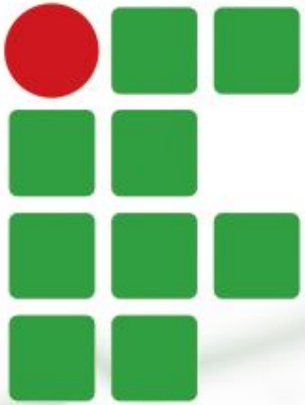


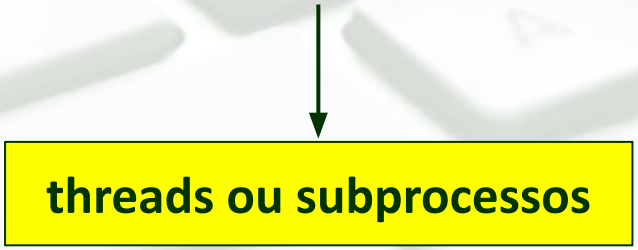
INSTITUTO FEDERAL
Norte de Minas Gerais
Campus Januária

Sistemas Distribuídos

- Tasks && Pool de Workers -

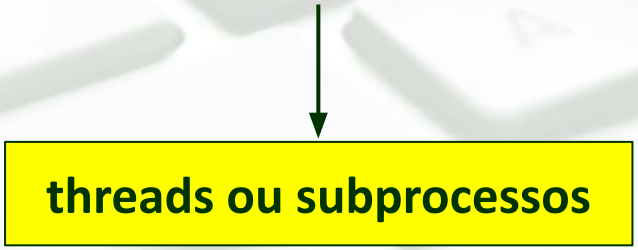
O que temos até aqui…

- **Paralelização de um problema…**
  - Analisar algoritmo em forma sequencial;
  - Identificar oportunidades de paralelismo;
  - Verificar (e tratar) possíveis condições de corrida;
  - Manter workers ocupados com trabalho útil;



O que temos até aqui…

- **Paralelização de um problema…**
  - Analisar algoritmo em forma sequencial;
  - Identificar oportunidades de paralelismo;
  - Verificar (e tratar) possíveis condições de corrida;
  - Manter workers ocupados com trabalho útil;



mas… quantos workers???

Granularidade

- A **granularidade** é um conceito que diz respeito ao **tamanho da tarefa decomposta (tasks)** e a **quantidade de workers** designados para tratá-las.

- Muitas vezes, a performance de um algoritmo depende **diretamente da granularidade definida**.

INSTITUTO FEDERAL
Norte de Minas Gerais
Campus Januária

Granularidade

- Quantos girassóis há nessa imagem?

INSTITUTO FEDERAL
Norte de Minas Gerais
Campus Januária

Granularidade

- **Granularidade Grossa**
  - **Pequeno número de grandes tarefas;**
  - Baixo *overhead* (*Context switch*);
  - Requer poucos processadores;
  - Baixo nível de concorrência e paralelização;
  - **Possibilidade de desbalanceamento de carga**;

INSTITUTO FEDERAL
Norte de Minas Gerais
Campus Januária

Granularidade

- **Granularidade Fina**
  - **Grande número de pequenas tarefas;**
  - Maior *overhead* (*Context switch*);
  - Maior nível de concorrência e paralelização;
  - Melhor utilização da qtde. de processadores (se disponíveis);
  - **Melhor balanceamento de carga**;

Granularidade

- Granularidade Fina vs. Granularidade Grossa
- **Equilíbrio** é a chave!

Granularidade

- Granularidade Fina vs. Granularidade Grossa
- **Equilíbrio** é a chave!

mas...

Granularidade

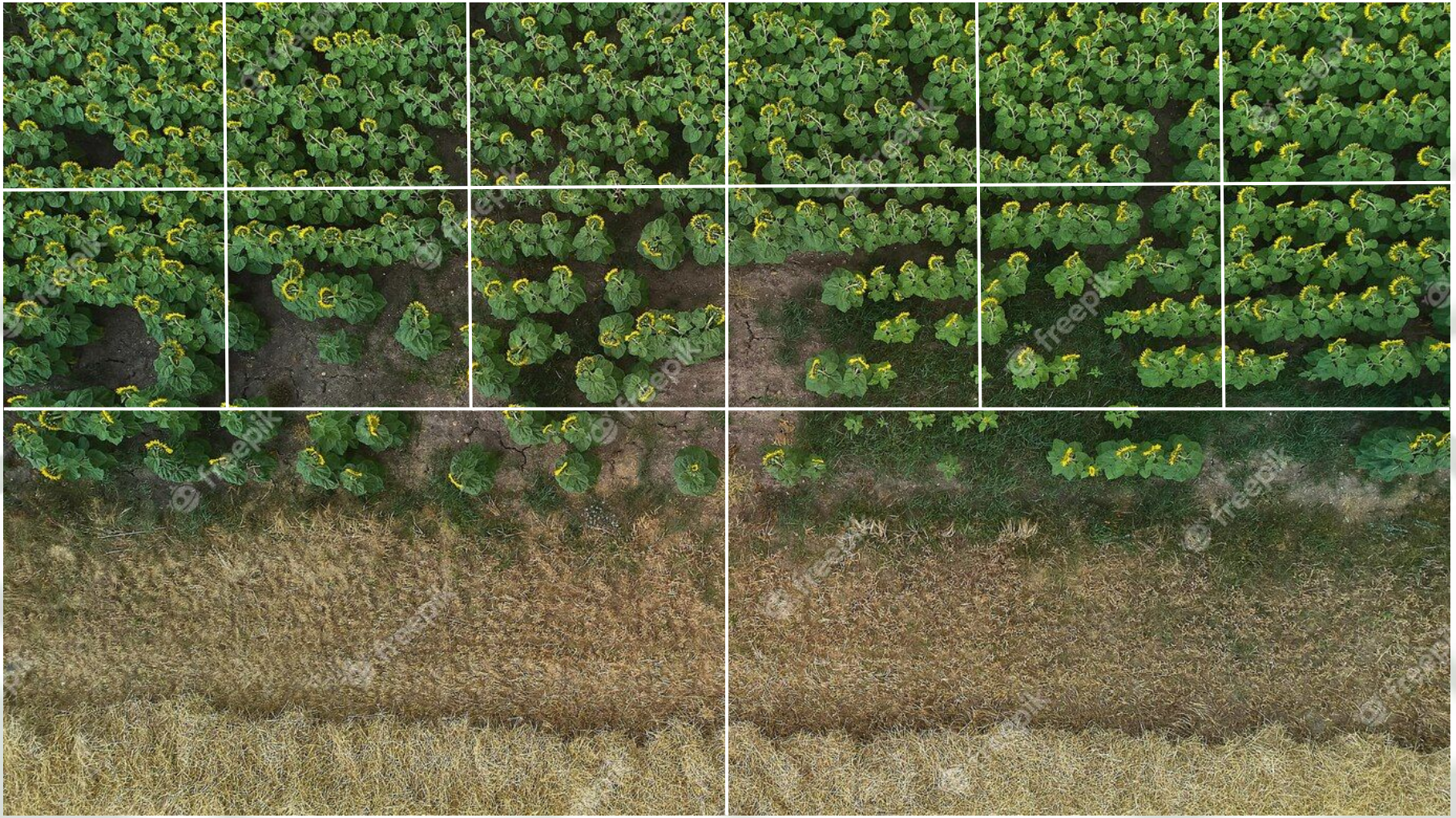
- Granularidade Fina vs. Granularidade Grossa
- **Equilíbrio** é a chave!

mas...

E se pudéssemos "definir" a granularidade em tempo de execução?

