

# Relatório Trabalho Final - Problema da mochila (Knapsack Problem)

## Alunos:

- Arthur Fernandes Ribeiro Costa - 11911BCC059
- Kemuel Santos Peres - 11811BCC035

## Informações

Linguagem escolhida para implementação foi **C++** devido ser bem rápida.

Acesso ao código: <https://github.com/artfrc/AnaliseAlgoritmos>

## Arquivos de entrada

Os arquivos de entrada foram divididos entre dois tipos:

1. Entradas simples (pequenas): feito para testar o algoritmo e verificar se está devolvendo o resultado certo.
2. Entradas grandes: feito para testar a eficiência do algoritmo.

Os exemplos de **entradas simples** foram retirados da internet. Abaixo estão os *prints* e *links* com as respostas de cada entrada:

- Entradas 1 e 2:

```
Example:

Input: N = 3, W = 4
values[] = {1,2,3}
weight[] = {4,5,1}
Output: 3

Input: N = 3, W = 3
values[] = {1,2,3}
weight[] = {4,5,6}
Output: 0
```

Link do site: <https://www.geeksforgeeks.org/0-1-knapsack-problem-dp-10/>

- Entrada 3:

For example, there are 10 different items and the weight limit is 67. So,

$$w[1] = 23, w[2] = 26, w[3] = 20, w[4] = 18, w[5] = 32, w[6] = 27, w[7] = 29, w[8] = 26, w[9] = 30, w[10] = 27$$
$$v[1] = 505, v[2] = 352, v[3] = 458, v[4] = 220, v[5] = 354, v[6] = 414, v[7] = 498, v[8] = 545, v[9] = 473, v[10] = 543$$

If you use above method to compute for  $m(10, 67)$ , you will get this, excluding calls that produce  $m(i, j) = 0$ :

$$m(10, 67) = 1270$$

Link do site: [https://en.wikipedia.org/wiki/Knapsack\\_problem](https://en.wikipedia.org/wiki/Knapsack_problem)

- Entrada 4:

#### Sample Input 1

```
4 5
4 2
5 2
2 1
8 3
```

#### Sample Output 1

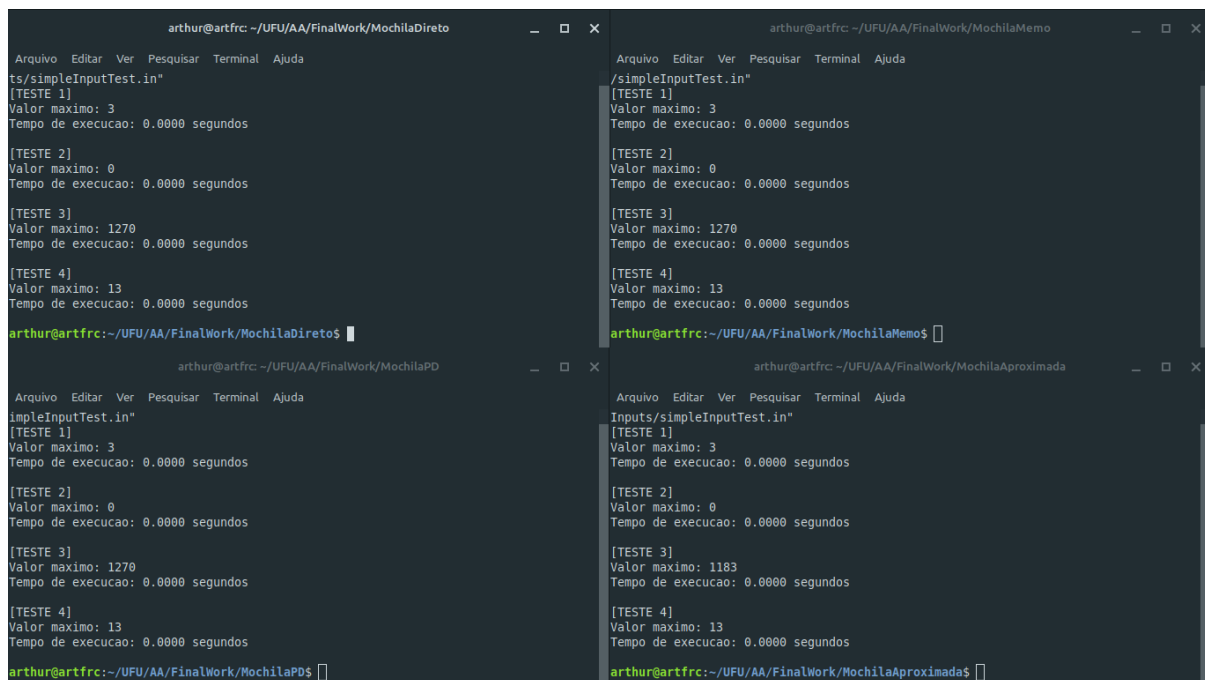
```
13
```

Link do site: [https://judge.u-aizu.ac.jp/onlinejudge/description.jsp?id=DPL\\_1\\_B](https://judge.u-aizu.ac.jp/onlinejudge/description.jsp?id=DPL_1_B)

## Testes de Corretude

Abaixo está o *print* dos resultados de cada uma das implementações. (arquivo com entradas simples)

Lembrando que os *links* com os resultados de cada teste está no tópico “**Arquivos de entrada**”, que está localizado mais acima da página.



