deti universidade de aveiro
departamento de electrónica,
telecomunicações e informática

SISTEMAS OPERATIVOS

Relatório Projeto 1

Nome: Diogo Almeida N°Mec: 108902
Nome: Joaquim Rosa N°Mec: 109089

Índice

1 - Introdrução

No projeto 1 de Sistemas Operativos foi-nos pedido para desenvolver um scrip rwstat.sh em bash com o objetivo de retirar informações de processos ativos no computador. Este script irá exibir o número total de bytes de I/O que o processo leu e escreveu num intervalo de tempo dado pelo utilizador. Com esses valores irá tanto proceder ao cálculo da taxa de leitura e escrita desse mesmo processo.

O utilizador poderá dar como argumentos algumas opções que irão influenciar a forma com que a informação dos processos irá ser exibida ao mesmo. Poderá ordenar a tabela final por ordem crescente com a passagem do argumento “-r” pois a tabela normal está ordenada de ordem decrescente de valores. Poderá querer ordenar a tabela pela coluna da taxa de escrita com a opção “-w” pois a tabela normal está ordenada pela coluna da taxa de leitura. Se o utilizador desejar ver apenas os processos iniciados num certo intervalo de datas pode dar uma data máxima com o argumento “-e” e/ou uma data mínima com o argumento “-s”. O utilizador poderá também querer ver apenas os processos com um certo padrão no nome do processo com o argumento “-c” e uma expressão regular de shell. Pode também ver apenas os processos pertencentes a um certo User com o argumento “-u”. Também poderá apenas querer ver os processos com um Process Id (PID) num dado intervalo, podendo dar um PID máximo com o argumento “-M” e/ou um PID mínimo com o argumento “-m”.

2 - Código

2.1 - Declaração de Variáveis

```
declare -A arrayAss=()
declare -A read1=()
declare -A write1=()

declare Comm="NULL"
declare DataMin="NULL"
declare DataMax="NULL"
declare User="NULL"
declare PidMin="NULL"
declare PidMax="NULL"
declare NumProc="NULL"

declare reverse=0
declare wSort=0
declare NumArg=0
declare NumOpt=0
```

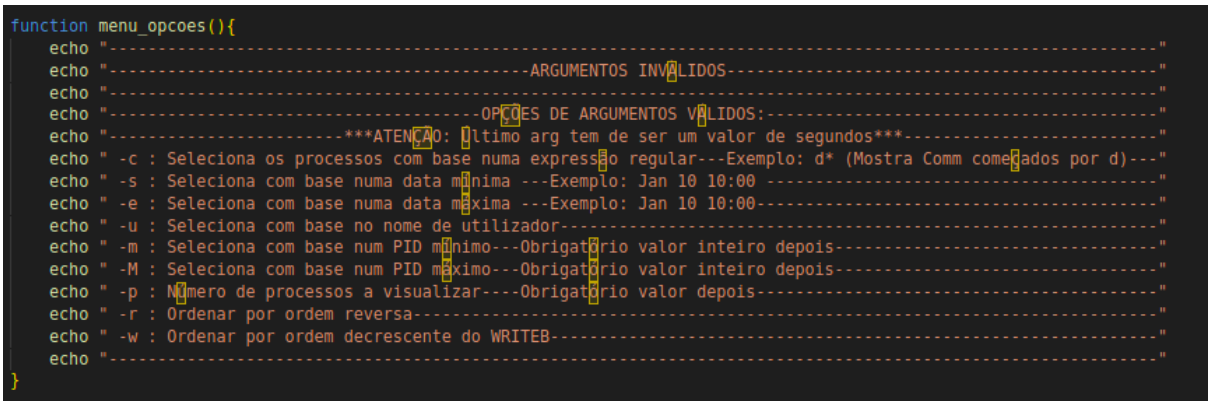
- Arrays Associativos (Lista onde cada informação é guardada associada a uma chave própria):
    - arrayAss: Array onde serão guardadas as informações sobre cada processo (Comm , User , PID , Diferença do rchar Final e rchar Inicial do processo , Diferença do Wchar Final e Wchar Inicial do processo e data de criação do processo) associadas ao respetivo PID do processo;
    - read1: Array onde serão guardados os valores do rchar de todos os processos antes do intervalo de tempo (sleep) onde o valor do processo será associado ao PID do processo.
    - write1: Array onde serão guardados os valores do wchar de todos os processos antes do intervalo de tempo (sleep) onde o valor do processo será associado ao PID do processo.
- Variáveis simples de armazenamento:
    - Comm: Variável onde será guardada a expressão de seleção do nome do processo inserida pelo utilizador depois do argumento “-c”, caso não seja inserido o argumento “-c” a variável permanece a “Null”;
    - DataMin: Variável onde será guardada uma data mínima, depois de ser introduzido o argumento “-s”, onde futuramente será feita uma seleção de processos apenas iniciados depois da data dada, caso não seja inserido o argumento “-s” a variável permanece a “Null”;

    - DataMax: Variável onde será guardada uma data máxima, depois de ser introduzido o argumento “-e”, onde futuramente será feita uma seleção de processos apenas iniciados antes da data dada, caso não seja inserido o argumento “-e” a variável permanece a “Null”;
    - User: Variável onde será guardado um nome de user inserido pelo utilizador depois do argumento “-u” para serem apenas exigidos os processos pertencentes a esse user, caso não seja inserido o argumento “-u” a variável permanece a “Null”;
    - PidMin: Variável onde será guardado um Process Id (id de um processo) mínimo, depois de ser introduzido o argumento “-m”, onde futuramente será feita uma seleção de processos apenas com um PID (Process Id) superior ao dado, caso não seja inserido o argumento “-m” a variável permanece a “Null”;
    - PidMax: Variável onde será guardado um Process Id (id de um processo) máximo, depois de ser introduzido o argumento “-M”, onde futuramente será feita uma seleção de processos apenas com um PID (Process Id) inferior ao dado, caso não seja inserido o argumento “-M” a variável permanece a “Null”;
    - NumProc: Variável onde será guardado um valor inteiro, depois de ser introduzido o argumento “-p”, para futuramente serem apenas exibidos um certo número de processos (número igual ao valor dado), caso não seja inserido o argumento “-p” a variável permanece a “Null”;
- Variáveis de controlo:
    - reverse: Guarda o valor 0 se não foi dado como argumento o “-r” e será feita a ordenação normal da tabela final. Irá alterar o valor para 1 se for dado o argumento “-r” fazendo assim a ordenação reversa da tabela final;
    - wSort: Guarda o valor 0 se não foi dado como argumento o “-w” e será feita a ordenação pela coluna dos rateR (Read Rate) da tabela final. Irá alterar o valor para 1 se for dado o argumento “-w” fazendo assim a ordenação pela coluna dos rateW (Write Rate) da tabela final;
    - NumArg: Guarda o valor inteiro de argumentos necessários a serem introduzidos pelo utilizador de acordo com as opções escolhidas pelo mesmo;
    - NumOpt: Guarda o número total de opções (operações) introduzidos pelo utilizador como argumento;

2.2 - Tratamento dos inputs

2.2.1 - Função menu_opcoes()

A função menu_opcoes() é a função que irá mostrar no terminal as opções e os argumentos válidos que o utilizador pode inserir, caso este introduza opções ou argumentos inválidos.



- Opção -c: Ao introduzir uma expressão regular como argumento, esta opção vai permitir filtrar os processos e fazer aparecer apenas os processos cujo nome estejam de acordo com essa expressão.
- Opção -s: Esta opção fará com que apenas sejam retornados os processos com data e hora igual ou superior à que foi passada como argumento.
- Opção -e: Esta opção fará com que apenas sejam retornados os processos com data e hora igual ou inferior à que foi passada como argumento.
- Opção -u: Ao introduzir um nome de utilizador com argumento, esta opção permitirá filtrar os processos, aparecendo apenas os processos correspondentes ao mesmo.
- Opção -m: Esta opção fará com que apenas sejam retornados os processos com PID igual ou superior à que foi passada como argumento.
- Opção -M: Esta opção fará com que apenas sejam retornados os processos com PID igual ou inferior à que foi passada como argumento.
- Opção -r: Esta opção fará com que a ordem da tabela seja invertida, passando a ordenar ascendentemente (não implica argumentos).
- Opção -w: Esta opção fará com que a ordem da tabela passe a estar ordenada em função da coluna *RATEW* (não implica argumentos).

Todas estas opções podem ser usadas em simultâneo.