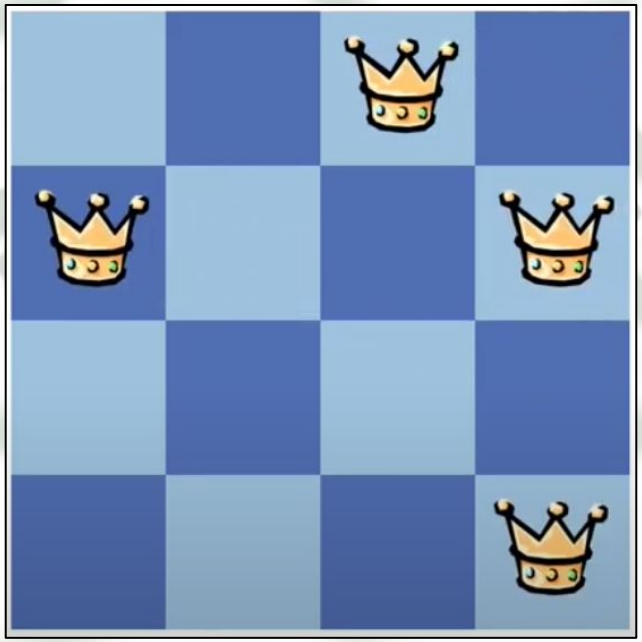
INSTITUTO FEDERAL
Norte de Minas Gerais
Campus Januária

Solução Ideal?



Outro Exemplo…

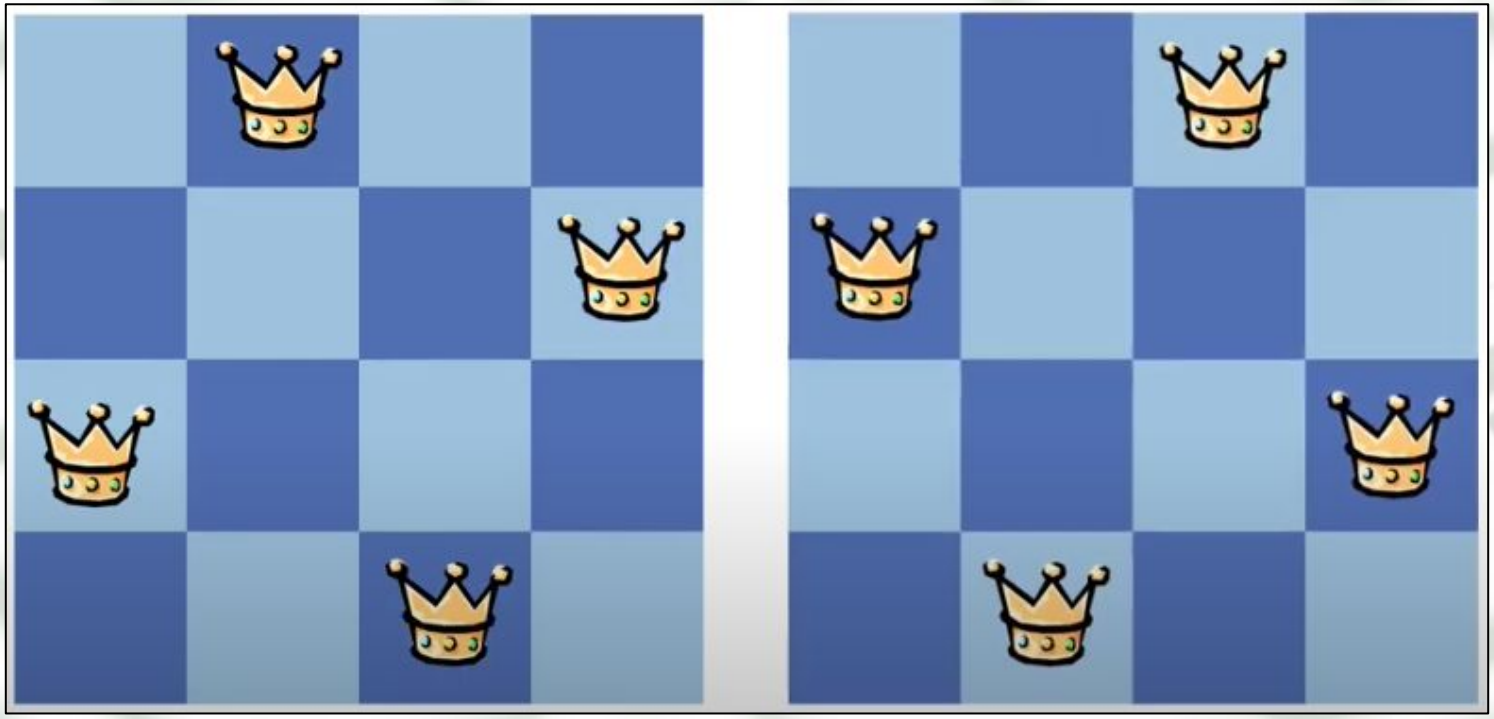
- **O Problema das N Rainhas…**
- É possível colocar N Rainhas em um tabuleiro N x N de forma que nenhuma rainha ataque outra?



INSTITUTO FEDERAL
Norte de Minas Gerais
Campus Januária

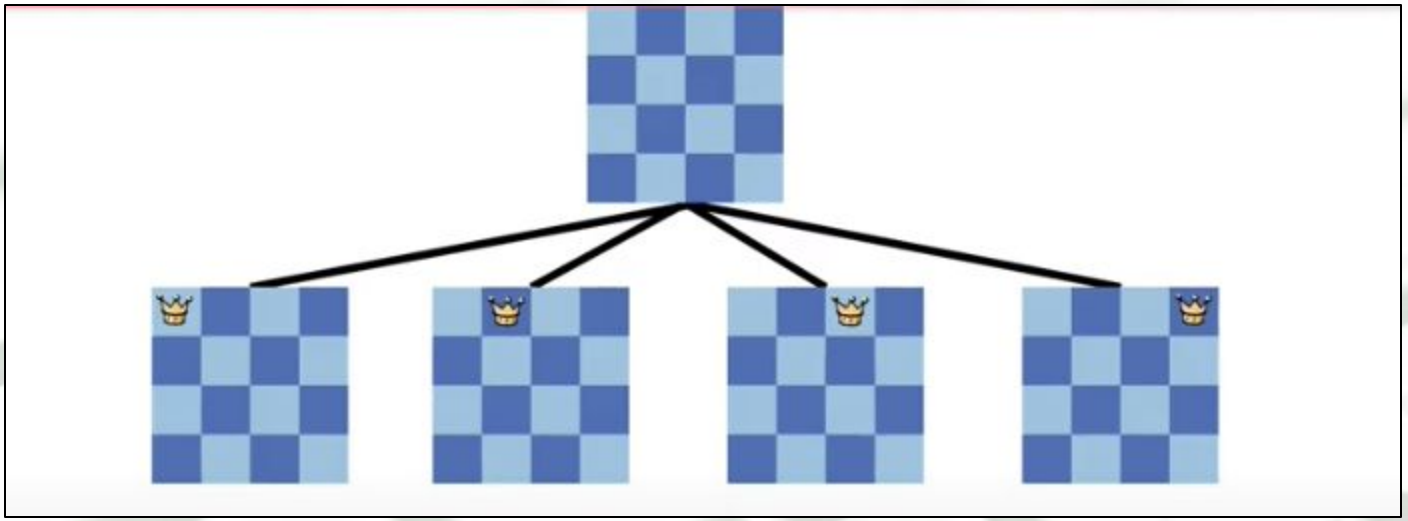
Outro Exemplo…

- **O Problema das N Rainhas…**
- Para N == 4, as duas únicas soluções possíveis são:



