho){
120     int k = 10;
121     int aux;
122     int *C = (int*)calloc(k+1, sizeof(int));
123     int *B = (int*)malloc(tamanho*sizeof(int));
124
125     for(int j = 0; j<tamanho; j++){
126         C[A[j]]++;
127     }
128     for(int i=1; i<=k; i++){
129         C[i] = C[i] + C[i-1];
130     }
131     for(int j=0; j<tamanho; j++){
132         B[C[A[j]]-1] = A[j];
133         C[A[j]]--;
134     }
135     for(int i=0; i<tamanho; i++){
136         A[i] = B[i];
137     }
138 }
139
140 int pegaMax(int *arr, int n) //pegar o maior valor no array;
141 {
142     int mx = arr[0];
143     for (int i = 1; i < n; i++)
144         if (arr[i] > mx)
145             mx = arr[i];
146     return mx;
147 }
148
149 void couting_radix(int *A, int tamanho, int exp){ //couting adaptado para
    ir de digito a digito
150     int k = tamanho;
151     int aux;
152     int *C = (int*)calloc(k+1, sizeof(int));
153     int *B = (int*)malloc(tamanho*sizeof(int));
154
155     for(int j = 0; j<tamanho; j++){
156         C[(A[j]/exp)%10]++;
157     }
158     for(int i=1; i<=k; i++){
159         C[i] = C[i] + C[i-1];
160     }
161     for(int j=tamanho-1; j>=0; j--){
162         B[C[(A[j]/exp)%10]-1] = A[j];
163         C[(A[j]/exp)%10]--;
164     }
165     for(int i=0; i<tamanho; i++){
166         A[i] = B[i];
167     }
```

```

168 }
169
170 void radixsort(int *arr, int n)
171 {
172     int m = pegaMax(arr, n);
173     for (int exp = 1; m/exp > 0; exp *= 10)
174         counting_radix(arr, n, exp);
175 }
176
177 void insertiondouble(double *v, int tam)
178 {
179     int i, j;
180     double chave;
181     for (j=1; j<tam; j++)
182     {
183         chave = v[j];
184         i = j - 1;
185         while (i >= 0 && v[i] > chave)
186         {
187             v[i+1] = v[i];
188             i = i-1;
189         }
190         v[i+1] = chave;
191     }
192 }
193
194 void bucketsort(double *A, int tamanho) {
195     bucket *C = (bucket*)malloc(10*sizeof(bucket));
196     int j, i;
197     for (int i=0; i<10; i++) { //Inicialização dos topos dos baldes
198         C[i].topo = 0.0;
199         C[i].balde = (double*)malloc((int) (tamanho)*sizeof(double));
200     }
201     for (i = 0; i<tamanho; i++) { //Verifica em que balde o elem deve ficar
202         j = 10-1;
203         while(1) {
204             if (j<0) {
205                 break;
206             }
207             if (A[i]>=j*10) {
208                 C[j].balde[C[j].topo] = A[i];
209                 (C[j].topo)++;
210                 break;
211             }
212             j--;
213         }
214     }
215     for (i=0; i<10; i++) { //ordena os baldes
216         if (C[i].topo) {
217             insertiondouble(C[i].balde, C[i].topo);
218         }
219     }
220     i=0;
221     for (j=0; j<10; j++) { //coloca os elementos dos baldes de volta no vetor
222         for (int k=0; k<C[j].topo; k++) {
223             A[i]=C[j].balde[k];
224             i++;
225         }
226     }

```



```

227     for(i=0;i<10;i++){
228         free(C[i].balde);
229     }
230     free(C);
231 }

```

O arquivo `ensaios.c` serve para automatizar e calcular os tempos de cada método de ordenação.

Listagem 1.4: Automatização dos experimentos

```

1  #include <stdlib.h>
2  #include <stdio.h>
3  #include <string.h>
4  #include <stdint.h>
5  #include <time.h>
6  #include <float.h>
7  #include <math.h>
8  #include <sys/types.h>
9  #include <sys/stat.h>
10 #include <unistd.h>
11
12 #include "vetor.h"
13 #include "ordena.h"
14
15 #define BILHAO 1000000000L
16
17 #define CRONOMETRA(funcao,vetor,n) { \
18     clock_gettime(CLOCK_PROCESS_CPUTIME_ID, &inicio); \
19     funcao(vetor,n); \
20     clock_gettime(CLOCK_PROCESS_CPUTIME_ID, &fim); \
21     tempo_de_cpu_aux = BILHAO * (fim.tv_sec - inicio.tv_sec) + \
22         fim.tv_nsec - inicio.tv_nsec; \
23 }
24
25 int main(int argc, char *argv[]){
26     int * v = NULL;
27     int n = 0;
28     uint64_t tempo_de_cpu_aux = 0;
29     int tamanho = 0, count = 0;
30     //clock_t inicio, fim;
31     struct timespec inicio, fim;
32     uint64_t tempo_de_cpu = 0.0;
33     char msg[256];
34     char nome_do_arquivo[128];
35     char **arquivos;
36     int k=0, h = 0;
37     arquivos = (char**)malloc(200*sizeof(char*));
38     for(int i=0;i<200;i++){
39         arquivos[i] = (char*)malloc(128*sizeof(char));
40     }
41
42     for(int i=0;i<11;i++){
43         sprintf(nome_do_arquivo, "vetores/vIntAleatorio_%d.dat", (int)pow(2, i
44             +4%15));
45         strcpy(arquivos[k], nome_do_arquivo);
46         k++;
47     }
48     for(int i=0;i<11;i++){

```

```

48     sprintf(nome_do_arquivo, "vetores/vIntCrescente_%d.dat", (int)pow(2, i
        +4%15));
49     strcpy(arquivos[k], nome_do_arquivo);
50     k++;
51
52 }
53 for(int i=0; i<11; i++){
54     sprintf(nome_do_arquivo, "vetores/vIntCrescente_%d_P10.dat", (int)pow(2,
        i+4%15));
55     strcpy(arquivos[k], nome_do_arquivo);
56     k++;
57 }
58 for(int i=0; i<11; i++){
59     sprintf(nome_do_arquivo, "vetores/vIntCrescente_%d_P20.dat", (int)pow(2,
        i+4%15));
60     strcpy(arquivos[k], nome_do_arquivo);
61     k++;
62 }
63 for(int i=0; i<11; i++){
64     sprintf(nome_do_arquivo, "vetores/vIntCrescente_%d_P30.dat", (int)pow(2,
        i+4%15));
65     strcpy(arquivos[k], nome_do_arquivo);
66     k++;
67 }
68 for(int i=0; i<11; i++){
69     sprintf(nome_do_arquivo, "vetores/vIntCrescente_%d_P40.dat", (int)pow(2,
        i+4%15));
70     strcpy(arquivos[k], nome_do_arquivo);
71     k++;
72 }
73 for(int i=0; i<11; i++){
74     sprintf(nome_do_arquivo, "vetores/vIntCrescente_%d_P50.dat", (int)pow(2,
        i+4%15));
75     strcpy(arquivos[k], nome_do_arquivo);
76     k++;
77 }
78 for(int i=0; i<11; i++){
79     sprintf(nome_do_arquivo, "vetores/vIntDecrescente_%d.dat", (int)pow(2, i
        +4%15));
80     strcpy(arquivos[k], nome_do_arquivo);
81     k++;
82 }
83 for(int i=0; i<11; i++){
84     sprintf(nome_do_arquivo, "vetores/vIntDecrescente_%d_P10.dat", (int)pow
        (2, i+4%15));
85     strcpy(arquivos[k], nome_do_arquivo);
86     k++;
87 }
88 for(int i=0; i<11; i++){
89     sprintf(nome_do_arquivo, "vetores/vIntDecrescente_%d_P20.dat", (int)pow
        (2, i+4%15));
90     strcpy(arquivos[k], nome_do_arquivo);
91     k++;
92 }
93
94 for(int i=0; i<11; i++){
95     sprintf(nome_do_arquivo, "vetores/vIntDecrescente_%d_P30.dat", (int)
        pow(2, i+4%15));
96     strcpy(arquivos[k], nome_do_arquivo);

```

1.1

```
97     k++;
98 }
99 for(int i=0;i<11;i++){
100     sprintf(nome_do_arquivo,"vetores/vIntDecrescente_%d_P40.dat",(int)pow
101         (2,i+4%15));
102     strcpy(arquivos[k], nome_do_arquivo);
103     k++;
104 }
105 for(int i=0;i<11;i++){
106     sprintf(nome_do_arquivo,"vetores/vIntDecrescente_%d_P50.dat",(int)pow
107         (2,i+4%15));
108     strcpy(arquivos[k], nome_do_arquivo);
109     k++;
110 }
111 printf("%d\n",k);
112 printf("%s\n",arquivos[11]);
113 for(int i=0;i<k;i++){
114     tempo_de_cpu = 0.0;
115     if(h > 10){
116         h = 0;
117     }
118     for(int j=0;j<3;j++){
119         v = leia_vetor_int(arquivos[i],&n);
120         tamanho = (int)pow(2,h+4%15);
121         CRONOMETRA(radixsort, v,tamanho);
122         tempo_de_cpu += tempo_de_cpu_aux;
123     }
124     if(esta_ordenado_int(CRESCENTE,v,n) && count < 11){
125         printf("Tempo do vetor aleatorio tamanho %d: %llu\n",tamanho,(long
126             long unsigned int)tempo_de_cpu/(uint64_t) 3);
127     }
128     else if(esta_ordenado_int(CRESCENTE,v,n) && count < 22){
129         printf("Tempo do vetor Crescente tamanho %d: %llu\n",tamanho,(long
130             long unsigned int)tempo_de_cpu/(uint64_t) 3);
131     }
132     else if(esta_ordenado_int(CRESCENTE,v,n) && count < 33){
133         printf("Tempo do vetor Crescente P10 tamanho %d: %llu\n",tamanho,(
134             long long unsigned int)tempo_de_cpu/(uint64_t) 3);
135     }
136     else if(esta_ordenado_int(CRESCENTE,v,n) && count < 44){
137         printf("Tempo do vetor Crescente P20 tamanho %d: %llu\n",tamanho,(
138             long long unsigned int)tempo_de_cpu/(uint64_t) 3);
139     }
140     else if(esta_ordenado_int(CRESCENTE,v,n) && count < 55){
141         printf("Tempo do vetor Crescente P30 tamanho %d: %llu\n",tamanho,(
142             long long unsigned int)tempo_de_cpu/(uint64_t) 3);
143     }
144     else if(esta_ordenado_int(CRESCENTE,v,n) && count < 66){
145         printf("Tempo do vetor Crescente P40 tamanho %d: %llu\n",tamanho,(
146             long long unsigned int)tempo_de_cpu/(uint64_t) 3);
147     }
148     else if(esta_ordenado_int(CRESCENTE,v,n) && count < 77){
149         printf("Tempo do vetor Crescente P50 tamanho %d: %llu\n",tamanho,(
150             long long unsigned int)tempo_de_cpu/(uint64_t) 3);
151     }
152     else if(esta_ordenado_int(CRESCENTE,v,n) && count < 88){
153         printf("Tempo do vetor Decrescente tamanho %d: %llu\n",tamanho,(
154             long long unsigned int)tempo_de_cpu/(uint64_t) 3);
155     }
156 }
```

```

146     else if(esta_ordenado_int(CRESCENTE,v,n) && count < 99){
147         printf("Tempo do vetor Decrescente P10 tamanho %d: %llu\n",tamanho
148             , (long long unsigned int)tempo_de_cpu/(uint64_t) 3);
149     }
150     else if(esta_ordenado_int(CRESCENTE,v,n) && count < 110){
151         printf("Tempo do vetor Decrescente P20 tamanho %d: %llu\n",tamanho
152             , (long long unsigned int)tempo_de_cpu/(uint64_t) 3);
153     }
154     else if(esta_ordenado_int(CRESCENTE,v,n) && count < 121){
155         printf("Tempo do vetor Decrescente P30 tamanho %d: %llu\n",tamanho
156             , (long long unsigned int)tempo_de_cpu/(uint64_t) 3);
157     }
158     else if(esta_ordenado_int(CRESCENTE,v,n) && count < 132){
159         printf("Tempo do vetor Decrescente P40 tamanho %d: %llu\n",tamanho
160             , (long long unsigned int)tempo_de_cpu/(uint64_t) 3);
161     }
162     else{
163         printf("Erro em ordenção do vetor %d, arquivo %s\n",i,arquivos[i])
164             ;
165     }
166     h++;
167     count++;
168 }
169 //imprime_vetor_int(v,16384);
170 free(v);
171 exit(0);
172 }

```

1.1.1 Comandos

Os seguintes passos devem ser seguidos para criação dos vetores que serão utilizados no experimento:

1 - Compilar o arquivo vetor.c;

```
> gcc -O3 -c vetor.c
```

2 - Compilar o programa que gera os vetores e os coloca no diretório determinado;

```
> gcc -O3 vetor.o gera_vets.c -o gera_vets.exe
```

3 - Para usá-lo digite

```
> ./gera_vets.exe
```

Os passos a seguir são para execução do experimento

1 - Verifique a existência do diretório contendo os vetores, e então digite o seguinte comando:

```
> gcc -O3 -c ordena.c
```

2 - Agora é necessário compilar o arquivo de ensaio e tudo que será utilizado

```
> gcc -O3 vetor.o ordena.o ensaios.c -o ensaios.exe -lm
```

3 - Para executar digite:

```
> ./ensaios.exe
```

1.2 Máquina de teste

Todos os testes foram realizados na mesma máquina com as seguintes configurações, e usando apenas um núcleo:

AMD FX-8350 4.0GHZ

16GB Memória DDR3-1600

HDD 2TB 7200RPM

Placa de video Nvidia GTX1050Ti

Sistema Operacional: Ubuntu 16.04

Capítulo 2

Insertion Sort

Insertion Sort é um algoritmo de ordenação que, dado uma estrutura array ou lista ele constrói uma matriz final com um elemento de cada vez, realizando uma inserção por vez. Insertion Sort é um algoritmo de ordenação quadrática, é bastante eficiente para problemas com pequenas entradas. Complexidade pior caso $O(n^2)$ e no melhor caso $O(n)$.

2.1 Insertion Sort - Vetor Aleatório

Tabela gerada utilizando Insertion Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, $k = 4 \dots 14$ e inseridos aleatoriamente.

Tabela 2.1: *Insertion Sort com Vetor aleatório*

Número de Elementos	Tempo de execução em nanosegundos
16	592
32	623
64	1330
128	3921
256	13475
512	49717
1024	181720
2048	709142
4096	2818906
8192	11332358
16384	44220895

2.1.1 Gráfico Insertion sort - Vetor Aleatório

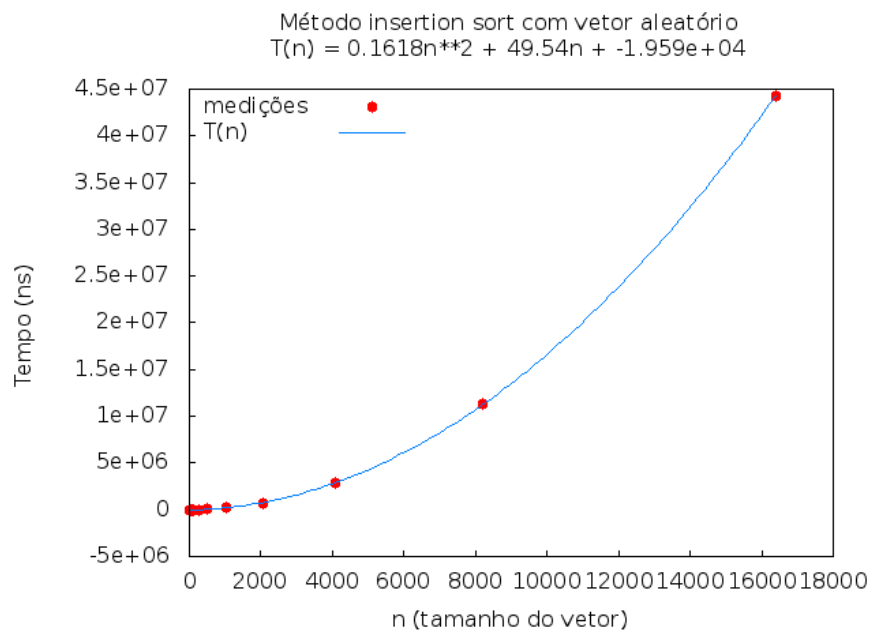


Figura 2.1: Gráfico Insertion Sort - Vetor Aleatorio

2.2 Insertion Sort - Vetor Crescente

Tabela gerada utilizando Insertion Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, $k = 4 \dots 14$ e inseridos em ordem crescente.

Tabela 2.2: Insertion Sort com Vetor ordenado em ordem crescente

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	330
32	359
64	366
128	441
256	653
512	1151
1024	1616
2048	3006
4096	5551
8192	11105
16384	21993

2.2.1 Gráfico Insertion Sort - Vetor Crescente

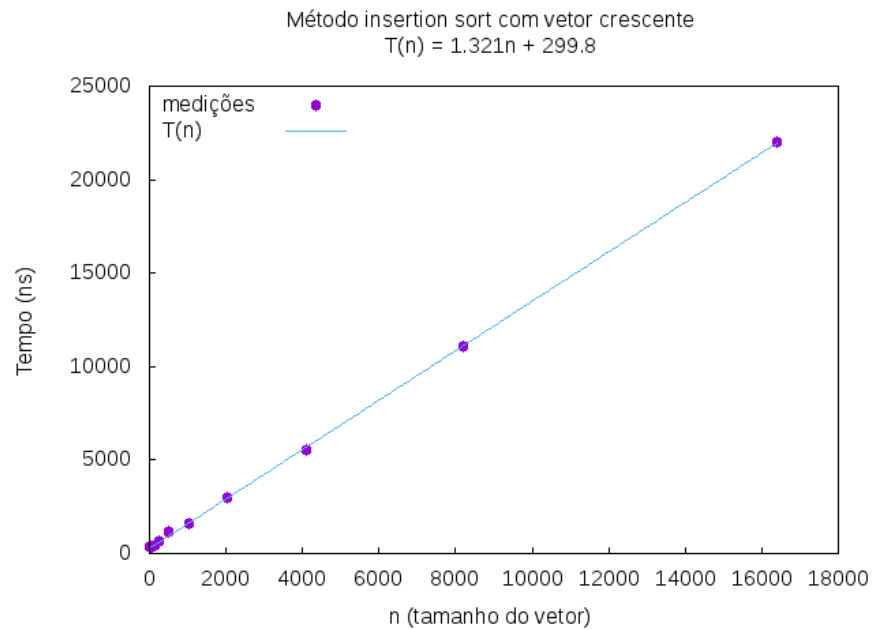


Figura 2.2: Gráfico *Insertion Sort - Vetor Crescente*

2.3 Insertion Sort - Vetor Crescente P10

Tabela gerada utilizando Insertion Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, $k = 4 \dots 14$ e inseridos em ordem crescente estando 10% ordenado.

Tabela 2.3: *Insertion Sort com Vetor ordenado em ordem crescente 10% ordenado*

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	306
32	401
64	641
128	1477
256	4722
512	17262
1024	73246
2048	304783
4096	1140882
8192	4421923
16384	17366826

2.3.1 Gráfico Insertion Sort - Vetor Crescente P10

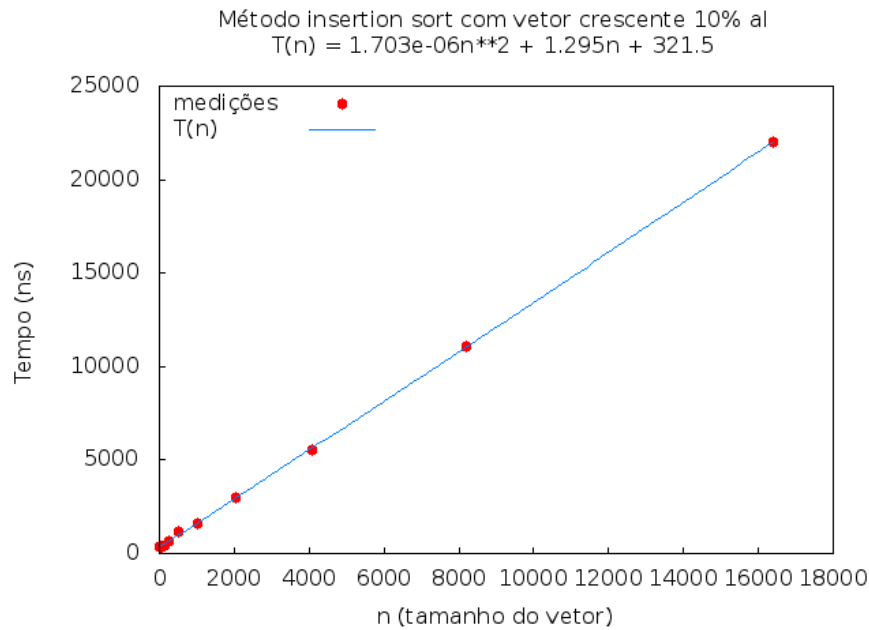


Figura 2.3: *Gráfico Insertion Sort - Vetor Crescente P10*

2.4 Insertion Sort - Vetor Crescente P20

Tabela gerada utilizando Insertion Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, $k = 4 \dots 14$ e inseridos em ordem crescente estando 20% ordenado.

Tabela 2.4: *Insertion Sort com Vetor ordenado em ordem crescente 20% ordenado*

Número de Elementos	Tempo de execução em nanosegundos
16	395
32	528
64	942
128	2441
256	8518
512	37766
1024	188395
2048	561783
4096	2024058
8192	8326582
16384	32720219

2.4.1 Gráfico Insertion Sort - Vetor Crescente P20

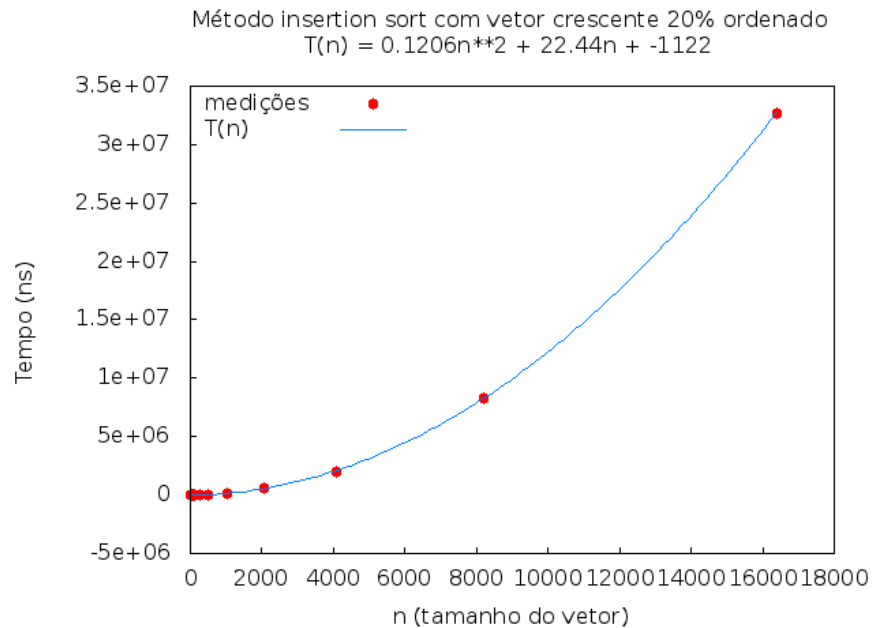


Figura 2.4: Gráfico Insertion Sort - Vetor Crescente P20

2.5 Insertion Sort - Vetor Crescente P30

Tabela gerada utilizando Insertion Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, $k = 4 \dots 14$ e inseridos em ordem crescente estando 30% ordenado.

Tabela 2.5: Insertion Sort com Vetor ordenado em ordem crescente 30% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanosegundos
16	426
32	565
64	1121
128	3639
256	11877
512	47210
1024	188411
2048	747231
4096	2903599
8192	11706837
16384	46407450

2.5.1 Gráfico Insertion Sort - Vetor Crescente P30

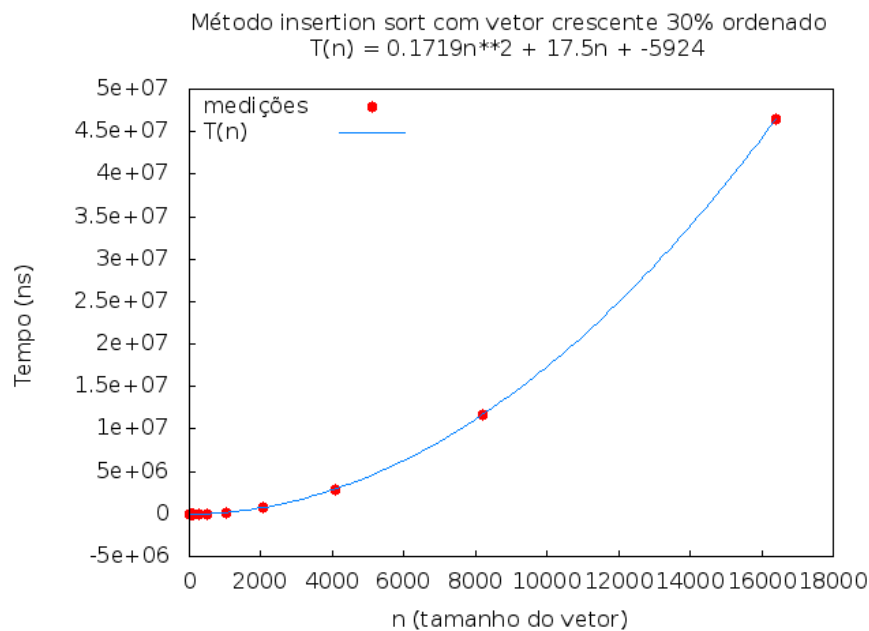


Figura 2.5: Gráfico Insertion Sort - Vetor Crescente P30

2.6 Insertion Sort - Vetor Crescente P40

Tabela gerada utilizando Insertion Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, $k = 4 \dots 14$ e inseridos em ordem crescente estando 40% ordenado.

Tabela 2.6: Insertion Sort com Vetor ordenado em ordem crescente 40% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	419
32	587
64	1308
128	4090
256	15835
512	65553
1024	224888
2048	916018
4096	3680777
8192	14947212
16384	59251527

2.6.1 Gráfico Insertion Sort - Vetor Crescente P40

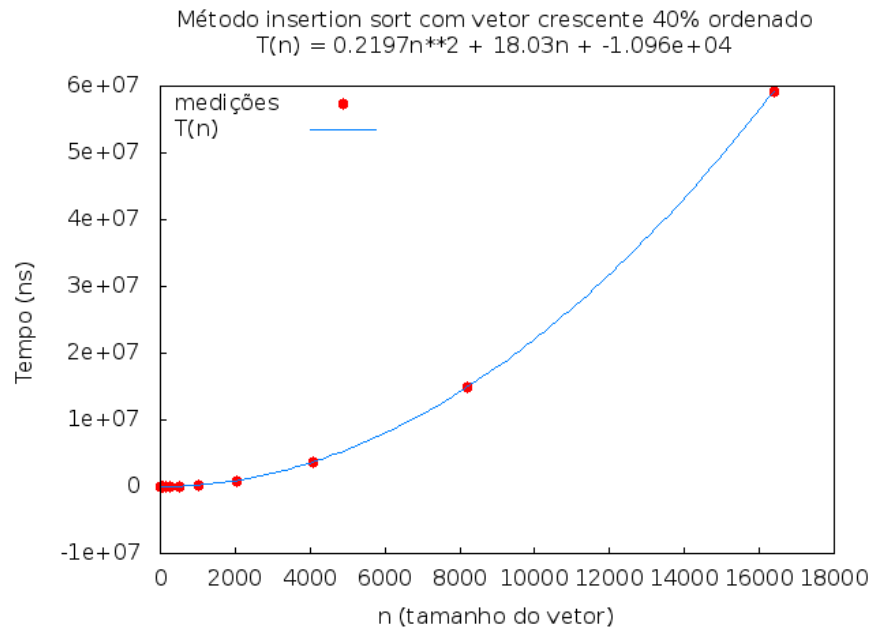


Figura 2.6: Gráfico Insertion Sort - Vetor Crescente P40

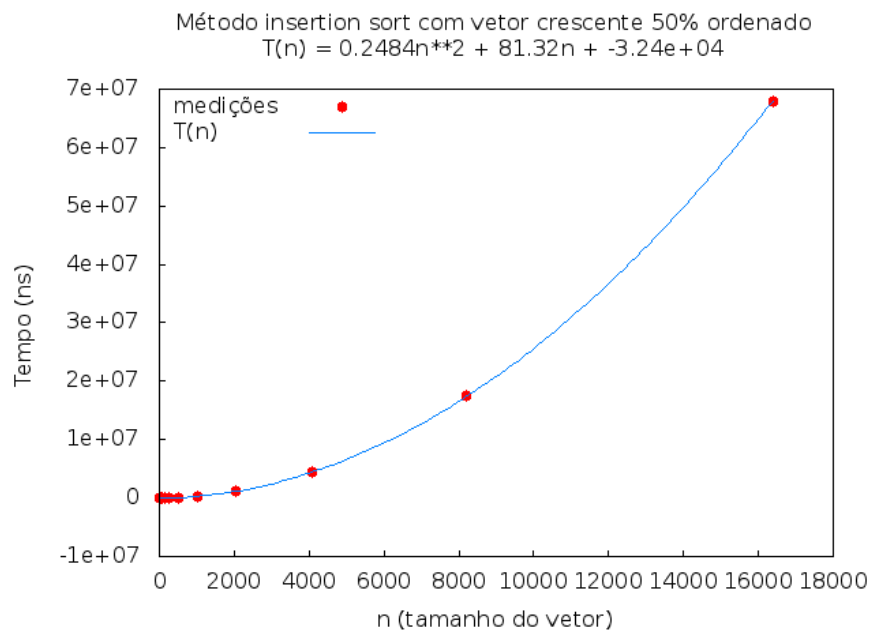
2.7 Insertion Sort - Vetor Crescente P50

Tabela gerada utilizando Insertion Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, $k = 4 \dots 14$ e inseridos em ordem crescente estando 50% ordenado.

Tabela 2.7: Insertion Sort com Vetor ordenado em ordem crescente 50% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanosegundos
16	558
32	659
64	1513
128	17337
256	18190
512	67937
1024	262668
2048	1100335
4096	4360290
8192	17429716
16384	67965063

2.7.1 Gráfico Insertion Sort - Vetor Crescente P50



2.8.1 Gráfico Insertion Sort - Vetor Decrescente

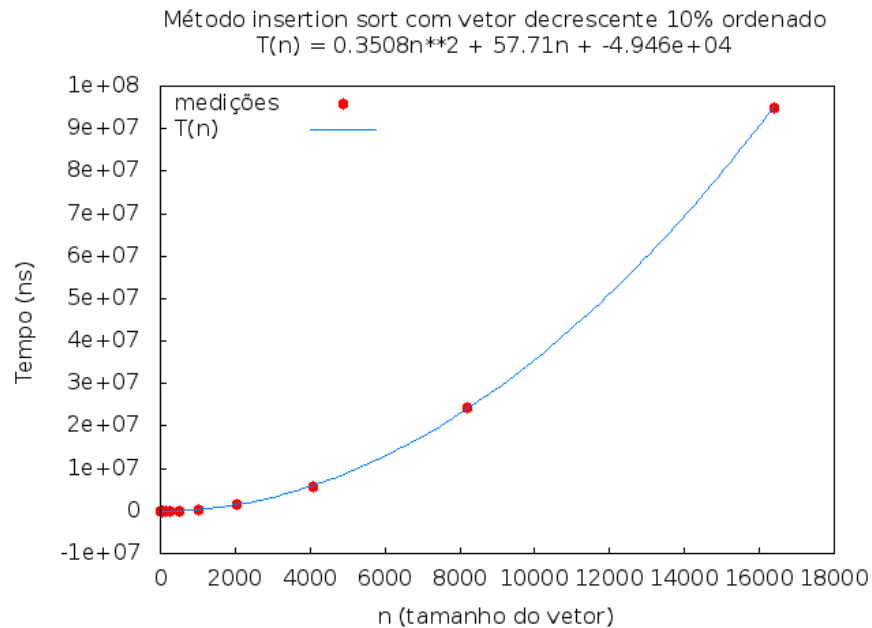


Figura 2.8: *Gráfico Insertion Sort - Vetor Decrescente*

2.9 Insertion Sort - Vetor Decrescente P10

Tabela gerada utilizando Insertion Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, $k = 4 \dots 14$ e inseridos em ordem decrescente estando 10% ordenado.

Tabela 2.9: *Insertion Sort com Vetor ordenado em ordem decrescente 10% ordenado*

Número de Elementos	Tempo de execução em nanosegundos
16	458
32	875
64	1835
128	5721
256	19634
512	73075
1024	296395
2048	1193812
4096	4766396
8192	19593295
16384	77500644

2.9.1 Gráfico Insertion Sort - Vetor Decrescente P10

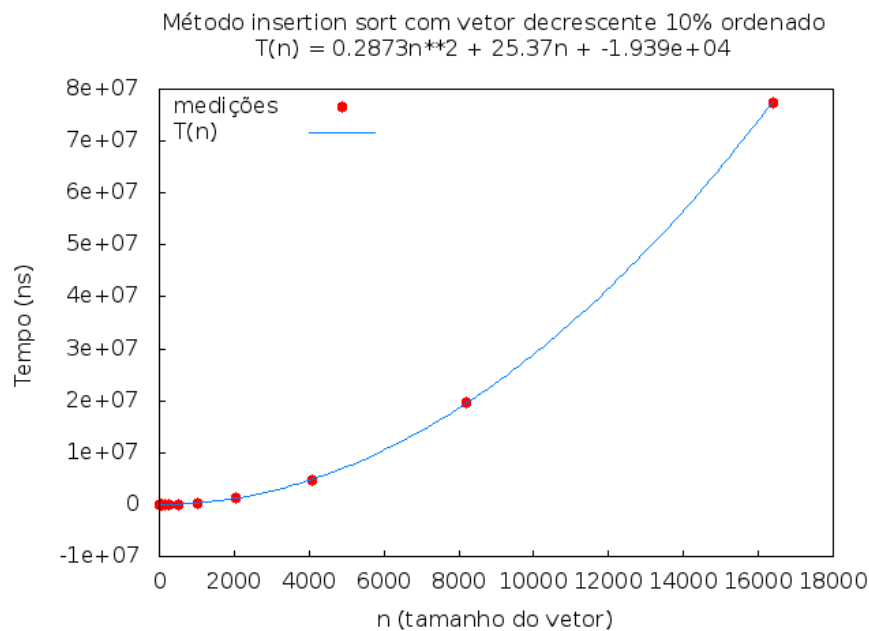


Figura 2.9: Gráfico Insertion Sort - Vetor Decrescente P10

2.10 Insertion Sort - Vetor Decrescente P20

Tabela gerada utilizando Insertion Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, $k = 4 \dots 14$ e inseridos em ordem decrescente estando 20% ordenado.

Tabela 2.10: Insertion Sort com Vetor ordenado em ordem decrescente 20% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	486
32	667
64	1535
128	4529
256	15714
512	58010
1024	230754
2048	906191
4096	4298422
8192	15435783
16384	59268139

2.10.1 Gráfico Insertion Sort - Vetor Decrescente P20

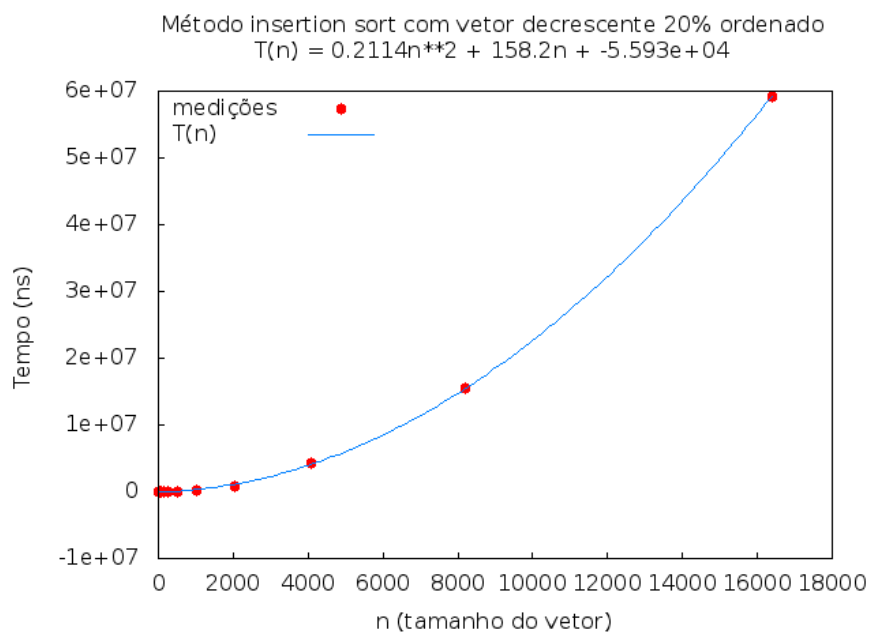


Figura 2.10: *Gráfico Insertion Sort - Vetor Decrescente P20*

2.11 Insertion Sort - Vetor Decrescente P30

Tabela gerada utilizando Insertion Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, $k = 4 \dots 14$ e inseridos em ordem decrescente estando 30% ordenado.

Tabela 2.11: *Insertion Sort com Vetor ordenado em ordem decrescente 30% ordenado*

Número de Elementos	Tempo de execução em nanosegundos
16	472
32	618
64	1315
128	3584
256	12212
512	45720
1024	176462
2048	713725
4096	2722869
8192	11098439
16384	43472556

2.11.1 Gráfico Insertion Sort - Vetor Decrescente P30

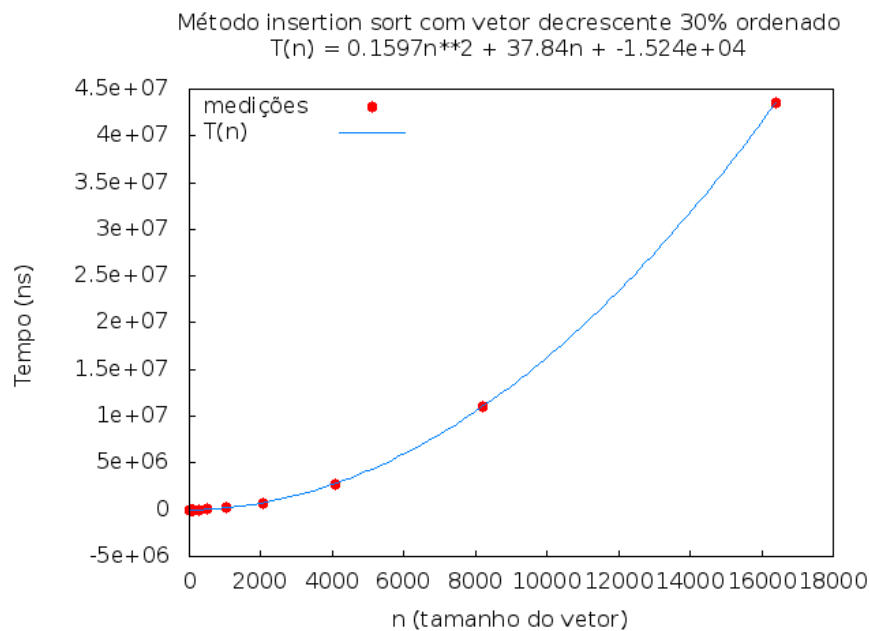


Figura 2.11: *Gráfico Insertion Sort - Vetor Decrescente P30*

2.12 Insertion Sort - Vetor Decrescente P40

Tabela gerada utilizando Insertion Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, $k = 4 \dots 14$ e inseridos em ordem decrescente estando 40% ordenado.

Tabela 2.12: *Insertion Sort com Vetor ordenado em ordem decrescente 40% ordenado*

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	455
32	617
64	1161
128	5847
256	8949
512	32581
1024	135069
2048	503857
4096	2004770
8192	8252574
16384	31871258

2.12.1 Gráfico Insertion Sort - Vetor Decrescente P40

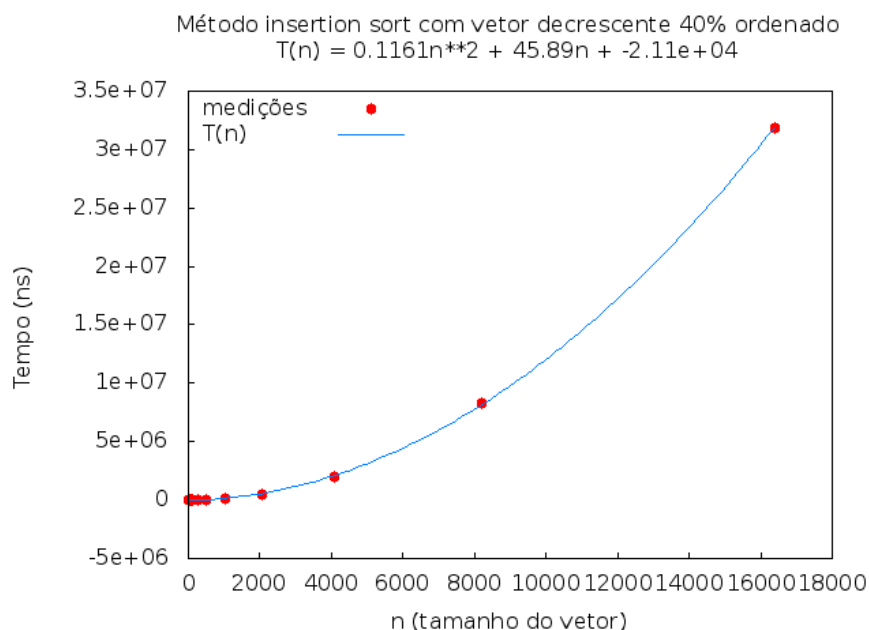


Figura 2.12: Gráfico Insertion Sort - Vetor Decrescente P40

2.13 Insertion Sort - Vetor Decrescente P50

Tabela gerada utilizando Insertion Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, $k = 4 \dots 14$ e inseridos em ordem decrescente estando 50% ordenado.

Tabela 2.13: Insertion Sort com Vetor ordenado em ordem decrescente 50% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	409
32	461
64	847
128	2144
256	6683
512	23838
1024	89838
2048	352101
4096	1389637
8192	5639428
16384	22348219