2.2.2 - Função inputs()

A função *inputs*() está encarregada de receber e validar as opções e argumentos inseridos pelo utilizador.

```
function inputs() {

    #Verifica se o número de argumentos é válido
    if [[ $# == 0 ]]; then
        echo "ERRO: Tem de passar no mínimo um argumento (segundos)."
        menu_opcoes
        exit 1
    fi

    #Verifica se o último argumento passado é um numero
    if ! [[ ${@: -1} =~ ^[0-9]+$ ]]; then
        echo "ERRO: O último valor deve ser o argumento de sleep"
        menu_opcoes
        exit 1
    fi
```

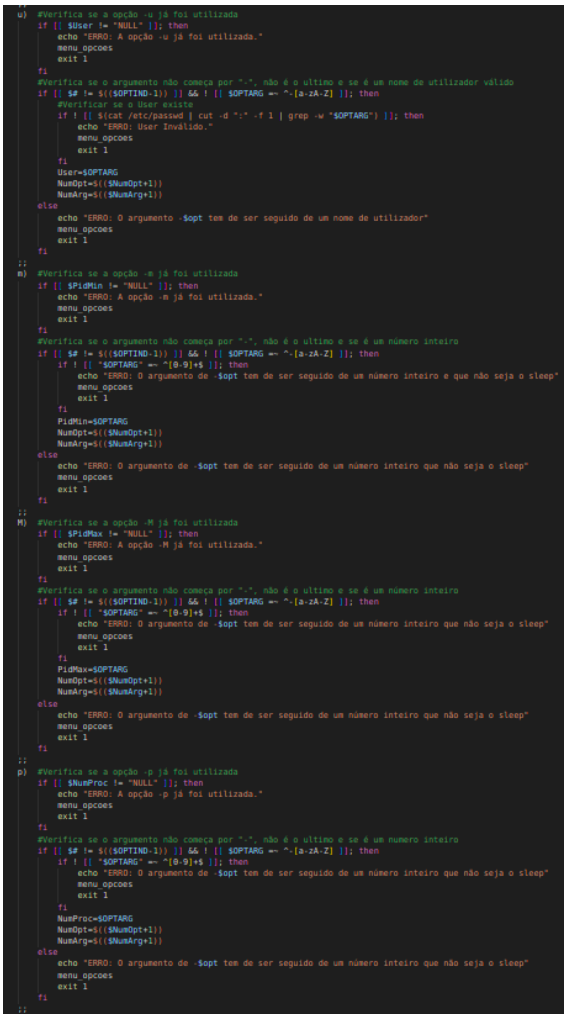
- **Primeira condição:** Verifica se o número de argumentos passados durante a execução do programa é zero, e caso o seja, mostra uma mensagem de erro ao utilizador, chama a função *menu_opcoes*() e encerra o programa.
- **Segunda condição:** Verifica se o último argumento passado é um número inteiro, caso não o seja, o programa volta a mostrar uma mensagem de erro, chama a função *menu_opcoes*() e encerra o programa.

```
while getopts ":c:s:e:u:m:M:p:rw" opt; do
```

Para fazermos o tratamento das várias opções que vão ser utilizadas, usamos o comando *getopts*. À frente do comando está representada a cadeia de opções, que contém as letras de opção a reconhecer. Se a opção receber argumentos, esta é escrita com ":" à frente, caso contrário, não leva nada, como no caso das opções "-r" e "-w".

```
case $opt in
    c)  #Verifica se a opção -c já foi utilizada
        if [[ $Comm != "NULL" ]]; then
            echo "ERRO: A opção -c já foi utilizada."
            menu_opcoes
            exit 1
        fi

        #Verifica se o argumento não começa por "-" e não é o ultimo
        if [[ $# != $(($OPTIND-1)) ]] && ! [[ $OPTARG =~ ^-[a-zA-Z] ]]; then
            Comm=$OPTARG
            NumOpt=$(($NumOpt+1))
            NumArg=$(($NumArg+1))
        else
            echo "ERRO: O argumento -c tem de ser seguido de uma expressão regular"
            menu_opcoes
            exit 1
        fi
    ;;
    s)  #Verifica se a opção -s já foi utilizada
        if [[ $DataMin != "NULL" ]]; then
            echo "ERRO: A opção -s já foi utilizada."
            menu_opcoes
            exit 1
        fi
        #Verifica se o argumento não começa por "-", não é o ultimo e se é uma data válida
        if [[ $# != $(($OPTIND-1)) ]] && ! [[ $OPTARG =~ ^-[a-zA-Z] ]]; then
            if date -d "$OPTARG" &> /dev/null; then
                DataMin=$OPTARG
                NumOpt=$(($NumOpt+1))
                NumArg=$(($NumArg+1))
            else
                echo "ERRO: O argumento -s tem de ser seguido de uma data válida"
                menu_opcoes
                exit 1
            fi
        else
            echo "ERRO: O argumento -s tem de ser seguido de uma data"
            menu_opcoes
            exit 1
        fi
    ;;
    e)  #Verifica se a opção -e já foi utilizada
        if [[ $DataMax != "NULL" ]]; then
            echo "ERRO: A opção -e já foi utilizada."
            menu_opcoes
            exit 1
        fi
        #Verifica se o argumento não começa por "-", não é o ultimo e se é uma data válida
        if [[ $# != $(($OPTIND-1)) ]] && ! [[ $OPTARG =~ ^-[a-zA-Z] ]]; then
            if date -d "$OPTARG" &> /dev/null; then
                DataMax=$OPTARG
                NumOpt=$(($NumOpt+1))
                NumArg=$(($NumArg+1))
            else
                echo "ERRO: O argumento -e tem de ser seguido de uma data válida"
                menu_opcoes
                exit 1
            fi
        else
            echo "ERRO: O argumento -e tem de ser seguido de uma data"
            menu_opcoes
            exit 1
        fi
    ;;
```



```
u)  #Verifica se a opção -u já foi utilizada
    if [[ $User != "NULL" ]]; then
        echo "ERRO: A opção -u já foi utilizada."
        menu_opcoes
        exit 1
    fi
    #Verifica se o argumento não começa por "-", não é o ultimo e se é um nome de utilizador válido
    if [[ $# != $(($OPTIND-1)) ]] && ! [[ $OPTARG =~ ^-[a-zA-Z] ]]; then
        #Verificar se o User existe
        if ! [[ $(cat /etc/passwd | cut -d ":" -f 1 | grep -w "$OPTARG") ]]; then
            echo "ERRO: User Inválido."
            menu_opcoes
            exit 1
        fi
        User=$OPTARG
        NumOpt=$(($NumOpt+1))
        NumArg=$(($NumArg+1))
    else
        echo "ERRO: O argumento -$opt tem de ser seguido de um nome de utilizador"
        menu_opcoes
        exit 1
    fi
;;
m)  #Verifica se a opção -m já foi utilizada
    if [[ $PidMin != "NULL" ]]; then
        echo "ERRO: A opção -m já foi utilizada."
        menu_opcoes
        exit 1
    fi
    #Verifica se o argumento não começa por "-", não é o ultimo e se é um número inteiro
    if [[ $# != $(($OPTIND-1)) ]] && ! [[ $OPTARG =~ ^-[a-zA-Z] ]]; then
        if ! [[ "$OPTARG" =~ ^[0-9]+$ ]]; then
            echo "ERRO: O argumento de -$opt tem de ser seguido de um número inteiro e que não seja o sleep"
            menu_opcoes
            exit 1
        fi
        PidMin=$OPTARG
        NumOpt=$(($NumOpt+1))
        NumArg=$(($NumArg+1))
    else
        echo "ERRO: O argumento de -$opt tem de ser seguido de um número inteiro que não seja o sleep"
        menu_opcoes
        exit 1
    fi
;;
M)  #Verifica se a opção -M já foi utilizada
    if [[ $PidMax != "NULL" ]]; then
        echo "ERRO: A opção -M já foi utilizada."
        menu_opcoes
        exit 1
    fi
    #Verifica se o argumento não começa por "-", não é o ultimo e se é um número inteiro
    if [[ $# != $(($OPTIND-1)) ]] && ! [[ $OPTARG =~ ^-[a-zA-Z] ]]; then
        if ! [[ "$OPTARG" =~ ^[0-9]+$ ]]; then
            echo "ERRO: O argumento de -$opt tem de ser seguido de um número inteiro que não seja o sleep"
            menu_opcoes
            exit 1
        fi
        PidMax=$OPTARG
        NumOpt=$(($NumOpt+1))
        NumArg=$(($NumArg+1))
    else
        echo "ERRO: O argumento de -$opt tem de ser seguido de um número inteiro que não seja o sleep"
        menu_opcoes
        exit 1
    fi
;;
p)  #Verifica se a opção -p já foi utilizada
    if [[ $NumProc != "NULL" ]]; then
        echo "ERRO: A opção -p já foi utilizada."
        menu_opcoes
        exit 1
    fi
    #Verifica se o argumento não começa por "-", não é o ultimo e se é um numero inteiro
    if [[ $# != $(($OPTIND-1)) ]] && ! [[ $OPTARG =~ ^-[a-zA-Z] ]]; then
        if ! [[ "$OPTARG" =~ ^[0-9]+$ ]]; then
            echo "ERRO: O argumento de -$opt tem de ser seguido de um número inteiro que não seja o sleep"
            menu_opcoes
            exit 1
        fi
        NumProc=$OPTARG
        NumOpt=$(($NumOpt+1))
        NumArg=$(($NumArg+1))
    else
        echo "ERRO: O argumento de -$opt tem de ser seguido de um número inteiro que não seja o sleep"
        menu_opcoes
        exit 1
    fi
;;
```

Cada opção terá a sua respetiva validação antes de guardar o argumento numa variável, caso desobedeça a essa validação, é chamada a função *menu_opcoes()* e o programa fecha. No caso das opções com argumentos, é verificado se essa opção já não foi chamada anteriormente, para que cada opção não seja introduzida mais que uma vez, evitando uma sobreposição de valores. Também é verificado se o seu argumento não começa por "-", para evitar ter duas opções seguidas, e se o seu argumento não é o último, através da comparação entre o *OPTIND* (índice do argumento) e o número total de argumentos, pois o último argumento está destinado ao *sleep time*. Para além desta validação, nas opções -s e -e é verificado se o argumento é uma data válida, para não ser guardada uma *string* qualquer, na opção -u é verificado se o seu argumento é um *user* válido, para evitar aparecer a tabela vazia e nas opções -m, -M e -p verifica-se se o argumento é um número inteiro. Em caso de sucesso, os valores introduzidos pelo utilizador são armazenados nas variáveis simples de armazenamento que foram apresentadas em cima e as variáveis de controlo *NumArg* e *NumOpt* são incrementadas com 1.

```
r)
    #Argumento seguinte só pode começar por "-" ou ser o último
    if [[ $# == $(($OPTIND)) ]]; then

        reverse=1
        NumOpt=$(($NumOpt+1))

    else
        if ! [[ ${@: $OPTIND:1} =~ ^-[a-zA-Z] ]]; then
            echo "ERRO: O argumento -$opt não pode ser seguido de outro argumento"
            menu_opcoes
            exit 1
        else
            reverse=1
            NumOpt=$(($NumOpt+1))
        fi
    fi
;;
w)
    #Argumento seguinte só pode começar por "-" ou ser o último
    if [[ $# == $(($OPTIND)) ]]; then

        wSort=1
        NumOpt=$(($NumOpt+1))

    else
        if ! [[ ${@: $OPTIND:1} =~ ^-[a-zA-Z] ]]; then
            echo "ERRO: O argumento -$opt não pode ser seguido de outro argumento"
            menu_opcoes
            exit 1
        else
            wSort=1
            NumOpt=$(($NumOpt+1))
        fi
    fi
;;
```