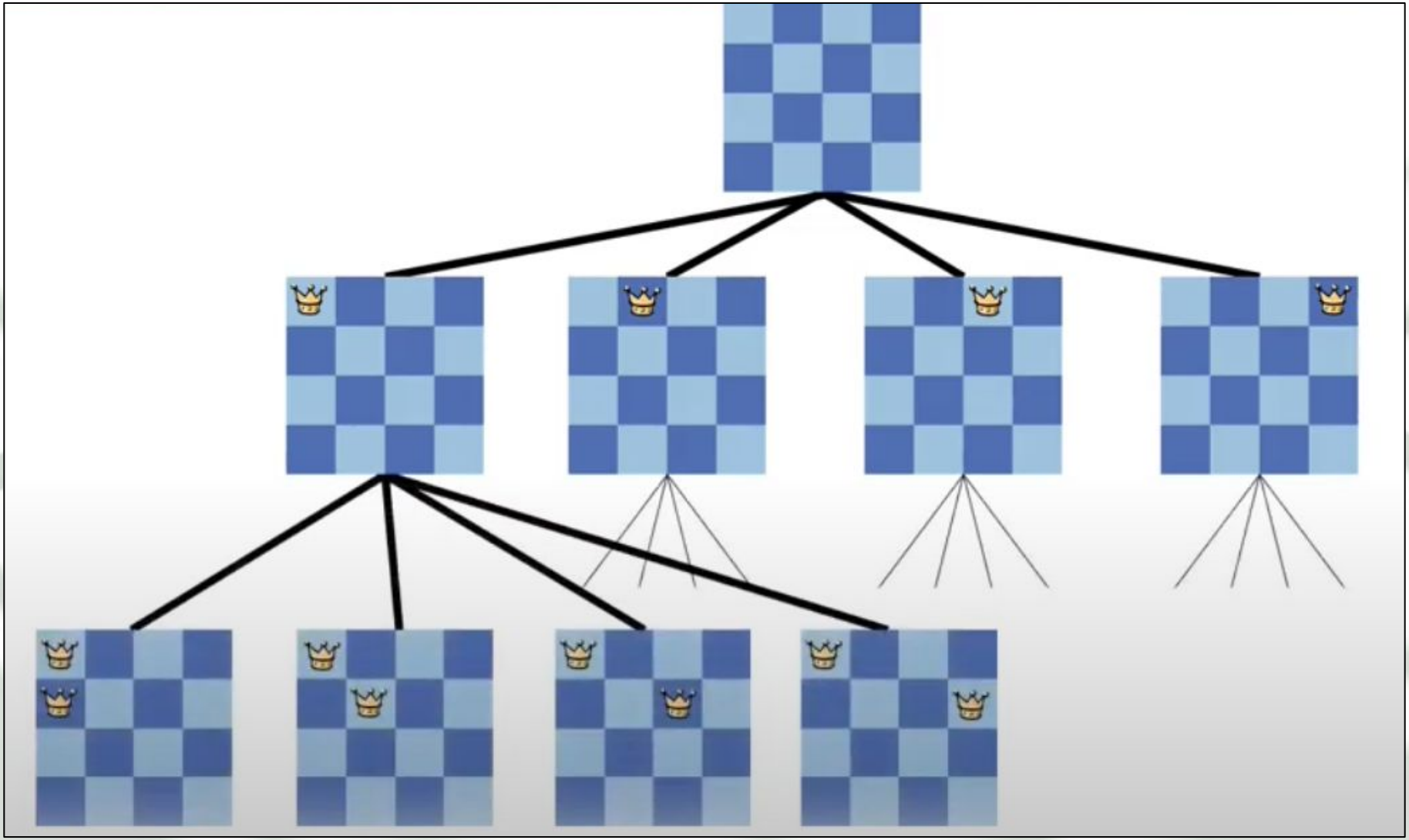
Algoritmo

- **Busca Exaustiva**



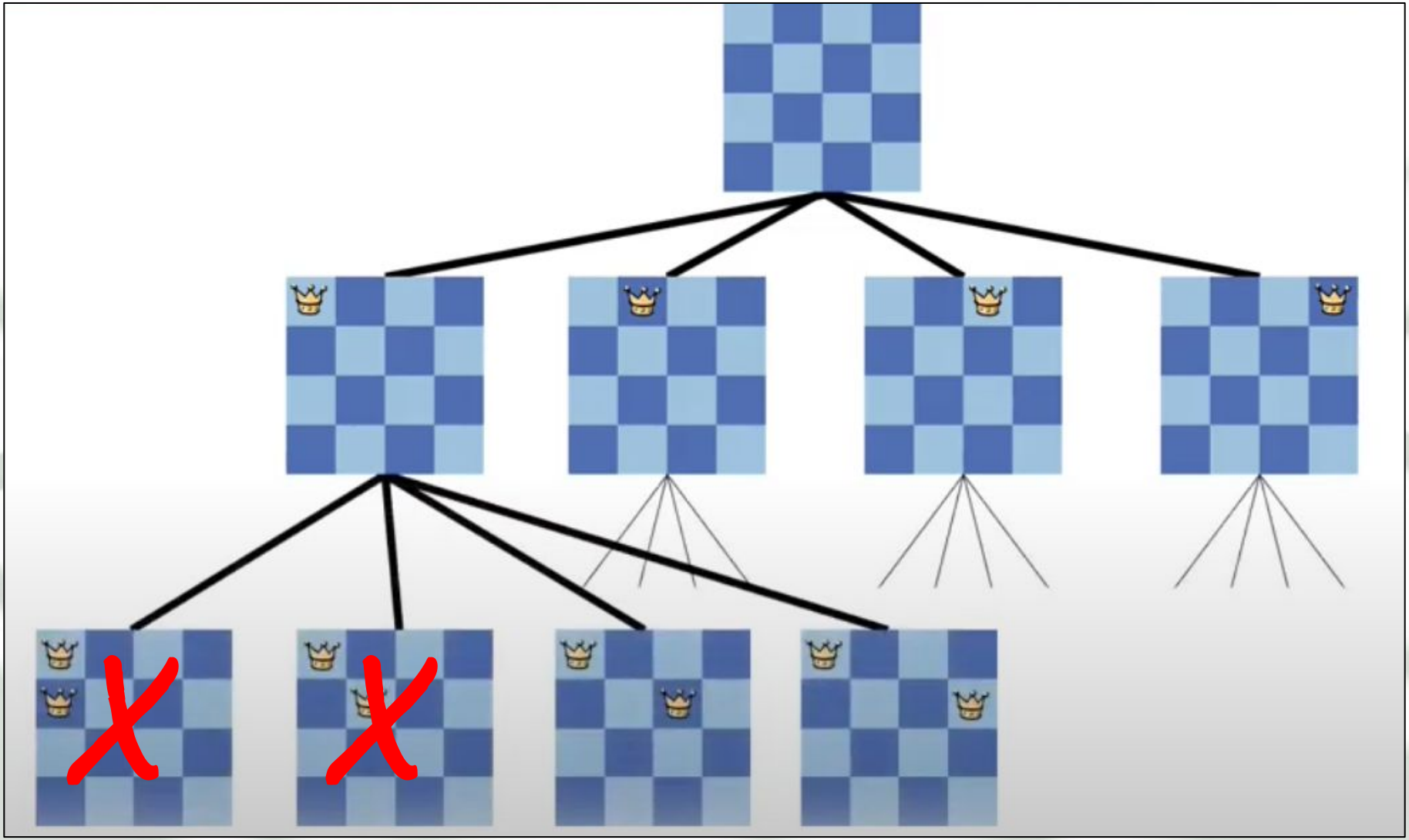
INSTITUTO FEDERAL
Norte de Minas Gerais
Campus Januária