The image displays four terminal windows arranged in a 2x2 grid, each showing the output of a different implementation of the Knapsack Problem. The top-left window is titled 'MochilaDireto', the top-right 'MochilaMemo', the bottom-left 'MochilaPD', and the bottom-right 'MochilaAproximada'. Each window shows the same four test cases, with the maximum value and execution time for each. The results are consistent across all implementations, with the maximum values being 3, 0, 1270, and 13 for tests 1 through 4 respectively. The execution times are all 0.0000 seconds.

```
arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaDireto
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
ts/simpleInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 3
Tempo de execucao: 0.0000 segundos

[TESTE 2]
Valor maximo: 0
Tempo de execucao: 0.0000 segundos

[TESTE 3]
Valor maximo: 1270
Tempo de execucao: 0.0000 segundos

[TESTE 4]
Valor maximo: 13
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaDireto$

arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
/simpleInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 3
Tempo de execucao: 0.0000 segundos

[TESTE 2]
Valor maximo: 0
Tempo de execucao: 0.0000 segundos

[TESTE 3]
Valor maximo: 1270
Tempo de execucao: 0.0000 segundos

[TESTE 4]
Valor maximo: 13
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo$

arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
impleInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 3
Tempo de execucao: 0.0000 segundos

[TESTE 2]
Valor maximo: 0
Tempo de execucao: 0.0000 segundos

[TESTE 3]
Valor maximo: 1270
Tempo de execucao: 0.0000 segundos

[TESTE 4]
Valor maximo: 13
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$

arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
Inputs/simpleInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 3
Tempo de execucao: 0.0000 segundos

[TESTE 2]
Valor maximo: 0
Tempo de execucao: 0.0000 segundos

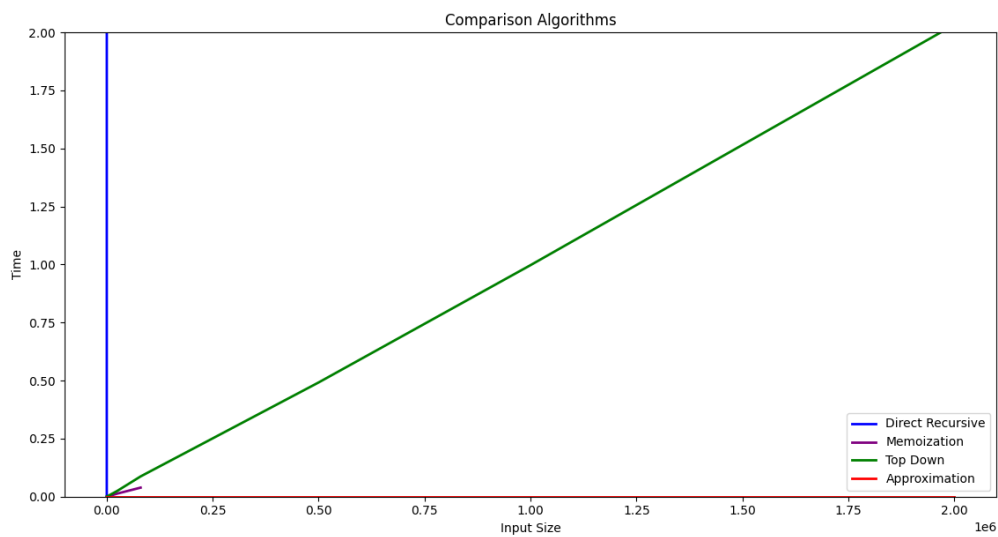
[TESTE 3]
Valor maximo: 1183
Tempo de execucao: 0.0000 segundos

[TESTE 4]
Valor maximo: 13
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$
```