As opções -r e -w não recebem argumento, logo verificamos se estas opções tinham como argumento o último que foi passado pelo utilizador, ou seja, o *sleep time*, ou se eram seguidos de outra opção. Caso cumpram com estas condições, a variável *reverse* ou *wSort* passa a ser "1" e a variável de controlo *NumOpt* é incrementada com 1, caso contrário, é chamada a função *menu_opcoes*() e o programa fecha.

```
:)
    echo "ERRO: A opção -$opt precisa de um argumento"
    menu_opcoes
    exit 1
;;
*)
    echo "ERRO: Opção não implementada"
    menu_opcoes
    exit 1
;;
\?)
    echo "ERRO: Opção -$opt inválida"
    menu_opcoes
    exit 1
;;
```

Caso haja alguma opção que não tenha argumento, ou a opção introduzida não é nenhuma das reconhecidas pelo *getopts*, ou ocorra outro tipo de situação não prevista pelo programa, é chamada a função *menu_opcoes*() e o programa encerra.

```
#Verificar se o número de argumentos é válido
if [[ $# != $(($NumOpt+$NumArg+1)) ]]; then
    echo "ERRO: Número de argumentos inválido"
    menu_opcoes
    exit 1
fi
```

Por fim, se o número de argumentos introduzidos na execução do programa for diferente do número de argumentos esperado, é chamada a função *menu_opcoes*() e o programa termina. Esta condição serve para não haver a introdução de argumentos a mais por cada opção.

2.3 - Busca de informação e cálculo de dados

2.2.1 - Função proc_info()

A função proc_info() vai estar encarregue de ir buscar todos os process ids (PID) dos processos no destino desejado (/proc/pid/io) e respectivas informações de acordo com os argumentos colocados pelo utilizador.

Chamada da função:

```
proc_info ${@: -1} #Inicia a funçao com o ultimo argumento sendo o primeiro argumento da funçao
```

A função é chamada com o último argumento dado pelo utilizador sendo dentro da função o primeiro ($1) pois o último argumento dado será sempre o intervalo de tempo (sleeptime).

Início da função:

```
function proc_info() {

    sleeptime=$1 # variavel que guarda o intervalo de tempo

    #Cabeçalho

    printf "\n %-35s %-20s %+6s %+15s %+15s %+15s %+15s %+15s \n" "COMM" "USER" "PID" "READB" "WRITEB" "RATER" "RATEW" "DATE"
```

É criada a variável *sleeptime* onde vai ser atribuído o valor do intervalo de tempo colocado pelo utilizador que na chamada da função foi colocado como primeiro argumento ($1);

É feito de imediato o print do cabeçalho com o respectivo formato e nome das colunas que irão ser exibidas;

```
for pid in $(ps -e -o pid=); do #percorre a lista de todos os pids de processos em execução

    if [[ -r /proc/$pid/status ]] && [[ -r /proc/$pid/io ]]; then #verifica se os ficheiros status e io são legíveis

        read1[$pid]=$(cat /proc/$pid/io | grep rchar | awk '{print $2}') #guarda o valor inicial de rchar do processo

        write1[$pid]=$(cat /proc/$pid/io | grep wchar | awk '{print $2}') #guarda o valor inicial de wchar do processo
    fi
done
```

É criado um for que irá percorrer a lista completa (“-e”) de processos (“ps”) apenas pegando nos pids (“-o pid=”) e vai atribuindo os pids à variável *pid*.

Para cada pid irá verificar se o processo com esse pid é legível no /proc/$pid/status e no /proc/$pid/io, se não for legível o pid irá ser esquecido e passará para o próximo pid.

Caso seja legível, vão ser retirados o valor rchar e wchar do diretório /proc/pid/io através do grep rchar e grep wchar e do awk (grep pesquisa por um padrão neste caso “rchar” e “wchar” e o awk irá separar a string “rchar” e “wchar” das strings com os respectivos valores) e vão ser armazenados nos respectivos arrays

associativos (*read1* e *write1*) sendo associado ao pid do processo em análise. Estes valores irão servir para o cálculo futuro dos Rates.

```
sleep $sleeptime #tempo de espera
```

Quando a lista de pids termina, executamos o comando *sleep*, com argumento $sleeptime, que suspende a execução do programa pelo número de segundos que o utilizador atribuiu.

```
for pid in $(ps -e -o pid=); do #percorre a lista de todos os pids de processos em execução

    if [[ -r /proc/$pid/status ]] && [[ -r /proc/$pid/io ]]; then #verifica se o ficheiro status do processo é legível

        if [[ ! ${!read1[*]} =~ "${pid}" ]]; then  #verifica se o processo não está na lista de processos lidos anteriormente
            continue
        fi

        readbytes2=$(cat /proc/$pid/io | grep rchar | awk '{print $2}') #guarda o valor final de rchar do processo

        writebytes2=$(cat /proc/$pid/io | grep wchar | awk '{print $2}') #guarda o valor final de wchar do processo

        readdiff=$((readbytes2-read1[$pid])) #calcula a diferença entre o valor final e o inicial de rchar

        readbps=$((readdiff/sleeptime)) #calcula a taxa de leitura em bytes por segundo

        writediff=$((writebytes2-write1[$pid])) #calcula a diferença entre o valor final e o inicial de wchar

        writebps=$((writediff/sleeptime)) #calcula a taxa de escrita em bytes por segundo

        comm=$(cat /proc/$pid/comm | tr -d ' ' | cut -c -35) #guarda o nome do processo sem espaços e com no máximo 35 caracteres

        creationdate=$(date -d "$(ps -p $pid -o lstart | tail -1 | awk '{print $1, $2, $3, $4}')" +"%b %d %H:%M") #guarda a data de criação do processo com formato "Mês Dia Hora:Minuto"

        user=$(ps -p $pid -o user | tail -1) #guarda o nome do utilizador que criou o processo
```

Novamente, é criado um for que percorre todos os pids da lista de processos e verifica se o seu ficheiro status é legível.

Caso o pid atual não esteja dentro do array com os pids guardados antes no *sleep time*, é efetuado um *continue* e o ciclo for passa para o próximo pid, visto que o pid atual possa corresponder a um processo que morreu ou foi criado durante o *sleep time*.

Volta-se a retirar os valores rchar e wchar do diretório /proc/pid/io e guarda-se os respectivos valores em *readbytes2* e *writebytes2*. De seguida, calcula-se a diferença entre os valores de rchar e wchar finais com os iniciais que foram guardados no array e associados ao respetivo pid, e armazena-se os resultados em *readdiff* e *writediff* respetivamente. Os valores da taxa de leitura e escrita por segundo são armazenados em *readbps* e *writebps* sendo estes o calculados pela divisão de *readdiff* e *writediff* pelo *sleep time* atribuído.

Na variável *comm*, é armazenado o nome do processo que é retirado do diretório /proc/pid/comm, acedido por root, sendo este armazenado sem espaços (tr -d “ “) para evitar problemas na detecção das colunas da tabela posteriormente e com no máximo 35 caracteres para não desformatar a tabela.

Na variável *creationdate*, é armazenada a data de criação do processo que foi retirada do *process status* (ps -p $pid -o lstart), com formato “Mês Dia Hora:Minuto” (+"%b %d %H:%M").

Na variável *user*, é armazenado o nome do utilizador ao qual pertence o processo.

2.2.1.1 - Filtração de processos

```
# Filtração de processos

# Filtração por nome do processo
if [[ $Comm != "NULL" ]]; then
    if [[ -n $Comm ]] && ! [[ $comm =~ ^$Comm+$ ]]; then
        continue
    fi
fi

# Filtração por data minima de criação do processo
if [[ $DataMin != "NULL" ]]; then
    dataMin=$(date -d "$DataMin" +"%b %d %H:%M")
    if [[ -n $dataMin ]] && [[ $creationdate < $dataMin ]]; then
        continue
    fi
fi

# Filtração por data máxima de criação do processo
if [[ $DataMax != "NULL" ]]; then
    dataMax=$(date -d "$DataMax" +"%b %d %H:%M")
    if [[ -n $dataMax ]] && [[ $creationdate > $dataMax ]]; then
        continue
    fi
fi

# Filtração por utilizador
if [[ $User != "NULL" ]]; then
    if [[ -n $User ]] && [[ $user != $User ]]; then
        continue
    fi
fi

# Filtração por pid mínimo
if [[ $PidMin != "NULL" ]]; then
    if [[ -n $PidMin ]] && [[ $pid -lt $PidMin ]]; then
        continue
    fi
fi

# Filtração por pid máximo
if [[ $PidMax != "NULL" ]]; then
    if [[ -n $PidMax ]] && [[ $pid -gt $PidMax ]]; then
        continue
    fi
fi
```

Antes de adicionar ao *arrayAss* cada pid associado às suas respectivas informações, primeiro fizemos a filtração dos pids, excluindo os pids que não nos interessavam. Para cada variável que guardava os argumentos dados pelo utilizador, primeiro verificamos se esta não era "NULL", pois caso o seja, o programa deve continuar a correr normalmente sem descartar pids.

Para a opção -c, caso o argumento dado pelo utilizador não estivesse vazio (-n) e o nome do processo não correspondesse com a expressão regular passada pelo utilizador, era executado um *continue*, saltando para a próxima iteração do ciclo for, ou

seja, para o próximo pid, fazendo com que o pid anterior não chegue a ser adicionado ao *array*Ass.