Algoritmo



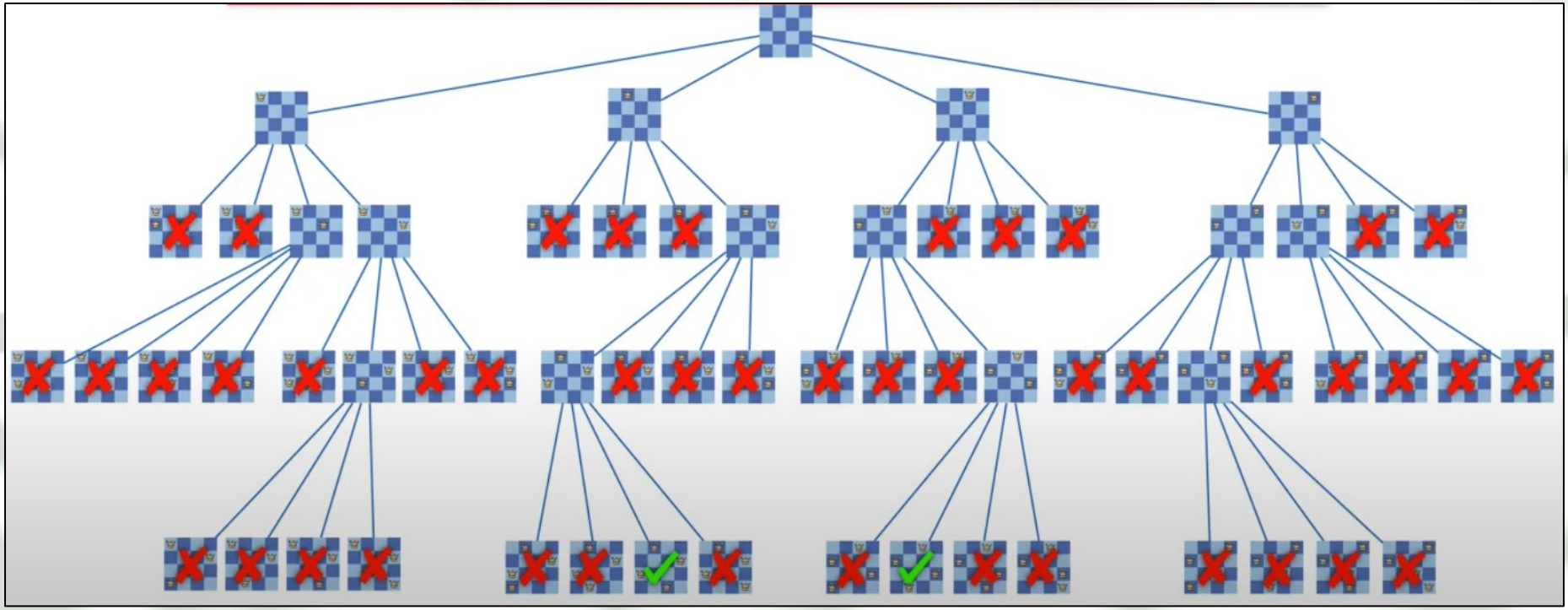
INSTITUTO FEDERAL
Norte de Minas Gerais
Campus Januária

Algoritmo



Algoritmo

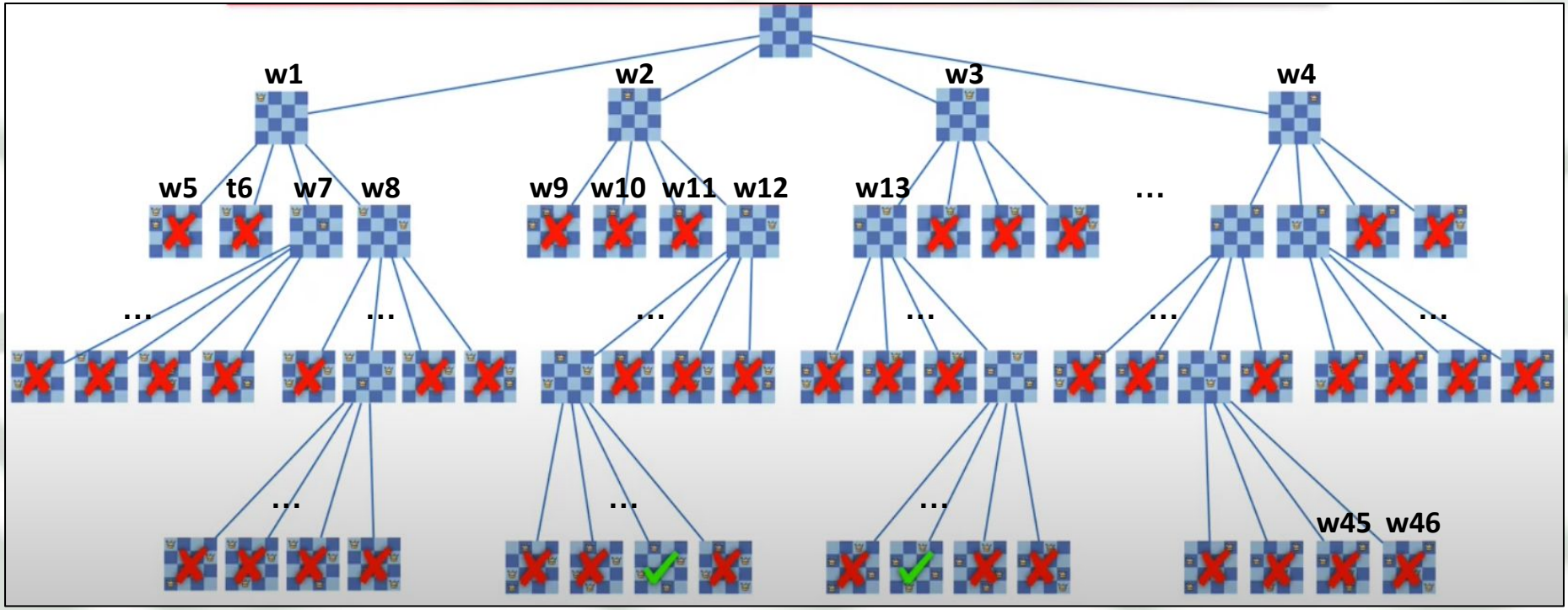
- **Busca Exaustiva**



INSTITUTO FEDERAL
Norte de Minas Gerais
Campus Januária

Algoritmo

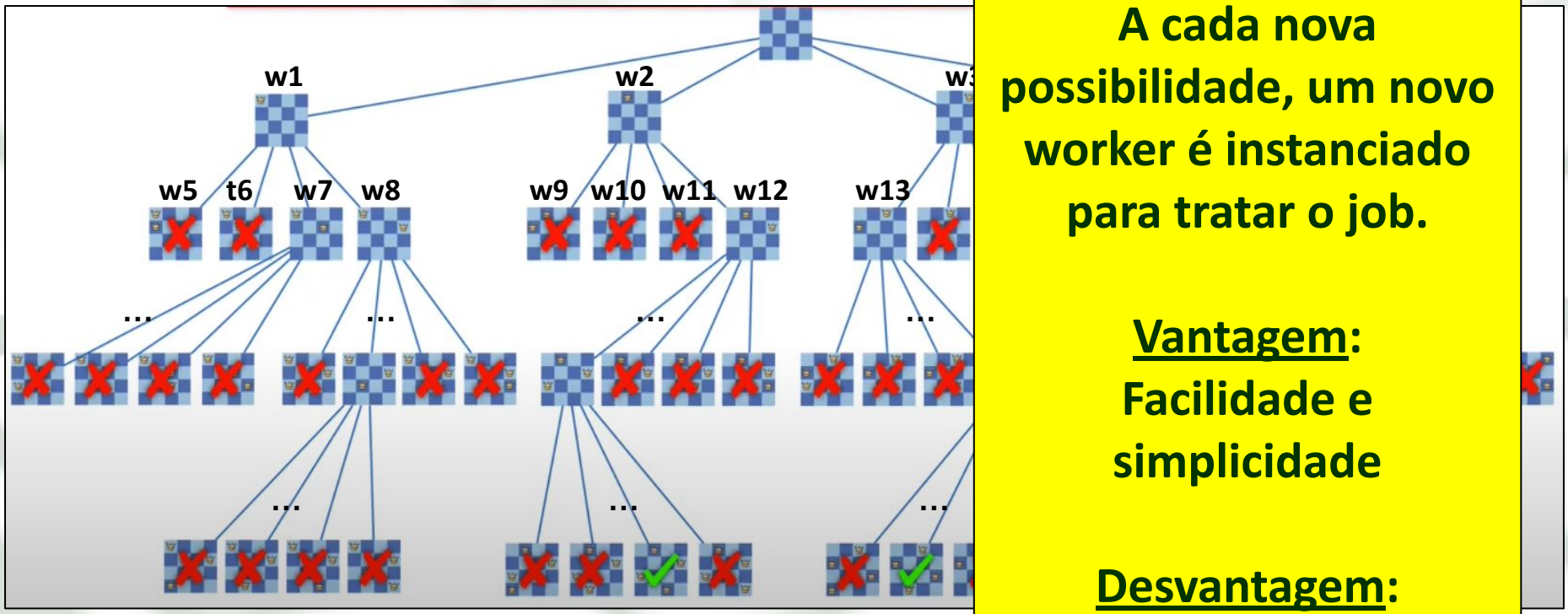
- **Busca Exaustiva => Um worker por tarefa...**



INSTITUTO FEDERAL
Norte de Minas Gerais
Campus Januária

Algoritmo

- **Busca Exaustiva => Um worker por tarefa…**



A cada nova possibilidade, um novo worker é instanciado para tratar o job.

