

Relatório Intermediário

Maria Eduarda Bicalho

19 de Junho de 2020

1 Descrição do Problema

O projeto Maximin Share tem como objetivo fazer a divisão mais justa possível de um número de objetos com diferentes valores entre um número diferente de pessoas. O problema principal se centra em como realizar essa divisão. Dessa forma, três diferentes técnicas - Heurística, Busca Local e Busca Global - foram utilizadas para produzir três diferentes algoritmos para executar essa partição. A busca local possui 3 métodos de implementação, um sequencial (forma mais comum, está presente também na heurística e na busca global), um paralelizado com openmp e o outro utilizando gpu para paralelizar o gpu ao invés de cpu.

Os algoritmos recebem como entrada o número de pessoas, o número de objetos e os valores dos objetos. Eles retornam o MMS e os ids dos objetos de cada pessoa. A técnica da Heurística utiliza

Neste relatório essas cinco implementações serão analisadas com diferentes entradas para avaliar as alterações em suas saídas. Essas entradas possuirão diferentes tamanhos, alterando significativamente. Primeiramente, em relação a quantidade de pessoas e depois a quantidade de objetos. Dentro de cada uma dessas análises, serão estudados o tempo, e a qualidade da solução em relação aos diferentes dimensões de entradas. A qualidade será analisada a partir do MMS (o valor da pessoa com o menor valor), ou seja quanto maior o MMS maior a qualidade da saída.

1.1 Máquina utilizada

Memória : 1.5 GiB - Disco : 63 GB - Processador : Intel i5 - Virtualização: KVM -

2 Efeito número de pessoas

Nessa seção será realizada a análise do impacto de uma entrada com diferentes números de pessoas nos 3 diferentes algoritmos implementados no projeto. A capacidade da máquina foi sendo testada, aumentando cada vez mais o input de com o número pessoas. A variação do número de objetos foi baixa, para que a mudança dessa variável não fosse importante para o tempo e qualidade da solução, e esses se mantivessem em função do delta pessoas. A busca global não conseguiu um tempo factível depois de um número de entrada de 10 pessoas, dessa forma, esse algoritmo aparecerá somente até o valor de entrada 10 - para as demais entradas foi assumido um valor limite.

2.1 Tempo

Nesta seção, a medida utilizada para a análise será a do tempo.

```

-----Permissions
Traceback (most recent call last)<ipython-input-1-8a11ea392c92> in
<module>
    10         outsl.append(int(line[0]))
    11 for arg in args:
---> 12     exaus.append(roda('./global', arg)[1])
    13     with open("out.txt",'r') as f:
    14         line = f.readlines()
<ipython-input-1-937eab5c9239> in roda(ex, in_f)
    6     with open(in_f) as f:
    7         start = time.perf_counter()
---> 8         proc = subprocess.run([ex], input=f.read(), text=True,
capture_output=True)
    9         end = time.perf_counter()
    10     return proc.stdout, end-start
/usr/lib/python3.8/subprocess.py in run(input, capture_output,
timeout, check, *popenargs, **kwargs)
    487         kwargs['stderr'] = PIPE
    488
--> 489     with Popen(*popenargs, **kwargs) as process:
    490         try:
    491             stdout, stderr = process.communicate(input,
timeout=timeout)
/usr/lib/python3.8/subprocess.py in __init__(self, args, bufsize,
executable, stdin, stdout, stderr, preexec_fn, close_fds, shell, cwd,
env, universal_newlines, startupinfo, creationflags, restore_signals,
start_new_session, pass_fds, encoding, errors, text)
    852                 encoding=encoding, errors=errors)
    853
--> 854         self._execute_child(args, executable, preexec_fn,
close_fds,
    855                             pass_fds, cwd, env,
    856                             startupinfo, creationflags,
shell,
/usr/lib/python3.8/subprocess.py in _execute_child(self, args,
executable, preexec_fn, close_fds, pass_fds, cwd, env, startupinfo,
creationflags, shell, p2cread, p2cwrite, c2pread, c2pwrite, errread,
errwrite, restore_signals, start_new_session)
    1700             if errno_num != 0:
    1701                 err_msg = os.strerror(errno_num)
-> 1702                 raise child_exception_type(errno_num,
err_msg, err_filename)
    1703                 raise child_exception_type(err_msg)
    1704
PermissionError: [Errno 13] Permission denied: './global'

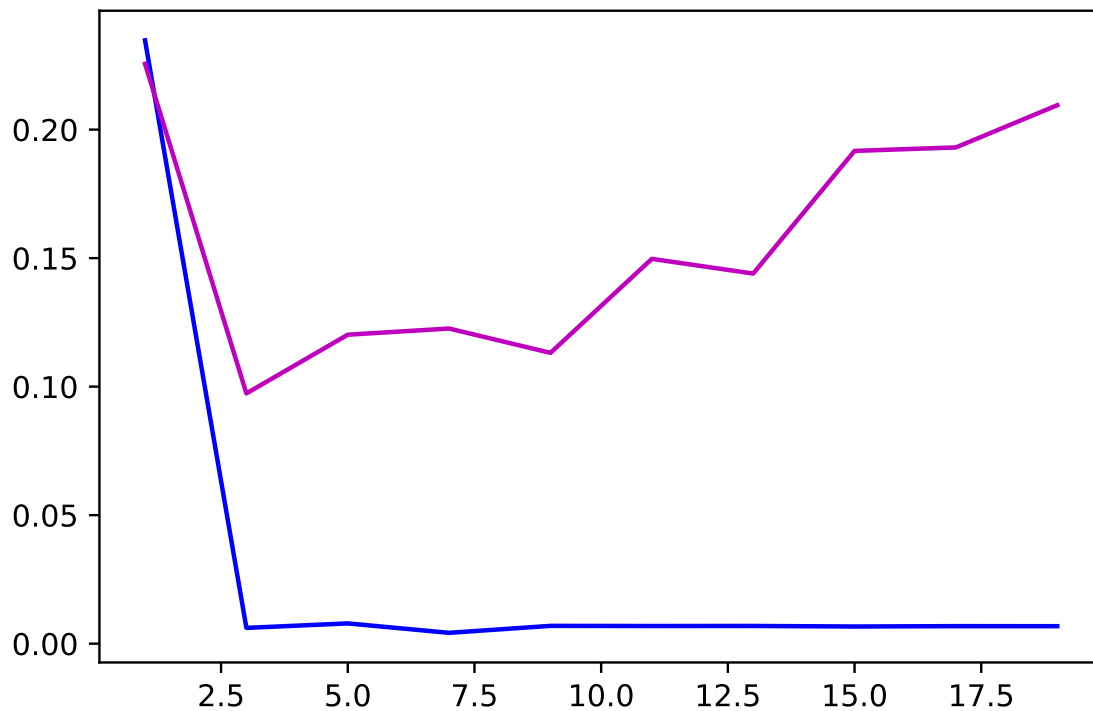
-----ValueError
Traceback (most recent call last)<ipython-input-1-7e37e0db1071> in
<module>
    4 h,= plt.plot(x,heuristica[:10], 'b' ,label = "Heurística")
    5 l,= plt.plot(x,local[:10], 'm' ,label = 'Busca Local')
---> 6 g, = plt.plot(x,exaus[:10], 'g',label = 'Busca Global')
    7 p, = plt.plot(x,paralela[:10],label = 'Busca Local Multi-