2.13.1 Gráfico Insertion Sort - Vetor Decrescente P50

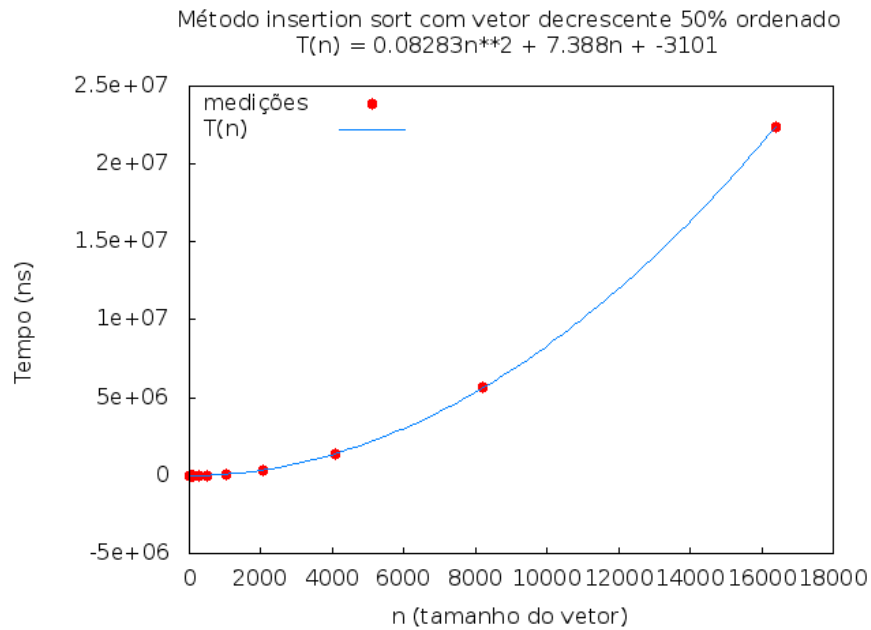


Figura 2.13: *Gráfico Insertion Sort - Vetor Decrescente P50*

2.14 Observações Finais

Insertion em ordem decrescente com 2^k com $k = 32$ elementos: levaria aproximadamente 205 anos e 22 dias

Capítulo 3

Merge Sort

O algoritmo de ordenação Merge Sort (Intercalação) ordena por comparações utilizando o conceito de dividir-para-conquistar. Basicamente o algoritmo divide o problema em vários sub-problemas e os resolve através de recursividade e conquista unindo todos os sub-problemas que foram resolvidos. Em qualquer caso, temos que o algoritmo MergeSort tem complexidade de tempo $\theta(n \log n)$.

3.1 Merge Sort - Vetor Aleatório

Tabela gerada utilizando Merge Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos aleatoriamente.

Tabela 3.1: *Merge Sort com vetor aleatório*

Número de Elementos	Tempo de execução em nanosegundos
16	2761
32	3438
64	7886
128	16043
256	33294
512	75211
1024	186557
2048	477554
4096	1278453
8192	4144242
16384	18189873

3.1.1 Gráfico Merge Sort - Vetor Aleatório

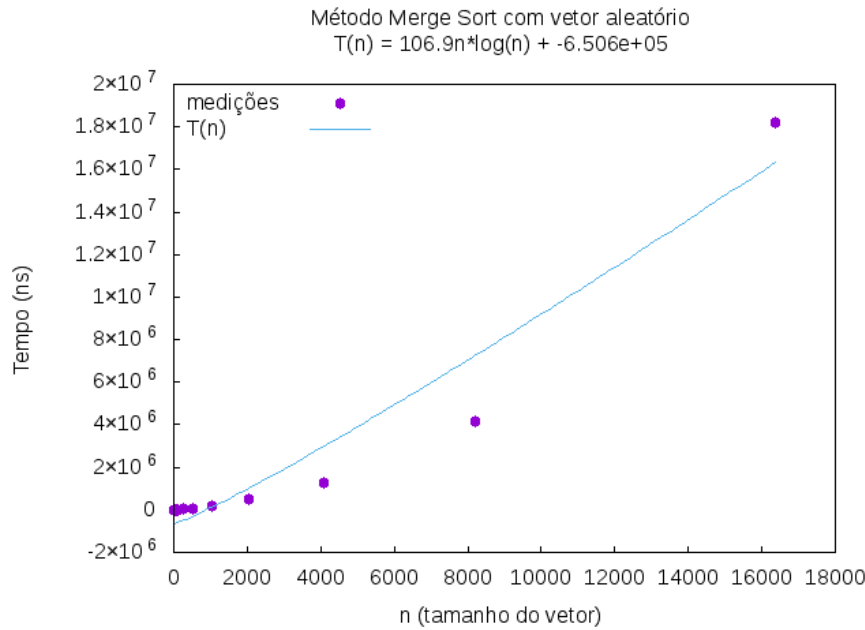


Figura 3.1: Gráfico Merge Sort - Vetor Aleatório

3.2 Merge Sort - Vetor Crescente

Tabela gerada utilizando Merge Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem crescente.

Tabela 3.2: Merge Sort com vetor ordenado em ordem crescente

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	1840
32	3284
64	6768
128	13027
256	26564
512	59916
1024	144530
2048	368955
4096	1095195
8192	3812048
16384	17545434

3.2.1 Gráfico Merge Sort - Vetor Crescente

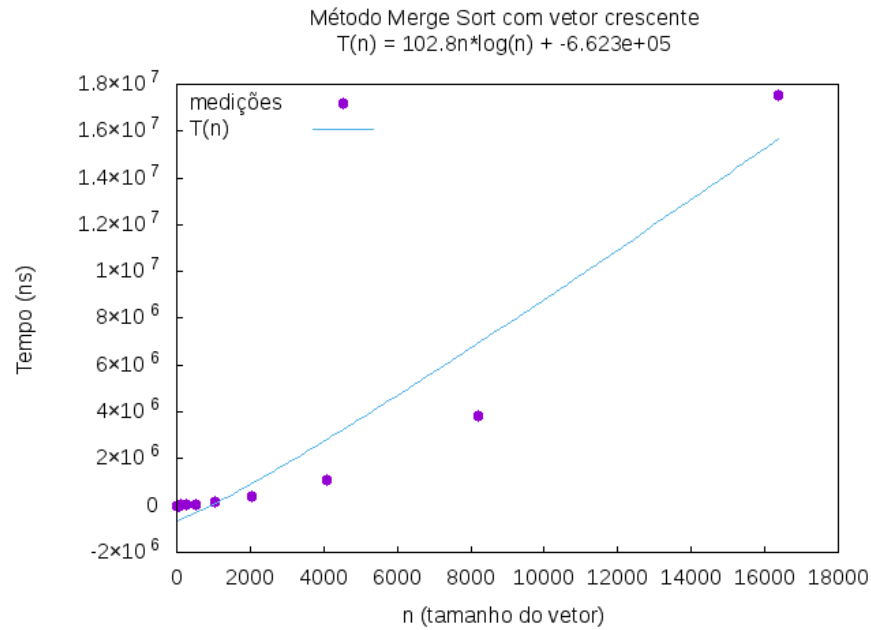


Figura 3.2: Gráfico Merge Sort - Vetor Crescente

3.3 Merge Sort - Vetor Crescente P10

Tabela gerada utilizando Merge Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem crescente estando 10% ordenado.

Tabela 3.3: Merge Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 10% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	1732
32	3328
64	6776
128	12591
256	30350
512	65121
1024	150315
2048	367101
4096	1105073
8192	3896594
16384	17300648

3.3.1 Gráfico Merge Sort - Vetor Crescente P10

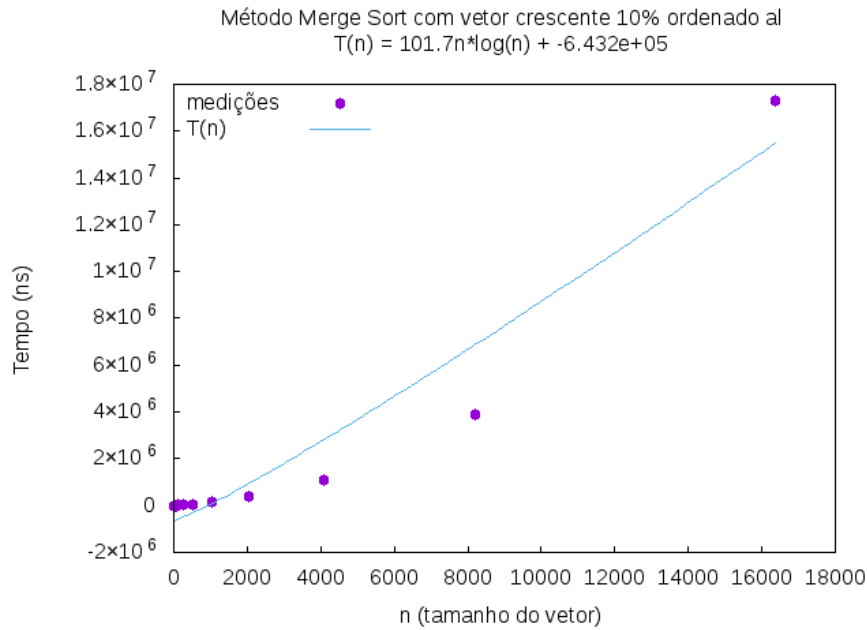


Figura 3.3: Gráfico Merge Sort - Vetor Crescente P10

3.4 Merge Sort - Vetor Crescente P20

Tabela gerada utilizando Merge Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem crescente estando 20% ordenado.

Tabela 3.4: Merge Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 20% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanosegundos
16	1789
32	3337
64	6866
128	12755
256	29327
512	63476
1024	148528
2048	367361
4096	1072801
8192	3846028
16384	17413999

3.4.1 Gráfico Merge Sort - Vetor Crescente P20

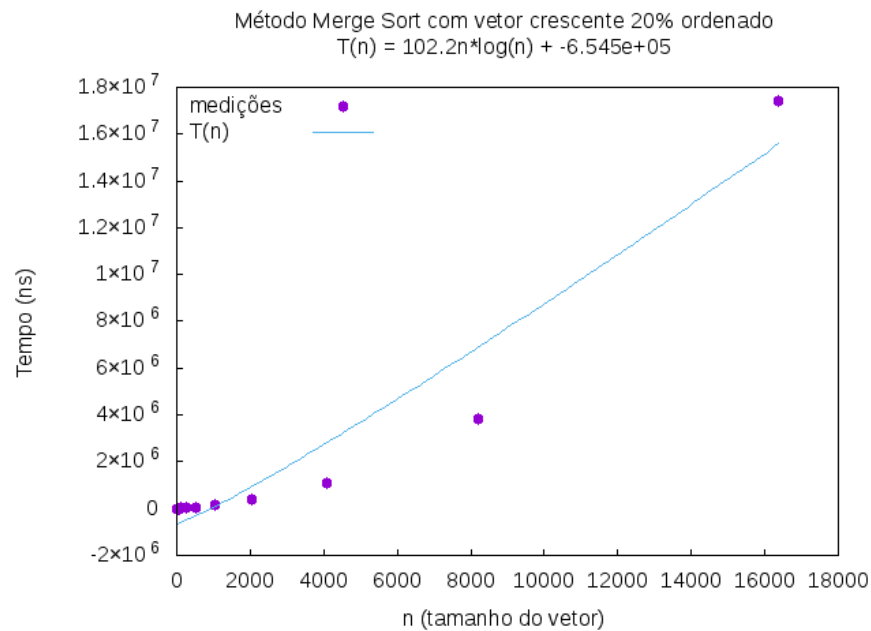


Figura 3.4: Gráfico Merge Sort - Vetor Crescente P20

3.5 Merge Sort - Vetor Crescente P30

Tabela gerada utilizando Merge Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem crescente estando 30% ordenado.

Tabela 3.5: Merge Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 30% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	2042
32	3304
64	6831
128	14759
256	28846
512	62768
1024	147870
2048	362086
4096	1072534
8192	3822915
16384	17393637

3.5.1 Gráfico Merge Sort - Vetor Crescente P30

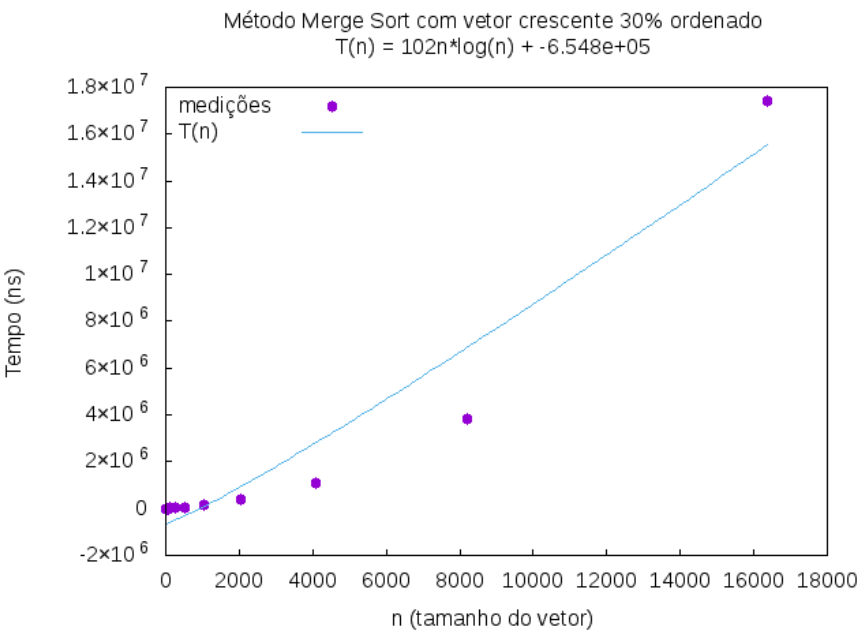


Figura 3.5: Gráfico Merge Sort - Vetor Crescente P30

3.6 Merge Sort - Vetor Crescente P40

Tabela gerada utilizando Merge Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem crescente estando 40% ordenado.

Tabela 3.6: Merge Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 40% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanosegundos
16	1951
32	3272
64	6625
128	12620
256	28417
512	66034
1024	151603
2048	366825
4096	1077138
8192	3950780
16384	17461202

3.6.1 Gráfico Merge Sort - Vetor Crescente P40

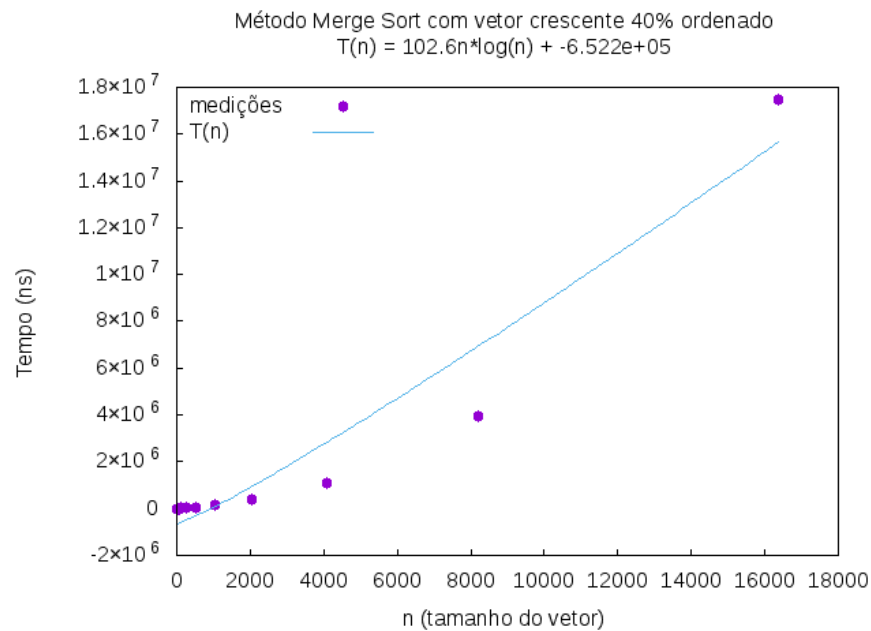


Figura 3.6: Gráfico Merge Sort - Vetor Crescente P40

3.7 Merge Sort - Vetor Crescente P50

Tabela gerada utilizando Merge Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem crescente estando 50% ordenado.

Tabela 3.7: Merge Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 50% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	1850
32	3506
64	6465
128	12959
256	28681
512	62483
1024	146989
2048	365252
4096	1076419
8192	3951343
16384	17351729

3.7.1 Gráfico Merge Sort - Vetor Crescente P50

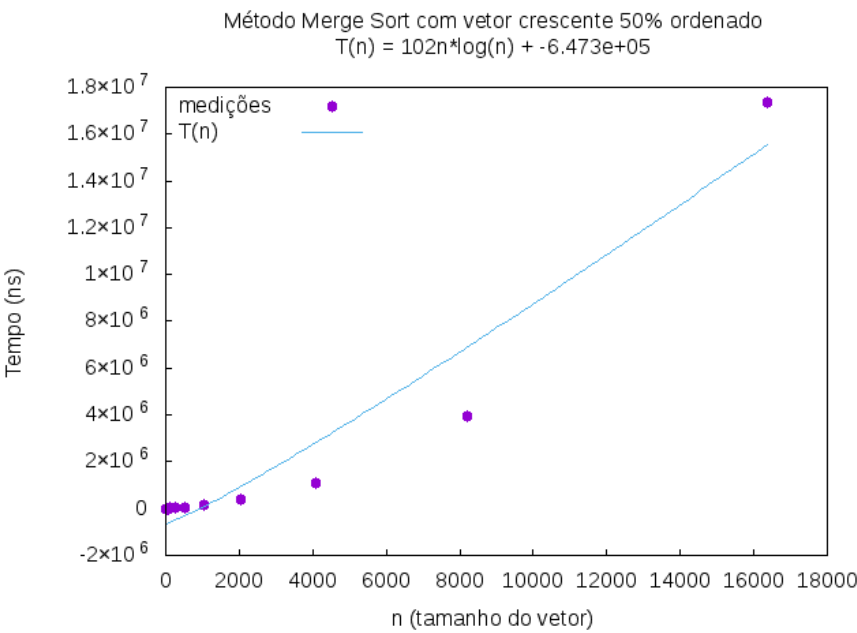


Figura 3.7: Gráfico Merge Sort - Vetor Crescente P50

3.8 Merge Sort - Vetor Decrescente

Tabela gerada utilizando Merge Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem decrescente.

Tabela 3.8: Merge Sort com vetor ordenado em ordem decrescente

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	1969
32	3171
64	6247
128	12520
256	27287
512	83363
1024	145250
2048	369093
4096	1066356
8192	3968570
16384	17262377

3.8.1 Gráfico Merge Sort - Vetor Decrescente

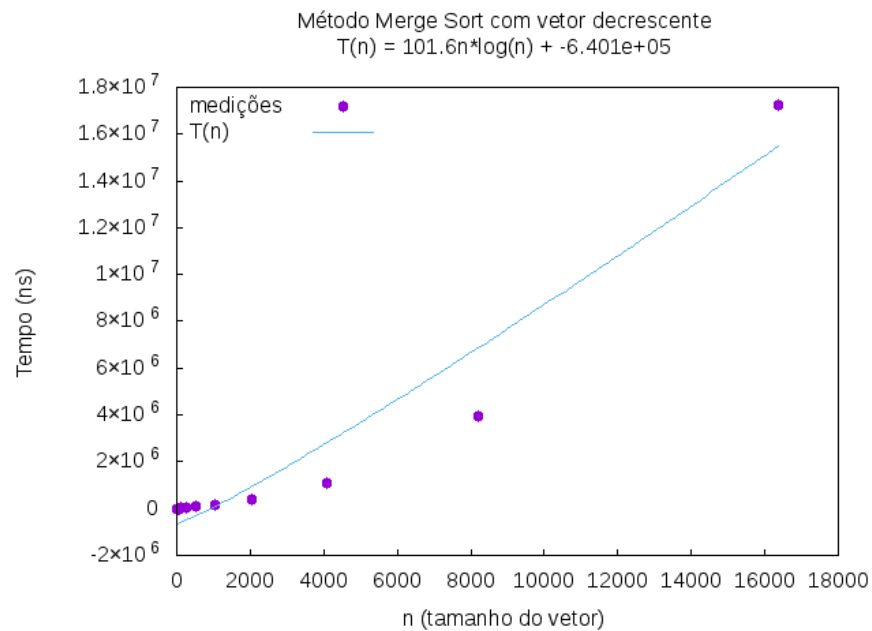


Figura 3.8: Gráfico Merge Sort - Vetor Decrescente

3.9 Merge Sort - Vetor Decrescente P10

Tabela gerada utilizando Merge Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem decrescente estando 10% ordenado.

Tabela 3.9: Merge Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 10% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	1915
32	3234
64	6637
128	12565
256	33715
512	62647
1024	157201
2048	363791
4096	1069486
8192	3941973
16384	17409501

3.9.1 Gráfico Merge Sort - Vetor Decrescente P10

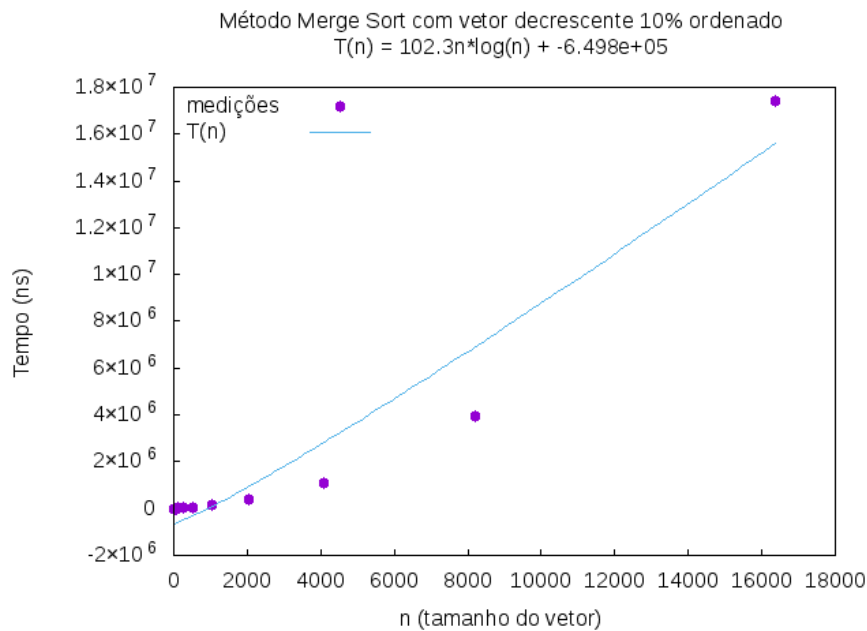


Figura 3.9: Gráfico Merge Sort - Vetor Decrescente P10

3.10 Merge Sort - Vetor Decrescente P20

Tabela gerada utilizando Merge Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem decrescente estando 20% ordenado.

Tabela 3.10: Merge Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 20% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	2093
32	3162
64	6737
128	12671
256	34914
512	62345
1024	151220
2048	373987
4096	1082704
8192	3849662
16384	17495764

3.10.1 Gráfico Merge Sort - Vetor Decrescente P20

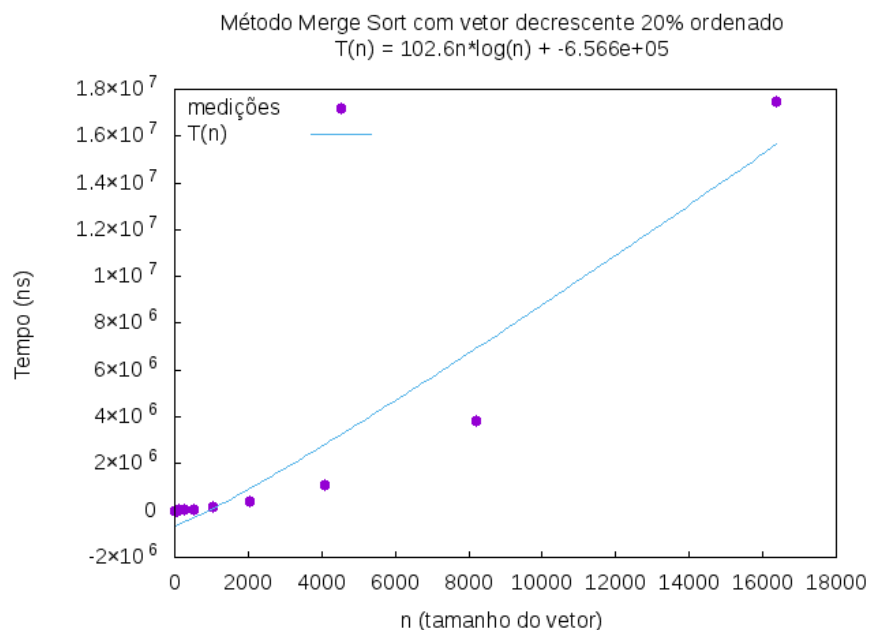


Figura 3.10: *Gráfico Merge Sort - Vetor Decrescente P20*

3.11 Merge Sort - Vetor Decrescente P30

Tabela gerada utilizando Merge Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem decrescente estando 30% ordenado.

Tabela 3.11: *Merge Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 30% ordenado*

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	2072
32	3361
64	6522
128	12645
256	28527
512	62502
1024	169367
2048	365185
4096	1076239
8192	3899494
16384	17188399

3.11.1 Gráfico Merge Sort - Vetor Decrescente P30

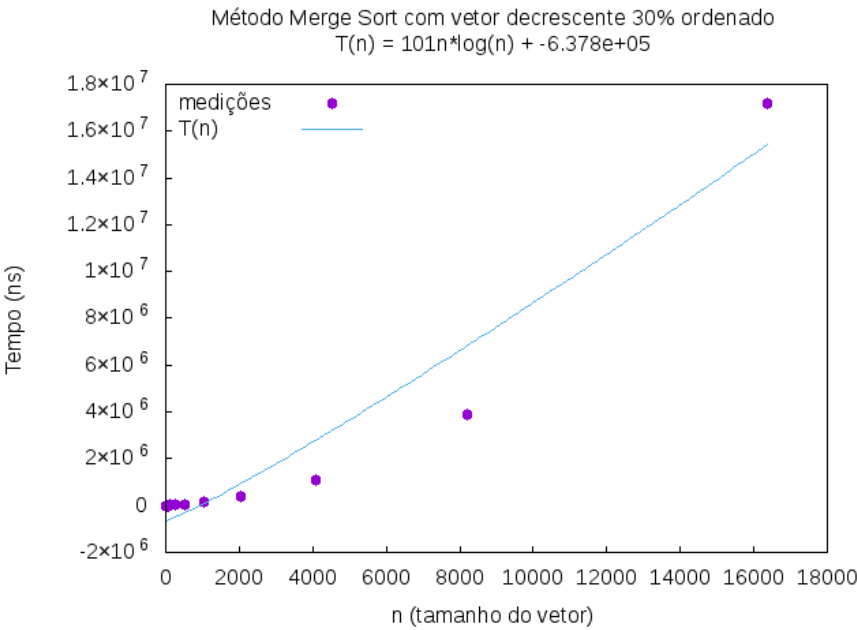


Figura 3.11: Gráfico Merge Sort - Vetor Decrescente P30

3.12 Merge Sort - Vetor Decrescente P40

Tabela gerada utilizando Merge Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem decrescente estando 40% ordenado.

Tabela 3.12: Merge Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 40% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanosegundos
16	2161
32	3295
64	6402
128	13101
256	27715
512	62184
1024	147490
2048	367866
4096	1080496
8192	3878299
16384	17404245

3.12.1 Gráfico Merge Sort - Vetor Decrescente P40

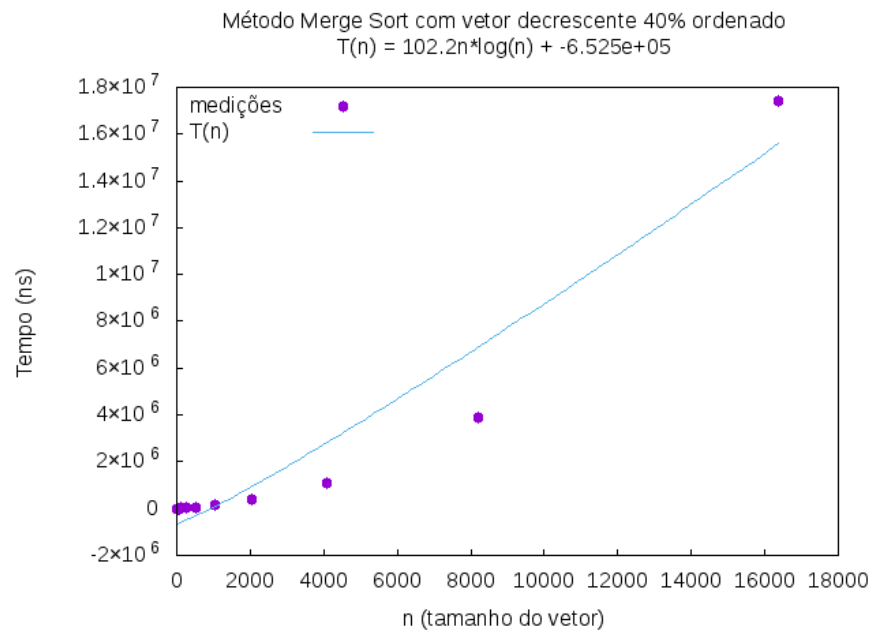


Figura 3.12: Gráfico Merge Sort - Vetor Decrescente P40

3.13 Merge Sort - Vetor Decrescente P50

Tabela gerada utilizando Merge Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem decrescente estando 50% ordenado.

Tabela 3.13: Merge Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 50% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanosegundos
16	2166
32	3258
64	6530
128	12686
256	28095
512	65430
1024	151006
2048	365972
4096	1070690
8192	3858348
16384	17428128

3.13.1 Gráfico Merge Sort - Vetor Decrescente P50

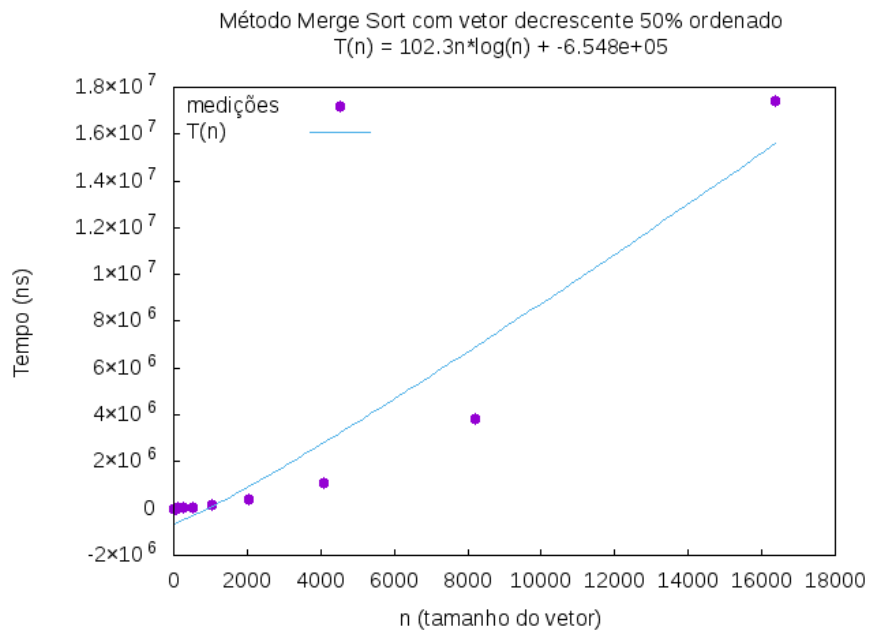


Figura 3.13: *Gráfico Merge Sort - Vetor Decrescente P50*