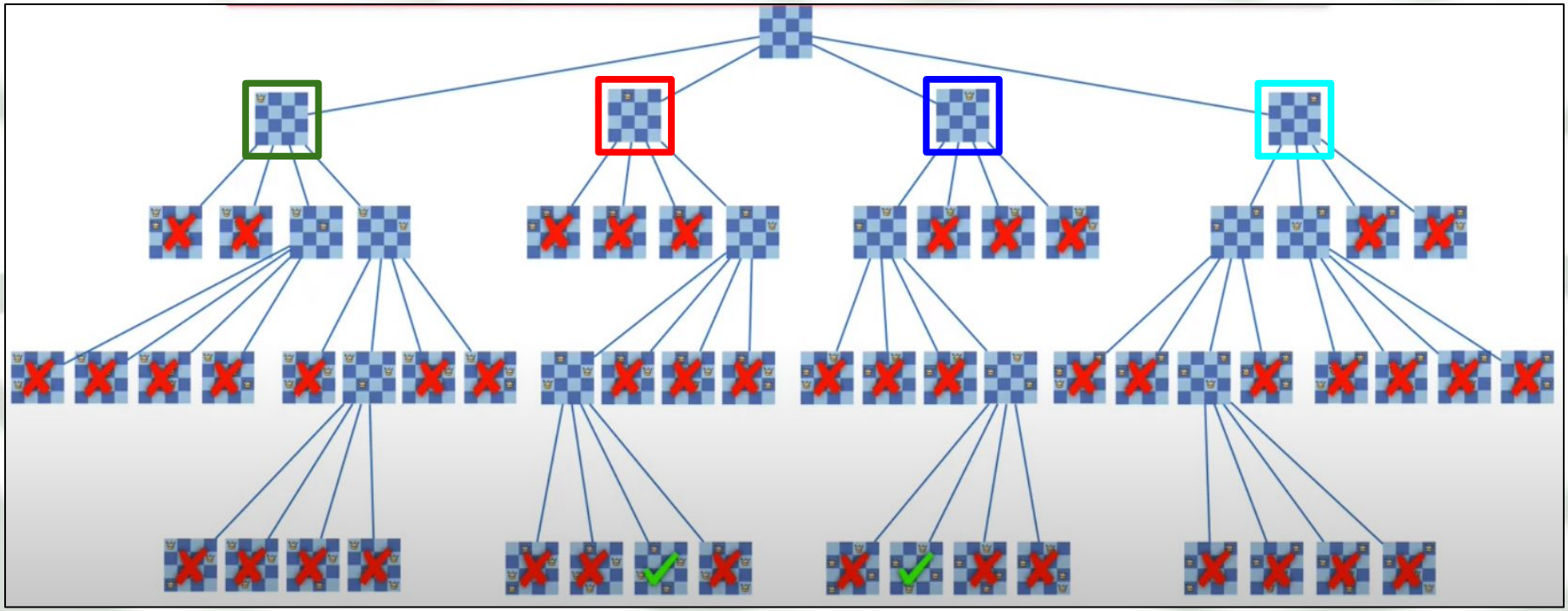
<u>Vantagem</u>:
Facilidade e simplicidade

<u>Desvantagem</u>:
Alto Overhead

INSTITUTO FEDERAL
Norte de Minas Gerais
Campus Januária

Algoritmo

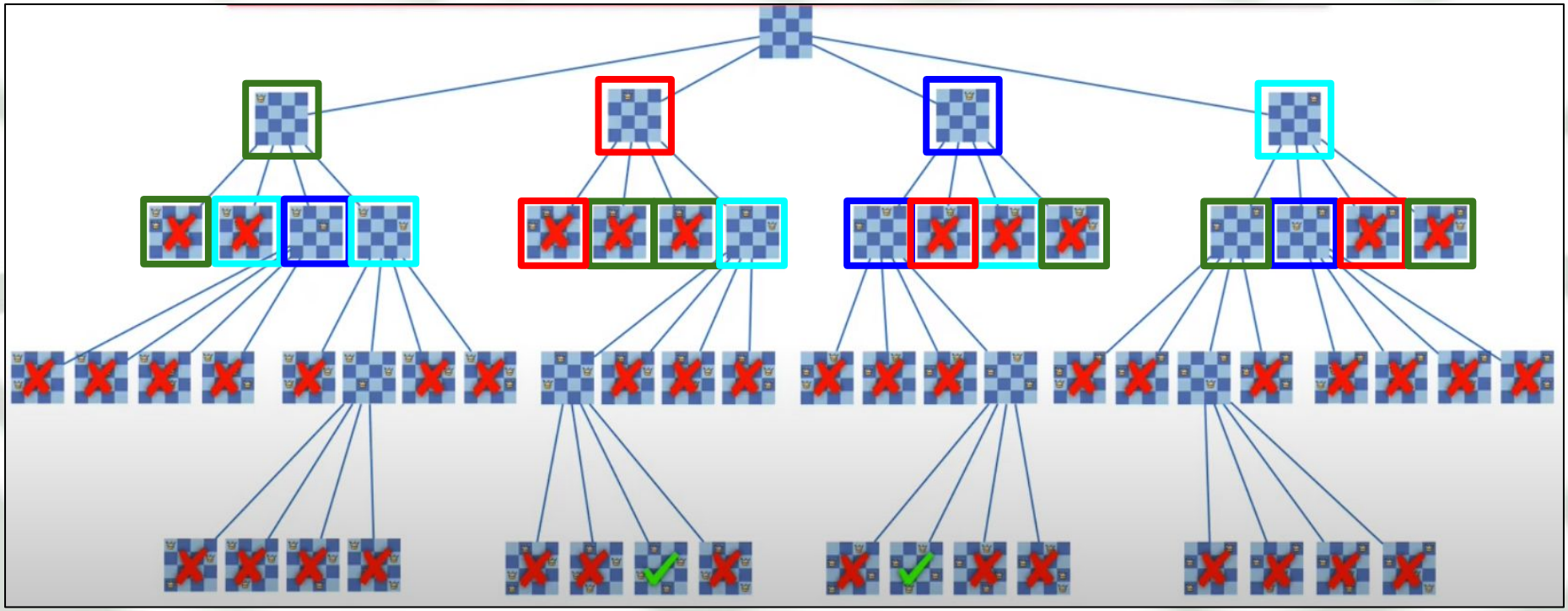
- **Busca Exaustiva => Particionamento Dinâmico**
  - *Workers* trabalham dinamicamente para resolver o problema.