```

```

core')
    8 gp, = plt.plot(x,gpu[:10],label = 'Busca Local GPU')
~/.local/lib/python3.8/site-packages/matplotlib/pyplot.py in
plot(scalex, scaley, data, *args, **kwargs)
    3017 @_copy_docstring_and_deprecators(Axes.plot)
    3018 def plot(*args, scalex=True, scaley=True, data=None,
**kwargs):
-> 3019     return gca().plot(
    3020         *args, scalex=scalex, scaley=scaley,
    3021         **({"data": data} if data is not None else {}),
**kwargs)
~/.local/lib/python3.8/site-packages/matplotlib/axes/_axes.py in
plot(self, scalex, scaley, data, *args, **kwargs)
    1603         """
    1604         kwargs = cbook.normalize_kwargs(kwargs, mlines.Line2D)
-> 1605         lines = [*self._get_lines(*args, data=data, **kwargs)]
    1606         for line in lines:
    1607             self.add_line(line)
~/.local/lib/python3.8/site-packages/matplotlib/axes/_base.py in
__call__(self, data, *args, **kwargs)
    313             this += args[0],
    314             args = args[1:]
--> 315             yield from self._plot_args(this, kwargs)
    316
    317     def get_next_color(self):
~/.local/lib/python3.8/site-packages/matplotlib/axes/_base.py in
_plot_args(self, tup, kwargs, return_kwargs)
    499
    500         if x.shape[0] != y.shape[0]:
--> 501             raise ValueError(f"x and y must have same first
dimension, but "
    502                             f"have shapes {x.shape} and
{y.shape}")
    503         if x.ndim > 2 or y.ndim > 2:
ValueError: x and y must have same first dimension, but have shapes
(10,) and (0,)