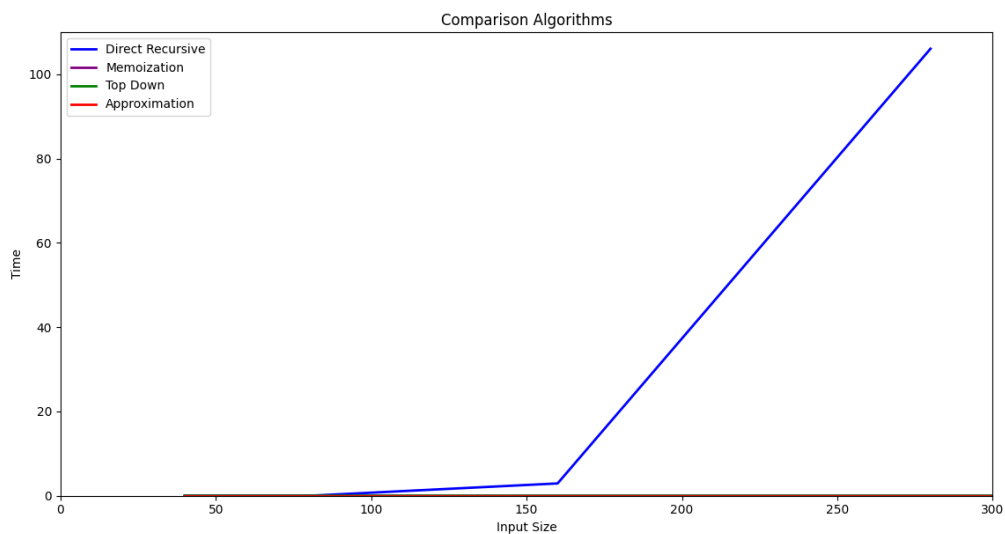
## Análises

Observações:

1. A menor entrada foi de tamanho 40 e a maior entrada foi de tamanho 2.000.000.
2. O tempo do gráfico é em **segundos**.
3. Cada algoritmo teve seu limite.



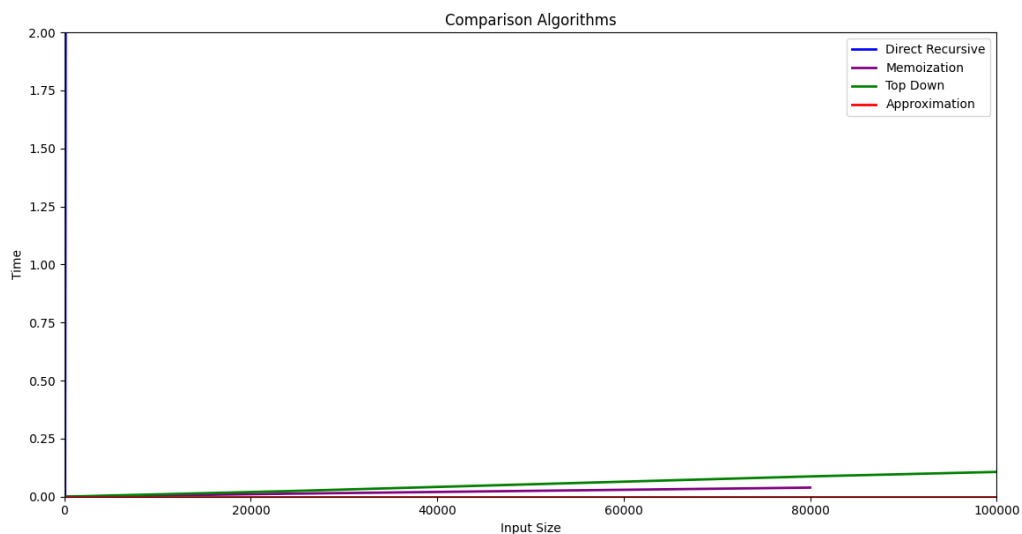
Este gráfico é uma visão mais geral. A partir dele podemos ver a diferença de eficiência entre os algoritmos. Note que tanto o algoritmo **Direct Recursive** e **Memoization** tiveram o limite de entrada bem baixo.



Este gráfico é para mostrar a limitação do algoritmo **Direct Recursive**.

O tamanho da entrada não chegou em 300 e o algoritmo já não rodava mais, ou seja, algoritmo extremamente ineficiente em questão de tempo.

Note que demorou mais de 100 segundos na maior entrada testada.



Este gráfico é para mostrar a limitação do algoritmo **Memoization**.

O tamanho da entrada não chegou em 100000 e o algoritmo já não rodava mais. Porém foi por questão de memória.

## Conclusões

1. O algoritmo **Recursivo Direto** além de lento, ele consome muita memória.
2. O algoritmo **Memoization** é mais rápido do que o **Top Down**, porém sua limitação é a questão da memória. O algoritmo **Top Down** é mais lento porém suporta entradas bem maiores.
3. Comparando **Recursivo Direto**, **Memoization** e **Top Down**, até uma entrada de tamanho 80000 é melhor utilizar **Memoization**, acima disso **Top Down**.
4. O algoritmo de **Aproximação** é extremamente eficiente, tanto em questão de memória e eficiência. Porém seu problema é que ele não fornece uma resposta 100% precisa em todos os casos teste. A implementação dele é bem menos complexa do que o algoritmo **Top Down**