INSTITUTO FEDERAL
Norte de Minas Gerais
Campus Januária

Algoritmo

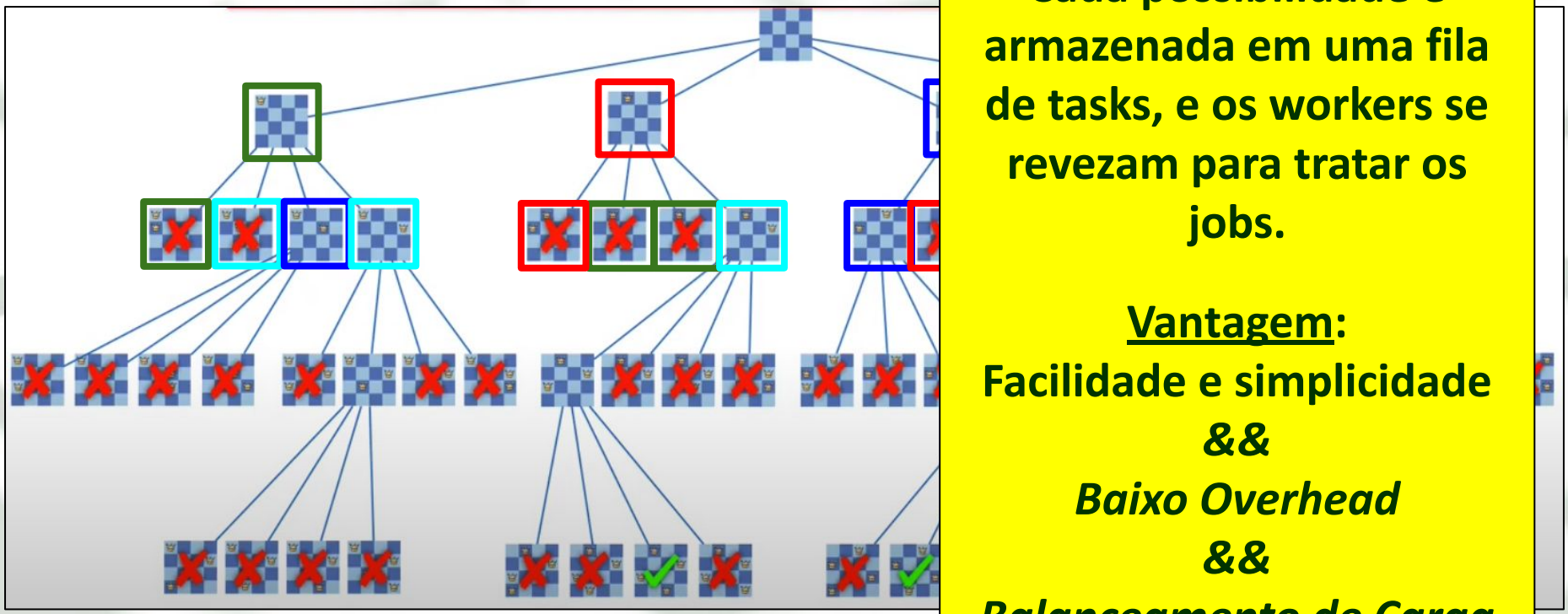
- **Busca Exaustiva => Particionamento Dinâmico**
  - *Workers* trabalham dinamicamente para resolver o problema.



INSTITUTO FEDERAL
Norte de Minas Gerais
Campus Januária

Algoritmo

- **Busca Exaustiva => <u>Particionamento Dinâmico</u>**
  - *Workers* trabalham dinamicamente p

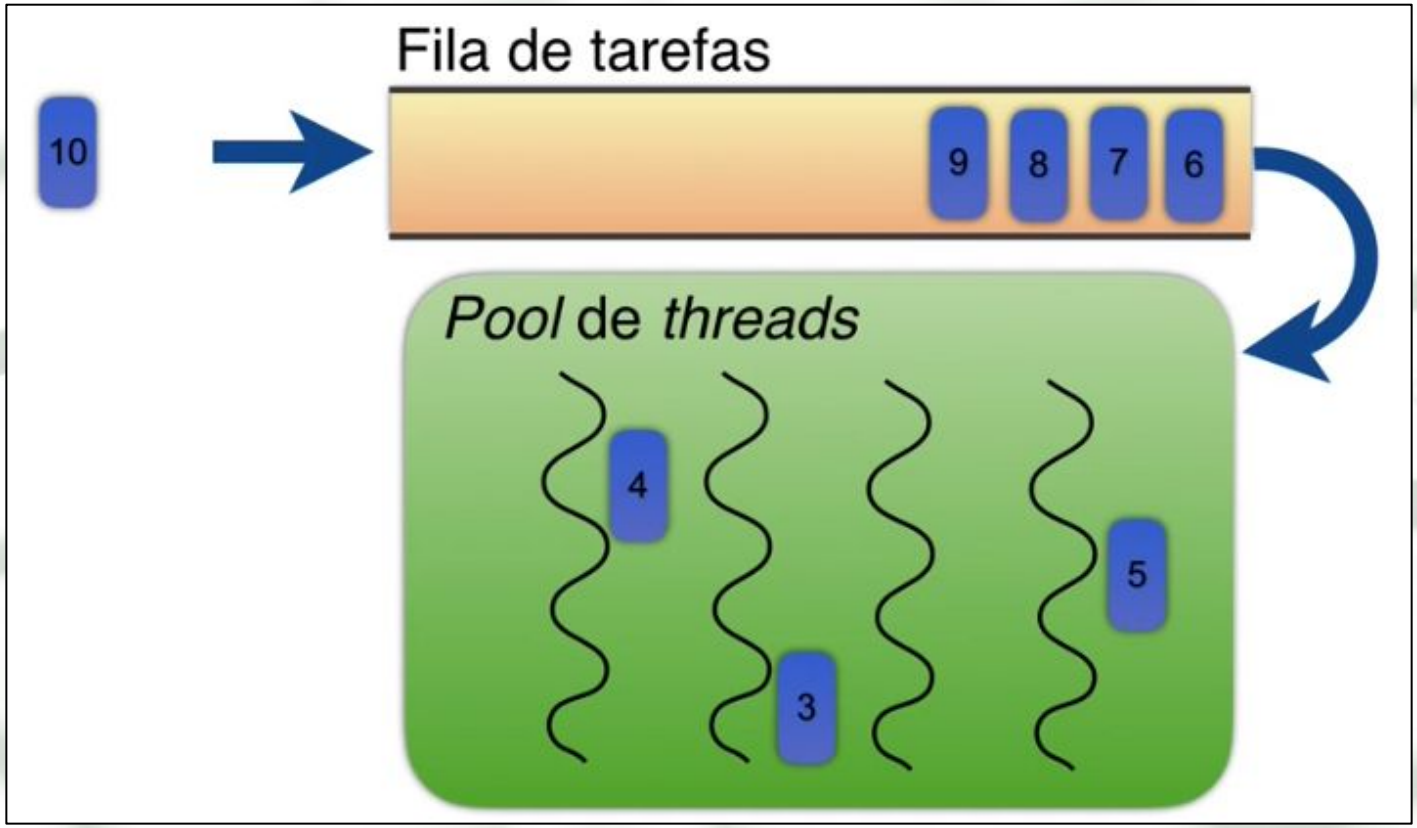


Cada possibilidade é armazenada em uma fila de tasks, e os workers se revezam para tratar os jobs.

<u>Vantagem</u>:
Facilidade e simplicidade
&&
Baixo Overhead
&&
Balanceamento de Carga