```



```

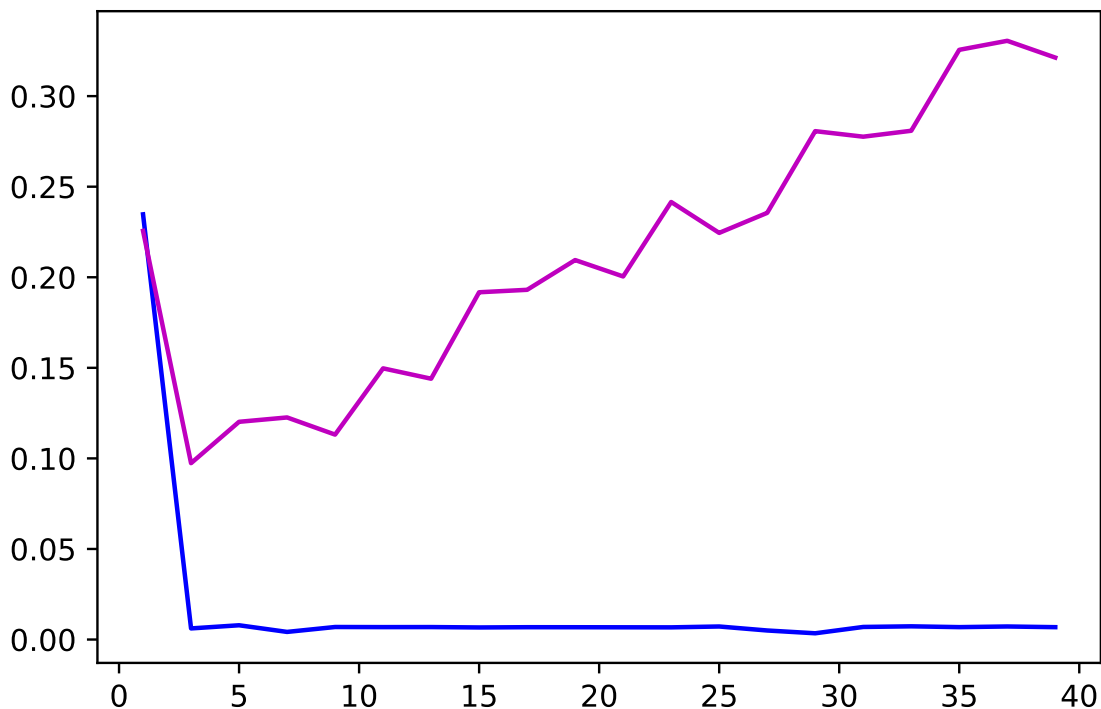
-----ValueE
Traceback (most recent call last)<ipython-input-1-e369373b2b23> in
<module>
      4 h,= plt.plot(x,heuristica[:20], 'b' ,label = "Heurística")
      5 l,= plt.plot(x,local[:20], 'm' ,label = 'Busca Local')
----> 6 g, = plt.plot(x,exaus[:20], 'g',label = 'Busca Global')
      7 p, = plt.plot(x,paralela[:20],label = 'Busca Local Multi-
core')
      8 gp, = plt.plot(x,gpu[:20],label = 'Busca Local GPU')
~/local/lib/python3.8/site-packages/matplotlib/pyplot.py in
plot(scalex, scaley, data, *args, **kwargs)
    3017 @_copy_docstring_and_deprecators(Axes.plot)
    3018 def plot(*args, scalex=True, scaley=True, data=None,
**kwargs):
-> 3019     return gca().plot(
    3020         *args, scalex=scalex, scaley=scaley,
    3021         **({"data": data} if data is not None else {}),
**kwargs)
~/local/lib/python3.8/site-packages/matplotlib/axes/_axes.py in
plot(self, scalex, scaley, data, *args, **kwargs)
    1603         """
    1604         kwargs = cbook.normalize_kwargs(kwargs, mlines.Line2D)
-> 1605         lines = [*self._get_lines(*args, data=data, **kwargs)]
    1606         for line in lines:
    1607             self.add_line(line)
~/local/lib/python3.8/site-packages/matplotlib/axes/_base.py in
__call__(self, data, *args, **kwargs)
    313             this += args[0],
    314             args = args[1:]
--> 315             yield from self._plot_args(this, kwargs)
    316

```

```

317     def get_next_color(self):
~/local/lib/python3.8/site-packages/matplotlib/axes/_base.py in
_plot_args(self, tup, kwargs, return_kwargs)
499
500         if x.shape[0] != y.shape[0]:
--> 501             raise ValueError(f"x and y must have same first
dimension, but "
502                                 f"have shapes {x.shape} and
{y.shape}")
503         if x.ndim > 2 or y.ndim > 2:
ValueError: x and y must have same first dimension, but have shapes
(20,) and (0,)

```



```

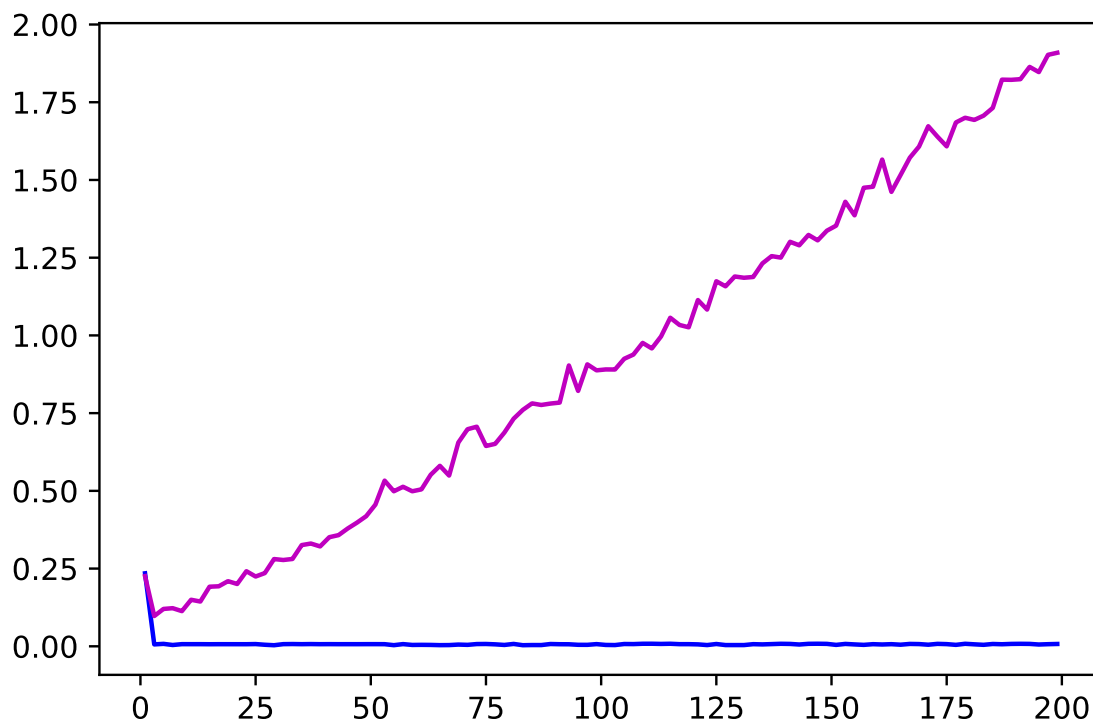
-----ValueE
Traceback (most recent call last)<ipython-input-1-fl65bfc80d1a> in
<module>
      3 h,= plt.plot(x,heuristica,'b' ,label = "Heurística")
      4 l,= plt.plot(x,local,'m' ,label = 'Busca Local')
----> 5 g, = plt.plot(x,exaus, 'g',label = 'Busca Global')
      6 p, = plt.plot(x,paralela,label = 'Busca Local Multi-core')
      7 gp, = plt.plot(x,gpu,label = 'Busca Local GPU')
~/local/lib/python3.8/site-packages/matplotlib/pyplot.py in
plot(scalex, scaley, data, *args, **kwargs)
3017 @_copy_docstring_and_deprecators(Axes.plot)
3018 def plot(*args, scalex=True, scaley=True, data=None,
**kwargs):
-> 3019     return gca().plot(
3020         *args, scalex=scalex, scaley=scaley,
3021         **({"data": data} if data is not None else {}),
**kwargs)
~/local/lib/python3.8/site-packages/matplotlib/axes/_axes.py in