3.14 Observações Finais

Merge sort com vetor de elementos totalmente aleatório levaria aproximadamente 2 horas e 49 minutos para processar um vetor de 2^k com $k = 32$ elementos nessas condições.

Capítulo 4

Heap Sort

O algoritmo de ordenação Heap Sort é um algoritmo não estável. Ele faz uso de uma estrutura chamadas heap e ordena os elementos a medida que insere na estrutura, assim ao terminar as inserções, os elementos podem ser removidos da raiz sucessivamente na ordem desejada, mantendo a propriedade de max-heap(ou min-heap). Ele basicamente funciona montando uma árvore binária. Em qualquer caso, temos que o algoritmo HeapSort tem complexidade de tempo $\theta(n \log n)$.

4.1 Heap Sort - Vetor Aleatório

Tabela gerada utilizando Heap Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos aleatoriamente.

Tabela 4.1: *Heap Sort com vetor aleatório*

Número de Elementos	Tempo de execução em nanosegundos
16	725
32	971
64	2123
128	5011
256	10633
512	27914
1024	65078
2048	145462
4096	318047
8192	697040
16384	1635985

4.1.1 Gráfico Heap Sort - Vetor Aleatório

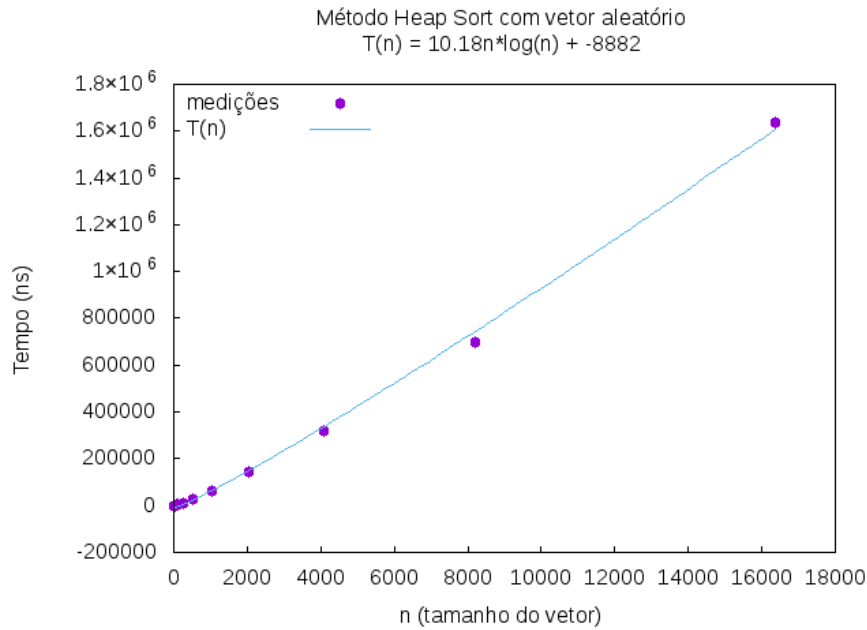


Figura 4.1: *Gráfico Heap Sort - Vetor Aleatório*

4.2 Heap Sort - Vetor Crescente

Tabela gerada utilizando Heap Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem crescente.

Tabela 4.2: *Heap Sort com vetor ordenado em ordem crescente*

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	842
32	1075
64	1668
128	9925
256	10534
512	26131
1024	57088
2048	124606
4096	218104
8192	499002
16384	959418

4.2.1 Gráfico Heap Sort - Vetor Crescente

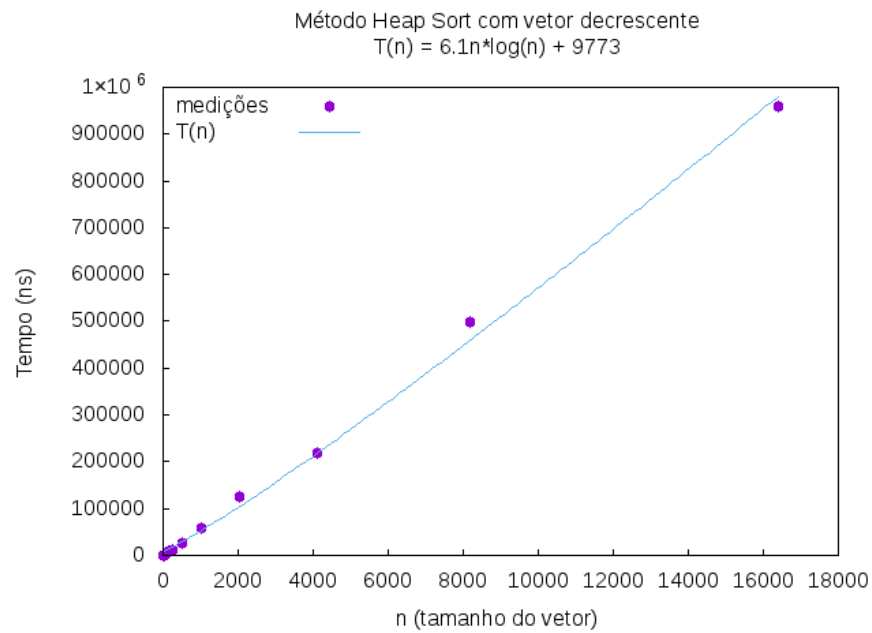


Figura 4.2: Gráfico Heap Sort - Vetor Crescente

4.3 Heap Sort - Vetor Crescente P10

Tabela gerada utilizando Heap Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem crescente estando 10% ordenado.

Tabela 4.3: Heap Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 10% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	573
32	792
64	1669
128	3719
256	9700
512	25058
1024	55952
2048	121179
4096	238053
8192	451335
16384	946165

4.3.1 Gráfico Heap Sort - Vetor Crescente P10

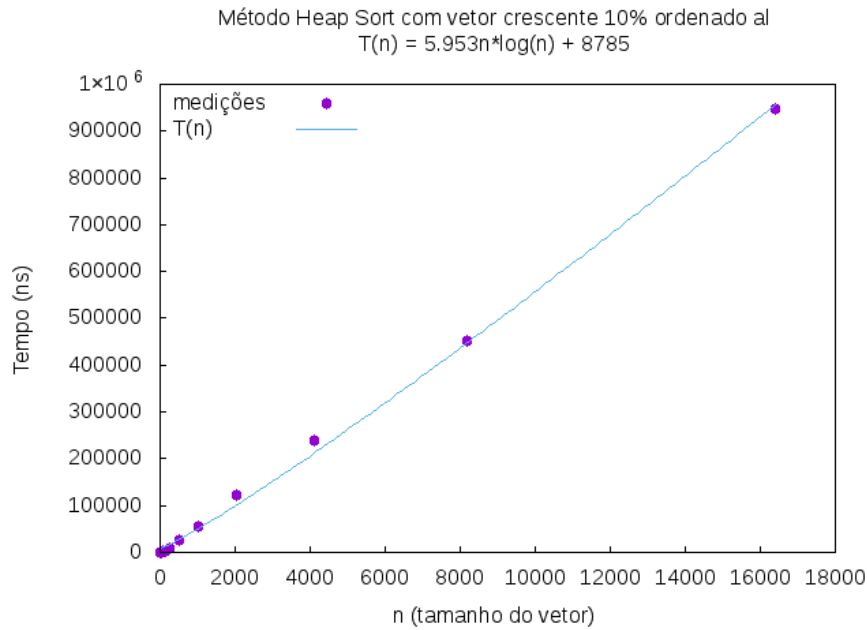


Figura 4.3: *Gráfico Heap Sort - Vetor Crescente P10*

4.4 Heap Sort - Vetor Crescente P20

Tabela gerada utilizando Heap Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem crescente estando 20% ordenado.

Tabela 4.4: *Heap Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 20% ordenado*

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	534
32	875
64	1628
128	4073
256	9612
512	25183
1024	60872
2048	127670
4096	228395
8192	472599
16384	957241

4.4.1 Gráfico Heap Sort - Vetor Crescente P20

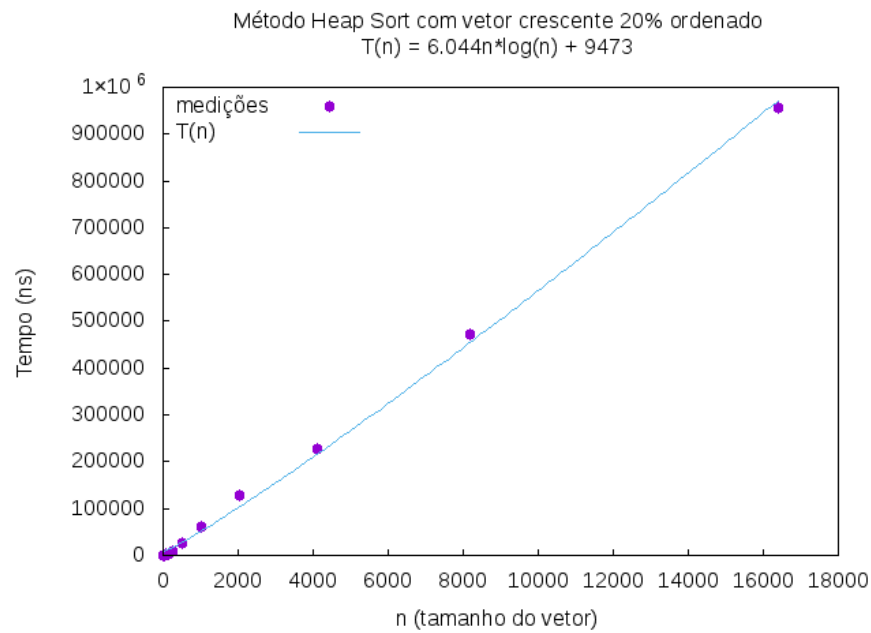


Figura 4.4: Gráfico Heap Sort - Vetor Crescente P20

4.5 Heap Sort - Vetor Crescente P30

Tabela gerada utilizando Heap Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem crescente estando 30% ordenado.

Tabela 4.5: Heap Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 30% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	510
32	862
64	1630
128	3750
256	9836
512	24383
1024	65255
2048	122553
4096	241699
8192	493026
16384	954964

4.5.1 Gráfico Heap Sort - Vetor Crescente P30

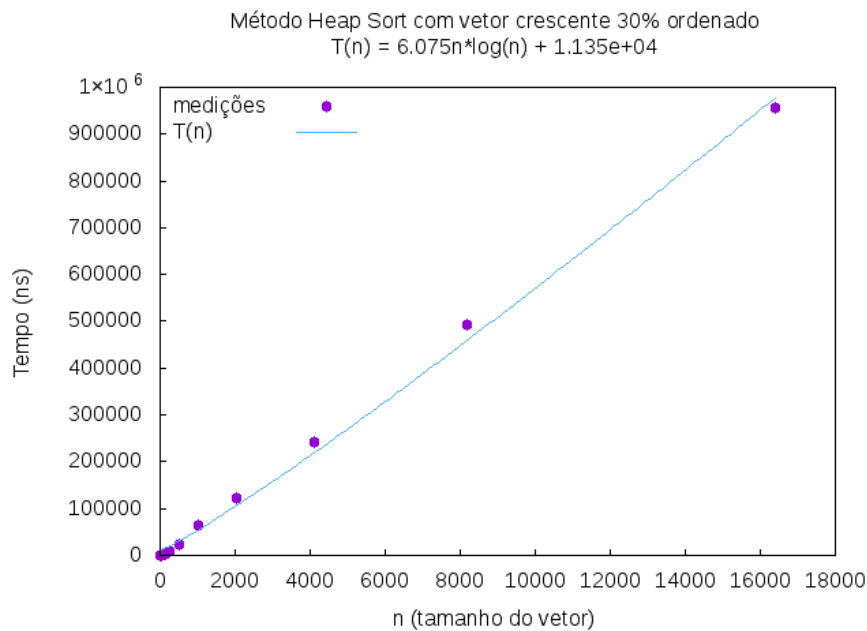


Figura 4.5: Gráfico Heap Sort - Vetor Crescente P30

4.6 Heap Sort - Vetor Crescente P40

Tabela gerada utilizando Heap Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem crescente estando 40% ordenado.

Tabela 4.6: Heap Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 40% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	501
32	786
64	1799
128	9422
256	10202
512	25220
1024	55734
2048	112945
4096	233312
8192	479594
16384	947705

4.6.1 Gráfico Heap Sort - Vetor Crescente P40

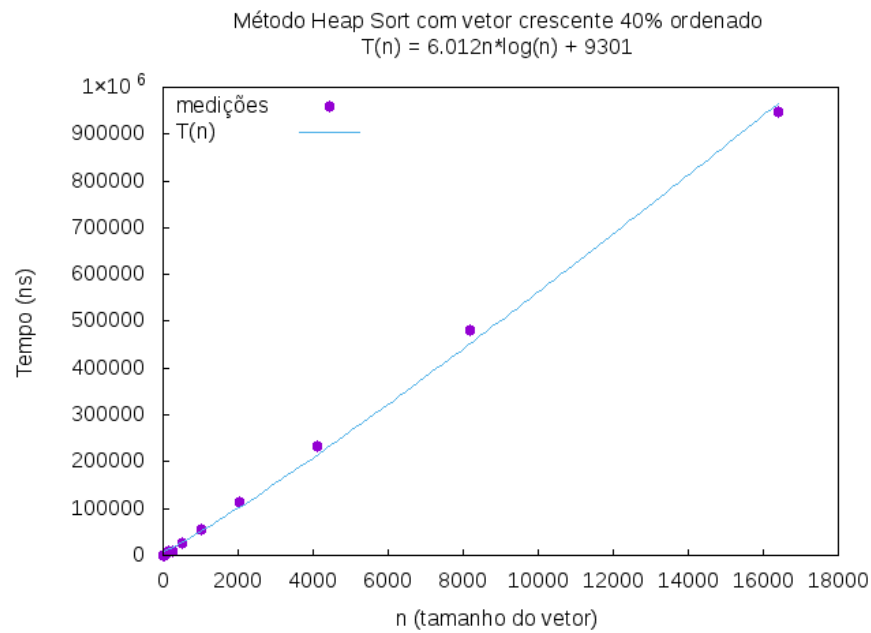


Figura 4.6: Gráfico Heap Sort - Vetor Crescente P40

4.7 Heap Sort - Vetor Crescente P50

Tabela gerada utilizando Heap Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem crescente estando 50% ordenado.

Tabela 4.7: Heap Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 50% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	546
32	782
64	1652
128	3627
256	16960
512	27534
1024	67128
2048	114637
4096	266050
8192	477692
16384	960498

4.7.1 Gráfico Heap Sort - Vetor Crescente P50

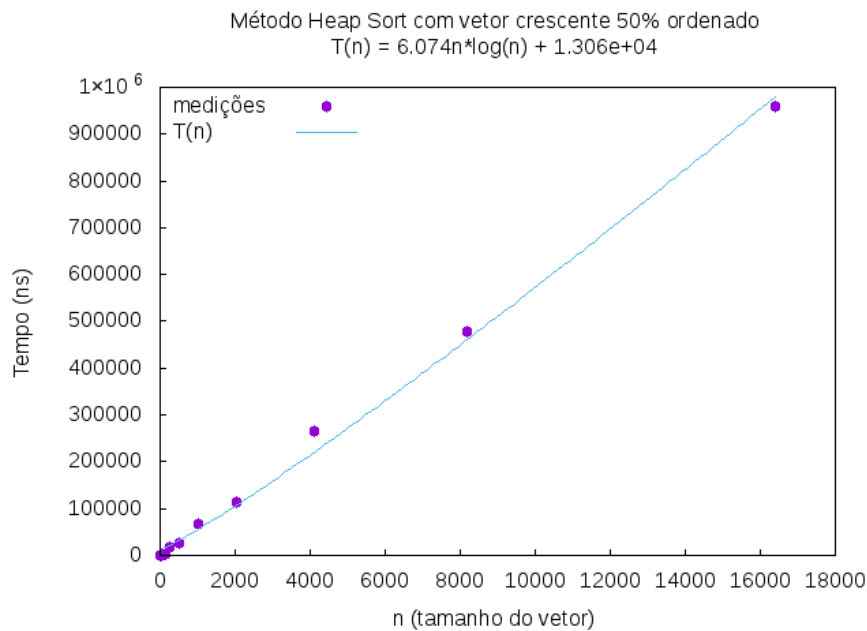


Figura 4.7: Gráfico Heap Sort - Vetor Crescente P50

4.8 Heap Sort - Vetor Decrescente

Tabela gerada utilizando Heap Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem decrescente.

Tabela 4.8: Heap Sort com vetor ordenado em ordem decrescente

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	497
32	723
64	1485
128	3515
256	9684
512	23405
1024	55215
2048	121471
4096	238966
8192	492005
16384	1021937

4.8.1 Gráfico Heap Sort - Vetor Decrescente

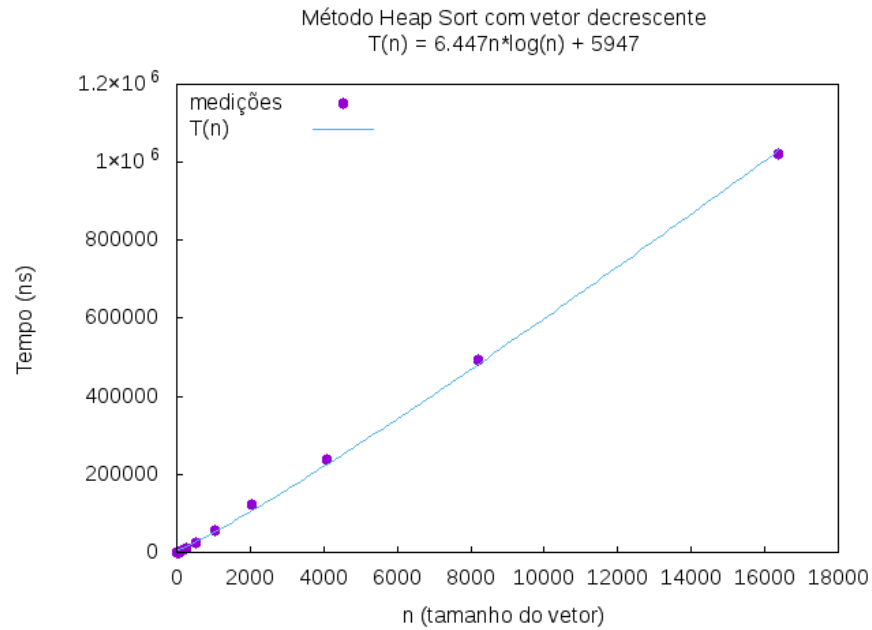


Figura 4.8: *Gráfico Heap Sort - Vetor Decrescente*

4.9 Heap Sort - Vetor Decrescente P10

Tabela gerada utilizando Heap Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem decrescente estando 10% ordenado.

Tabela 4.9: *Heap Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 10% ordenado*

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	533
32	885
64	1825
128	3787
256	9940
512	24112
1024	55700
2048	131589
4096	239256
8192	497985
16384	1019311

4.9.1 Gráfico Heap Sort - Vetor Decrescente P10

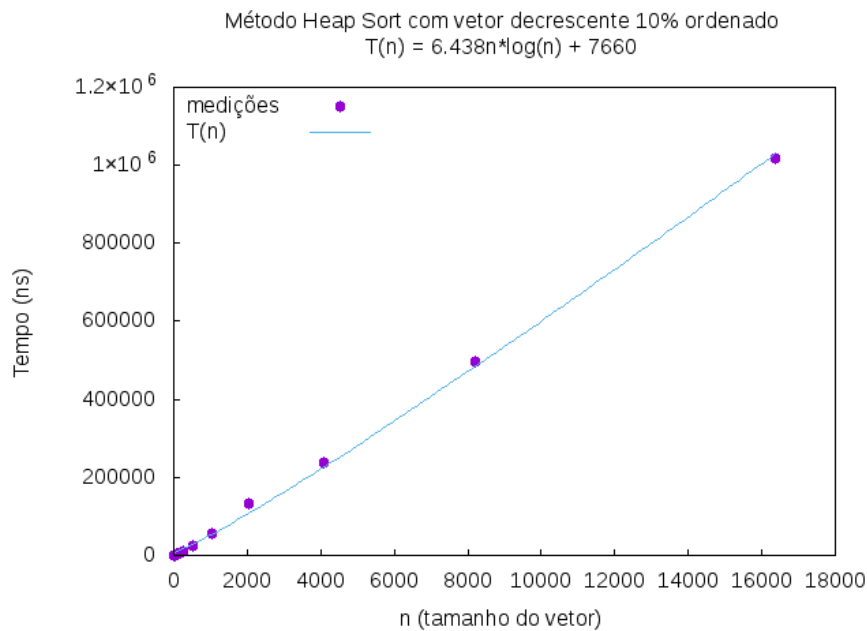


Figura 4.9: Gráfico Heap Sort - Vetor Decrescente P10

4.10 Heap Sort - Vetor Decrescente P20

Tabela gerada utilizando Heap Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem decrescente estando 20% ordenado.

Tabela 4.10: Heap Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 20% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	552
32	851
64	1775
128	4138
256	10415
512	34619
1024	56092
2048	120560
4096	236652
8192	505112
16384	991519

4.10.1 Gráfico Heap Sort - Vetor Decrescente P20

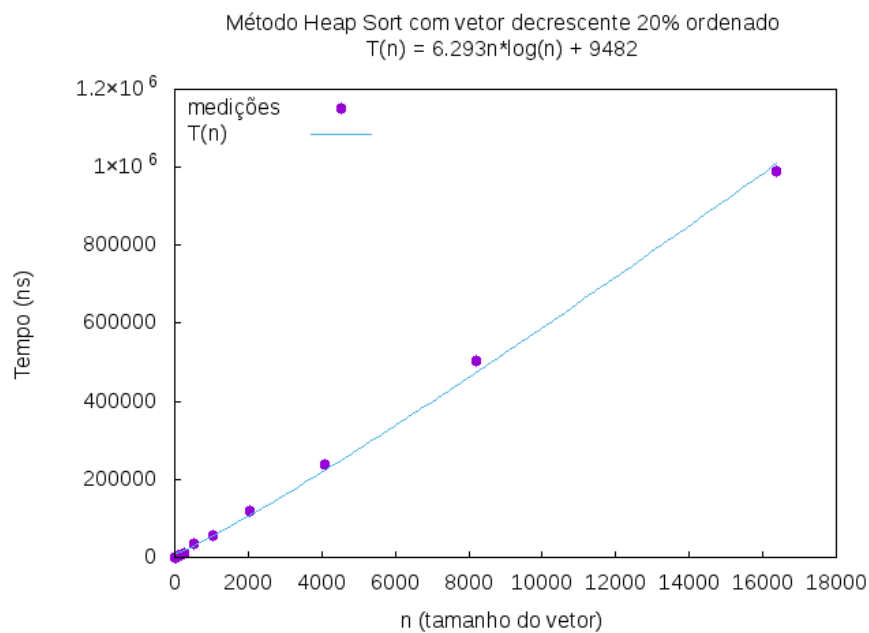


Figura 4.10: Gráfico Heap Sort - Vetor Decrescente P20

4.11 Heap Sort - Vetor Decrescente P30

Tabela gerada utilizando Heap Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem decrescente estando 30% ordenado.

Tabela 4.11: Heap Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 30% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	574
32	901
64	1805
128	4445
256	9851
512	25314
1024	58946
2048	115970
4096	236945
8192	517471
16384	1013956

4.11.1 Gráfico Heap Sort - Vetor Decrescente P30

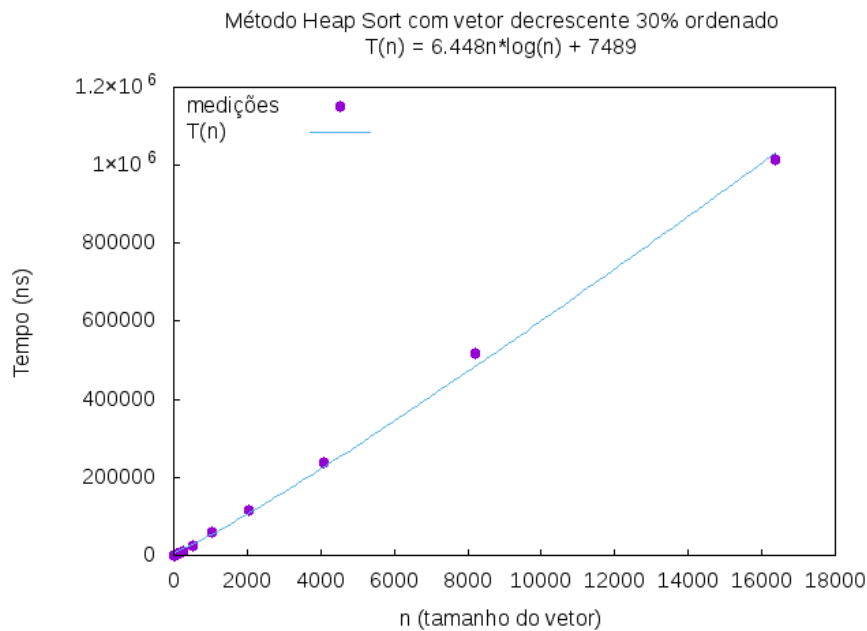


Figura 4.11: Gráfico Heap Sort - Vetor Decrescente P30

4.12 Heap Sort - Vetor Decrescente P40

Tabela gerada utilizando Heap Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem decrescente estando 40% ordenado.

Tabela 4.12: Heap Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 40% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	566
32	878
64	1773
128	3932
256	9781
512	24638
1024	55357
2048	117612
4096	247034
8192	479714
16384	966254

4.12.1 Gráfico Heap Sort - Vetor Decrescente P40

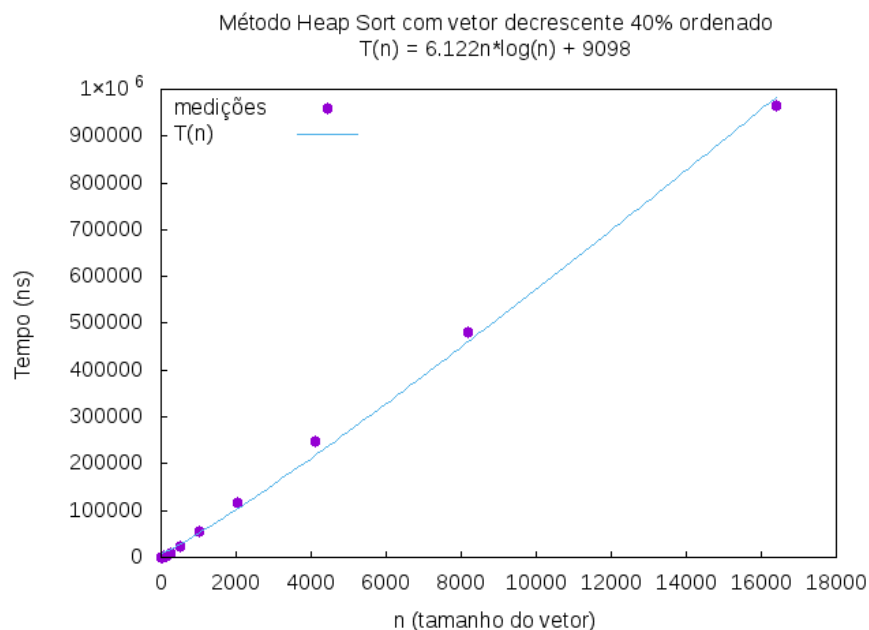


Figura 4.12: Gráfico Heap Sort - Vetor Decrescente P40

4.13 Heap Sort - Vetor Decrescente P50

Tabela gerada utilizando Heap Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem decrescente estando 50% ordenado.

Tabela 4.13: Heap Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 50% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	676
32	949
64	1959
128	4289
256	10597
512	24941
1024	54696
2048	138827
4096	236799
8192	531128
16384	947050

4.13.1 Gráfico Heap Sort - Vetor Decrescente P50

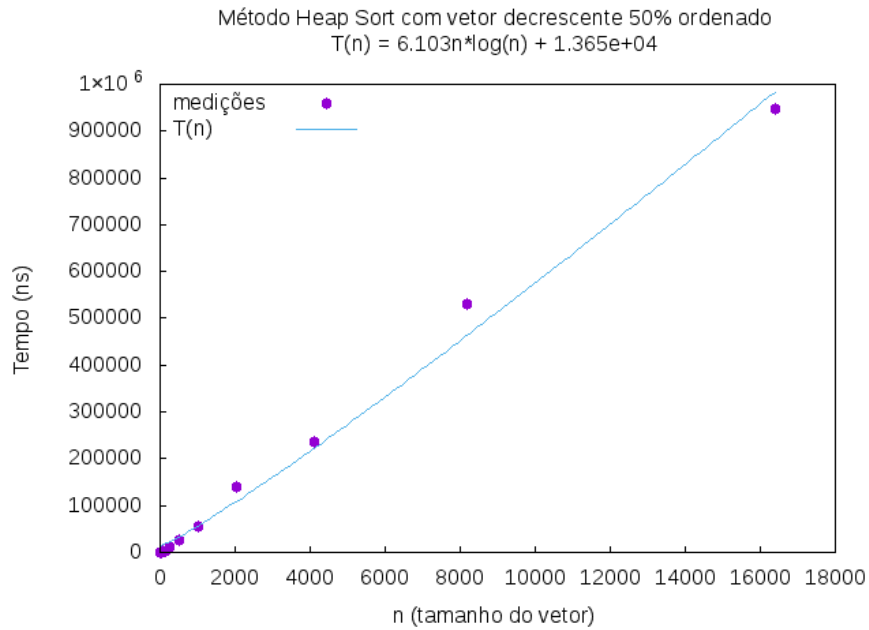


Figura 4.13: *Gráfico Heap Sort - Vetor Decrescente P50*

4.14 Observações Finais

heap sort com vetor em ordem decrescente com 10% dos elementos ordenados levaria aproximadamente 10 minutos para processar um vetor de 2^k com $k = 32$ elementos.