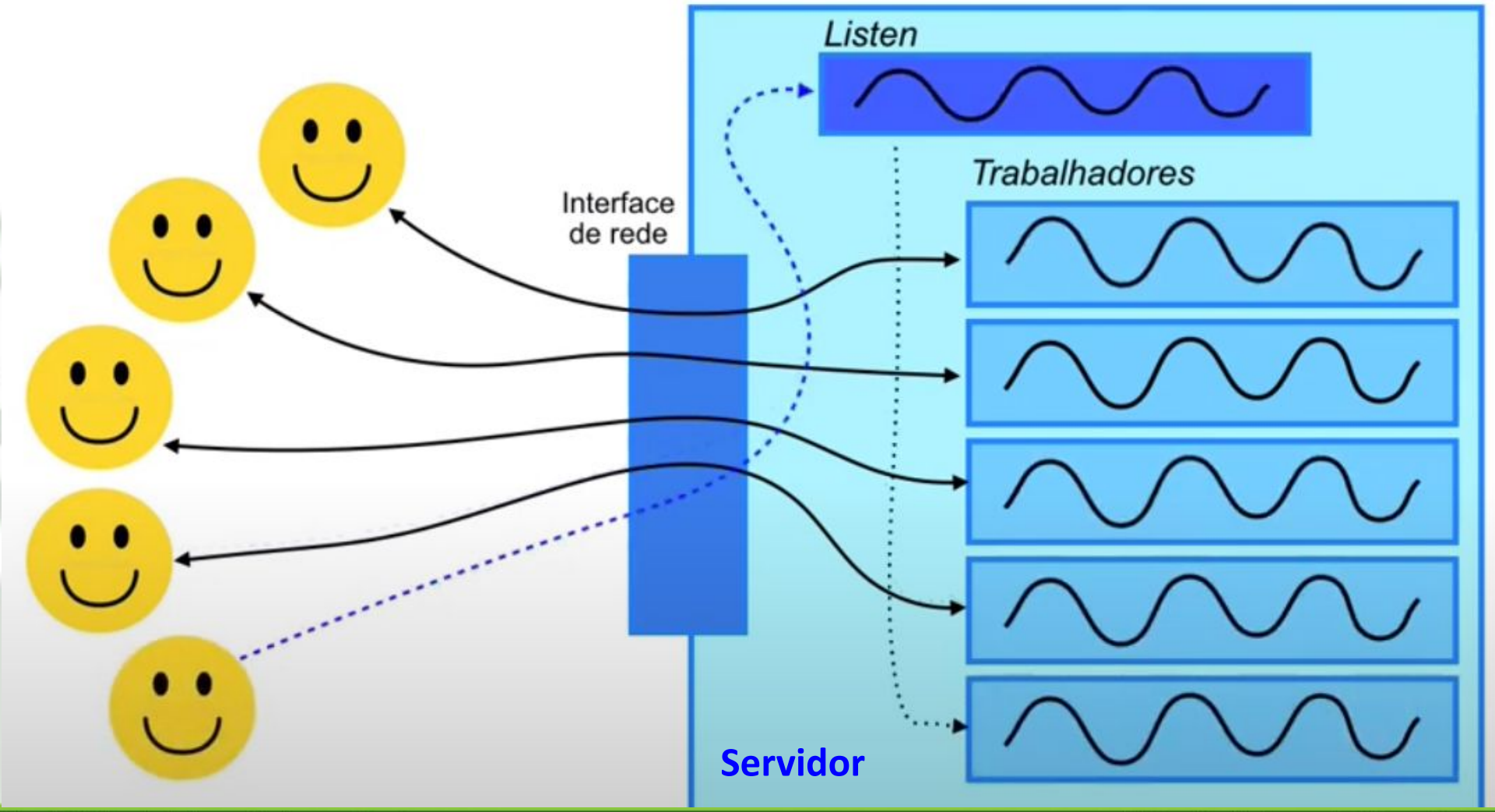
Estratégias

- **Fila de Tasks && Pool de Workers**



INSTITUTO FEDERAL
Norte de Minas Gerais
Campus Januária

Exemplo Prático



Implementação

- A implementação da técnica pode se dar por algumas alternativas...

- **Fila de Tasks:**
  - `multiprocessing.JoinableQueue()`

- **Pool de Workers:**
  - `concurrent.futures`

Joinable Queue

- A classe **JoinableQueue** é uma extensão da classe Queue, mas que implementa controles mais rígidos de acesso, inserção e remoção de dados, **ideal para repositório de tarefas (tasks) pendentes**.

Joinable Queue

- Existem dois novos métodos na **JoinableQueue:**

`queue.task_done()`

Que deve ser executado para cada `queue.get()`, indicando que a tarefa obtida foi processada e concluída.

`queue.join()`

Permite um processo ser bloqueado até a conclusão de todas as tasks da queue.

Laboratório #05.01

- Dada uma fila de tasks, onde cada tasks consiste em uma lista de 10 valores sorteados aleatoriamente, crie um programa que implementa paralelismo para realizar a ordenação de cada lista.

- Crie 02 processos para gerar tasks (300/processo).
- Crie `os.cpu_count()` processos para tratar cada tasks.
- Os resultados devem ser armazenados numa fila de resultados, e ser impressa ao final da execução.

Concurrent Futures

- A lib **`Concurrent.Futures`** (2011) é atualmente a principal biblioteca para o desenvolvimento de aplicações concorrentes/paralelas em Python.
- Oferece uma **interface de alto nível para desenvolvedores**, encapsulando e simplificando diversos mecanismos para criação, controle e sincronização de workers (*threads ou processos*).

Concurrent Futures

```
from concurrent.futures import
ThreadPoolExecutor, ProcessPoolExecutor
```

- `workers = ThreadPoolExecutor(max_workers)`
  - Workers são instanciados como Threads

- `workers = ProcessPoolExecutor(max_workers)`
  - Workers são instanciados como SubProcessos

INSTITUTO FEDERAL
Norte de Minas Gerais
Campus Januária

Concurrent Futures

```python
from concurrent.futures import ThreadPoolExecutor, ProcessPoolExecutor
import time

def do_something(i):
  time.sleep(i)
  return i*2

def when_finished(f):
  print(f'Callback => {f.result()}')

workers = ProcessPoolExecutor(5)

task = workers.submit(do_something,4)

task.add_done_callback(when_finished)

print('Main => Callback não é bloqueante')

print('Main => Result é bloqueante...')
resp = task.result()
print(f'Main => {resp}')
```

Implementação de Callbacks

INSTITUTO FEDERAL
Norte de Minas Gerais
Campus Januária

Concurrent Futures

```python
from concurrent.futures import ThreadPoolExecutor, ProcessPoolExecutor
import time

def do_something(i):
  time.sleep(i)
  return i*2

def when_finished(f):
  print(f'Callback => {f.result()}')

workers = ProcessPoolExecutor(5)

task = workers.submit(do_something,4)

task.add_done_callback(when_finished)

print('Main => Callback não é bloqueante')

print('Main => Result é bloqueante...')
resp = task.result()
print(f'Main => {resp}')
```

Retorno de Valores entre Processos

Concurrent Futures

```python
from concurrent.futures import ThreadPoolExecutor, ProcessPoolExecutor
import time

def do_something(i):
  time.sleep(i)
  return i*2

def when_finished(f):
  print(f'Callback => {f.result()}')

workers = ThreadPoolExecutor(5)

task = workers.submit(do_something,4)

task.add_done_callback(when_finished)

print('Main => Callback não é bloqueante')

print('Main => Result é bloqueante...')
resp = task.result()
print(f'Main => {resp}')
```

Threads ou Processos...
A mesma Interface!

Concurrent Futures

- **Nova Meta: Divisão de tarefas de maneira dinâmica e eficiente** (*granularidade dinâmica*).

- **`workers = ThreadPoolExecutor(4)`**
  - Cria um Pool de Workers (até 4 threads neste caso)

- **`workers.map(function, tasks_list)`**
  - Cada WORKER disponível irá executar FUNCTION para a próxima TASK pendente.

Concurrent Futures

```
from concurrent.futures import ThreadPoolExecutor, ProcessPoolExecutor
import threading
import time

def do_something(i):
 time.sleep(i)
 print(f'{threading.current_thread().name} => {i}')

workers = ThreadPoolExecutor(4)

tasks = [7,6,5,4,3,2,1,0]

workers.map(do_something, tasks)

print('Main em execução concorrente!')

workers.shutdown()

print('Finalizado!')
```

Cada worker irá "pegar" uma task para executar...

INSTITUTO FEDERAL
Norte de Minas Gerais
Campus Januária

Concurrent Futures

```
from concurrent.futures import ThreadPoolExecutor, ProcessPoolExecutor
import threading
import time

def do something(i):
 time.sleep(i)
 print(f'{threading.current_thread().name} => {i}')

workers = ThreadPoolExecutor(4)

tasks = [7,6,5,4,3,2,1,0]

workers.map(do_something, tasks)

print('Main em execução concorrente!')

workers.shutdown()

print('Finalizado!')
```

Método map não é bloqueante.

Concurrent Futures

```
from concurrent.futures import ThreadPoolExecutor, ProcessPoolExecutor
import threading
import time

def do_something(i):
 time.sleep(i)
 print(f'{threading.current_thread().name} => {i}')

workers = ThreadPoolExecutor(4)

tasks = [7,6,5,4,3,2,1,0]

workers.map(do_something, tasks)

print('Main em execução concorrente!')

workers.shutdown()

print('Finalizado!')
```

Método shutdown aguarda a finalização de todas as tasks

INSTITUTO FEDERAL
Norte de Minas Gerais
Campus Januária

Concurrent Futures

```
from concurrent.futures import ThreadPoolExecutor, ProcessPoolExecutor
import threading
import time

def do something(i):
 time.sleep(i)
 print(f'{threading.current_thread().

workers = ThreadPoolExecutor(4)

tasks = [7,6,5,4,3,2,1,0]

workers.map(do_something, tasks)

print('Main em execução concorrente!

workers.shutdown()

print('Finalizado!')
```

```
ThreadPoolExecutor-0_3 => 4
ThreadPoolExecutor-0_2 => 5
ThreadPoolExecutor-0_1 => 6
ThreadPoolExecutor-0_0 => 7
ThreadPoolExecutor-0_0 => 0
ThreadPoolExecutor-0_1 => 1
ThreadPoolExecutor-0_3 => 3
ThreadPoolExecutor-0_2 => 2
```

Resultado

INSTITUTO FEDERAL
Norte de Minas Gerais
Campus Januária

Concurrent Futures

```
from concurrent.futures import ThreadPoolExecutor, ProcessPoolExecutor
import threading
import time

def do_something(i):
 time.sleep(i)
 print(f'{threading.current_thread().

workers = ThreadPoolExecutor(4)

tasks = [7,6,5,4,3,2,1,0]

workers.map(do_something, tasks)

print('Main em execução concorrente!

workers.shutdown()

print('Finalizado!')
```

```
ThreadPoolExecutor-0_3 => 4
ThreadPoolExecutor-0_2 => 5
ThreadPoolExecutor-0_1 => 6
ThreadPoolExecutor-0_0 => 7
ThreadPoolExecutor-0_0 => 0
ThreadPoolExecutor-0_1 => 1
ThreadPoolExecutor-0_3 => 3
ThreadPoolExecutor-0_2 => 2
```

Resultado

Mas... e se for necessário armazenar os resultados da execução?