```

```

plot(self, scalex, scaley, data, *args, **kwargs)
1603         """
1604         kwargs = cbook.normalize_kwargs(kwargs, mlines.Line2D)
-> 1605         lines = [*self._get_lines(*args, data=data, **kwargs)]
1606         for line in lines:
1607             self.add_line(line)
~/local/lib/python3.8/site-packages/matplotlib/axes/_base.py in
__call__(self, data, *args, **kwargs)
313             this += args[0],
314             args = args[1:]
--> 315             yield from self._plot_args(this, kwargs)
316
317     def get_next_color(self):
~/local/lib/python3.8/site-packages/matplotlib/axes/_base.py in
_plot_args(self, tup, kwargs, return_kwargs)
499
500         if x.shape[0] != y.shape[0]:
--> 501             raise ValueError(f"x and y must have same first
dimension, but "
502                               f"have shapes {x.shape} and
{y.shape}")
503         if x.ndim > 2 or y.ndim > 2:
ValueError: x and y must have same first dimension, but have shapes
(100,) and (0,)

```



A partir dos gráficos pode-se concluir que os algoritmos de busca local de busca global possuem valores de tempo maiores do que a heurística, a qual não sofre fortes alterações. Um fato curioso que pode ser observado é que a busca local inicia com um tempo maior e logo antes da entrada de 10 - por volta da entrada de 7- é ultrapassada rapidamente pela busca global, cuja variação é extremamente alta. Por realizar a busca no resultado apresentado e não em todos os possíveis, a busca local já possui um tempo maior, mas factível na máquina utilizada e possui um

resultado melhor que o da heurística. Por ser um algoritmo que utiliza recursão e percorre todos os caminhos possíveis para certificar que possui o melhor, a implementação da busca global cresce rapidamente. O único esforço da solução heurística é o de ordenar, por isso o tempo não sofre grandes alterações.

2.2 Qualidade da solução

```
-----IndexE
Traceback (most recent call last)<ipython-input-1-24be1bf94fcb> in
<module>
      3 x= range(1,sz*2,2)
      4 for i in range(sz-5):
----> 5     outsg.append(outsg[-1])
      6 xbar=["heuristica","local","global","multi-core", "gpu"]
      7 ybar=[outsh[:10],outsl[:10],outsg[:10],outsp[:10],outsgp[:10]]
IndexError: list index out of range
```

```
-----IndexE
Traceback (most recent call last)<ipython-input-1-4aeb718c0cbb> in
<module>
      3 x= range(1,sz*2,2)
      4 for i in range(sz-5):
----> 5     outsg.append(outsg[-1])
      6 xbar=["heuristica","local","global","multi-core", "gpu"]
      7 ybar=[outsh[:25],outsl[:25],outsg[:25],outsp[:25],outsgp[:25]]
IndexError: list index out of range
```

```
-----IndexE
Traceback (most recent call last)<ipython-input-1-abf4377c9538> in
<module>
      3 x= range(1,sz*2,2)
      4 for i in range(sz-5):
----> 5     outsg.append(outsg[-1])
      6 xbar=["heuristica","local","global","multi-core", "gpu"]
      7 ybar=[outsh[:50],outsl[:50],outsg[:50],outsp[:50],outsgp[:50]]
IndexError: list index out of range
```

```
-----IndexE
Traceback (most recent call last)<ipython-input-1-43583e340da7> in
<module>
      3 x= range(1,sz*2,2)
      4 for i in range(sz-5):
----> 5     outsg.append(outsg[-1])
      6 xbar=["heuristica","local","global","multi-core", "gpu"]
      7
ybar=[outsh[:100],outsl[:100],outsg[:100],outsp[:100],outsgp[:100]]
IndexError: list index out of range
```

A análise da qualidade da solução com um aumento significativo no número de pessoas com uma mudança pequena na quantidade de objetos não é muito eficiente, pois em determinado valor, não terá objetos suficientes para a quantidade de pessoas. Dessa forma somente entradas bem

pequenas são avaliadas. Todavia, mesmo com essa restrição já é possível analisar que o resultado da busca global e da busca local possui um maior qualidade do que o da heurística.