Capítulo 5

Quick Sort

QuickSort adota a estratégia de divisão e conquista, basicamente ele trabalha escolhendo um pivo, ele rearranja a lista da forma que os maiores que pivo ficam a direita e menores a esquerda, ele faz isso recursivamente até que tenha uma lista ordenada. Em qualquer caso, temos que o algoritmo QuickSort tem complexidade de tempo $O(n^2)$ no pior caso e tanto no médio quanto no melhor caso é $O(n \log n)$.

5.1 Quick Sort - Vetor Aleatório

Tabela gerada utilizando Quick Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos aleatoriamente.

Tabela 5.1: *Quick Sort com vetor aleatório*

Número de Elementos	Tempo de execução em nanosegundos
16	925
32	1077
64	2100
128	4491
256	10525
512	23829
1024	62993
2048	125500
4096	278666
8192	576399
16384	1261602

5.1.1 Gráfico Quick Sort - Vetor Aleatório

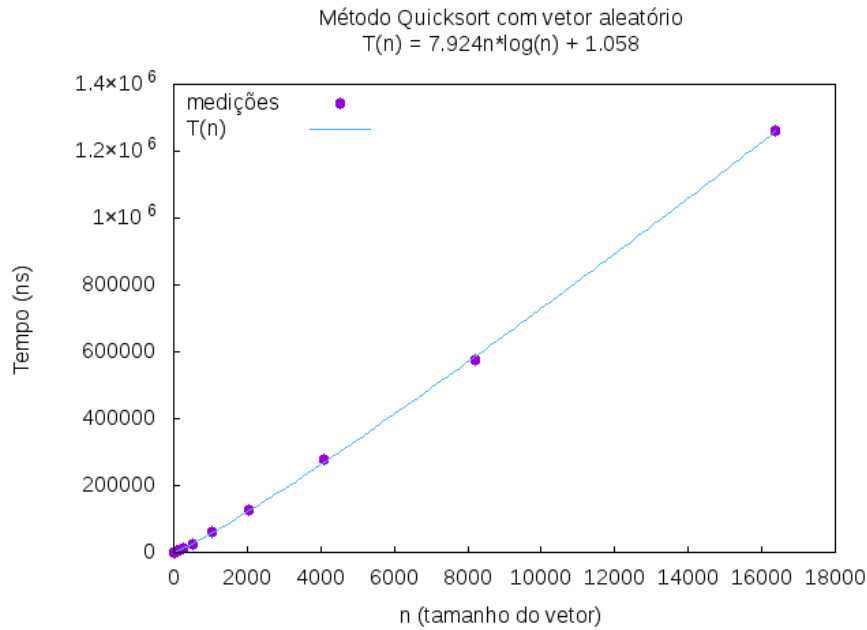


Figura 5.1: Gráfico Quick Sort - Vetor Aleatório

5.2 Quick Sort - Vetor Crescente

Tabela gerada utilizando Quick Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem crescente.

Tabela 5.2: Quick Sort com vetor ordenado em ordem crescente

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	706
32	954
64	1363
128	2163
256	3711
512	7086
1024	13945
2048	28288
4096	61831
8192	127886
16384	299130

5.2.1 Gráfico Quick Sort - Vetor Crescente

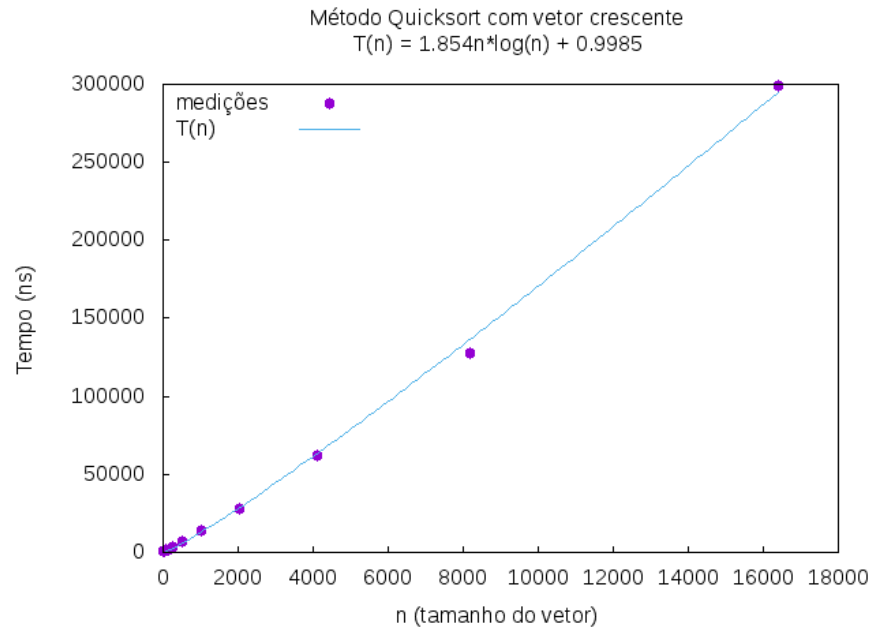


Figura 5.2: Gráfico Quick Sort - Vetor Crescente

5.3 Quick Sort - Vetor Crescente P10

Tabela gerada utilizando Quick Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem crescente estando 10% ordenado.

Tabela 5.3: Quick Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 10% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanosegundos
16	574
32	829
64	1158
128	2138
256	3617
512	6888
1024	13829
2048	28293
4096	60946
8192	131339
16384	269900

5.3.1 Gráfico Quick Sort - Vetor Crescente P10

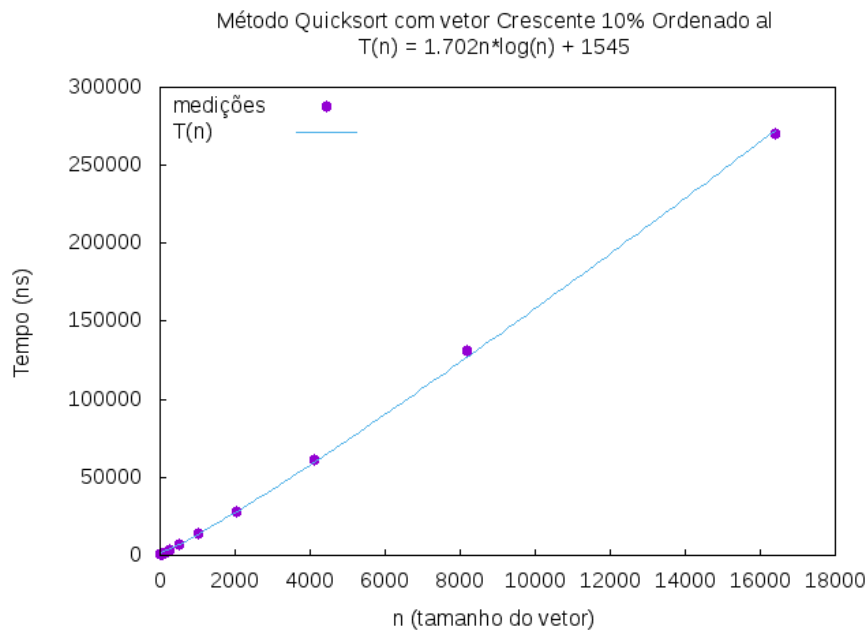


Figura 5.3: Gráfico *Quick Sort - Vetor Crescente P10*

5.4 Quick Sort - Vetor Crescente P20

Tabela gerada utilizando Quick Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem crescente estando 20% ordenado.

Tabela 5.4: *Quick Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 20% ordenado*

Número de Elementos	Tempo de execução em nanosegundos
16	685
32	807
64	1334
128	2136
256	3568
512	6805
1024	13583
2048	27666
4096	56503
8192	121141
16384	264576

5.4.1 Gráfico Quick Sort - Vetor Crescente P20

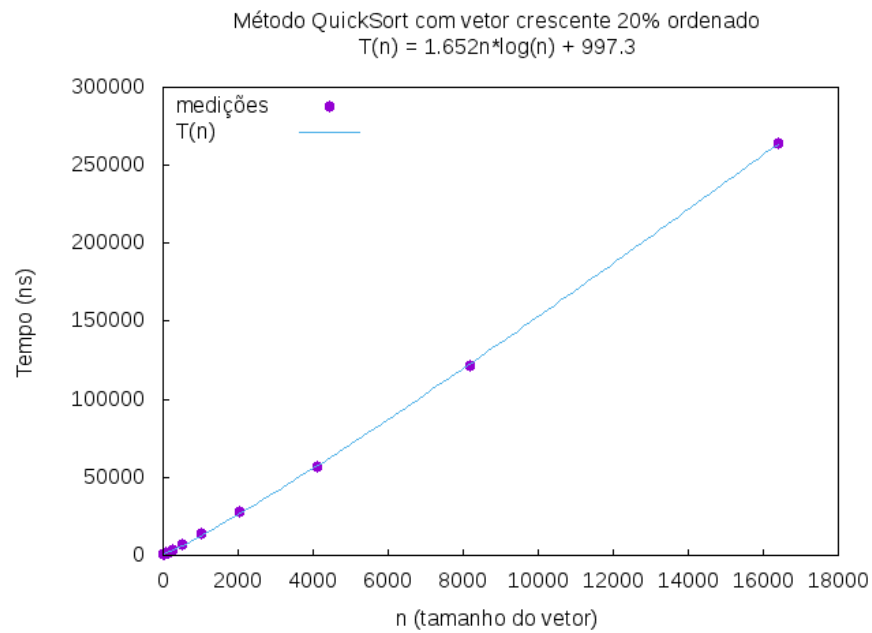


Figura 5.4: Gráfico Quick Sort - Vetor Crescente P20

5.5 Quick Sort - Vetor Crescente P30

Tabela gerada utilizando Quick Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem crescente estando 30% ordenado.

Tabela 5.5: Quick Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 30% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	651
32	919
64	1282
128	2141
256	3705
512	6656
1024	13097
2048	27936
4096	66555
8192	121364
16384	248146

5.5.1 Gráfico Quick Sort - Vetor Crescente P30

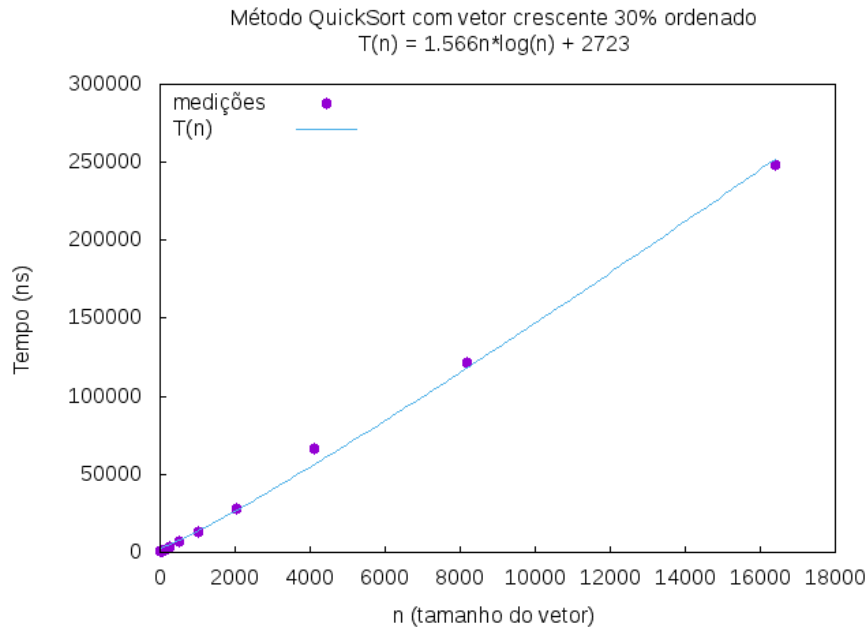


Figura 5.5: Gráfico Quick Sort - Vetor Crescente P30

5.6 Quick Sort - Vetor Crescente P40

Tabela gerada utilizando Quick Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem crescente estando 40% ordenado.

Tabela 5.6: Quick Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 40% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	549
32	879
64	1148
128	1817
256	3197
512	6362
1024	12558
2048	31216
4096	53019
8192	120388
16384	238560

5.6.1 Gráfico Quick Sort - Vetor Crescente P40

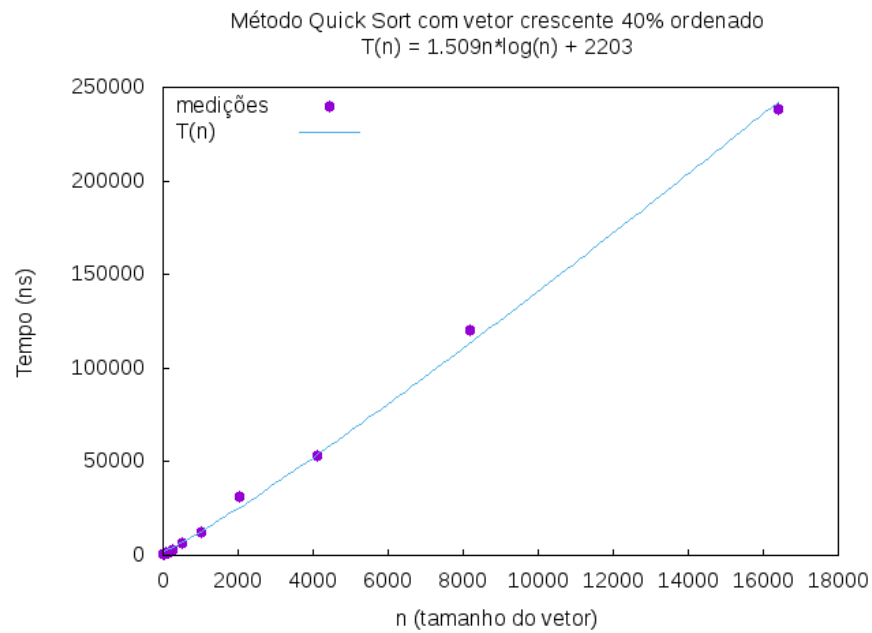


Figura 5.6: Gráfico Quick Sort - Vetor Crescente P40

5.7 Quick Sort - Vetor Crescente P50

Tabela gerada utilizando Quick Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem crescente estando 50% ordenado.

Tabela 5.7: Quick Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 50% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	560
32	718
64	1083
128	1784
256	3276
512	6081
1024	12595
2048	26004
4096	54648
8192	145564
16384	241835

5.7.1 Gráfico Quick Sort - Vetor Crescente P50

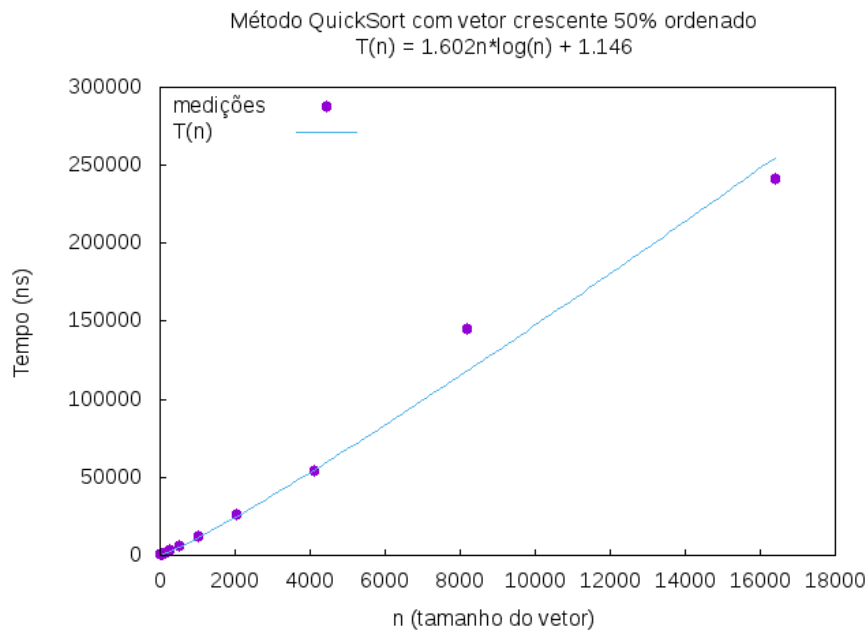


Figura 5.7: Gráfico *Quick Sort - Vetor Crescente P50*

5.8 Quick Sort - Vetor Decrescente

Tabela gerada utilizando Quick Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem decrescente.

Tabela 5.8: *Quick Sort com vetor ordenado em ordem decrescente*

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	589
32	749
64	883
128	1476
256	2584
512	4991
1024	9893
2048	20693
4096	50409
8192	93702
16384	201092

5.8.1 Gráfico Quick Sort - Vetor Decrescente

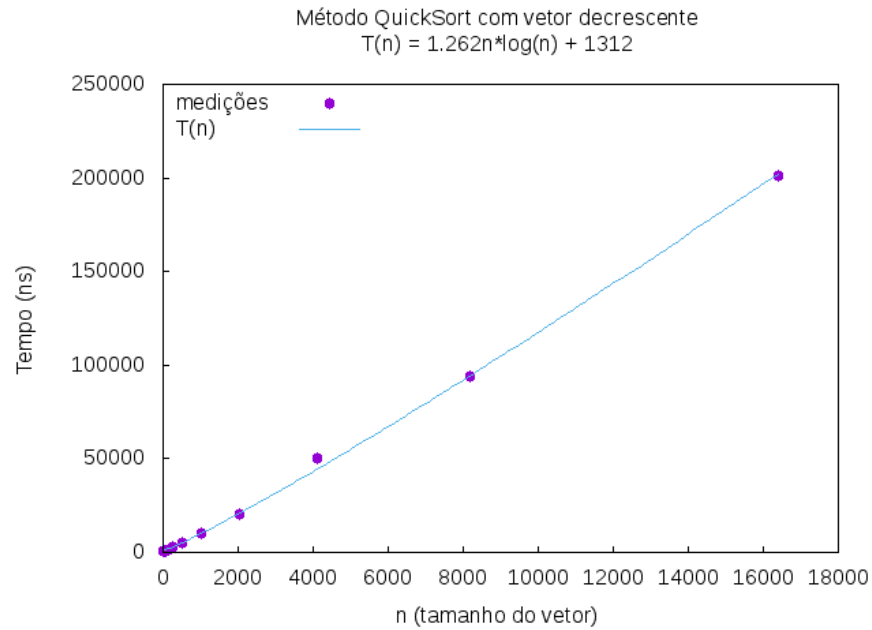


Figura 5.8: Gráfico Quick Sort - Vetor Decrescente

5.9 Quick Sort - Vetor Decrescente P10

Tabela gerada utilizando Quick Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem decrescente estando 10% ordenado.

Tabela 5.9: Quick Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 10% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	698
32	701
64	1162
128	1805
256	3019
512	5849
1024	11126
2048	22521
4096	49710
8192	102070
16384	222690

5.9.1 Gráfico Quick Sort - Vetor Decrescente P10

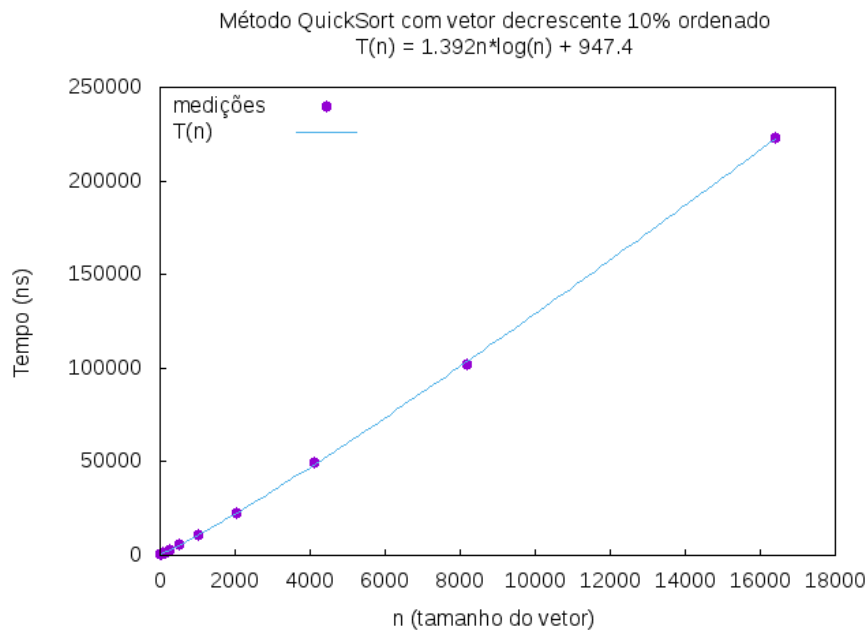


Figura 5.9: Gráfico Quick Sort - Vetor Decrescente P10

5.10 Quick Sort - Vetor Decrescente P20

Tabela gerada utilizando Quick Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem decrescente estando 20% ordenado.

Tabela 5.10: Quick Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 20% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	835
32	868
64	1218
128	1905
256	3398
512	6020
1024	11484
2048	23470
4096	48791
8192	110327
16384	218467

5.10.1 Gráfico Quick Sort - Vetor Decrescente P20

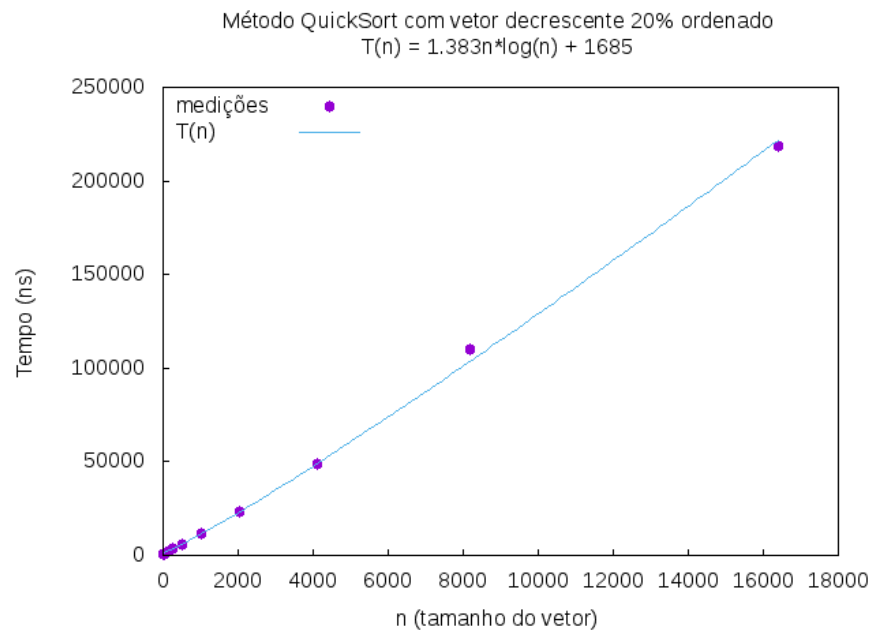


Figura 5.10: Gráfico Quick Sort - Vetor Decrescente P20

5.11 Quick Sort - Vetor Decrescente P30

Tabela gerada utilizando Quick Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem decrescente estando 30% ordenado.

Tabela 5.11: Quick Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 30% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	585
32	785
64	1168
128	1850
256	3089
512	5738
1024	11419
2048	23348
4096	49489
8192	106600
16384	222547

5.11.1 Gráfico Quick Sort - Vetor Decrescente P30

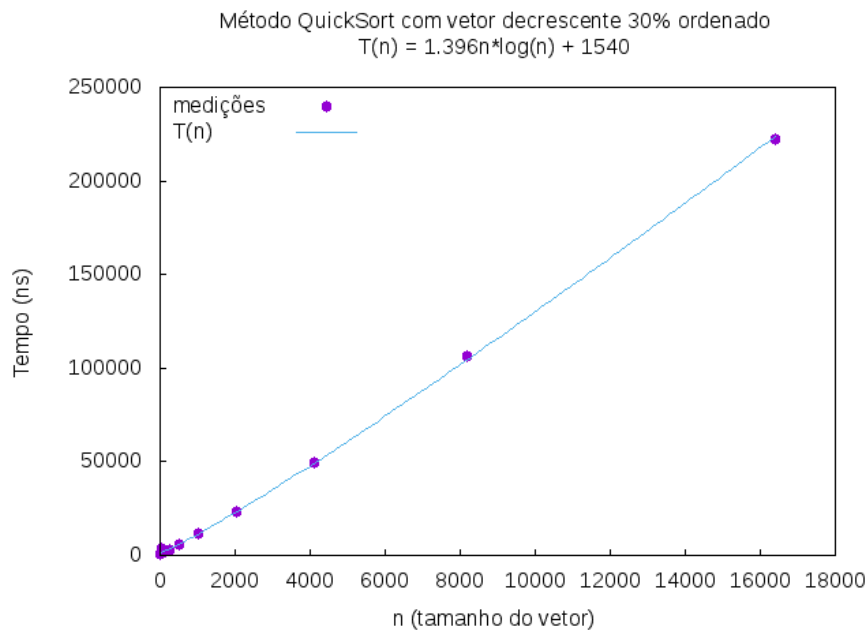


Figura 5.11: Gráfico Quick Sort - Vetor Decrescente P30

5.12 Quick Sort - Vetor Decrescente P40

Tabela gerada utilizando Quick Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem decrescente estando 40% ordenado.

Tabela 5.12: Quick Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 40% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	677
32	905
64	1706
128	2646
256	3768
512	6826
1024	12542
2048	25469
4096	62872
8192	114528
16384	229091

5.12.1 Gráfico Quick Sort - Vetor Decrescente P40

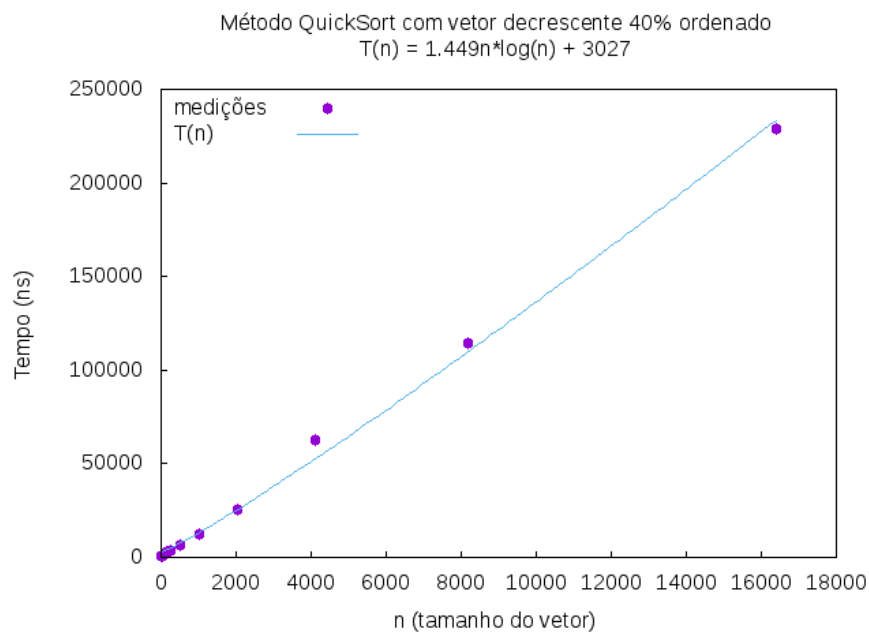


Figura 5.12: Gráfico Quick Sort - Vetor Decrescente P40

5.13 Quick Sort - Vetor Decrescente P50

Tabela gerada utilizando Quick Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem decrescente estando 50% ordenado.

Tabela 5.13: Quick Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 50% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	638
32	803
64	1209
128	1954
256	3424
512	6323
1024	12541
2048	26206
4096	54582
8192	121376
16384	239823

5.13.1 Gráfico Quick Sort - Vetor Decrescente P50

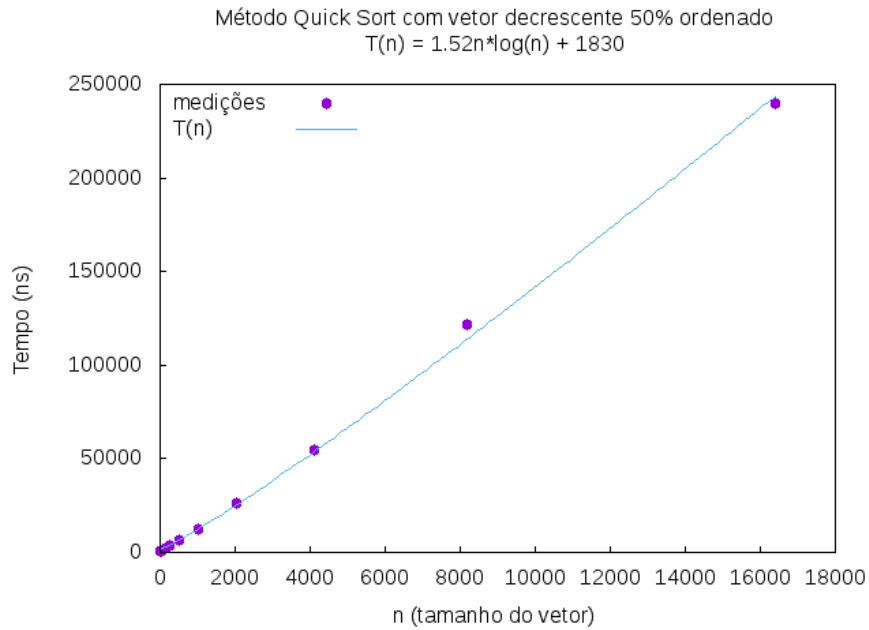


Figura 5.13: *Gráfico Quick Sort - Vetor Decrescente P50*

5.14 Observações Finais

quick sort com vetor de elementos totalmente aleatório levaria aproximadamente 12 minutos para processar um vetor de 2^k com $k = 32$ elementos nessas condições.

Capítulo 6

Counting Sort

O algoritmo de ordenação Counting Sort é um algoritmo estável. Basicamente ele determina para cada entrada X , o número de elementos menor que ele, e utilizando essa informação, ele coloca o elemento x diretamente na posição correta no vetor de saída. Em qualquer caso, temos que o algoritmo CountingSort tem complexidade de tempo $O(n)$.