Para a opção -s, primeiro o argumento do utilizador é passado para uma variável (dataMin) com formato igual à da *creationdate*. Depois, é verificado se o valor que foi introduzido não estava vazio (-n) e se era maior que *creationdate*, caso fosse, o pid é descartado como foi explicado anteriormente.

Para a opção -e, o processo é o inverso da -s, sendo verificado se o valor introduzido era menor que *creationdate*, caso fosse o pid era excluído.

Para a opção -u, caso o argumento dado pelo utilizador não estivesse vazio (-n) e fosse diferente do nome do utilizador associado ao pid, o mesmo era descartado.

Para a opção -m, caso o pid atual fosse menor que o pid mínimo introduzido pelo utilizador, este era excluído.

Para a opção -M, caso o pid atual fosse maior que o pid máximo introduzido pelo utilizador, este era excluído.

Caso as informações associadas ao pid cumpram com os filtros introduzidos pelo utilizador, o pid é adicionado como *key* a um array associativo, tendo como *value uma string* já formatada *com* o nome do processo, o user, o pid, a diferença de bytes de leitura e escrita, a taxa de leitura e escrita e a data de criação do mesmo. Esta informação é toda guardada, já com a formatação da tabela, com a ajuda do *printf*.

2.3 - Ordenação e impressão da tabela

Para a impressão para tabela é chamada a função sortedPrint: `sortedPrint`

```
function sortedPrint() {
    if [[ $reverse == 1 ]]; then #reverse é 1 quando o utilizador dá o argumento -r para ordenar por ordem reversa
        if [[ $NumProc != "NULL" ]]; then #NumProc é NULL quando o utilizador não dá o arg -p para selecionar o número de processos a imprimir
            NumProc=$(($NumProc+1)) #incrementa o número de processos a imprimir pois ao fazer reverse o primeiro processo é uma linha em branco
        fi
        sort_ordem="-n" #ordem de ordenação: -n é ordem crescente (default)
    else
        sort_ordem="-n -r" #ordem de ordenação: -n -r é ordem decrescente(ordenar por ordem reversa da default)
    fi
```

Primeiramente irá verificar se o utilizador deseja por ordem inversa da normal através da verificação da variável *reverse* (se tiver o valor 1 é porque o utilizador colocou o argumento "-r"). Caso possua o valor 1 vai verificar se a variável NumProc é Null pois caso seja o utilizador não introduziu o argumento "-p" para limitar o número de processos. Se o valor de NumProc não for Null o NumProc é incrementado em 1 pois ao fazer o inverso da tabela final a primeira linha irá ser uma linha em branco e por isso mesmo o Numero de processo irá ser mais 1 para contar a linha em branco.

Se o reverse for 1 a variável sort_ordem vai ser "-n" pois a ordem default do sort é por ordem crescente (inversa ao normal da tabela normal), caso contrário a variável fica a "-n -r" que ao realizar o sort vai colocar de forma decrescente dos valores que é a tabela normal.

```
if [[ $wSort == 1 ]]; then #wSort é 1 quando o utilizador dá o argumento -w para ordenar por os valores do rateW
    coluna="-k7" #Coluna a ordenar é a 7
else
    coluna="-k6" #Coluna a ordenar é a 6
fi
```

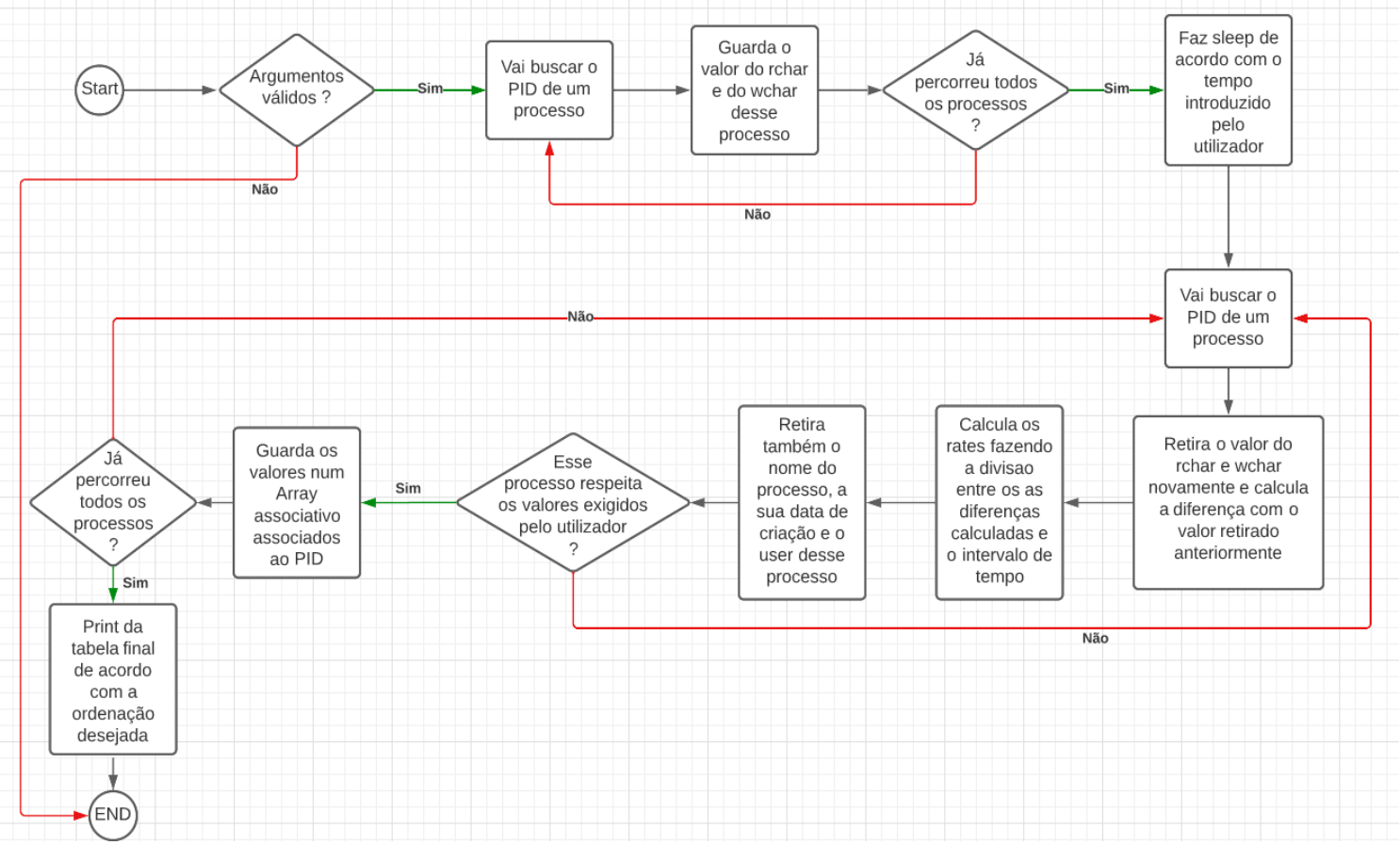
Verifica se a variável wSort é 1. Se for é porque o utilizador colocou o argumento "-w" querendo que a tabela seja ordenada pela coluna dos valores rateW por isso é armazenado na variável *coluna* "-k7" pois a coluna dos rateW é a sétima. Se wSort for 0 então a tabela vai ser ordenada pela coluna 6 que é a dos rateR.

```
if [[ $NumProc != "NULL" ]]; then
    printf '%s' "${arrayAss[@]}" | sort $coluna $sort_ordem | head -n $NumProc #Imprime o array ordenado pela variável sort_ordem e cortado pelo número de processos a imprimir
else
    printf '%s' "${arrayAss[@]}" | sort $coluna $sort_ordem #Imprime o array ordenado pela variável sort_ordem
fi
```

Verificamos se foi colocado o argumento “-p” (se NumProc é diferente de Null). Caso NumProc tenha um valor damos print no array associativo com os prints associados aos PIDs (arrayAss) damos sort pela coluna (variável coluna) e por ordem crescente ou decrescente (sort_ordem) e depois damos print apenas no número de processos desejados (NumProc).

Caso não tenha sido dado o argumento “-p” (NumProc == Null) então apenas damos print do arrayAss completo e por as respectivas ordens e pela respetiva coluna.