3 Efeito número de objetos

Nessa seção será realizada a análise do impacto de uma entrada com diferentes números de objetos nos 3 diferentes algoritmos implementados no projeto. A capacidade da máquina foi sendo testada, aumentando cada vez mais o input de com o número objetos. A variação do número de pessoas foi baixa, para que a mudança dessa variável não fosse importante para o tempo e qualidade da solução, e esses se mantivessem em função do delta objetos. A busca global não conseguiu um tempo factível depois de um número de entrada de 10 pessoas. Dessa forma, esse algoritmo aparecerá somente até o valor de entrada 10 - para as demais entradas foi assumido um valor limite.

3.1 Tempo

Nesta seção, a medida utilizada para a análise será a do tempo.

```
-----Permis
Traceback (most recent call last)<ipython-input-1-8a11ea392c92> in
<module>
      10         outsl.append(int(line[0]))
      11 for arg in argsg:
--> 12     exaus.append(roda('./global', arg)[1])
      13     with open("out.txt",'r') as f:
      14         line = f.readlines()
<ipython-input-1-937eab5c9239> in roda(ex, in_f)
      6     with open(in_f) as f:
      7         start = time.perf_counter()
--> 8         proc = subprocess.run([ex], input=f.read(), text=True,
capture_output=True)
      9         end = time.perf_counter()
     10     return proc.stdout, end-start
/usr/lib/python3.8/subprocess.py in run(input, capture_output,
timeout, check, *popenargs, **kwargs)
     487         kwargs['stderr'] = PIPE
     488
--> 489     with Popen(*popenargs, **kwargs) as process:
     490         try:
     491             stdout, stderr = process.communicate(input,
timeout=timeout)
/usr/lib/python3.8/subprocess.py in __init__(self, args, bufsize,
executable, stdin, stdout, stderr, preexec_fn, close_fds, shell, cwd,
env, universal_newlines, startupinfo, creationflags, restore_signals,
start_new_session, pass_fds, encoding, errors, text)
     852                 encoding=encoding, errors=errors)
     853
--> 854         self._execute_child(args, executable, preexec_fn,
close_fds,
     855                             pass_fds, cwd, env,
```



```

856                                     startupinfo, creationflags,
shell,
/usr/lib/python3.8/subprocess.py in _execute_child(self, args,
executable, preexec_fn, close_fds, pass_fds, cwd, env, startupinfo,
creationflags, shell, p2cread, p2cwrite, c2pread, c2pwrite, errread,
errwrite, restore_signals, start_new_session)
1700                                 if errno_num != 0:
1701                                     err_msg = os.strerror(errno_num)
-> 1702                                 raise child_exception_type(errno_num,
err_msg, err_filename)
1703                                 raise child_exception_type(err_msg)
1704
PermissionError: [Errno 13] Permission denied: './global'