6.1 Counting Sort - Vetor Aleatório

Tabela gerada utilizando Counting Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos aleatoriamente.

Tabela 6.1: *Counting Sort com vetor aleatório*

Número de Elementos	Tempo de execução em nanosegundos
16	1180
32	763
64	753
128	980
256	1277
512	3643
1024	5315
2048	12623
4096	23526
8192	64405
16384	163553

6.1.1 Gráfico Counting Sort - Vetor Aleatório

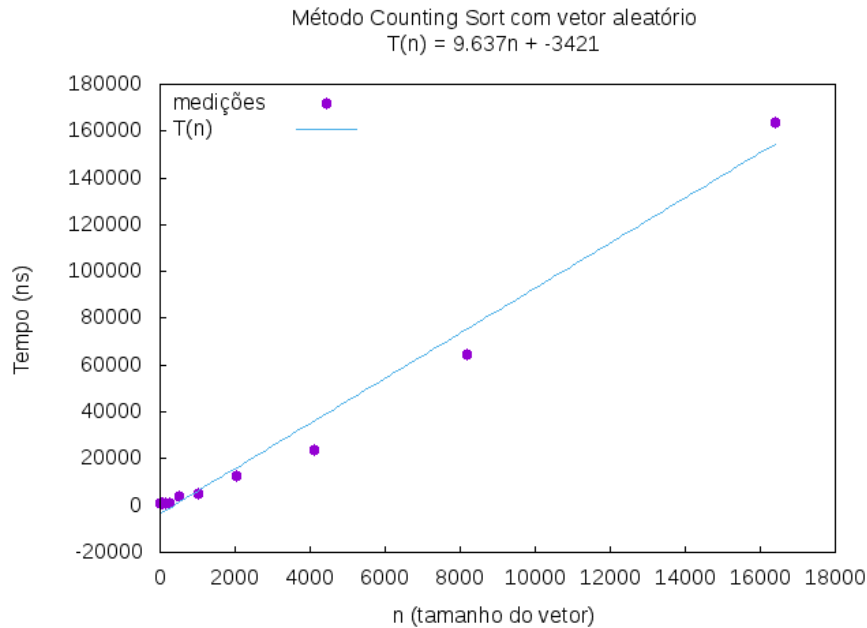


Figura 6.1: Gráfico Counting Sort - Vetor Aleatório

6.2 Counting Sort - Vetor Crescente

Tabela gerada utilizando Counting Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem crescente.

Tabela 6.2: Counting Sort com vetor ordenado em ordem crescente

Número de Elementos	Tempo de execução em nanosegundos
16	942
32	665
64	790
128	1183
256	1396
512	2115
1024	8305
2048	17296
4096	41228
8192	59797
16384	107430

6.2.1 Gráfico Counting Sort - Vetor Crescente

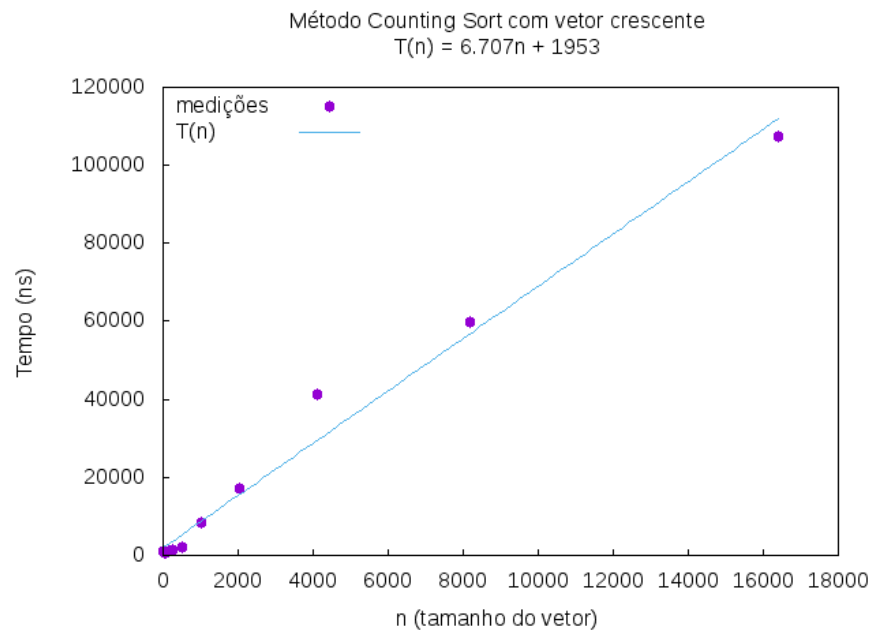


Figura 6.2: Gráfico Counting Sort - Vetor Crescente

6.3 Counting Sort - Vetor Crescente P10

Tabela gerada utilizando Counting Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem crescente estando 10% ordenado.

Tabela 6.3: Counting Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 10% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	986
32	703
64	935
128	1027
256	1433
512	2054
1024	5931
2048	16341
4096	31788
8192	73657
16384	151634

6.3.1 Gráfico Counting Sort - Vetor Crescente P10

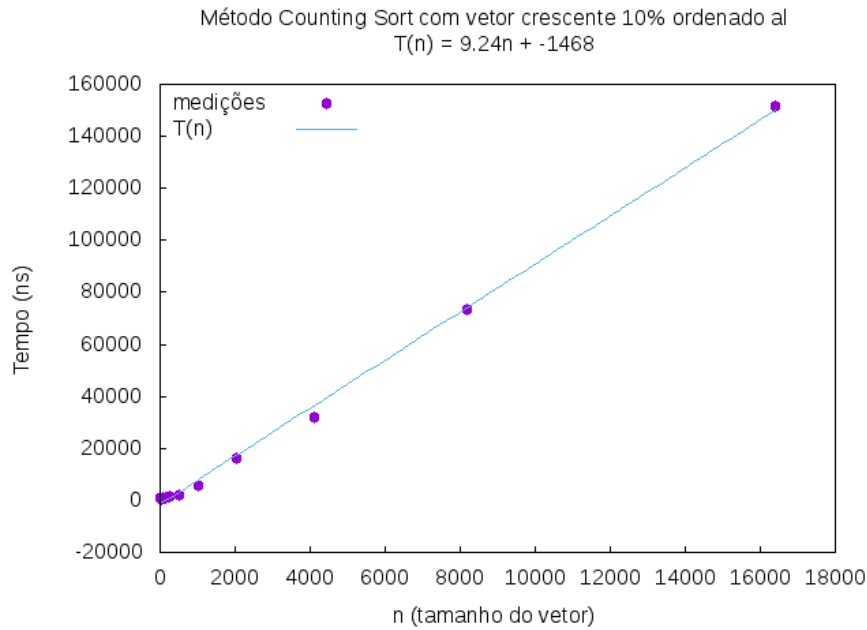


Figura 6.3: Gráfico Counting Sort - Vetor Crescente P10

6.4 Counting Sort - Vetor Crescente P20

Tabela gerada utilizando Counting Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem crescente estando 20% ordenado.

Tabela 6.4: Counting Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 20% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanosegundos
16	931
32	698
64	739
128	983
256	1409
512	4075
1024	5644
2048	17222
4096	28122
8192	66564
16384	102014

6.4.1 Gráfico Counting Sort - Vetor Crescente P20

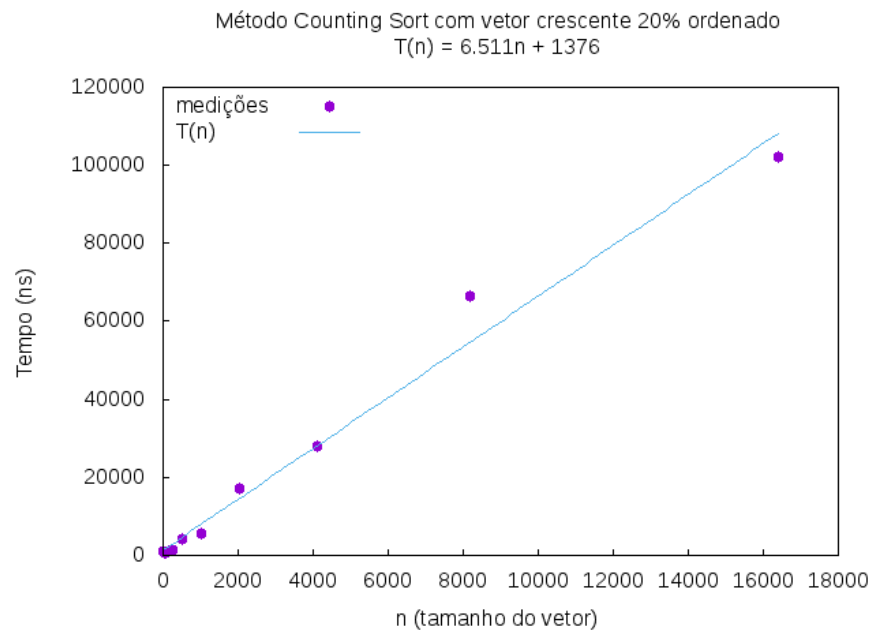


Figura 6.4: Gráfico Counting Sort - Vetor Crescente P20

6.5 Counting Sort - Vetor Crescente P30

Tabela gerada utilizando Counting Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem crescente estando 30% ordenado.

Tabela 6.5: Counting Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 30% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	884
32	607
64	793
128	4111
256	1340
512	3869
1024	6533
2048	14310
4096	33867
8192	56900
16384	117884

6.5.1 Gráfico Counting Sort - Vetor Crescente P30

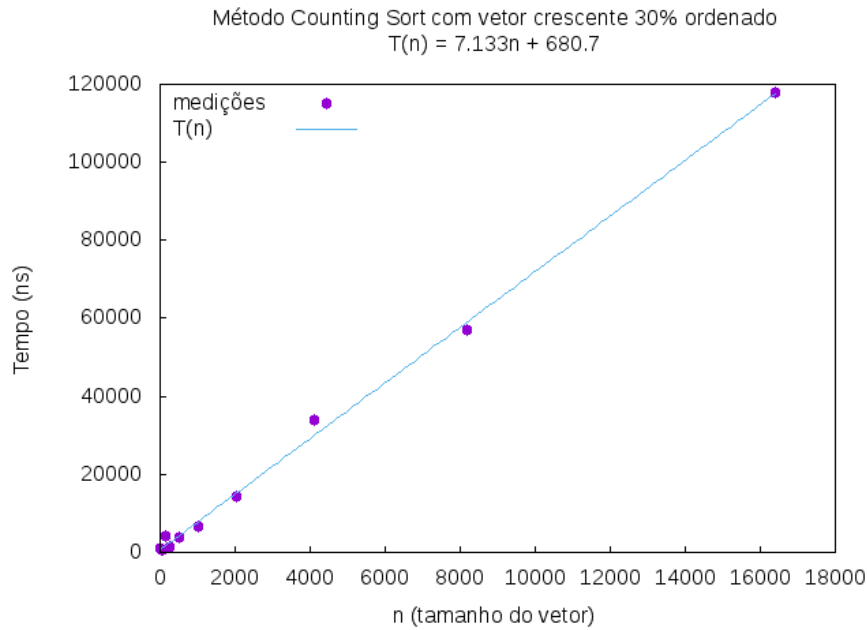


Figura 6.5: Gráfico Counting Sort - Vetor Crescente P30

6.6 Counting Sort - Vetor Crescente P40

Tabela gerada utilizando Counting Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem crescente estando 40% ordenado.

Tabela 6.6: Counting Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 40% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	1114
32	644
64	764
128	1036
256	1327
512	1919
1024	10465
2048	18442
4096	51975
8192	56684
16384	105513

6.6.1 Gráfico Counting Sort - Vetor Crescente P40

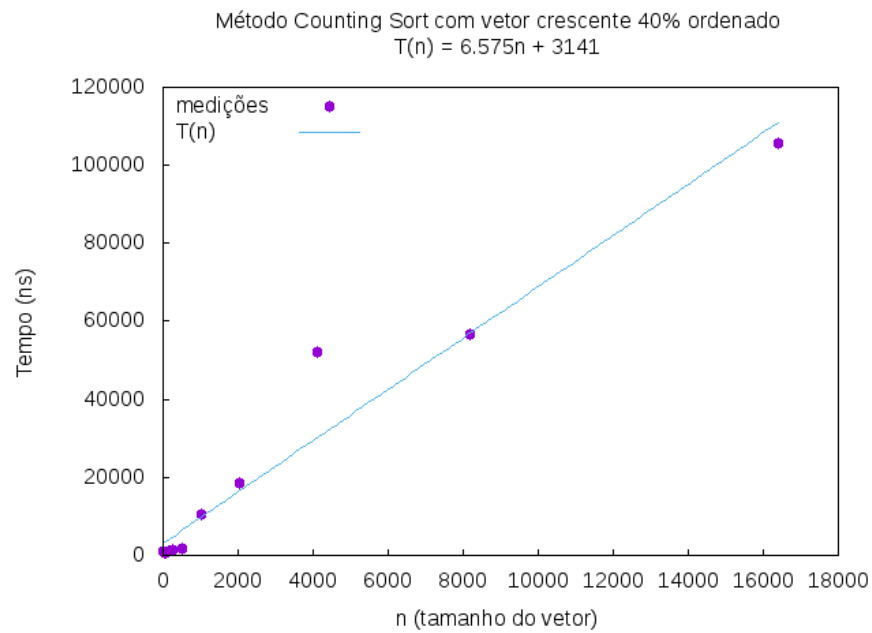


Figura 6.6: Gráfico Counting Sort - Vetor Crescente P40

6.7 Counting Sort - Vetor Crescente P50

Tabela gerada utilizando Counting Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem crescente estando 50% ordenado.

Tabela 6.7: Counting Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 50% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	3878
32	655
64	771
128	1086
256	1391
512	4088
1024	5410
2048	15451
4096	29168
8192	51542
16384	114574

6.7.1 Gráfico Counting Sort - Vetor Crescente P50

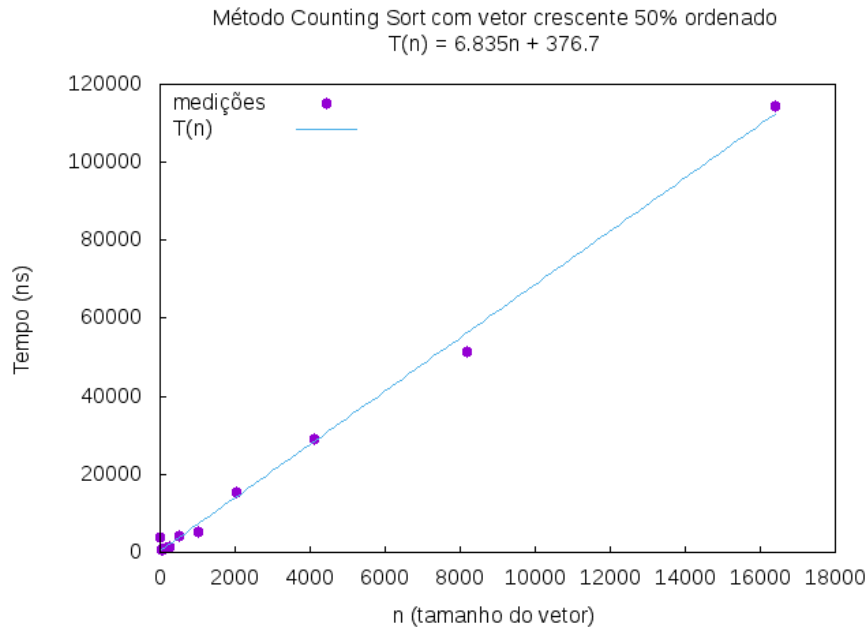


Figura 6.7: Gráfico Counting Sort - Vetor Crescente P50

6.8 Counting Sort - Vetor Decrescente

Tabela gerada utilizando Counting Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem decrescente.

Tabela 6.8: Counting Sort com vetor ordenado em ordem decrescente

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	1111
32	669
64	807
128	1038
256	1308
512	7100
1024	5235
2048	13556
4096	31042
8192	55271
16384	121497

6.8.1 Gráfico Counting Sort - Vetor Decrescente

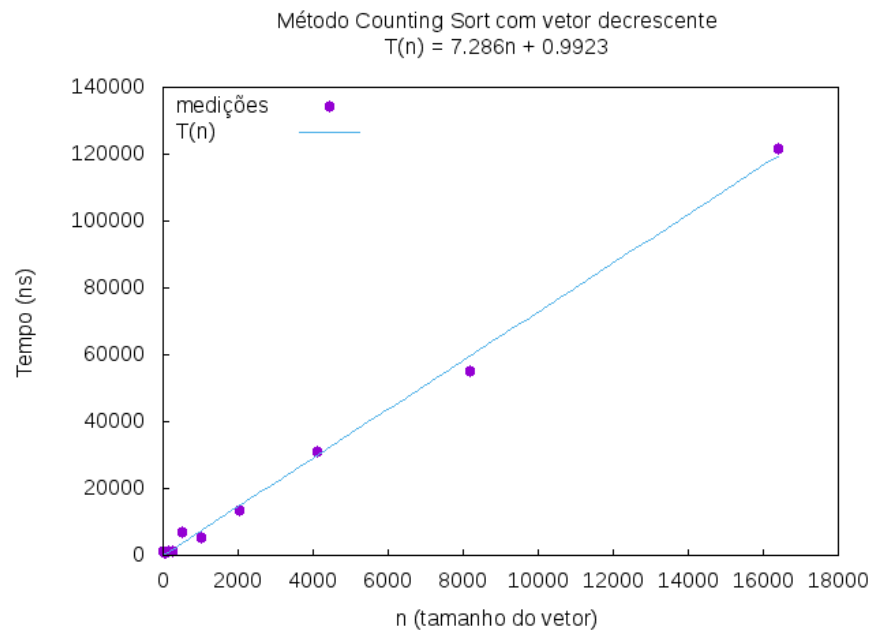


Figura 6.8: *Gráfico Counting Sort - Vetor Decrescente*

6.9 Counting Sort - Vetor Decrescente P10

Tabela gerada utilizando Counting Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem decrescente estando 10% ordenado.

Tabela 6.9: *Counting Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 10% ordenado*

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	1035
32	609
64	784
128	1082
256	1326
512	2019
1024	5279
2048	12392
4096	25377
8192	46191
16384	93057

6.9.1 Gráfico Counting Sort - Vetor Decrescente P10

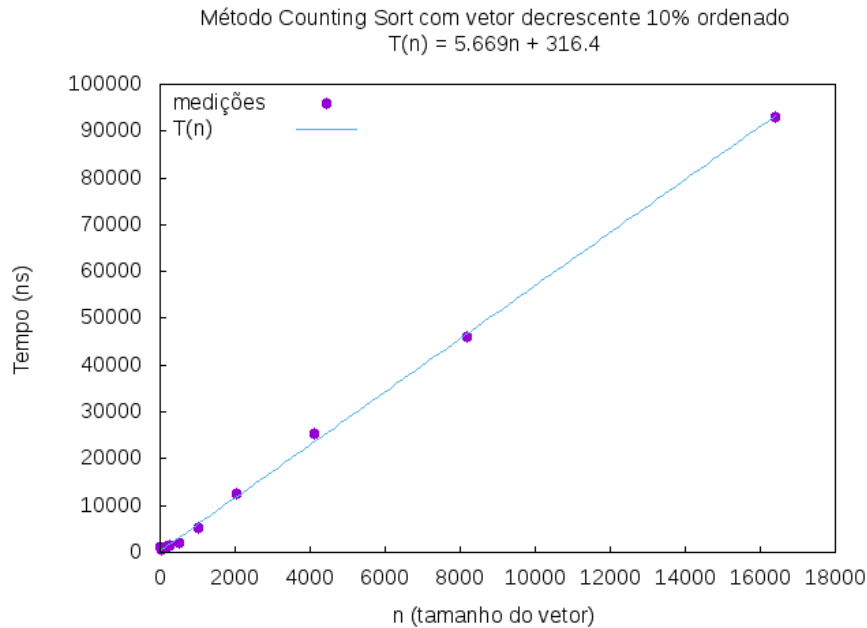


Figura 6.9: Gráfico Counting Sort - Vetor Decrescente P10

6.10 Counting Sort - Vetor Decrescente P20

Tabela gerada utilizando Counting Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem decrescente estando 20% ordenado.

Tabela 6.10: Counting Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 20% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	1251
32	1486
64	764
128	1023
256	1311
512	3741
1024	5552
2048	13647
4096	39382
8192	48979
16384	99118

6.10.1 Gráfico Counting Sort - Vetor Decrescente P20

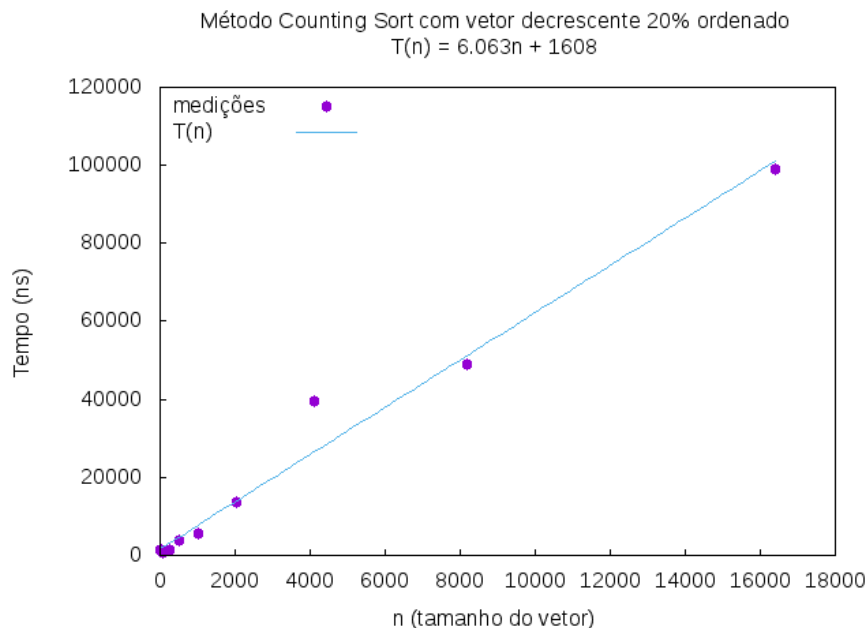


Figura 6.10: Gráfico Counting Sort - Vetor Decrescente P20

6.11 Counting Sort - Vetor Decrescente P30

Tabela gerada utilizando Counting Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem decrescente estando 30% ordenado.

Tabela 6.11: Counting Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 30% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	1014
32	676
64	756
128	1140
256	1462
512	4058
1024	5755
2048	16655
4096	35422
8192	64506
16384	103663

6.11.1 Gráfico Counting Sort - Vetor Decrescente P30

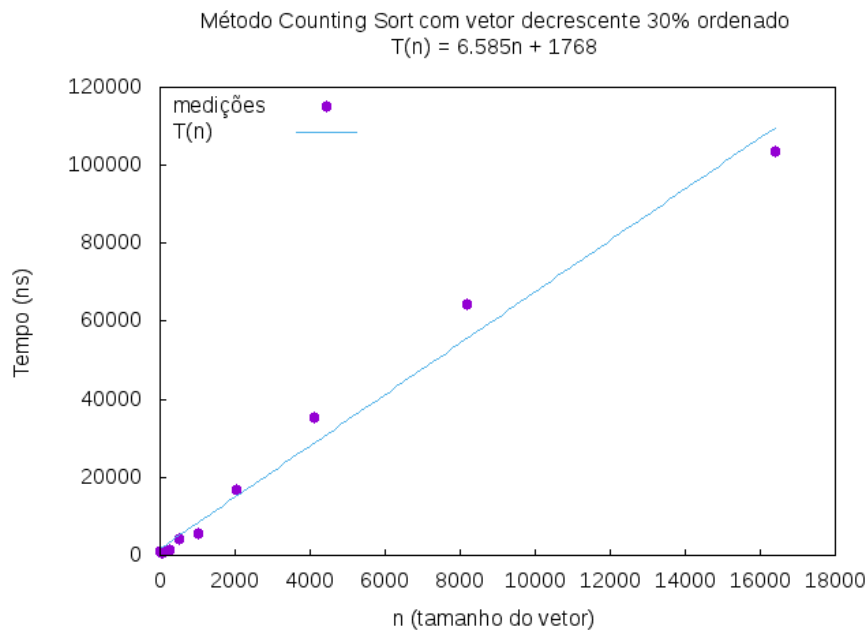


Figura 6.11: Gráfico Counting Sort - Vetor Decrescente P30

6.12 Counting Sort - Vetor Decrescente P40

Tabela gerada utilizando Counting Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem decrescente estando 40% ordenado.

Tabela 6.12: Counting Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 40% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	1129
32	705
64	754
128	1004
256	1518
512	1925
1024	5353
2048	12747
4096	24478
8192	49552
16384	120622

6.12.1 Gráfico Counting Sort - Vetor Decrescente P40

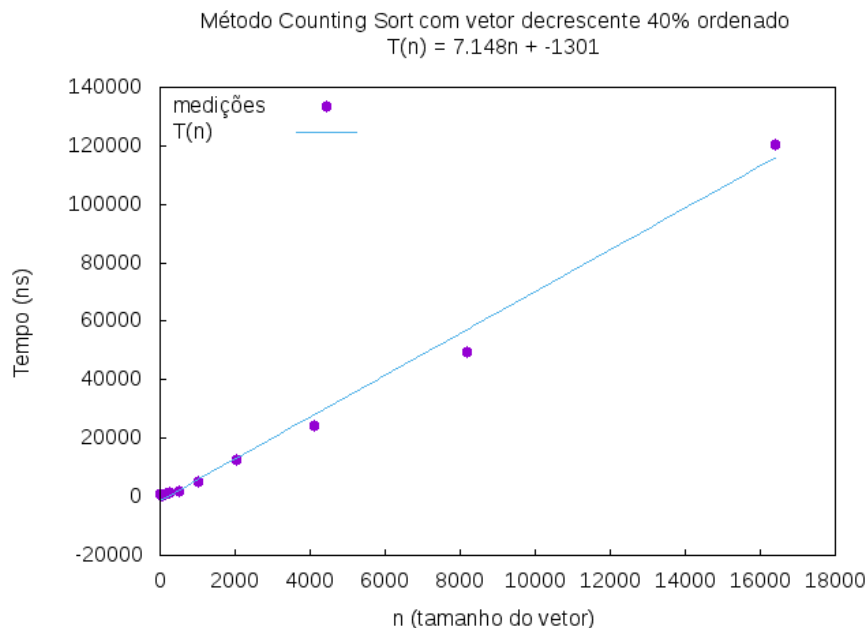


Figura 6.12: Gráfico Counting Sort - Vetor Decrescente P40

6.13 Counting Sort - Vetor Decrescente P50

Tabela gerada utilizando Counting Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem decrescente estando 50% ordenado.

Tabela 6.13: Counting Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 50% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	960
32	586
64	792
128	1090
256	1344
512	2043
1024	5051
2048	14108
4096	26611
8192	50560
16384	140356

6.13.1 Gráfico Counting Sort - Vetor Decrescente P50

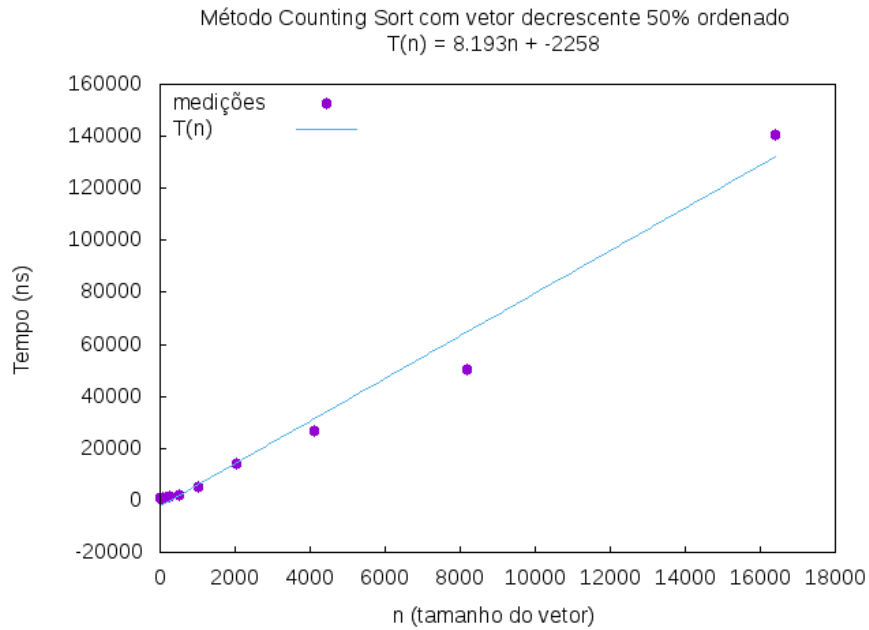


Figura 6.13: *Gráfico Counting Sort - Vetor Decrescente P50*

6.14 Observações Finais

counting sort com vetor de elementos totalmente aleatório levaria aproximadamente 49 segundos para processar um vetor de 2^k com $k = 32$ elementos nessas condições.

Capítulo 7

Radix Sort

O algoritmo de ordenação Radix Sort é um algoritmo estável. Ele ordena itens que são identificados por chaves únicas. Cada chave é uma cadeia de caracteres ou número, o radix ordena as chaves. Ele ordena inteiros processando dígitos individuais. Em qualquer caso, temos que o algoritmo RadixSort tem complexidade de tempo $O(n)$.