3 - Fluxo do Script



4 - Realização de testes

4.1 - Testes com argumentos válidos

Execução do programa passando apenas o argumento destinado ao *sleep time*:

```
joaquim@joaquim-Lenovo-Legion-5-15ARH05H:~/Desktop/Uni/SO$ ./rwstat.sh 10

COMM                            USER                 PID            READB           WRITEB           RATER           RATEW            DATE
rwstat.sh                       joaquim           328692        183637844            72285        18363784            7228    dez 02 00:08
Discord                         joaquim            39272           481110               48           48111               4    dez 01 21:38
Discord                         joaquim            39459           289995             4984           28999             498    dez 01 21:38
cinnamon                        joaquim             2193            13284            75840            1328            7584    nov 30 14:40
code                            joaquim             2658             7135              644             713              64    nov 30 14:41
firefox                         joaquim             2914             4561            31774             456            3177    nov 30 14:42
IsolatedWebCo                   joaquim           289396             4167             4169             416             416    dez 01 22:55
PrivilegedCont                  joaquim             3024             3948             3948             394             394    nov 30 14:42
pulseaudio                      joaquim             1830             3089             3089             308             308    nov 30 14:40
Discord                         joaquim            39396             2048             2044             204             204    dez 01 21:38
cpptools                        joaquim             2740              565                0              56               0    nov 30 14:41
sd_generic                      joaquim             3443               99               99               9               9    nov 30 14:42
sd_espeak-ng                    joaquim             3449               99               99               9               9    nov 30 14:42
sd_dummy                        joaquim             3446               99               99               9               9    nov 30 14:42
IsolatedWebCo                   joaquim             3243               95               95               9               9    nov 30 14:42
IsolatedWebCo                   joaquim           323831               56               56               5               5    dez 01 23:39
Discord                         joaquim            39405               49           107064               4           10706    dez 01 21:38
code                            joaquim             2595               42               16               4               1    nov 30 14:41
nm-applet                       joaquim             2235               32               56               3               5    nov 30 14:40
IsolatedWebCo                   joaquim             3392               29               29               2               2    nov 30 14:42
IsolatedWebCo                   joaquim             3289               23               23               2               2    nov 30 14:42
IsolatedWebCo                   joaquim           324208               23               23               2               2    dez 01 23:52
IsolatedWebCo                   joaquim           289066               23               23               2               2    dez 01 22:53
IsolatedWebCo                   joaquim           187079               20               20               2               2    dez 01 22:01
gnome-terminal-                 joaquim             9670               24            60712               2            6071    dez 01 21:34
file://Content                  joaquim             3078               24               24               2               2    nov 30 14:42
code                            joaquim             2657               24               24               2               2    nov 30 14:41
IsolatedWebCo                   joaquim           324360               10               10               1               1    dez 01 23:53
IsolatedWebCo                   joaquim             3203               12               12               1               1    nov 30 14:42
IsolatedWebCo                   joaquim           202908               15               15               1               1    dez 01 22:04
code                            joaquim             2509               16               80               1               8    nov 30 14:41
xdg-permission-                 joaquim             2546                0                0               0               0    nov 30 14:41
xdg-document-po                 joaquim             2539                0                0               0               0    nov 30 14:41
xdg-desktop-por                 joaquim             2556                0                0               0               0    nov 30 14:41
xdg-desktop-por                 joaquim             2535                0                0               0               0    nov 30 14:41
WebExtensions                   joaquim             3128                6                6               0               0    nov 30 14:42
WebContent                      joaquim           328661                8                8               0               0    dez 02 00:07
```

Nos resultados podemos observar que o programa imprime todos os processos, sem filtros.

Execução do programa passando um argumento válido para a opção -c:

```
joaquim@joaquim-Lenovo-Legion-5-15ARH05H:~/Desktop/Uni/SO$ ./rwstat.sh -c "c.*" 10

COMM                 USER                 PID          READB          WRITEB          RATER          RATEW           DATE
code                 joaquim             2658           8562             754            856             75    nov 30 14:41
cinnamon             joaquim             2193            910            4488             91            448    nov 30 14:40
cpptools             joaquim             2740            680               0             68              0    nov 30 14:41
code                 joaquim             2595             42              16              4              1    nov 30 14:41
code                 joaquim             2657             16              16              1              1    nov 30 14:41
code                 joaquim             2509             16              16              1              1    nov 30 14:41
csd-xsettings        joaquim             2091              0               0              0              0    nov 30 14:40
csd-xrandr           joaquim             2143              0               0              0              0    nov 30 14:40
csd-wacom            joaquim             2095              0               0              0              0    nov 30 14:40
csd-sound            joaquim             2136              0               0              0              0    nov 30 14:40
csd-screensaver      joaquim             2092              0               0              0              0    nov 30 14:40
csd-print-notif      joaquim             2125              0               0              0              0    nov 30 14:40
csd-printer          joaquim             2196              0               0              0              0    nov 30 14:40
csd-power            joaquim             2120              0               0              0              0    nov 30 14:40
csd-orientation      joaquim             2121              0               0              0              0    nov 30 14:40
csd-mouse            joaquim             2111              0               0              0              0    nov 30 14:40
csd-media-keys       joaquim             2089              0               0              0              0    nov 30 14:40
csd-keyboard         joaquim             2097              0               0              0              0    nov 30 14:40
csd-housekeepin      joaquim             2090              0               0              0              0    nov 30 14:40
csd-cursor           joaquim             2141              0               0              0              0    nov 30 14:40
csd-color            joaquim             2102              0               0              0              0    nov 30 14:40
csd-clipboard        joaquim             2104              0               0              0              0    nov 30 14:40
csd-background       joaquim             2118              0               0              0              0    nov 30 14:40
csd-automount        joaquim             2093              0               0              0              0    nov 30 14:40
csd-a11y-settin      joaquim             2098              0               0              0              0    nov 30 14:40
csd-a11y-keyboa      joaquim             2114              0               0              0              0    nov 30 14:40
code                 joaquim             8345              5               0              0              0    dez 01 21:29
code                 joaquim             2711              0               0              0              0    nov 30 14:41
code                 joaquim             2688              0              62              0              6    nov 30 14:41
code                 joaquim             2577              0               0              0              0    nov 30 14:41
code                 joaquim             2512              0               0              0              0    nov 30 14:41
code                 joaquim             2511              0               0              0              0    nov 30 14:41
cinnamon-sessio      joaquim             1997              0               0              0              0    nov 30 14:40
cinnamon-screen      joaquim             2445              0               0              0              0    nov 30 14:40
cinnamon-launch      joaquim             2186              0               0              0              0    nov 30 14:40
cinnamon-killer      joaquim             2255              0               0              0              0    nov 30 14:40
chrome_crashpad      joaquim             2524              0               0              0              0    nov 30 14:41
```

Passando a expressão regular “c.*” como argumento, a tabela imprime apenas os processos que começam pela letra “c”.

Execução do programa passando um argumento válido para a opção -u:

```
joaquim@joaquim-Lenovo-Legion-5-15ARH05H:~/Desktop/Uni/SO$ ./rwstat.sh -u joaquim 10

COMM                 USER                 PID          READB          WRITEB          RATER          RATEW           DATE
rwstat.sh            joaquim           335905      184452326           72828       18445232           7282    dez 02 00:17
Discord              joaquim            39272         481226              48          48122              4    dez 01 21:38
Discord              joaquim            39459         289544            4959          28954            495    dez 01 21:38
firefox              joaquim             2914         206297           56834          20629           5683    nov 30 14:42
Discord              joaquim            39405          35592               0           3559              0    dez 01 21:38
code                 joaquim             2658           7135             642            713             64    nov 30 14:41
PrivilegedCont       joaquim             3024           3916            3916            391            391    nov 30 14:42
pulseaudio           joaquim             1830           3129            3129            312            312    nov 30 14:40
Discord              joaquim            39396           2056            2050            205            205    dez 01 21:38
cpptools             joaquim             2740            677               0             67              0    nov 30 14:41
cinnamon             joaquim             2193            531            4424             53            442    nov 30 14:40
sd_generic           joaquim             3443             99              99              9              9    nov 30 14:42
sd_espeak-ng         joaquim             3449             99              99              9              9    nov 30 14:42
sd_dummy             joaquim             3446             99              99              9              9    nov 30 14:42
IsolatedWebCo        joaquim             3392             96              96              9              9    nov 30 14:42
IsolatedWebCo        joaquim             3243             95              95              9              9    nov 30 14:42
IsolatedWebCo        joaquim           289396             88              88              8              8    dez 01 22:55
code                 joaquim             2595             63              24              6              2    nov 30 14:41
IsolatedWebCo        joaquim           323831             58              58              5              5    dez 01 23:39
nm-applet            joaquim             2235             32              56              3              5    nov 30 14:40
IsolatedWebCo        joaquim           324208             32              32              3              3    dez 01 23:52
file://Content       joaquim             3078             26              26              2              2    nov 30 14:42
code                 joaquim             2657             24              24              2              2    nov 30 14:41
code                 joaquim             2509             24              24              2              2    nov 30 14:41
IsolatedWebCo        joaquim           202908             13              13              1              1    dez 01 22:04
IsolatedWebCo        joaquim           187079             15              15              1              1    dez 01 22:01
xdg-permission-      joaquim             2546              0               0              0              0    nov 30 14:41
xdg-document-po      joaquim             2539              0               0              0              0    nov 30 14:41
xdg-desktop-por      joaquim             2556              0               0              0              0    nov 30 14:41
xdg-desktop-por      joaquim             2535              0               0              0              0    nov 30 14:41
WebExtensions        joaquim             3128              6               6              0              0    nov 30 14:42
WebContent           joaquim           335883              8               8              0              0    dez 02 00:17
WebContent           joaquim           335779              4               4              0              0    dez 02 00:12
WebContent           joaquim           332247              4               4              0              0    dez 02 00:10
UtilityProcess       joaquim             3574              2               2              0              0    nov 30 14:42
update-notifier      joaquim             2845              0               0              0              0    nov 30 14:41
tracker-miner-f      joaquim             1832              0               0              0              0    nov 30 14:40
```

Como podemos ver, o programa imprime todos os processos do utilizador “joaquim”.