INSTITUTO FEDERAL
Norte de Minas Gerais
Campus Januária

Concurrent Futures

```
from concurrent.futures import ThreadPoolExecutor, ProcessPoolExecutor
import threading
import time

def do something(i):
 time.sleep(i)
 print(f'{threading.current_thread().name} => {i}')
 return i

workers = ThreadPoolExecutor(4)

tasks = [7,6,5,4,3,2,1,0]

futures = workers.map(do_something, tasks)

print(Main em execução concorrente!')

resultados = list(futures)

print(f'Resultados = {resultados)')
```

bloqueante

Cada worker irá realizará um trabalho com resultado "futuro". Ao finalizar todos os trabalhos, obtemos a lista.

INSTITUTO FEDERAL
Norte de Minas Gerais
Campus Januária

Concurrent Futures

```
ThreadPoolExecutor-0_3 => 4
ThreadPoolExecutor-0_2 => 5
ThreadPoolExecutor-0_1 => 6
ThreadPoolExecutor-0_0 => 7
ThreadPoolExecutor-0_0 => 0
ThreadPoolExecutor-0_2 => 2
ThreadPoolExecutor-0_1 => 1
ThreadPoolExecutor-0_3 => 3
Resultados = [7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0]
```

```
lExecutor, ProcessPoolExecutor
```

```
e} => {i}')
```

```
futures = workers.map(do_something, tasks)

print(Main em execução concorrente!')

resultados = list(futures)

print(f'Resultados = {resultados)')
```

bloqueante

Cada worker irá realizará um trabalho com resultado "futuro". Ao finalizar todos os trabalhos, obtemos a lista.

INSTITUTO FEDERAL
Norte de Minas Gerais
Campus Januária

Concurrent Futures

```
ThreadPoolExecutor-0_3 => 4
ThreadPoolExecutor-0_2 => 5
ThreadPoolExecutor-0_1 => 6
ThreadPoolExecutor-0_0 => 7
ThreadPoolExecutor-0_0 => 0
ThreadPoolExecutor-0_2 => 2
ThreadPoolExecutor-0_1 => 1
ThreadPoolExecutor-0_3 => 3
Resultados = [7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0]
```

```
lExecutor, ProcessPoolExecutor
```

```
e} => {i}')
```

OBSERVE! A lista de resultados obedece a ordem da fila de tasks, e não a ordem da execução em si.

```
tasks = [7,6,5,4,3,2,1,0]

futures = workers.map(do_something, tasks)

print(Main em execução concorrente!')

resultados = list(futures)

print(f'Resultados = {resultados)')
```

Concurrent Futures

- **`concurrent.futures`** torna **transparente** as soluções para problemas de acesso à região crítica (exclusão mútua) e comunicação entre processos (envio de parâmetros e resultados).

INSTITUTO FEDERAL
Norte de Minas Gerais
Campus Januária

Laboratório #05.04

- Faça um programa que implementa:
  - Pool de 04 threads produtoras de tasks (números aleatórios entre 1 e 100), cada thread produz 10 tasks.
  - Pool de 08 threads consumidoras de tasks (para cada número obtido devolver como resultado a lista de seus divisores inteiros, exceto 1 e ele próprio).
  - Imprimir relação de tasks e o resultado dos processamentos.

INSTITUTO FEDERAL
Norte de Minas Gerais
Campus Januária

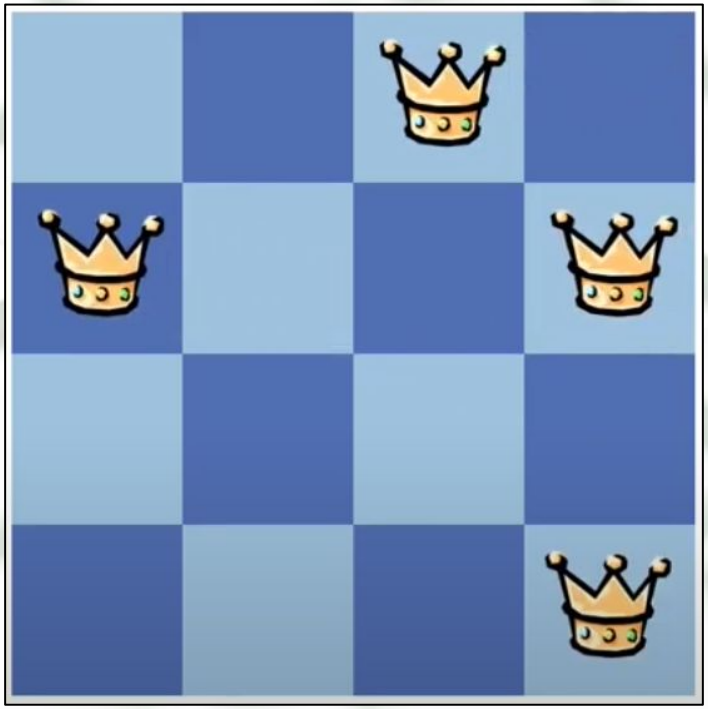
- Faça um program
  - Pool de 04 thre
    aleatórios entr
  - Pool de 08 thre
    número obtido
    seus divisores
  - Imprimir relaçã
    processamento

```
Task 4 - Resultados = [2]
Task 47 - Resultados = []
Task 74 - Resultados = [37, 2]
Task 25 - Resultados = [5]
Task 24 - Resultados = [12, 8, 6, 4, 3, 2]
Task 46 - Resultados = [23, 2]
Task 99 - Resultados = [33, 11, 9, 3]
Task 70 - Resultados = [35, 14, 10, 7, 5, 2]
Task 85 - Resultados = [17, 5]
Task 91 - Resultados = [13, 7]
Task 86 - Resultados = [43, 2]
Task 32 - Resultados = [16, 8, 4, 2]
Task 75 - Resultados = [25, 15, 5, 3]
Task 51 - Resultados = [17, 3]
Task 31 - Resultados = []
Task 72 - Resultados = [36, 24, 18, 12, 9, 8, 6, 4, 3, 2]
Task 21 - Resultados = [7, 3]
Task 75 - Resultados = [25, 15, 5, 3]
Task 1 - Resultados = []
Task 43 - Resultados = []
Task 37 - Resultados = []
Task 90 - Resultados = [45, 30, 18, 15, 10, 9, 6, 5, 3, 2]
Task 41 - Resultados = []
Task 45 - Resultados = [15, 9, 5, 3]
```

INSTITUTO FEDERAL
Norte de Minas Gerais
Campus Januária

Laboratório #05.05

- **Você consegue resolver o problema das “N Rainhas” usando Pool de Workers?**



Referências

- VAN STEEN, Maarten; TANENBAUM, Andrew S. Distributed systems. Leiden, The Netherlands: Maarten van Steen, 2017.

- MENDES, Eduardo. Lives de Python. YouTube Channel. https://github.com/dunossauro/live-de-python

- GUEDES, Dorgival. Notas de aula, UFMG. YouTube Channel: https://www.youtube.com/channel/UCJQHsVoqmkygpOXtGfKECFw