7.1 Radix Sort - Vetor Aleatório

Tabela gerada utilizando Radix Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos aleatoriamente.

Tabela 7.1: *Radix Sort com vetor aleatório*

Número de Elementos	Tempo de execução em nanosegundos
16	1773
32	1345
64	2116
128	4744
256	10074
512	19320
1024	50121
2048	101591
4096	224802
8192	478058
16384	1253961

7.1.1 Gráfico Radix Sort - Vetor Aleatório

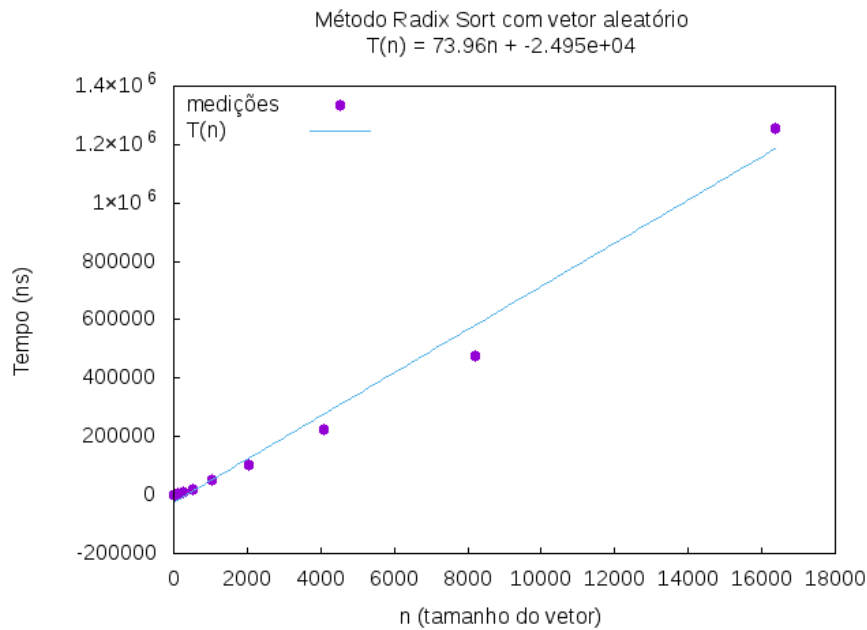


Figura 7.1: *Gráfico Radix Sort - Vetor Aleatório*

7.2 Radix Sort - Vetor Crescente

Tabela gerada utilizando Radix Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem crescente.

Tabela 7.2: *Radix Sort com vetor ordenado em ordem crescente*

Número de Elementos	Tempo de execução em nanosegundos
16	1257
32	1550
64	2657
128	4851
256	9156
512	18680
1024	51585
2048	105519
4096	208193
8192	414850
16384	1078854

7.2.1 Gráfico Radix Sort - Vetor Crescente

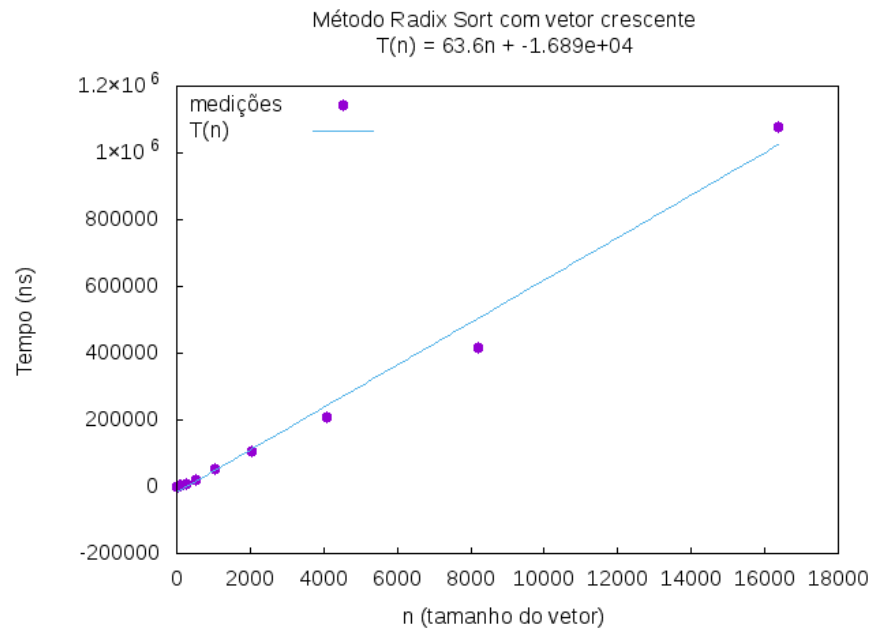


Figura 7.2: Gráfico Radix Sort - Vetor Crescente

7.3 Radix Sort - Vetor Crescente P10

Tabela gerada utilizando Radix Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem crescente estando 10% ordenado.

Tabela 7.3: Radix Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 10% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	1449
32	1470
64	2184
128	4827
256	8697
512	19543
1024	58018
2048	114081
4096	266876
8192	558293
16384	1079561

7.3.1 Gráfico Radix Sort - Vetor Crescente P10

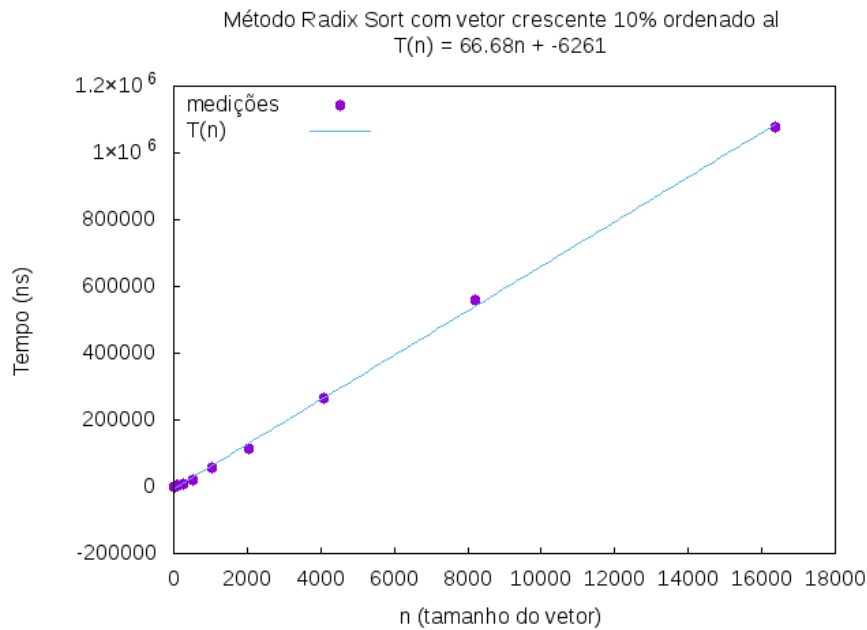


Figura 7.3: Gráfico Radix Sort - Vetor Crescente P10

7.4 Radix Sort - Vetor Crescente P20

Tabela gerada utilizando Radix Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem crescente estando 20% ordenado.

Tabela 7.4: Radix Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 20% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	1569
32	1443
64	2196
128	4695
256	8532
512	20225
1024	50143
2048	108896
4096	215786
8192	434859
16384	1083653

7.4.1 Gráfico Radix Sort - Vetor Crescente P20

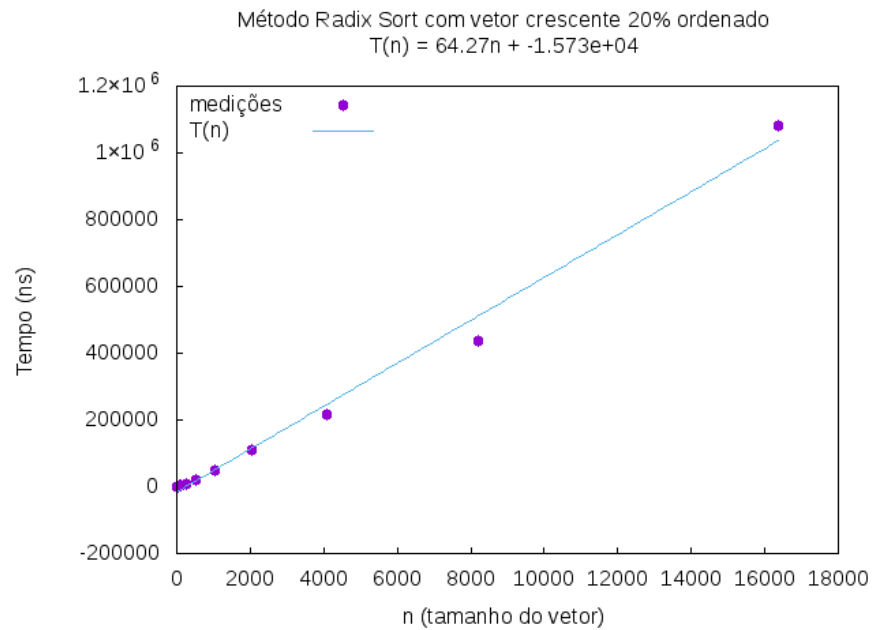


Figura 7.4: Gráfico Radix Sort - Vetor Crescente P20

7.5 Radix Sort - Vetor Crescente P30

Tabela gerada utilizando Radix Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem crescente estando 30% ordenado.

Tabela 7.5: Radix Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 30% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	1566
32	1507
64	2394
128	8107
256	10217
512	20026
1024	52093
2048	125015
4096	315646
8192	414589
16384	1056987

7.5.1 Gráfico Radix Sort - Vetor Crescente P30

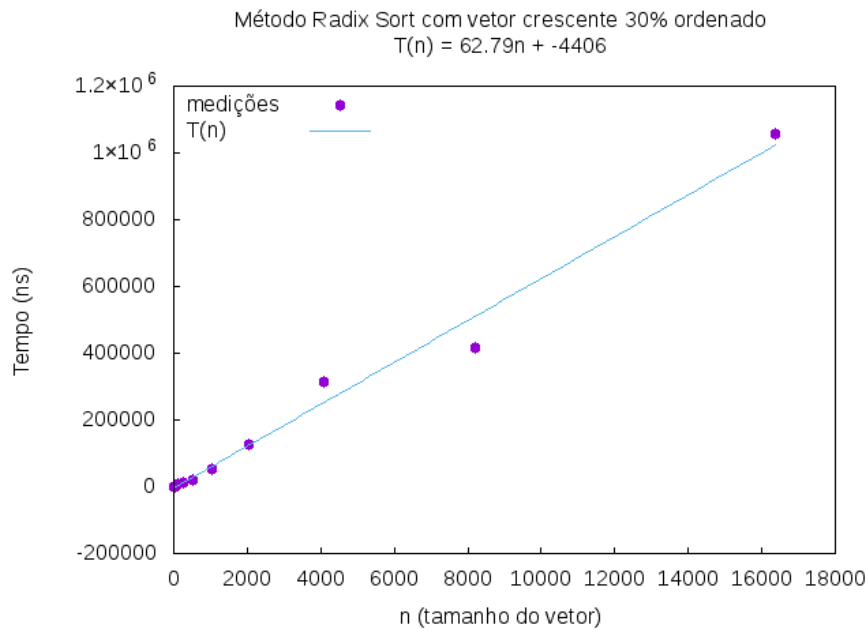


Figura 7.5: Gráfico Radix Sort - Vetor Crescente P30

7.6 Radix Sort - Vetor Crescente P40

Tabela gerada utilizando Radix Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem crescente estando 40% ordenado.

Tabela 7.6: Radix Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 40% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	1511
32	1449
64	2159
128	4897
256	10195
512	19773
1024	50826
2048	105839
4096	228973
8192	412796
16384	1213010

7.6.1 Gráfico Radix Sort - Vetor Crescente P40

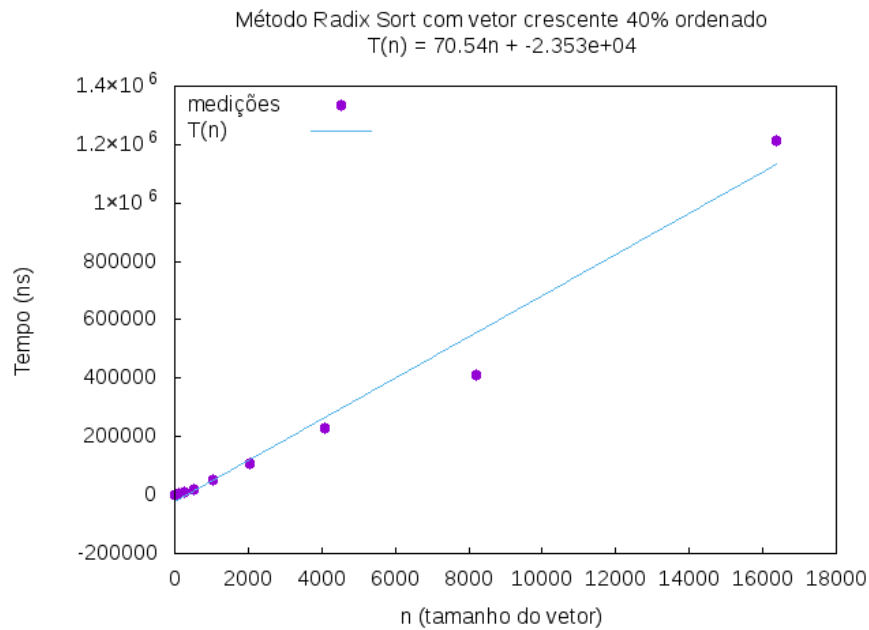


Figura 7.6: Gráfico Radix Sort - Vetor Crescente P40

7.7 Radix Sort - Vetor Crescente P50

Tabela gerada utilizando Radix Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem crescente estando 50% ordenado.

Tabela 7.7: Radix Sort com vetor ordenado em ordem crescente estando 50% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	2771
32	1584
64	2927
128	6718
256	14551
512	28748
1024	83909
2048	134313
4096	205712
8192	440127
16384	1104181

7.7.1 Gráfico Radix Sort - Vetor Crescente P50

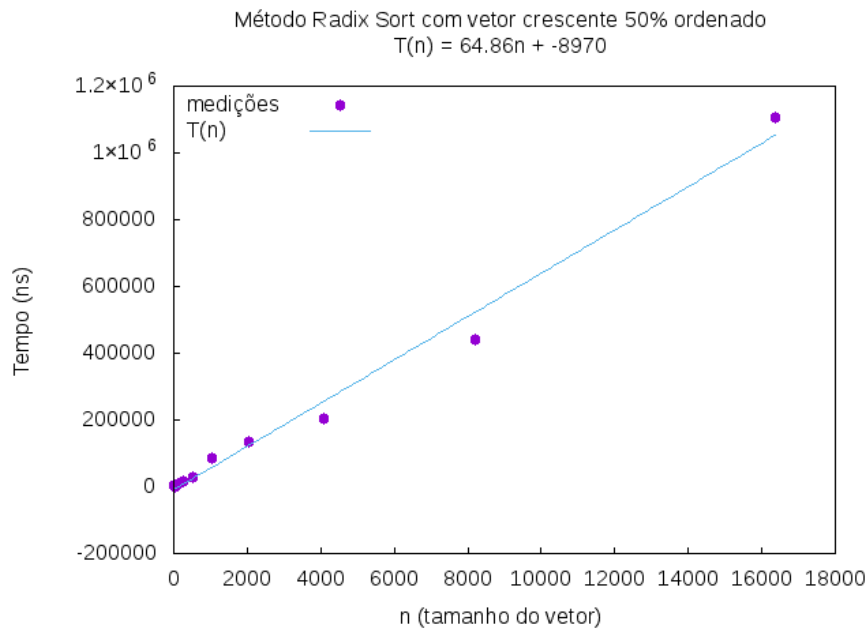


Figura 7.7: Gráfico Radix Sort - Vetor Crescente P50

7.8 Radix Sort - Vetor Decrescente

Tabela gerada utilizando Radix Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem decrescente.

Tabela 7.8: Radix Sort com vetor ordenado em ordem decrescente

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	1509
32	1380
64	2209
128	4755
256	10156
512	21064
1024	50785
2048	105126
4096	204012
8192	421833
16384	1300937

7.8.1 Gráfico Radix Sort - Vetor Decrescente

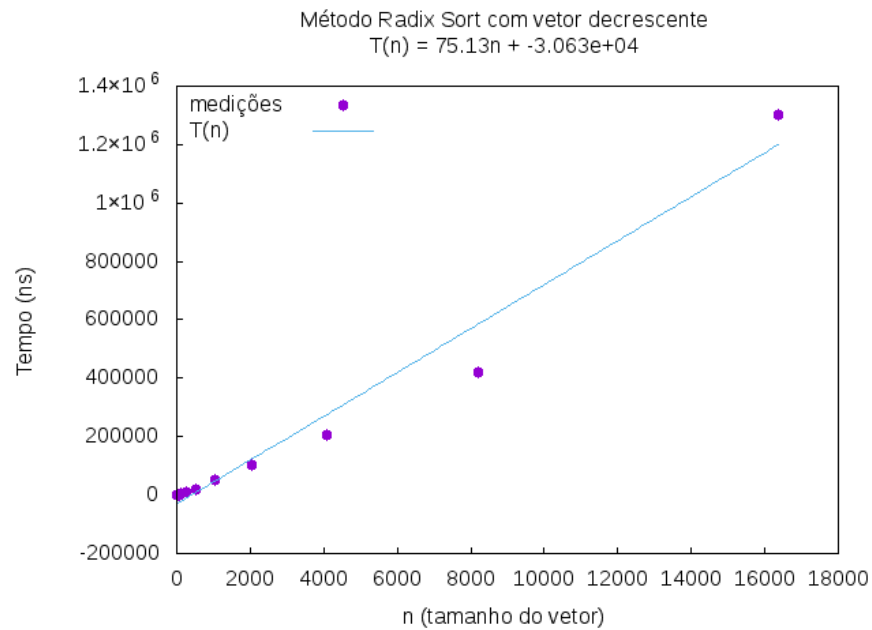


Figura 7.8: Gráfico Radix Sort - Vetor Decrescente

7.9 Radix Sort - Vetor Decrescente P10

Tabela gerada utilizando Radix Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem decrescente estando 10% ordenado.

Tabela 7.9: Radix Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 10% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	1575
32	1407
64	2223
128	4714
256	10106
512	19246
1024	49723
2048	99033
4096	196898
8192	432726
16384	1075879

7.9.1 Gráfico Radix Sort - Vetor Decrescente P10

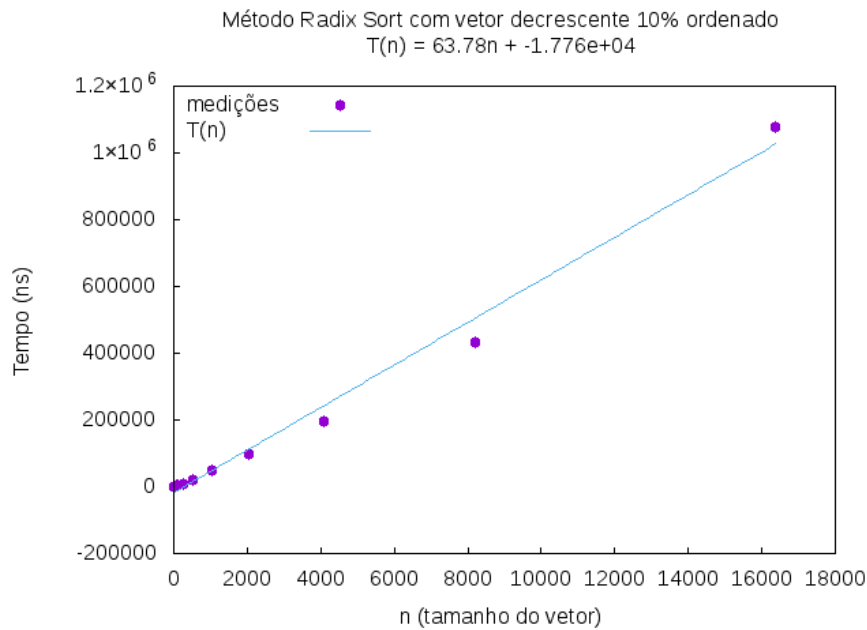


Figura 7.9: Gráfico Radix Sort - Vetor Decrescente P10

7.10 Radix Sort - Vetor Decrescente P20

Tabela gerada utilizando Radix Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem decrescente estando 20% ordenado.

Tabela 7.10: Radix Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 20% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	1462
32	1415
64	2168
128	4773
256	12913
512	18982
1024	50323
2048	102306
4096	213200
8192	425845
16384	1280537

7.10.1 Gráfico Radix Sort - Vetor Decrescente P20

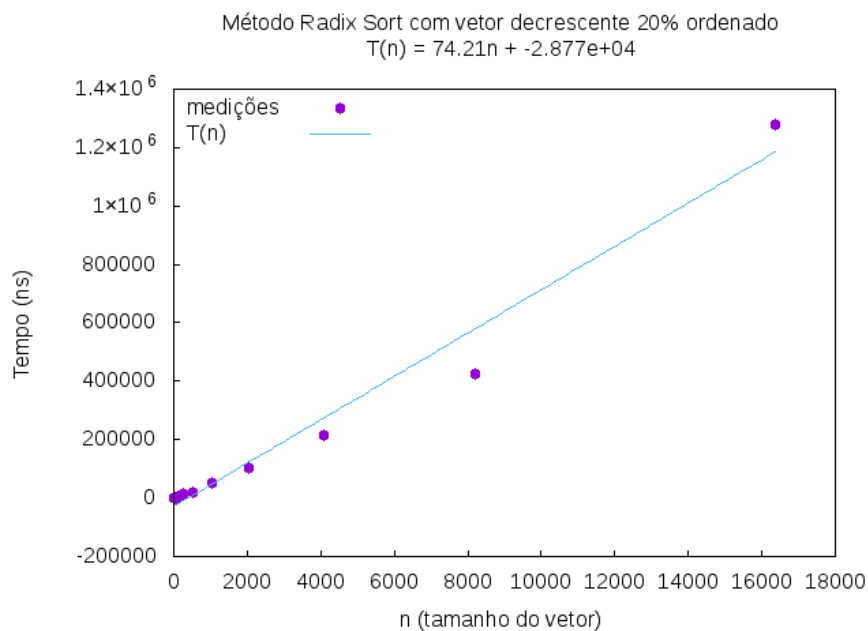


Figura 7.10: Gráfico Radix Sort - Vetor Decrescente P20

7.11 Radix Sort - Vetor Decrescente P30

Tabela gerada utilizando Radix Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem decrescente estando 30% ordenado.

Tabela 7.11: Radix Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 30% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	1642
32	1432
64	2173
128	4948
256	9691
512	18212
1024	49862
2048	101564
4096	206893
8192	430726
16384	1055471

7.11.1 Gráfico Radix Sort - Vetor Decrescente P30

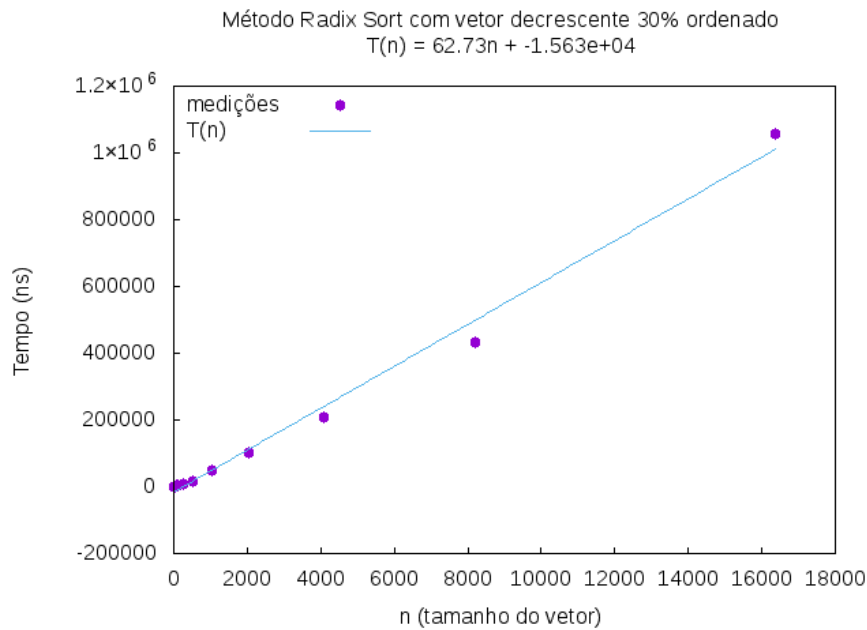


Figura 7.11: Gráfico Radix Sort - Vetor Decrescente P30

7.12 Radix Sort - Vetor Decrescente P40

Tabela gerada utilizando Radix Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem decrescente estando 40% ordenado.

Tabela 7.12: Radix Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 40% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanosegundos
16	1306
32	1415
64	2110
128	5098
256	9740
512	19400
1024	50306
2048	107601
4096	217893
8192	469702
16384	1141214

7.12.1 Gráfico Radix Sort - Vetor Decrescente P40

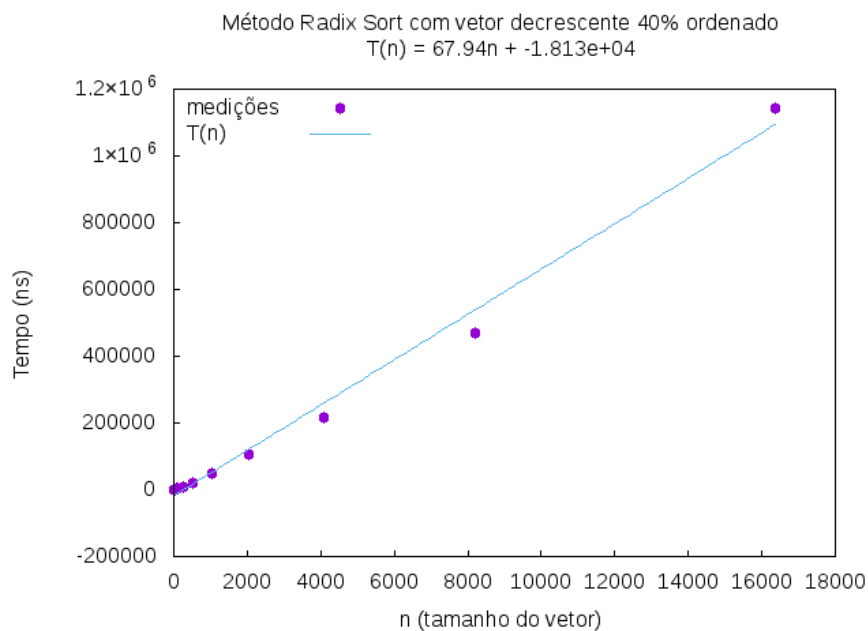


Figura 7.12: Gráfico Radix Sort - Vetor Decrescente P40

7.13 Radix Sort - Vetor Decrescente P50

Tabela gerada utilizando Radix Sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, de $k = 4..14$ e inseridos em ordem decrescente estando 50% ordenado.

Tabela 7.13: Radix Sort com vetor ordenado em ordem decrescente estando 50% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	1511
32	1456
64	2208
128	4801
256	8646
512	18827
1024	50937
2048	110078
4096	226903
8192	411363
16384	1057336

7.13.1 Gráfico Radix Sort - Vetor Decrescente P50

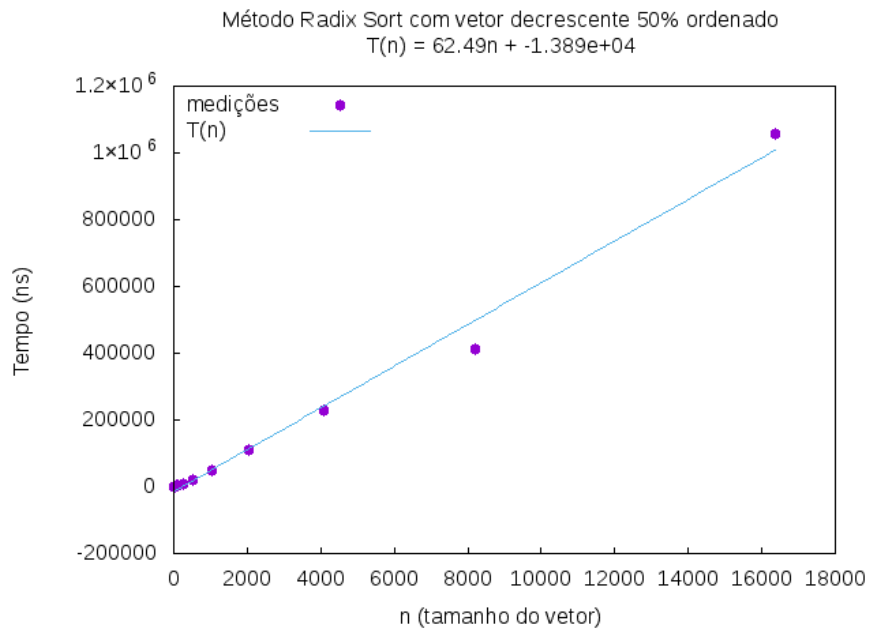


Figura 7.13: *Gráfico Radix Sort - Vetor Decrescente P50*

7.14 Observações Finais

Radix sort com vetor totalmente decrescente levaria aproximadamente 4 minutos e 34 segundos para processar um vetor de 2^k com $k = 32$ elementos.

Capítulo 8

Bucket sort

Bucket sort é um algoritmo de ordenação que funciona dividindo um vetor em um número finito de recipientes. Cada recipiente é então ordenado individualmente, seja usando um algoritmo de ordenação diferente, ou usando o algoritmo bucket sort recursivamente. Complexidade no pior caso $O(n^2)$ e no melhor caso caso $O(n+k)$ neste caso, já que estamos utilizando insertion sort internamente no bucket.

8.1 Bucket sort - Vetor Aleatório

Tabela gerada utilizando Bucket sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, $k = 4 \dots 14$ e inseridos aleatoriamente.