Execução do programa passando um argumento válido para as opções -s e -e:

```
joaquim@joaquim-Lenovo-Legion-5-15ARH05H:~/Desktop/Uni/SO$ ./rwstat.sh -s "nov 30 14:41" -e "nov 30 14:42" 10

COMM                            USER                 PID          READB          WRITEB          RATER          RATEW             DATE
code                            joaquim             2658           8562             752            856             75    nov 30 14:41
PrivilegedCont                  joaquim             3024           3949            3947            394            394    nov 30 14:42
firefox                         joaquim             2914           3030           28198            303           2819    nov 30 14:42
cpptools                        joaquim             2740            678               0             67              0    nov 30 14:41
sd_generic                      joaquim             3443            110             110             11             11    nov 30 14:42
sd_espeak-ng                    joaquim             3449            110             110             11             11    nov 30 14:42
sd_dummy                        joaquim             3446            110             110             11             11    nov 30 14:42
IsolatedWebCo                   joaquim             3243             82              82              8              8    nov 30 14:42
IsolatedWebCo                   joaquim             3392             69              69              6              6    nov 30 14:42
code                            joaquim             2595             42              16              4              1    nov 30 14:41
IsolatedWebCo                   joaquim             3203             14              14              1              1    nov 30 14:42
code                            joaquim             2657             16              16              1              1    nov 30 14:41
code                            joaquim             2509             16              16              1              1    nov 30 14:41
xdg-permission-                 joaquim             2546              0               0              0              0    nov 30 14:41
xdg-document-po                 joaquim             2539              0               0              0              0    nov 30 14:41
xdg-desktop-por                 joaquim             2556              0               0              0              0    nov 30 14:41
xdg-desktop-por                 joaquim             2535              0               0              0              0    nov 30 14:41
WebExtensions                   joaquim             3128              6               6              0              0    nov 30 14:42
UtilityProcess                  joaquim             3574              4               4              0              0    nov 30 14:42
update-notifier                 joaquim             2845              0               0              0              0    nov 30 14:41
speech-dispatch                 joaquim             3455              0               0              0              0    nov 30 14:42
SocketProcess                   joaquim             2977              4               4              0              0    nov 30 14:42
sh                              joaquim             2571              0               0              0              0    nov 30 14:41
RDDProcess                      joaquim             3572              2               2              0              0    nov 30 14:42
pxgsettings                     joaquim             2572              0               0              0              0    nov 30 14:41
nemo                            joaquim             2830              0               0              0              0    nov 30 14:41
IsolatedWebCo                   joaquim             3289              8               8              0              0    nov 30 14:42
IsolatedWebCo                   joaquim             3245              8               8              0              0    nov 30 14:42
IsolatedWebCo                   joaquim             3111              6               6              0              0    nov 30 14:42
file://Content                  joaquim             3078              6               6              0              0    nov 30 14:42
code                            joaquim             2711              0               0              0              0    nov 30 14:41
code                            joaquim             2688              0              62              0              6    nov 30 14:41
code                            joaquim             2577              0               0              0              0    nov 30 14:41
code                            joaquim             2512              0               0              0              0    nov 30 14:41
code                            joaquim             2511              0               0              0              0    nov 30 14:41
chrome_crashpad                 joaquim             2524              0               0              0              0    nov 30 14:41
applet.py                       joaquim             2458              0               0              0              0    nov 30 14:41
```

Atribuindo como data mínima “nov 30 14:41” e data máxima “nov 30 14:42”, na tabela vão aparecer apenas os processos com data de criação dentro desse intervalo.

Execução do programa passando um argumento válido para as opções -m e -M:

```
joaquim@joaquim-Lenovo-Legion-5-15ARH05H:~/Desktop/Uni/SO$ ./rwstat.sh -m 4000 -M 340000 10

COMM                            USER                 PID          READB          WRITEB          RATER          RATEW             DATE
Discord                         joaquim            39272         517295              67          51729              6    dez 01 21:38
Discord                         joaquim            39459         288771            5094          28877            509    dez 01 21:38
code                            joaquim             8345           6308           22527            630           2252    dez 01 21:29
IsolatedWebCo                   joaquim           289396            154             154             15             15    dez 01 22:55
IsolatedWebCo                   joaquim           323831             68              68              6              6    dez 01 23:39
Discord                         joaquim            39405             40           16924              4           1692    dez 01 21:38
rwstat.sh                       joaquim           219838              0               0              0              0    dez 01 22:12
rwstat.sh                       joaquim           218696              0               0              0              0    dez 01 22:12
IsolatedWebCo                   joaquim           324360              8               8              0              0    dez 01 23:53
IsolatedWebCo                   joaquim           324208              8               8              0              0    dez 01 23:52
IsolatedWebCo                   joaquim           289066              8               8              0              0    dez 01 22:53
IsolatedWebCo                   joaquim           202908              8               8              0              0    dez 01 22:04
IsolatedWebCo                   joaquim           187079              6               6              0              0    dez 01 22:01
gvfsd-network                   joaquim           323939              0               0              0              0    dez 01 23:40
gvfsd-dnssd                     joaquim           323953              0               0              0              0    dez 01 23:40
grep                            joaquim           219840              0               0              0              0    dez 01 22:12
gnome-terminal-                 joaquim             9670              0            3652              0            365    dez 01 21:34
Discord                         joaquim            39500              1               1              0              0    dez 01 21:38
Discord                         joaquim            39396              5               0              0              0    dez 01 21:38
Discord                         joaquim            39368              0               0              0              0    dez 01 21:38
Discord                         joaquim            39367              0               0              0              0    dez 01 21:38
bash                            joaquim             9677              0               0              0              0    dez 01 21:34
awk                             joaquim           219841              0               0              0              0    dez 01 22:12
```

Passando 4000 como argumento de -m e 340000 como argumento de -M, apenas aparecem os processos com pid dentro desse intervalo.

Execução do programa usando a opção -w:

```
joaquim@joaquim-Lenovo-Legion-5-15ARH05H:~/Desktop/Uni/SO$ ./rwstat.sh -w 10

COMM                            USER                 PID          READB          WRITEB          RATER          RATEW           DATE
gnome-terminal-                 joaquim             9670             24          109908              2          10990    dez 01 21:34
rwstat.sh                       joaquim           376609      183506673           72351       18350667           7235    dez 02 01:02
cinnamon                        joaquim             2193           1259           26676            125           2667    nov 30 14:40
Discord                         joaquim            39405           1656           16930            165           1693    dez 01 21:38
firefox                         joaquim             2914           8687           13453            868           1345    nov 30 14:42
Discord                         joaquim            39459        2067547            5289         206754            528    dez 01 21:38
PrivilegedCont                  joaquim             3024           3925            3923            392            392    nov 30 14:42
pulseaudio                      joaquim             1830           3129            3129            312            312    nov 30 14:40
Discord                         joaquim            39272         483547            2210          48354            221    dez 01 21:38
Discord                         joaquim            39396            918             953             91             95    dez 01 21:38
IsolatedWebCo                   joaquim           289396            753             753             75             75    dez 01 22:55
code                            joaquim             2658           8601             755            860             75    nov 30 14:41
csd-keyboard                    joaquim             2097              0             648              0             64    nov 30 14:40
code                            joaquim             2509             24             216              2             21    nov 30 14:41
WebContent                      joaquim           377525         327414              97          32741              9    dez 02 01:02
sd_generic                      joaquim             3443             99              99              9              9    nov 30 14:42
sd_espeak-ng                    joaquim             3449             99              99              9              9    nov 30 14:42
sd_dummy                        joaquim             3446             99              99              9              9    nov 30 14:42
IsolatedWebCo                   joaquim             3243             98              98              9              9    nov 30 14:42
IsolatedWebCo                   joaquim           323831             88              86              8              8    dez 01 23:39
code                            joaquim             2595             87              87              8              8    nov 30 14:41
at-spi2-registr                 joaquim             2078              0              72              0              7    nov 30 14:40
gvfsd-dnssd                     joaquim           323953             32              64              3              6    dez 01 23:40
code                            joaquim             2688              0              62              0              6    nov 30 14:41
nm-applet                       joaquim             2235             32              56              3              5    nov 30 14:40
IsolatedServic                  joaquim           372790             40              40              4              4    dez 02 00:55
IsolatedWebCo                   joaquim             3392             21              21              2              2    nov 30 14:42
IsolatedWebCo                   joaquim           324208             22              22              2              2    dez 01 23:52
nemo-desktop                    joaquim             2248              0              16              0              1    nov 30 14:40
IsolatedWebCo                   joaquim           324360             16              16              1              1    dez 01 23:53
IsolatedWebCo                   joaquim           202908             16              16              1              1    dez 01 22:04
IsolatedWebCo                   joaquim           187079             16              16              1              1    dez 01 22:01
file://Content                  joaquim             3078             18              18              1              1    nov 30 14:42
code                            joaquim             2657             16              16              1              1    nov 30 14:41
xdg-permission-                 joaquim             2546              0               0              0              0    nov 30 14:41
xdg-document-po                 joaquim             2539              0               0              0              0    nov 30 14:41
xdg-desktop-por                 joaquim             2556              0               0              0              0    nov 30 14:41
xdg-desktop-por                 joaquim             2535              0               0              0              0    nov 30 14:41
WebExtensions                   joaquim             3128              6               6              0              0    nov 30 14:42
WebContent                      joaquim           373960              2               2              0              0    dez 02 01:00
WebContent                      joaquim           372850              0               0              0              0    dez 02 00:57
```

Com o uso desta opção, a tabela é imprimida em função dos valores de RATEW, por ordem decrescente.

Execução do programa usando a opção -r:

```
joaquim@joaquim-Lenovo-Legion-5-15ARH05H:~/Desktop/Uni/SO$ ./rwstat.sh -w -r 10

COMM                            USER                  PID          READB          WRITEB          RATER          RATEW           DATE

agent                           joaquim              2257              0               0              0              0    nov 30 14:40
applet.py                       joaquim              2458              0               0              0              0    nov 30 14:41
at-spi2-registr                 joaquim              2078              0               0              0              0    nov 30 14:40
at-spi-bus-laun                 joaquim              2070              0               0              0              0    nov 30 14:40
awk                             joaquim            219841              0               0              0              0    dez 01 22:12
bash                            joaquim              9677              0               0              0              0    dez 01 21:34
blueman-applet                  joaquim              2238              0               0              0              0    nov 30 14:40
blueman-tray                    joaquim              2359              0               0              0              0    nov 30 14:40
chrome_crashpad                 joaquim              2524              0               0              0              0    nov 30 14:41
cinnamon-killer                 joaquim              2255              0               0              0              0    nov 30 14:40
cinnamon-launch                 joaquim              2186              0               0              0              0    nov 30 14:40
cinnamon-screen                 joaquim              2445              0               0              0              0    nov 30 14:40
cinnamon-sessio                 joaquim              1997              0               0              0              0    nov 30 14:40
code                            joaquim              2511              0               0              0              0    nov 30 14:41
code                            joaquim              2512              0               0              0              0    nov 30 14:41
code                            joaquim              2577              0               0              0              0    nov 30 14:41
code                            joaquim              2711              0               0              0              0    nov 30 14:41
cpptools                        joaquim              2740            679               0             67              0    nov 30 14:41
csd-a11y-keyboa                 joaquim              2114              0               0              0              0    nov 30 14:40
csd-a11y-settin                 joaquim              2098              0               0              0              0    nov 30 14:40
csd-automount                   joaquim              2093              0               0              0              0    nov 30 14:40
csd-background                  joaquim              2118              0               0              0              0    nov 30 14:40
csd-clipboard                   joaquim              2104              0               0              0              0    nov 30 14:40
csd-color                       joaquim              2102              0               0              0              0    nov 30 14:40
csd-cursor                      joaquim              2141              0               0              0              0    nov 30 14:40
csd-housekeepin                 joaquim              2090          18373               0           1837              0    nov 30 14:40
csd-keyboard                    joaquim              2097              0               0              0              0    nov 30 14:40
csd-media-keys                  joaquim              2089              0               0              0              0    nov 30 14:40
csd-mouse                       joaquim              2111              0               0              0              0    nov 30 14:40
csd-orientation                 joaquim              2121              0               0              0              0    nov 30 14:40
csd-power                       joaquim              2120              0               0              0              0    nov 30 14:40
csd-printer                     joaquim              2196              0               0              0              0    nov 30 14:40
csd-print-notif                 joaquim              2125              0               0              0              0    nov 30 14:40
csd-screensaver                 joaquim              2092              0               0              0              0    nov 30 14:40
csd-sound                       joaquim              2136              0               0              0              0    nov 30 14:40
csd-wacom                       joaquim              2095              0               0              0              0    nov 30 14:40
```