## Prints dos testes

- Entrada 40

```

    arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaDireto
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaDireto$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 2343
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaDireto$

    arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 2343
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo$

    arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 2343
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$

    arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 2149
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$
```

- Entrada 80

```

    arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaDireto
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaDireto$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 2925
Tempo de execucao: 0.0047 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaDireto$

    arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 2925
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo$

    arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 2925
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$

    arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 2925
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$
```

- Entrada 160

```
arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaDireto
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaDireto$ g++ main.cpp -o a && ./a < \"../Inputs/efficiencyInputTest.in\"
[TESTE 1]
Valor maximo: 4595
Tempo de execucao: 2.9313 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaDireto$

arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo$ g++ main.cpp -o a && ./a < \"../Inputs/efficiencyInputTest.in\"
[TESTE 1]
Valor maximo: 4595
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo$

arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$ g++ main.cpp -o a && ./a < \"../Inputs/efficiencyInputTest.in\"
[TESTE 1]
Valor maximo: 4595
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$

arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$ g++ main.cpp -o a && ./a < \"../Inputs/efficiencyInputTest.in\"
[TESTE 1]
Valor maximo: 4584
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$
```

- Entrada 280

```
arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaDireto
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaDireto$ g++ main.cpp -o a && ./a < \"../Inputs/efficiencyInputTest.in\"
[TESTE 1]
Valor maximo: 5892
Tempo de execucao: 106.0977 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaDireto$

arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo$ g++ main.cpp -o a && ./a < \"../Inputs/efficiencyInputTest.in\"
[TESTE 1]
Valor maximo: 5892
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo$

arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$ g++ main.cpp -o a && ./a < \"../Inputs/efficiencyInputTest.in\"
[TESTE 1]
Valor maximo: 5892
Tempo de execucao: 0.0003 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$

arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$ g++ main.cpp -o a && ./a < \"../Inputs/efficiencyInputTest.in\"
[TESTE 1]
Valor maximo: 5829
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$
```

O algoritmo Recursivo Direto não rodava com uma entrada maior que 280, por isso ele não estará nos próximos testes.

- Entrada 1000

```
arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo$ g++ main.cpp -o a && ./a < ../Inputs/efficiencyInputTest.in
[TESTE 1]
Valor maximo: 12192
Tempo de execucao: 0.0003 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo$

arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$ g++ main.cpp -o a && ./a < ../Inputs/efficiencyInputTest.in
[TESTE 1]
Valor maximo: 12192
Tempo de execucao: 0.0010 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$

arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$ g++ main.cpp -o a && ./a < ../Inputs/efficiencyInputTest.in
[TESTE 1]
Valor maximo: 12192
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$
```

- Entrada 25000

```
arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo$ g++ main.cpp -o a && ./a < ../Inputs/efficiencyInputTest.in
[TESTE 1]
Valor maximo: 28211
Tempo de execucao: 0.0133 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaMemo$

arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$ g++ main.cpp -o a && ./a < ../Inputs/efficiencyInputTest.in
[TESTE 1]
Valor maximo: 28211
Tempo de execucao: 0.0250 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$

arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$ g++ main.cpp -o a && ./a < ../Inputs/efficiencyInputTest.in
[TESTE 1]
Valor maximo: 28211
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$
```

- Entrada 80000

The image shows three terminal windows side-by-side, each running a C++ program. The top window is titled 'MochilaMemo', the middle 'MochilaPD', and the right 'MochilaAproximada'. All three windows show the same output: '[TESTE 1]', 'Valor maximo: 29510', and 'Tempo de execucao: 0.0390 segundos' (for Memo) or '0.0873 segundos' (for PD and Aproximada). The command used in each is 'g++ main.cpp -o a && ./a < ../Inputs/efficiencyInputTest.in'.

O algoritmo Memoization não rodava com uma entrada maior que 80000, por isso ele não estará nos próximos testes.

- Entrada 500000

The image shows two terminal windows. The top window is titled 'MochilaPD' and the bottom 'MochilaAproximada'. Both show the same output: '[TESTE 1]', 'Valor maximo: 29934', and 'Tempo de execucao: 0.4920 segundos' (for PD) or '0.0000 segundos' (for Aproximada). The command used is 'g++ main.cpp -o a && ./a < ../Inputs/efficiencyInputTest.in'.

- Entrada 1000000



```
arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 29977
Tempo de execucao: 0.9973 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$

arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 29977
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$
```

- Entrada 2000000

```
arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 29998
Tempo de execucao: 2.0330 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaPD$

arthur@artfrc: ~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$ g++ main.cpp -o a && ./a < "../Inputs/efficiencyInputTest.in"
[TESTE 1]
Valor maximo: 29998
Tempo de execucao: 0.0000 segundos
arthur@artfrc:~/UFU/AA/FinalWork/MochilaAproximada$
```