Tabela 8.1: *Bucket sort com Vetor aleatório*

Número de Elementos	Tempo de execução em nanosegundos
16	1973
32	1577
64	3014
128	8748
256	23934
512	89199
1024	284571
2048	1087923
4096	4294051
8192	16840640
16384	66475936

8.1.1 Gráfico Bucket sort - Vetor Aleatório

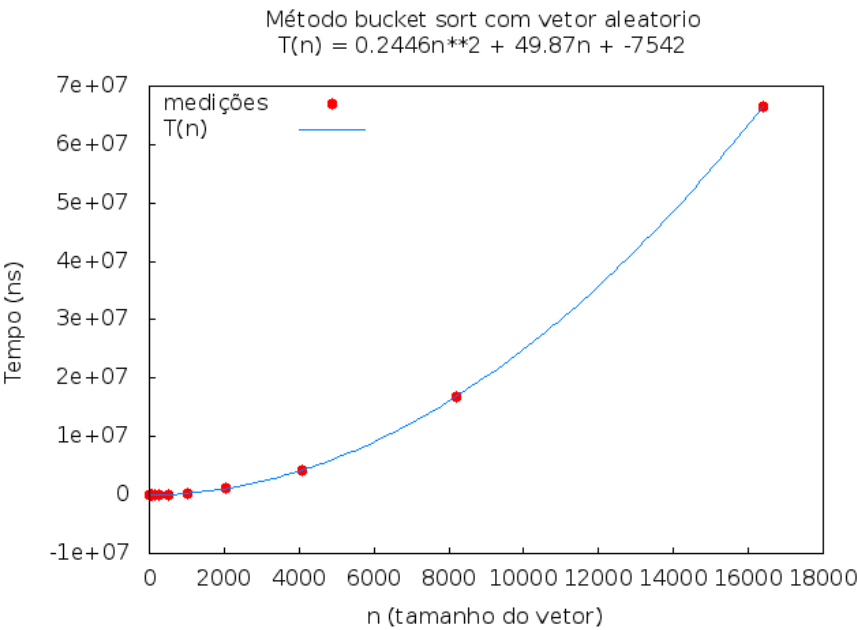


Figura 8.1: Gráfico *Bucket sort* - Vetor Aleatorio

8.2 Bucket sort - Vetor Crescente

Tabela gerada utilizando Bucket sort com vetores de tamanho n, sendo $n = 2^k$, $k = 4 \dots 14$ e inseridos em ordem crescente.

Tabela 8.2: *Bucket sort* com Vetor ordenado em ordem crescente

Número de Elementos	Tempo de execução em nanosegundos
16	1462
32	1276
64	1598
128	2201
256	5808
512	5298
1024	8476
2048	23017
4096	57903
8192	98423
16384	218516

8.2.1 Gráfico Bucket sort - Vetor Crescente

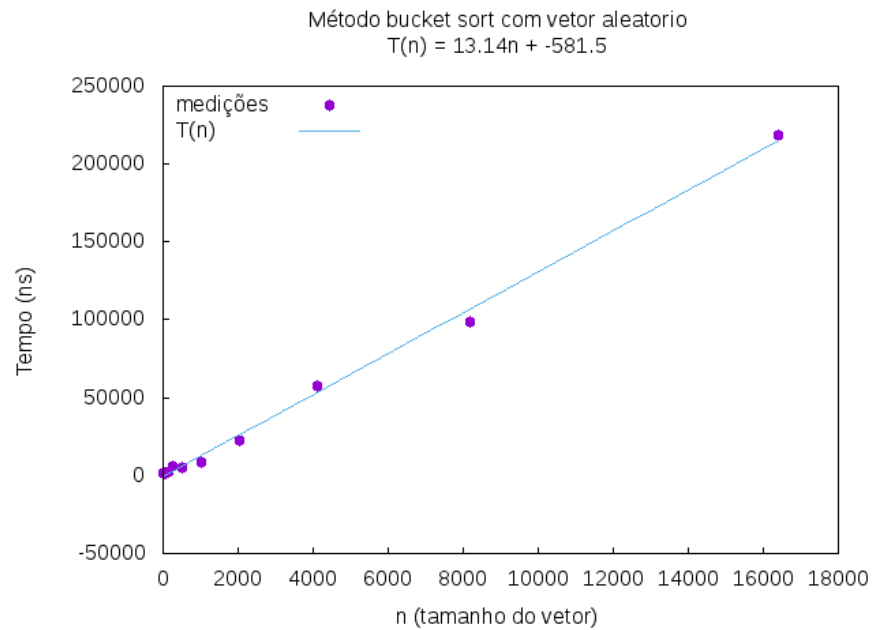


Figura 8.2: *Gráfico Bucket sort - Vetor Crescente*

8.3 Bucket sort - Vetor Crescente P10

Tabela gerada utilizando Bucket sort com vetores de tamanho n , sendo $n = 2^k$, $k = 4 \dots 14$ e inseridos em ordem crescente estando 10% ordenado.

Tabela 8.3: *Bucket sort com Vetor ordenado em ordem crescente 10% ordenado*

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	1225
32	1321
64	1898
128	3800
256	8864
512	29263
1024	112675
2048	426087
4096	1724471
8192	6498292
16384	25599240

8.3.1 Grafico Bucket sort - Vetor Crescente P10

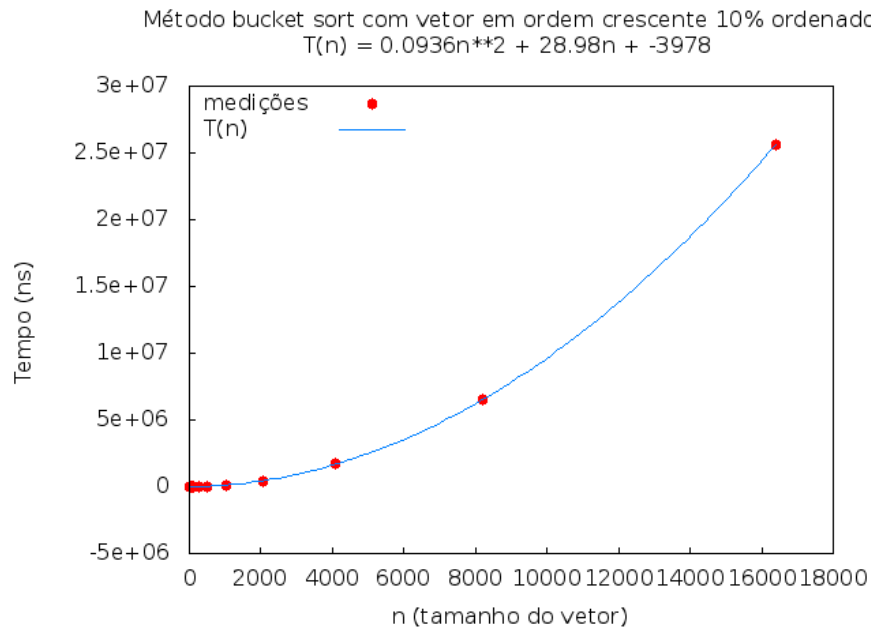


Figura 8.3: Gráfico *Bucket sort* - Vetor Crescente P10

8.4 Bucket sort - Vetor Crescente P20

Tabela gerada utilizando Bucket sort com vetores de tamanho n , sendo $n = 2^k$, $k = 4 \dots 14$ e inseridos em ordem crescente estando 20% ordenado.

Tabela 8.4: *Bucket sort* com Vetor ordenado em ordem crescente 20% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	1394
32	1396
64	2319
128	5109
256	14409
512	54023
1024	206030
2048	782374
4096	3106445
8192	12244799
16384	48165325

8.4.1 Gráfico Bucket sort - Vetor Crescente P20

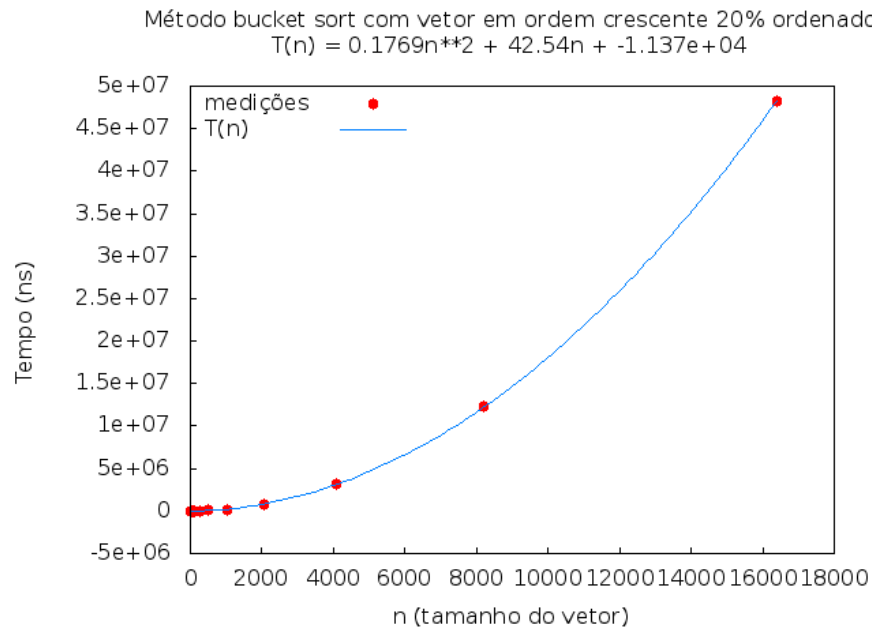


Figura 8.4: Gráfico Bucket sort - Vetor Crescente P20

8.5 Bucket sort - Vetor Crescente P30

Tabela gerada utilizando Bucket sort com vetores de tamanho n , sendo $n = 2^k$, $k = 4 \dots 14$ e inseridos em ordem crescente estando 30% ordenado.

Tabela 8.5: Bucket sort com Vetor ordenado em ordem crescente 30% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanosegundos
16	1420
32	1477
64	3137
128	6966
256	20704
512	72550
1024	276812
2048	1088868
4096	4363382
8192	17125393
16384	67952052

8.5.1 Grafico Bucket sort - Vetor Crescente P30

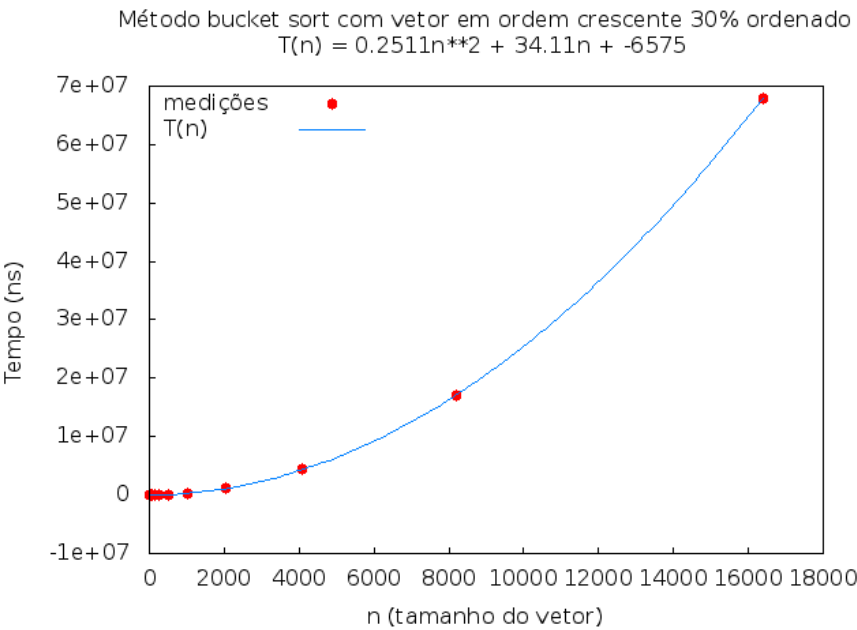


Figura 8.5: Gráfico Bucket sort - Vetor Crescente P30

8.6 Bucket sort - Vetor Crescente P40

Tabela gerada utilizando Bucket sort com vetores de tamanho n, sendo = (2^k), k = 4...14 e inseridos em ordem crescente estando 40% ordenado.

Tabela 8.6: Bucket sort com Vetor ordenado em ordem crescente 40% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanosegundos
16	1535
32	1722
64	2884
128	7462
256	24820
512	89196
1024	346035
2048	1363420
4096	5462719
8192	21522353
16384	85206807

8.6.1 Gráfico Bucket sort - Vetor Crescente P40

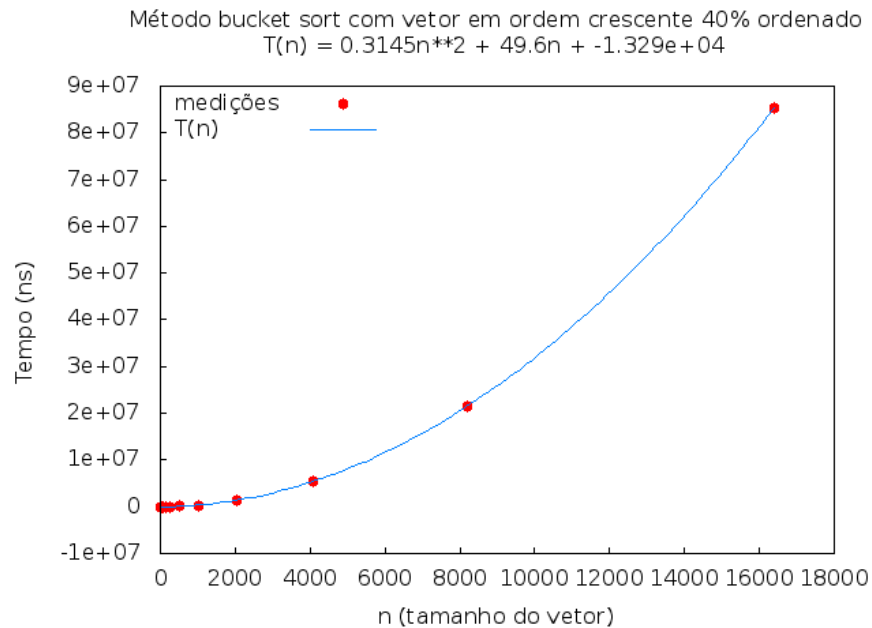


Figura 8.6: Gráfico Bucket sort - Vetor Crescente P40

8.7 Bucket sort - Vetor Crescente P50

Tabela gerada utilizando Bucket sort com vetores de tamanho n , sendo $n = 2^k$, $k = 4 \dots 14$ e inseridos em ordem crescente estando 50% ordenado.

Tabela 8.7: Bucket sort com Vetor ordenado em ordem crescente 50% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	1495
32	1722
64	3257
128	9138
256	34405
512	103202
1024	427482
2048	1597461
4096	6416766
8192	25148241
16384	99797143

8.7.1 Grafico Bucket sort - Vetor Crescente P50

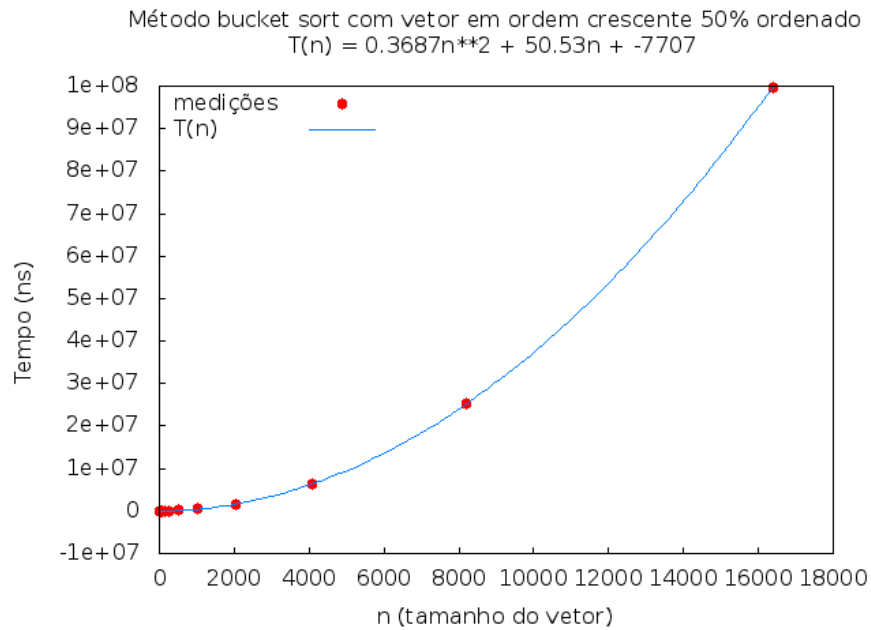


Figura 8.7: Gráfico *Bucket sort* - Vetor Crescente P50

8.8 Bucket sort - Vetor Decrescente

Tabela gerada utilizando Bucket sort com vetores de tamanho n , sendo $n = 2^k$, $k = 4 \dots 14$ e inseridos em ordem decrescente.

Tabela 8.8: *Bucket sort* com Vetor ordenado em ordem decrescente

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	1733
32	1935
64	3800
128	10621
256	35688
512	134053
1024	535638
2048	2105018
4096	8465724
8192	33308407
16384	132619442

8.8.1 Gráfico Bucket sort - Vetor Decrescente

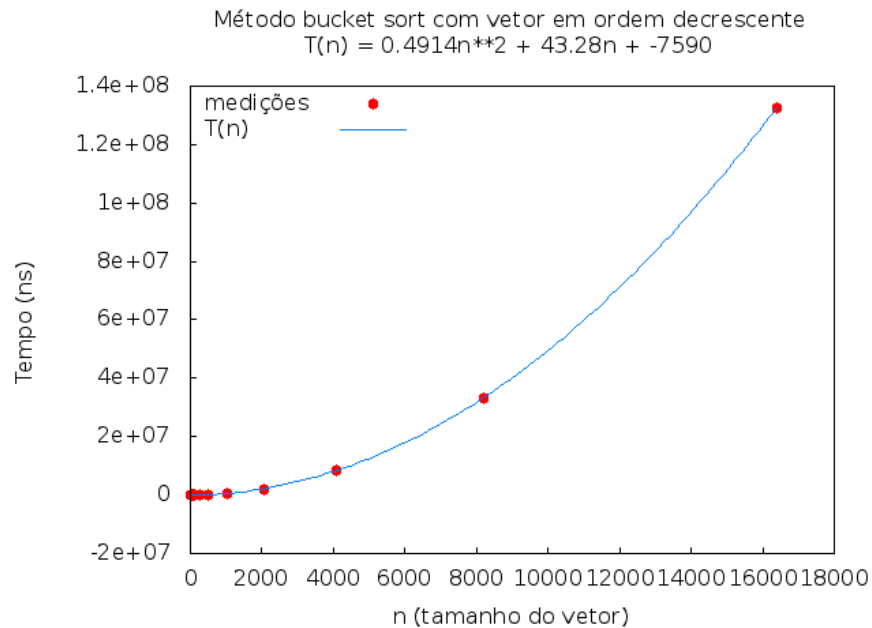


Figura 8.8: Gráfico Bucket sort - Vetor Decrescente

8.9 Bucket sort - Vetor Decrescente P10

Tabela gerada utilizando Bucket sort com vetores de tamanho n , sendo $n = 2^k$, $k = 4 \dots 14$ e inseridos em ordem decrescente estando 10% ordenado.

Tabela 8.9: Bucket sort com Vetor ordenado em ordem decrescente 10% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanosegundos
16	1652
32	1926
64	3661
128	9606
256	30709
512	111680
1024	444689
2048	1735199
4096	6904035
8192	27147001
16384	108381572

8.9.1 Gráfico Bucket sort - Vetor Decrescente P10

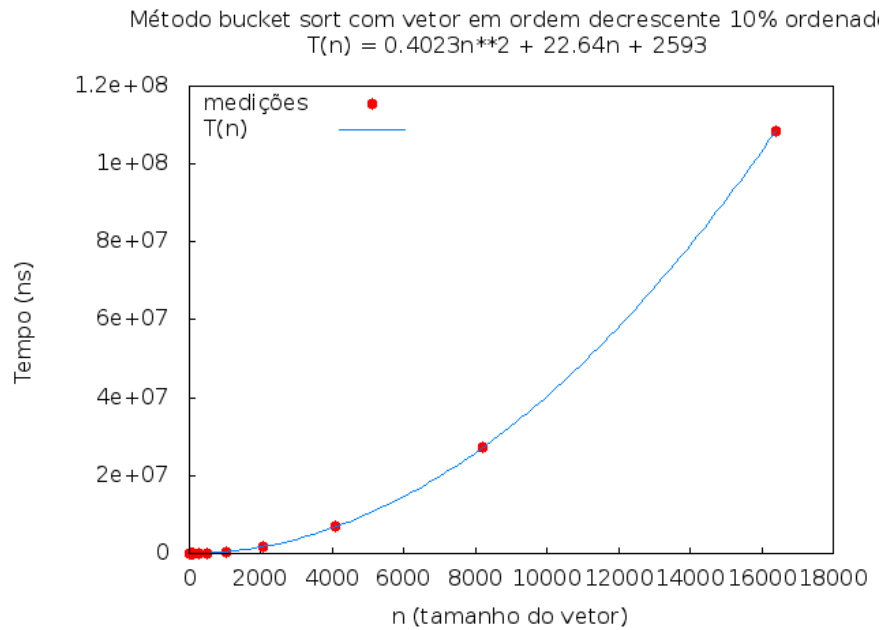


Figura 8.9: Gráfico Bucket sort - Vetor Decrescente P10

8.10 Bucket sort - Vetor Decrescente P20

Tabela gerada utilizando Bucket sort com vetores de tamanho n , sendo $n = 2^k$, $k = 4 \dots 14$ e inseridos em ordem decrescente estando 20% ordenado.

Tabela 8.10: Bucket sort com Vetor ordenado em ordem decrescente 20% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanosegundos
16	1594
32	1710
64	3260
128	8207
256	25049
512	89341
1024	343952
2048	1362340
4096	5533807
8192	21616313
16384	86167002

8.10.1 Gráfico Bucket sort - Vetor Decrescente P20

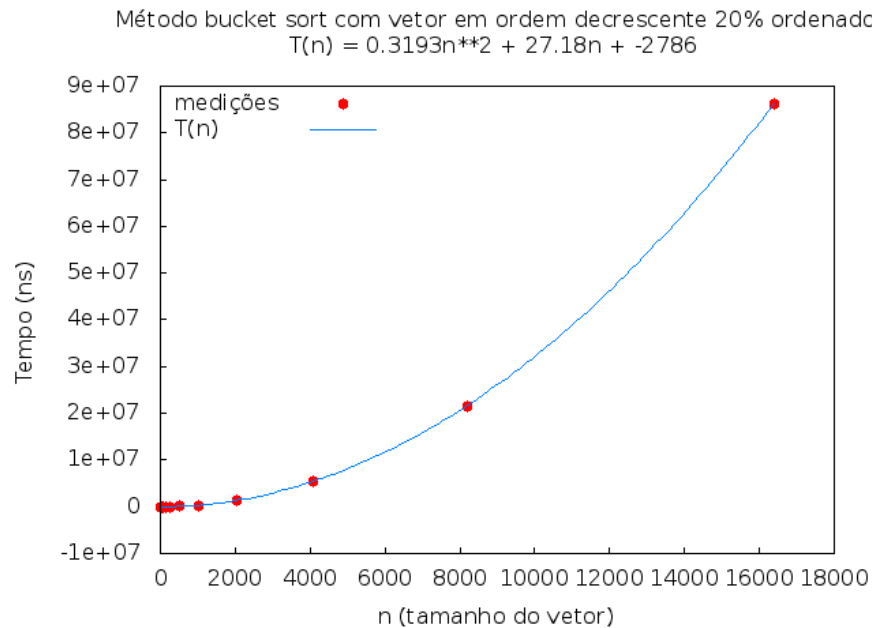


Figura 8.10: Gráfico *Bucket sort* - Vetor Decrescente P20

8.11 Bucket sort - Vetor Decrescente P30

Tabela gerada utilizando Bucket sort com vetores de tamanho n , sendo $n = 2^k$, $k = 4 \dots 14$ e inseridos em ordem decrescente estando 30% ordenado.

Tabela 8.11: *Bucket sort* com Vetor ordenado em ordem decrescente 30% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanosegundos
16	1615
32	1701
64	2935
128	6735
256	19846
512	70981
1024	267001
2048	1048944
4096	4196396
8192	16480503
16384	65337027

8.11.1 Gráfico Bucket sort - Vetor Decrescente P30

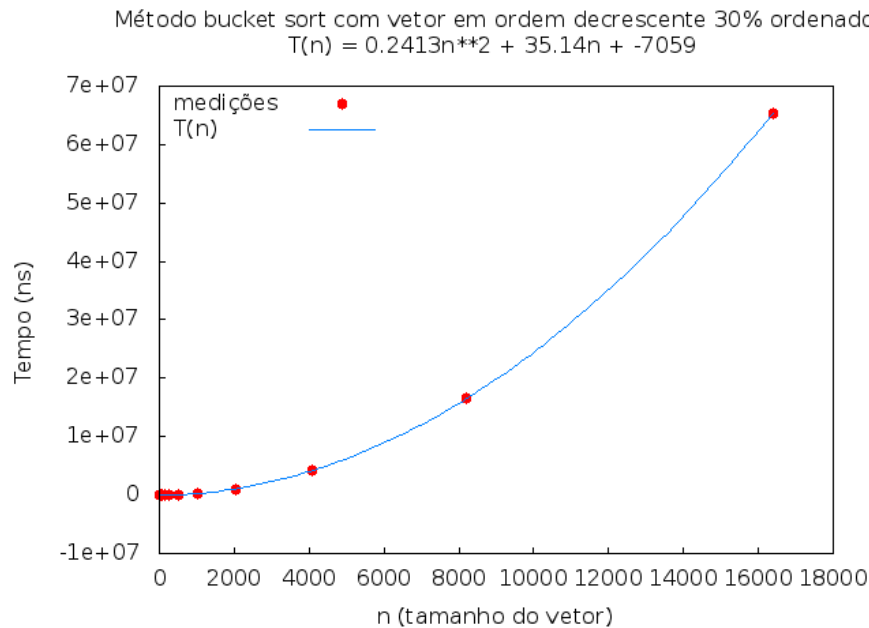


Figura 8.11: *Gráfico Bucket sort - Vetor Decrescente P30*

8.12 Bucket sort - Vetor Decrescente P40

Tabela gerada utilizando Bucket sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, $k = 4 \dots 14$ e inseridos em ordem decrescente estando 40% ordenado.

Tabela 8.12: *Bucket sort com Vetor ordenado em ordem decrescente 40% ordenado*

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	1540
32	1635
64	2675
128	5730
256	15468
512	53749
1024	197174
2048	783752
4096	3138458
8192	12246283
16384	48159817

8.12.1 Gráfico Bucket sort - Vetor Decrescente P40

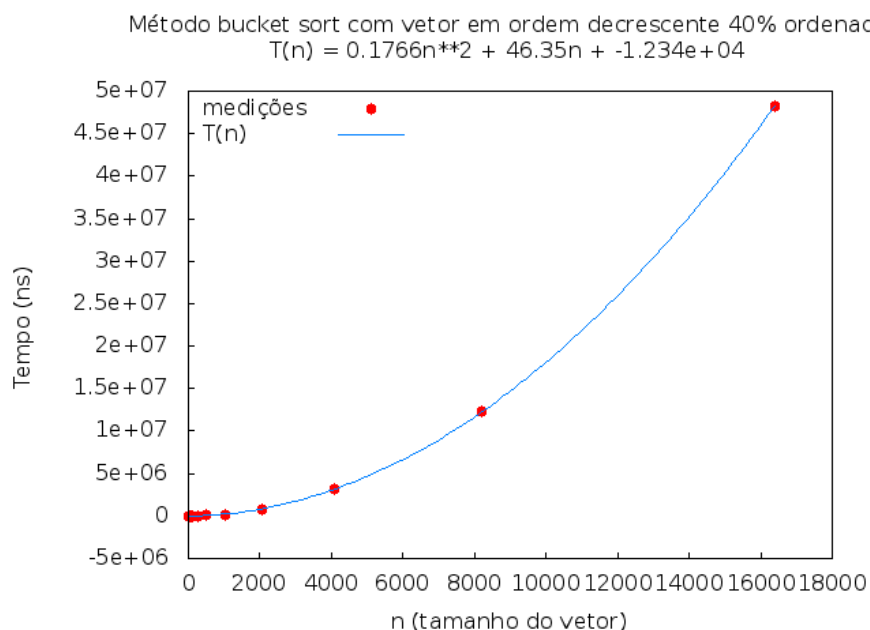


Figura 8.12: Gráfico *Bucket sort* - Vetor Decrescente P40

8.13 Bucket sort - Vetor Decrescente P50

Tabela gerada utilizando Bucket sort com vetores de tamanho n , sendo $n = (2^k)$, $k = 4 \dots 14$ e inseridos em ordem decrescente estando 50% ordenado.

Tabela 8.13: *Bucket sort* com Vetor ordenado em ordem decrescente 50% ordenado

Número de Elementos	Tempo de execução em nanossegundos
16	1541
32	1490
64	2264
128	4583
256	11730
512	38408
1024	144989
2048	539921
4096	2153095
8192	8579882
16384	33392472s

8.13.1 Gráfico Bucket sort - Vetor Decrescente P50

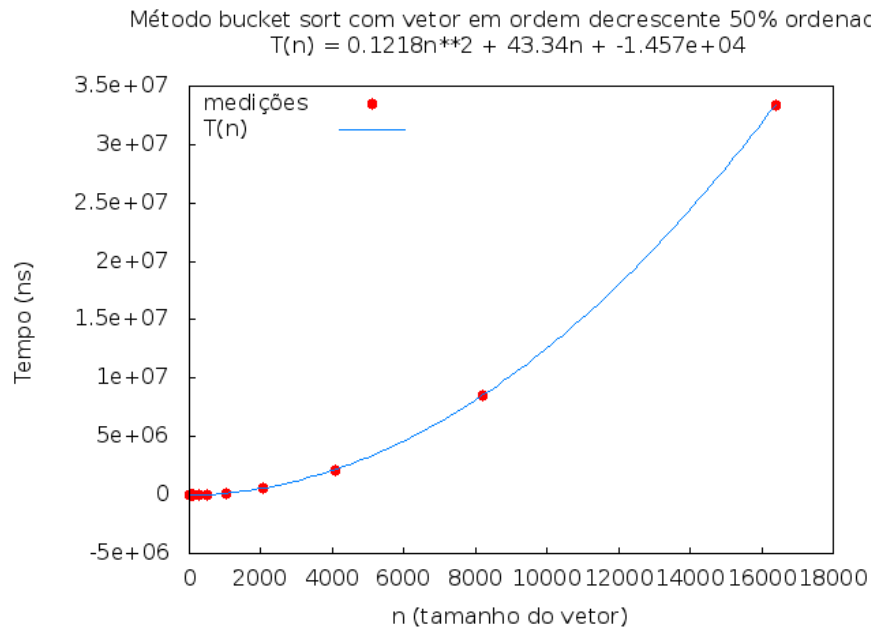


Figura 8.13: *Gráfico Bucket sort - Vetor Decrescente P50*

8.14 Observações Finais

Bucket sort com vetor em ordem aleatória com 2^k com $k = 32$ elementos levaria aproximadamente 287 anos 2 meses e 30 dias para processar nessas condições.

Capítulo 9

Referências

Insertion Sort
Merge Sort
Heap Sort
Quick Sort
Counting Sort
Radix Sort
Bucket Sort
Introduction to algorithms 3rd Edition, Cormen, Thomas H, 2009