Com o uso desta opção, a tabela passa a ser imprimida por ordem crescente, em função dos valores de RATEW.

Execução do programa usando um argumento válido para a opção -p:

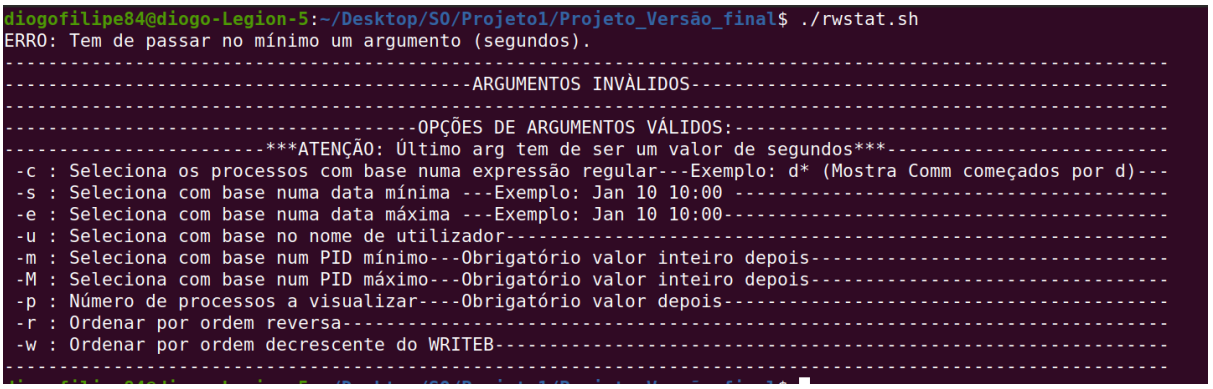
```
joaquim@joaquim-Lenovo-Legion-5-15ARH05H:~/Desktop/Uni/SO$ ./rwstat.sh -p 5 10

COMM                            USER                  PID          READB          WRITEB          RATER          RATEW           DATE
rwstat.sh                       joaquim            430441      175620299           70332       17562029           7033    dez 02 01:58
Discord                         joaquim             39272         484261              31          48426              3    dez 01 21:38
Discord                         joaquim             39459         287711            4857          28771            485    dez 01 21:38
Discord                         joaquim             39405          37465               0           3746              0    dez 01 21:38
code                            joaquim              2658           8562             763            856             76    nov 30 14:41
joaquim@joaquim-Lenovo-Legion-5-15ARH05H:~/Desktop/Uni/SO$
```

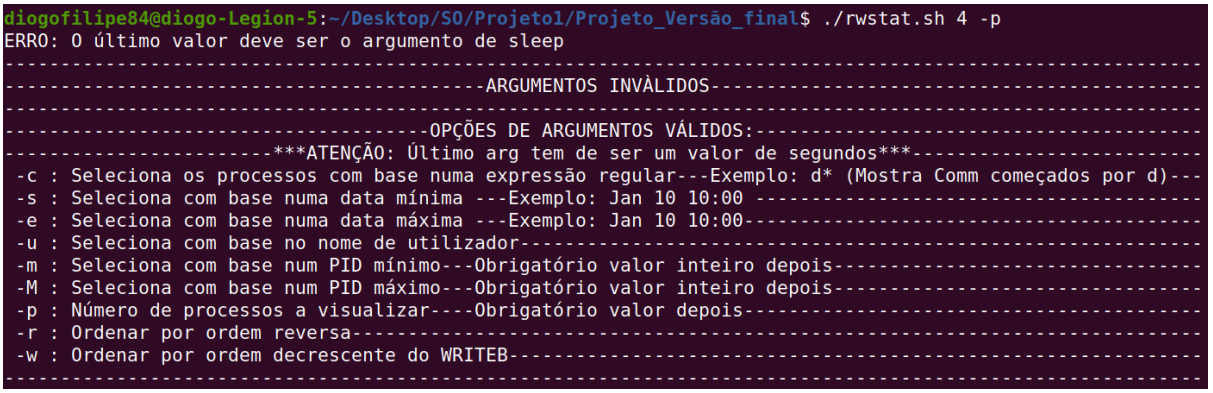
Passando como argumento “5” para a opção -p, apenas serão imprimidos os primeiros 5 processos no terminal.

4.2 - Testes com opções/argumentos inválidos

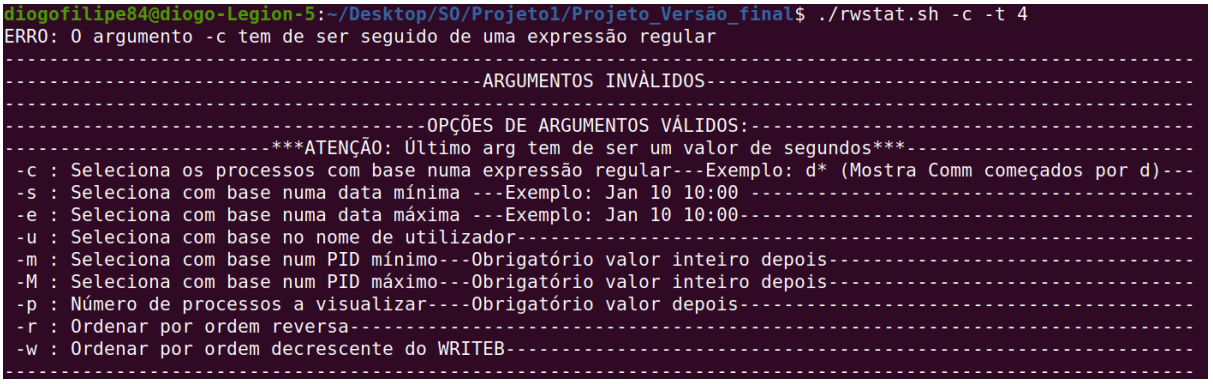
Sem inserir o argumento final equivalente ao intervalo de tempo:



Dar como último argumento algo diferente do intervalo de tempo:



Não colocar argumento depois das opções com argumento obrigatório (-c, -s, -r, -m, -M, -p):



```
diogofilipe84@diogo-Legion-5:~/Desktop/SO/Projeto1/Projeto_Versão_final$ ./rwstat.sh -s -t 4
ERRO: O argumento -s tem de ser seguido de uma data
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------
-----------------------------------------ARGUMENTOS INVÀLIDOS-----------------------------------------
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------OPÇÕES DE ARGUMENTOS VÁLIDOS:-------------------------------------
----------------------***ATENÇÃO: Último arg tem de ser um valor de segundos***----------------------
 -c : Seleciona os processos com base numa expressão regular---Exemplo: d* (Mostra Comm começados por d)---
 -s : Seleciona com base numa data mínima ---Exemplo: Jan 10 10:00 ----------------------------------------
 -e : Seleciona com base numa data máxima ---Exemplo: Jan 10 10:00----------------------------------------
 -u : Seleciona com base no nome de utilizador---------------------------------------------------------------
 -m : Seleciona com base num PID mínimo---Obrigatório valor inteiro depois-----------------------------------
 -M : Seleciona com base num PID máximo---Obrigatório valor inteiro depois-----------------------------------
 -p : Número de processos a visualizar----Obrigatório valor depois-----------------------------------------
 -r : Ordenar por ordem reversa------------------------------------------------------------------------------
 -w : Ordenar por ordem decrescente do WRITEB----------------------------------------------------------------
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------
```

Inserir uma data inválida depois dos argumentos “-s” ou “-e”:

```
diogofilipe84@diogo-Legion-5:~/Desktop/SO/Projeto1/Projeto_Versão_final$ ./rwstat.sh -s "Ja 40 21:30" 4
ERRO: O argumento -s tem de ser seguido de uma data válida
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------
-----------------------------------------ARGUMENTOS INVÀLIDOS-----------------------------------------
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------OPÇÕES DE ARGUMENTOS VÁLIDOS:-------------------------------------
----------------------***ATENÇÃO: Último arg tem de ser um valor de segundos***----------------------
 -c : Seleciona os processos com base numa expressão regular---Exemplo: d* (Mostra Comm começados por d)---
 -s : Seleciona com base numa data mínima ---Exemplo: Jan 10 10:00 ----------------------------------------
 -e : Seleciona com base numa data máxima ---Exemplo: Jan 10 10:00----------------------------------------
 -u : Seleciona com base no nome de utilizador---------------------------------------------------------------
 -m : Seleciona com base num PID mínimo---Obrigatório valor inteiro depois-----------------------------------
 -M : Seleciona com base num PID máximo---Obrigatório valor inteiro depois-----------------------------------
 -p : Número de processos a visualizar----Obrigatório valor depois-----------------------------------------
 -r : Ordenar por ordem reversa------------------------------------------------------------------------------
 -w : Ordenar por ordem decrescente do WRITEB----------------------------------------------------------------
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------
```