```

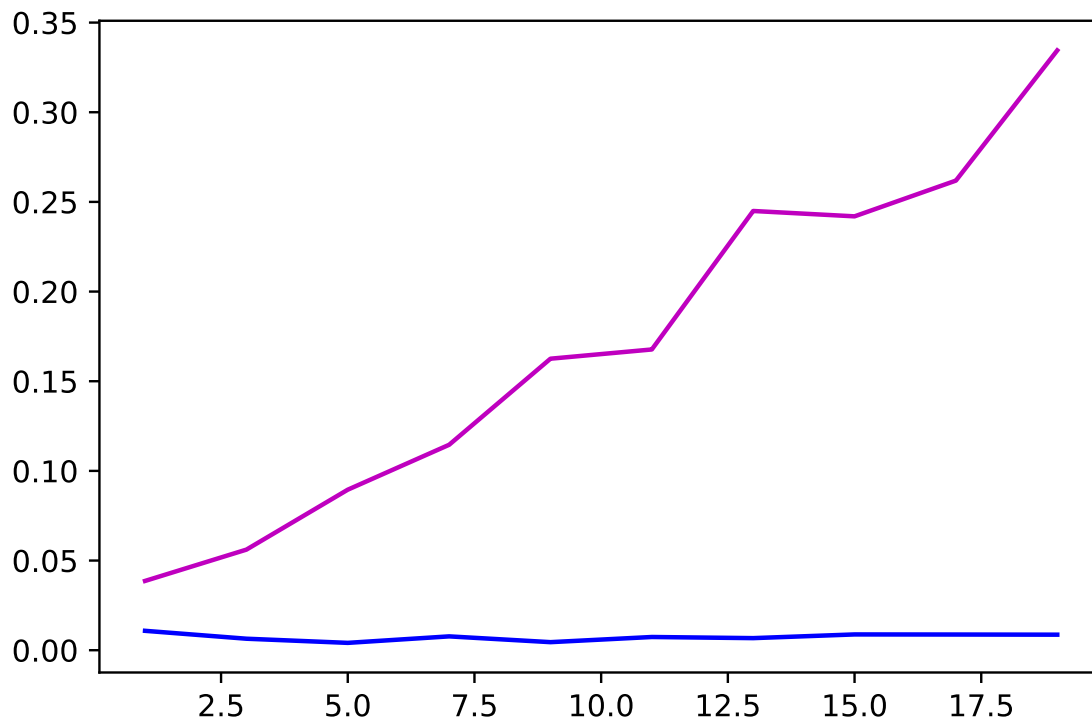
-----ValueE

```

Traceback (most recent call last)<ipython-input-1-7e37e0db1071> in
<module>
      4 h,= plt.plot(x,heuristica[:10], 'b' ,label = "Heurística")
      5 l,= plt.plot(x,local[:10], 'm' ,label = 'Busca Local')
----> 6 g, = plt.plot(x,exaus[:10], 'g',label = 'Busca Global')
      7 p, = plt.plot(x,paralela[:10],label = 'Busca Local Multi-
core')
      8 gp, = plt.plot(x,gpu[:10],label = 'Busca Local GPU')
~/local/lib/python3.8/site-packages/matplotlib/pyplot.py in
plot(scalex, scaley, data, *args, **kwargs)
    3017 @_copy_docstring_and_deprecators(Axes.plot)
    3018 def plot(*args, scalex=True, scaley=True, data=None,
**kwargs):
-> 3019     return gca().plot(
    3020         *args, scalex=scalex, scaley=scaley,
    3021         **({"data": data} if data is not None else {}),
**kwargs)
~/local/lib/python3.8/site-packages/matplotlib/axes/_axes.py in
plot(self, scalex, scaley, data, *args, **kwargs)
    1603     """
    1604     kwargs = cbook.normalize_kwargs(kwargs, mlines.Line2D)
-> 1605     lines = [*self._get_lines(*args, data=data, **kwargs)]
    1606     for line in lines:
    1607         self.add_line(line)
~/local/lib/python3.8/site-packages/matplotlib/axes/_base.py in
__call__(self, data, *args, **kwargs)
    313         this += args[0],
    314         args = args[1:]
--> 315         yield from self._plot_args(this, kwargs)
    316
    317     def get_next_color(self):
~/local/lib/python3.8/site-packages/matplotlib/axes/_base.py in
_plot_args(self, tup, kwargs, return_kwargs)
    499
    500         if x.shape[0] != y.shape[0]:
--> 501             raise ValueError(f"x and y must have same first
dimension, but "
    502                                     f"have shapes {x.shape} and

```

```
{y.shape}")
503         if x.ndim > 2 or y.ndim > 2:
ValueError: x and y must have same first dimension, but have shapes
(10,) and (0,)
```

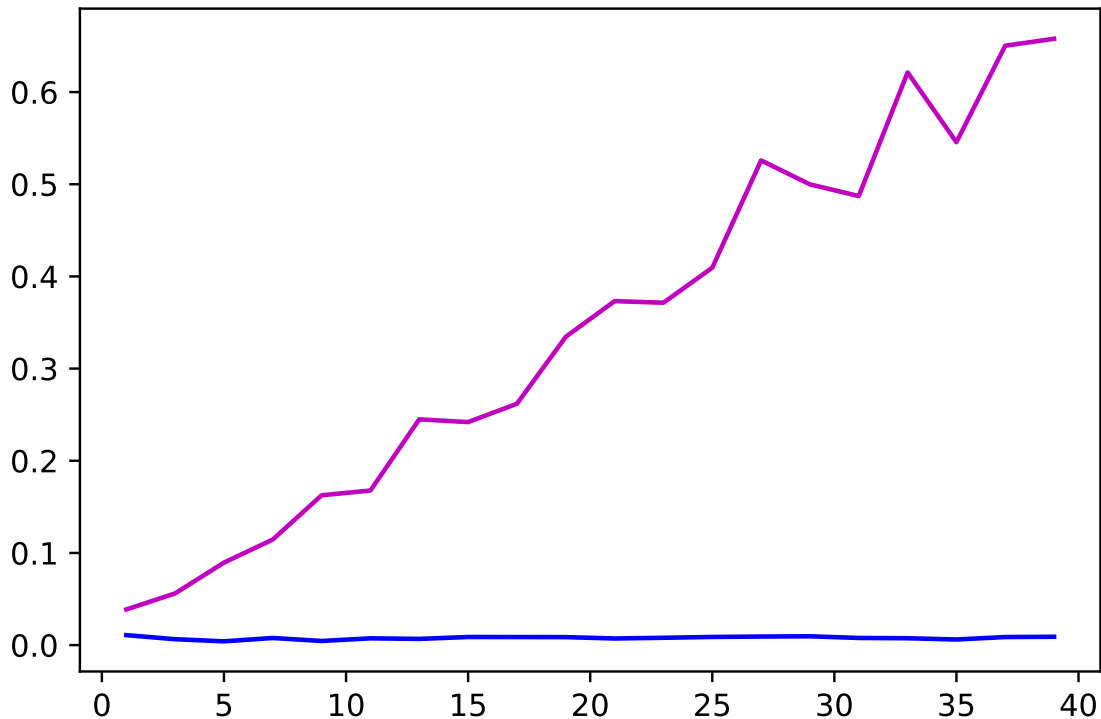


```
-----ValueError
Traceback (most recent call last)<ipython-input-1-e369373b2b23> in
<module>
      4 h,= plt.plot(x,heuristica[:20], 'b' ,label = "Heurística")
      5 l,= plt.plot(x,local[:20], 'm' ,label = 'Busca Local')
----> 6 g, = plt.plot(x,exaus[:20], 'g',label = 'Busca Global')
      7 p, = plt.plot(x,paralela[:20],label = 'Busca Local Multi-
core')
      8 gp, = plt.plot(x,gpu[:20],label = 'Busca Local GPU')
~/local/lib/python3.8/site-packages/matplotlib/pyplot.py in
plot(scalex, scaley, data, *args, **kwargs)
    3017 @_copy_docstring_and_deprecators(Axes.plot)
    3018 def plot(*args, scalex=True, scaley=True, data=None,
**kwargs):
-> 3019     return gca().plot(
    3020         *args, scalex=scalex, scaley=scaley,
    3021         **({"data": data} if data is not None else {}),
**kwargs)
~/local/lib/python3.8/site-packages/matplotlib/axes/_axes.py in
plot(self, scalex, scaley, data, *args, **kwargs)
    1603         """
    1604         kwargs = cbook.normalize_kwargs(kwargs, mlines.Line2D)
-> 1605         lines = [*self._get_lines(*args, data=data, **kwargs)]
    1606         for line in lines:
    1607             self.add_line(line)
```

```

~/local/lib/python3.8/site-packages/matplotlib/axes/_base.py in
__call__(self, data, *args, **kwargs)
    313             this += args[0],
    314             args = args[1:]
--> 315             yield from self._plot_args(this, kwargs)
    316
    317     def get_next_color(self):
~/local/lib/python3.8/site-packages/matplotlib/axes/_base.py in
_plot_args(self, tup, kwargs, return_kwargs)
    499
    500         if x.shape[0] != y.shape[0]:
--> 501             raise ValueError(f"x and y must have same first
dimension, but "
    502                             f"have shapes {x.shape} and
{y.shape}")
    503         if x.ndim > 2 or y.ndim > 2:
ValueError: x and y must have same first dimension, but have shapes
(20,) and (0,)

```



```

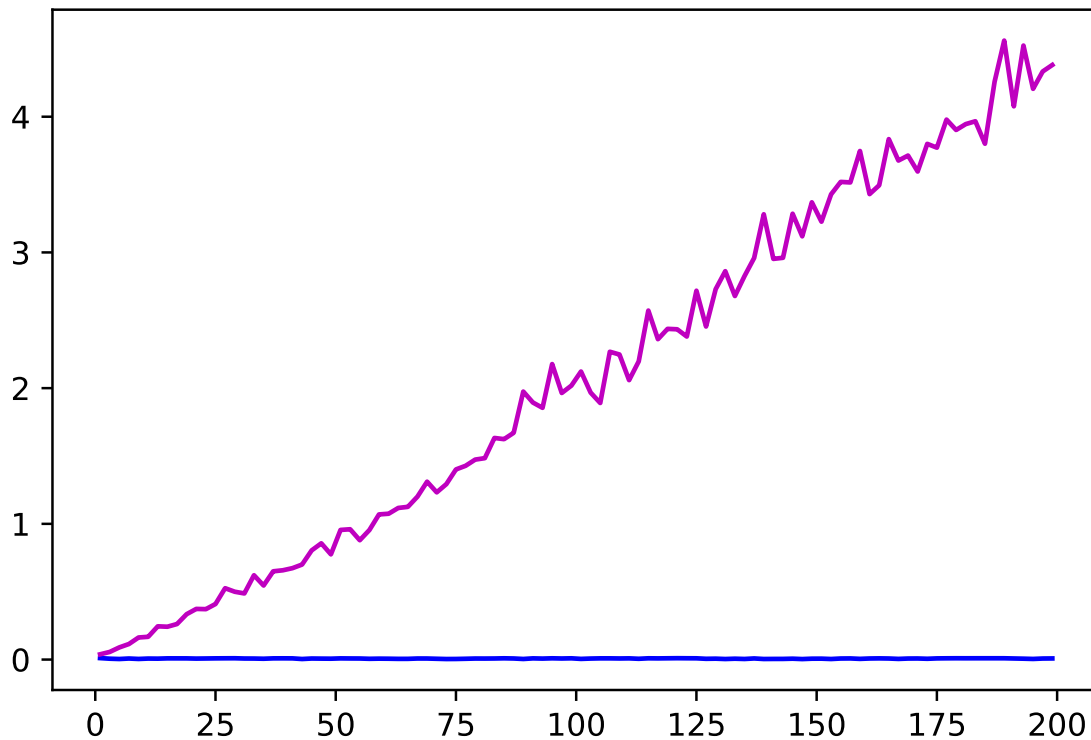
-----ValueE
Traceback (most recent call last)<ipython-input-1-fl65bfc80d1a> in
<module>
      3 h,= plt.plot(x,heuristica,'b' ,label = "Heurística")
      4 l,= plt.plot(x,local,'m' ,label = 'Busca Local')
----> 5 g, = plt.plot(x,exaus, 'g',label = 'Busca Global')
      6 p, = plt.plot(x,paralela,label = 'Busca Local Multi-core')
      7 gp, = plt.plot(x,gpu,label = 'Busca Local GPU')
~/local/lib/python3.8/site-packages/matplotlib/pyplot.py in
plot(scalex, scaley, data, *args, **kwargs)
    3017 @_copy_docstring_and_deprecators(Axes.plot)