Passar um User inexistente depois do argumento “-u”:

```
diogofilipe84@diogo-Legion-5:~/Desktop/SO/Projeto1/Projeto_Versão_final$ ./rwstat.sh -u diogofilipe 4
ERRO: User Inválido.
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------
-----------------------------------------ARGUMENTOS INVÀLIDOS-----------------------------------------
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------OPÇÕES DE ARGUMENTOS VÁLIDOS:-------------------------------------
----------------------***ATENÇÃO: Último arg tem de ser um valor de segundos***----------------------
 -c : Seleciona os processos com base numa expressão regular---Exemplo: d* (Mostra Comm começados por d)---
 -s : Seleciona com base numa data mínima ---Exemplo: Jan 10 10:00 ----------------------------------------
 -e : Seleciona com base numa data máxima ---Exemplo: Jan 10 10:00----------------------------------------
 -u : Seleciona com base no nome de utilizador---------------------------------------------------------------
 -m : Seleciona com base num PID mínimo---Obrigatório valor inteiro depois-----------------------------------
 -M : Seleciona com base num PID máximo---Obrigatório valor inteiro depois-----------------------------------
 -p : Número de processos a visualizar----Obrigatório valor depois-----------------------------------------
 -r : Ordenar por ordem reversa------------------------------------------------------------------------------
 -w : Ordenar por ordem decrescente do WRITEB----------------------------------------------------------------
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------
```

Não inserir um número inteiro depois dos argumentos “-m”, “-M” ou “-p”:

```
diogofilipe84@diogo-Legion-5:~/Desktop/SO/Projeto1/Projeto_Versão_final$ ./rwstat.sh -m num 4
ERRO: O argumento de -m tem de ser seguido de um número inteiro e que não seja o sleep
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------
-----------------------------------------ARGUMENTOS INVÀLIDOS-----------------------------------------
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------OPÇÕES DE ARGUMENTOS VÁLIDOS:-------------------------------------
----------------------***ATENÇÃO: Último arg tem de ser um valor de segundos***-------------------------
 -c : Seleciona os processos com base numa expressão regular---Exemplo: d* (Mostra Comm começados por d)---
 -s : Seleciona com base numa data mínima ---Exemplo: Jan 10 10:00 ---------------------------------------
 -e : Seleciona com base numa data máxima ---Exemplo: Jan 10 10:00----------------------------------------
 -u : Seleciona com base no nome de utilizador--------------------------------------------------------------
 -m : Seleciona com base num PID mínimo---Obrigatório valor inteiro depois---------------------------------
 -M : Seleciona com base num PID máximo---Obrigatório valor inteiro depois---------------------------------
 -p : Número de processos a visualizar----Obrigatório valor depois-----------------------------------------
 -r : Ordenar por ordem reversa-----------------------------------------------------------------------------
 -w : Ordenar por ordem decrescente do WRITEB---------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------
```

Passar algum argumento que não seja uma opção válida depois dos argumentos “-r” ou “-w”:

```
diogofilipe84@diogo-Legion-5:~/Desktop/SO/Projeto1/Projeto_Versão_final$ ./rwstat.sh -r arg 4
ERRO: O argumento -r não pode ser seguido de outro argumento
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------
-----------------------------------------ARGUMENTOS INVÀLIDOS-----------------------------------------
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------OPÇÕES DE ARGUMENTOS VÁLIDOS:-------------------------------------
----------------------***ATENÇÃO: Último arg tem de ser um valor de segundos***-------------------------
 -c : Seleciona os processos com base numa expressão regular---Exemplo: d* (Mostra Comm começados por d)---
 -s : Seleciona com base numa data mínima ---Exemplo: Jan 10 10:00 ---------------------------------------
 -e : Seleciona com base numa data máxima ---Exemplo: Jan 10 10:00----------------------------------------
 -u : Seleciona com base no nome de utilizador--------------------------------------------------------------
 -m : Seleciona com base num PID mínimo---Obrigatório valor inteiro depois---------------------------------
 -M : Seleciona com base num PID máximo---Obrigatório valor inteiro depois---------------------------------
 -p : Número de processos a visualizar----Obrigatório valor depois-----------------------------------------
 -r : Ordenar por ordem reversa-----------------------------------------------------------------------------
 -w : Ordenar por ordem decrescente do WRITEB---------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------
```

Colocar uma opção que não foi implementada:

```
diogofilipe84@diogo-Legion-5:~/Desktop/SO/Projeto1/Projeto_Versão_final$ ./rwstat.sh -t 4
ERRO: Opção não implementada
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------
-----------------------------------------ARGUMENTOS INVÀLIDOS-----------------------------------------
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------OPÇÕES DE ARGUMENTOS VÁLIDOS:-------------------------------------
----------------------***ATENÇÃO: Último arg tem de ser um valor de segundos***-------------------------
 -c : Seleciona os processos com base numa expressão regular---Exemplo: d* (Mostra Comm começados por d)---
 -s : Seleciona com base numa data mínima ---Exemplo: Jan 10 10:00 ---------------------------------------
 -e : Seleciona com base numa data máxima ---Exemplo: Jan 10 10:00----------------------------------------
 -u : Seleciona com base no nome de utilizador--------------------------------------------------------------
 -m : Seleciona com base num PID mínimo---Obrigatório valor inteiro depois---------------------------------
 -M : Seleciona com base num PID máximo---Obrigatório valor inteiro depois---------------------------------
 -p : Número de processos a visualizar----Obrigatório valor depois-----------------------------------------
 -r : Ordenar por ordem reversa-----------------------------------------------------------------------------
 -w : Ordenar por ordem decrescente do WRITEB---------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------
```

Passar um número inválido de argumentos:

```
joaquim@joaquim-Lenovo-Legion-5-15ARH05H:~/Desktop/Uni/SO$ ./rwstat.sh -p 3 4 5 2 10
ERRO: Número de argumentos inválido
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------
-----------------------------------------ARGUMENTOS INVÀLIDOS-----------------------------------------
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------OPÇÕES DE ARGUMENTOS VÁLIDOS:-------------------------------------
----------------------***ATENÇÃO: Último arg tem de ser um valor de segundos***----------------------
 -c : Seleciona os processos com base numa expressão regular---Exemplo: d* (Mostra Comm começados por d)---
 -s : Seleciona com base numa data mínima ---Exemplo: Jan 10 10:00 ----------------------------------------
 -e : Seleciona com base numa data máxima ---Exemplo: Jan 10 10:00----------------------------------------
 -u : Seleciona com base no nome de utilizador---------------------------------------------------------------
 -m : Seleciona com base num PID mínimo---Obrigatório valor inteiro depois-----------------------------------
 -M : Seleciona com base num PID máximo---Obrigatório valor inteiro depois-----------------------------------
 -p : Número de processos a visualizar----Obrigatório valor depois-----------------------------------------
 -r : Ordenar por ordem reversa------------------------------------------------------------------------------
 -w : Ordenar por ordem decrescente do WRITEB----------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------
```

Passar a mesma opção mais que uma vez (para as opções com argumentos):

```
joaquim@joaquim-Lenovo-Legion-5-15ARH05H:~/Desktop/Uni/SO$ ./rwstat.sh -c "d.*" -c "c.*" 1
ERRO: A opção -c já foi utilizada.
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------
-----------------------------------------ARGUMENTOS INVÀLIDOS-----------------------------------------
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------
-------------------------------------OPÇÕES DE ARGUMENTOS VÁLIDOS:-------------------------------------
----------------------***ATENÇÃO: Último arg tem de ser um valor de segundos***----------------------
 -c : Seleciona os processos com base numa expressão regular---Exemplo: d* (Mostra Comm começados por d)---
 -s : Seleciona com base numa data mínima ---Exemplo: Jan 10 10:00 ----------------------------------------
 -e : Seleciona com base numa data máxima ---Exemplo: Jan 10 10:00----------------------------------------
 -u : Seleciona com base no nome de utilizador---------------------------------------------------------------
 -m : Seleciona com base num PID mínimo---Obrigatório valor inteiro depois-----------------------------------
 -M : Seleciona com base num PID máximo---Obrigatório valor inteiro depois-----------------------------------
 -p : Número de processos a visualizar----Obrigatório valor depois-----------------------------------------
 -r : Ordenar por ordem reversa------------------------------------------------------------------------------
 -w : Ordenar por ordem decrescente do WRITEB----------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------
joaquim@joaquim-Lenovo-Legion-5-15ARH05H:~/Desktop/Uni/SO$
```

5 - Conclusão

Com a realização deste trabalho pudemos aprofundar os nossos conhecimentos tanto em processos e no próprio sistema operativo Linux como na linguagem bash.

Pudemos assim ver a utilidade de conseguirmos criar os nossos scripts para diversas utilidades no mundo da programação e dos sistemas operativos. Através destes scripts podemos automatizar tarefas e criar funcionalidades muito interessantes e úteis para um engenheiro informático.

Pensamos que conseguimos obter o resultado pretendido no projeto 1 e que conseguimos aplicar tanto o que nos foi ensinado nas aulas práticas como através de pesquisa feita pela nossa parte.

6 - Bibliografia

https://man.cx/bash

https://stackoverflow.com/

https://www.cyberciti.biz/faq/

https://tldp.org/LDP/Bash-Beginners-Guide/html/sect_07_01.html

https://www.ibm.com/docs/en/aix/7.1?topic=g-getopts-command

https://www.gnu.org/savannah-checkouts/gnu/bash/manual/bash.html