```

```

3018 def plot(*args, scalex=True, scaley=True, data=None,
**kwargs):
-> 3019     return gca().plot(
3020         *args, scalex=scalex, scaley=scaley,
3021         **({"data": data} if data is not None else {}),
**kwargs)
~/local/lib/python3.8/site-packages/matplotlib/axes/_axes.py in
plot(self, scalex, scaley, data, *args, **kwargs)
1603     """
1604     kwargs = cbook.normalize_kwargs(kwargs, mlines.Line2D)
-> 1605     lines = [*self._get_lines(*args, data=data, **kwargs)]
1606     for line in lines:
1607         self.add_line(line)
~/local/lib/python3.8/site-packages/matplotlib/axes/_base.py in
__call__(self, data, *args, **kwargs)
313         this += args[0],
314         args = args[1:]
--> 315         yield from self._plot_args(this, kwargs)
316
317     def get_next_color(self):
~/local/lib/python3.8/site-packages/matplotlib/axes/_base.py in
_plot_args(self, tup, kwargs, return_kwargs)
499
500     if x.shape[0] != y.shape[0]:
--> 501         raise ValueError(f"x and y must have same first
dimension, but "
502                             f"have shapes {x.shape} and
{y.shape}")
503     if x.ndim > 2 or y.ndim > 2:
ValueError: x and y must have same first dimension, but have shapes
(100,) and (0,)

```



Como analisado no gráfico do tempo da seção anterior, a busca local e a busca global possuem uma variação significativamente maior do que a heurística. Nas entradas pequenas as 3 implementações possuem tempos parecidos, mas há uma relação direta com o aumento da quantidade de objetos na entrada e com o aumento do tempo da busca global e local, enquanto o tempo da heurística não altera muito. Novamente é perceptível a rápida mudança no tempo da busca global, que inicia inferior ao da busca local e depois aumenta drasticamente.

3.2 Qualidade da solução

3.2.1 Gráficos

```
-----IndexE
Traceback (most recent call last)<ipython-input-1-24be1bf94fcb> in
<module>
      3 x= range(1,sz*2,2)
      4 for i in range(sz-5):
----> 5     outsg.append(outsg[-1])
      6 xbar=["heuristica","local","global","multi-core", "gpu"]
      7 ybar=[outsh[:10],outsl[:10],outsg[:10],outsp[:10],outsgp[:10]]
IndexError: list index out of range

-----IndexE
Traceback (most recent call last)<ipython-input-1-4aeb718c0cbb> in
<module>
      3 x= range(1,sz*2,2)
      4 for i in range(sz-5):
----> 5     outsg.append(outsg[-1])
      6 xbar=["heuristica","local","global","multi-core", "gpu"]
      7 ybar=[outsh[:25],outsl[:25],outsg[:25],outsp[:25],outsgp[:25]]
IndexError: list index out of range
```

```
-----IndexE
Traceback (most recent call last)<ipython-input-1-abf4377c9538> in
<module>
      3 x= range(1,sz*2,2)
      4 for i in range(sz-5):
----> 5     outsg.append(outsg[-1])
      6 xbar=["heuristica","local","global","multi-core", "gpu"]
      7 ybar=[outsh[:50],outsl[:50],outsg[:50],outsp[:50],outsgp[:50]]
IndexError: list index out of range
```

```
-----IndexE
Traceback (most recent call last)<ipython-input-1-43583e340da7> in
<module>
      3 x= range(1,sz*2,2)
      4 for i in range(sz-5):
----> 5     outsg.append(outsg[-1])
      6 xbar=["heuristica","local","global","multi-core", "gpu"]
      7
ybar=[outsh[:100],outsl[:100],outsg[:100],outsp[:100],outsgp[:100]]
IndexError: list index out of range
```

No último gráfico de qualidade da solução pode ser observado que com entradas pequenas os três algoritmos possuem resultados parecido. Contudo, com o aumento do número de objetos a diferença entre a busca local heurística vai se tornando cada vez maior. No primeiro gráfico de qualidade da solução pode ser observado que a busca global estava crescendo com variação parecida da busca local, ou seja, pode-se que essas duas implementações, se possível avaliar, tivessem resultados mais parecidos do que os da busca local e da heurística.

4 Conclusão

As implementações analisadas no relatório possuem algumas características diferentes. Para entradas pequenas os algoritmos apresentam soluções com qualidades muito parecidas, e o tempo da heurística já inicia um pouco menor. Dessa forma esse algoritmo parece ser eficiente para entradas pequenas, uma vez que é mais rápido e possui saídas com alta qualidade. Na medida que a entrada aumenta o tempo da busca local e global aumenta, e a qualidade da solução da heurística cai. Assim sendo, para entradas cada vez maiores, resultados cada vez maiores são tidos a partir da busca local. Consequentemente, as implementações podem ser utilizadas para diferentes finalidades, cada uma podendo ser escolhida a partir das preferências e importâncias de determinado projeto.