universidade de aveiro deti departamento de electrónica, telecomunicações e informática

Relatório do Trabalho 1
Taxas de Leitura/Escrita de processos em bash

Trabalho realizado por:
Roberto Rolão de Castro 107133
Tiago Caridade Gomes 108307

Índice

1. Introdução

O trabalho proposto, no contexto da disciplina de Sistemas Operativos, tem como objetivo o desenvolvimento de um script *rwstat.sh*, na linguagem de programação ***bash***, para obter dados estatísticos sobre as leituras e escritas dos vários processos que a máquina está a efetuar.

Desta forma, as estatísticas presentes neste script advertem-nos para dados como o nome do processo e, consequentemente o nome do seu utilizador, as taxas o número de total de bytes de I/O (PID), o número de bytes que o processo leu/escreveu, as taxas de leitura/escrita (em bytes por segundo) dos processos selecionados e a data de início dos respetivos processos.

A apresentação desta informação é realizada através da impressão de uma tabela devidamente formatada que respeita um conjunto de filtros, que permitem uma visualização e ordenação diferenciada da mesma, filtros estes que são introduzidos como argumentos pelo utilizador.

Ao longo deste relatório iremos discriminar as metodologias que utilizámos para a realização do projeto.

2. Estrutura do Código

2.1. Declaração de Variáveis Globais

Começamos por pensar qual era a melhor opção para guardar a informação sobre os processos. Chegamos a conclusão de que a melhor opção eram os arrays associativos, pois através de uma chave conseguimos associar a respetiva informação sobre essa mesma chave.

```
#!/bin/bash

declare -A dadosInfo=()     # Guarda a informação de cada processo, sendo a 'chave' o PID (ARRAY ASSOCIATIVO)
declare -A argumentos=()    # Guarda a informação das opções passadas como argumentos (ARRAY ASSOCIATIVO)
declare -A ReadB=()         # Guarda a informação do rchar lido antes do sleep, sendo a 'chave' o PID (ARRAY ASSOCIATIVO)
declare -A WriteB=()        # Guarda a informação do wchar lido antes do sleep, sendo a 'chave' o PID (ARRAY ASSOCIATIVO)

i=0                         # Variável usada na condição de verificação de opções de ordenação
re='^[0-9]+([.][0-9]+)?"$'  # Variável usada para verificar se outra variável é um dígito
```

Figura 1 - Declaração de Variáveis Globais ao código

Por essa mesma razão, inicializamos os arrays ***dadosInfo***, ***argumentos***, ***ReadB*** e ***WriteB***. Resolvermos inicializar duas variáveis *"**i**"* e *"**re**"* que servem para a verificação de argumentos.

- ***dadosInfo*** é um array associativo onde serão guardados todos os dados sobre um determinado processo. Para aceder as tais informações usaremos o PID do processo como key.

- ***argumentos*** é um array associativo onde vamos armazenar os argumentos que o utilizador passa por cada opção. Sendo a key a opção passada ao correr o script.

- ***ReadB*** é um array associativo que vai conter o número total de bytes de I/O a ler antes do sleep (rchar) e o key vai ser o PID do respetivo processo.

- ***WriteB*** é um array associativo onde vai estar o número total de bytes de I/O a escrever antes do sleep (wchar) e o key vai ser o PID do respetivo processo.

- ***i*** é uma variável que mais tarde será usada, na validação das opções de ordenação. Foi iniciada a 0.

- ***re*** é uma Expressão regex, usada na validação de argumentos, para verificar se o argumento é um dígito.

2.2. Função menu()

De modo a realizar o tratamento dos argumentos introduzidos pelo utilizador, com o principal objetivo de verificar que tudo o que é passado ao script se encontra dentro dos parâmetros de escrita e opções aceitáveis à realização do mesmo. Caso se verifique algo fora do que é esperado é sua função advertir o utilizador da sua má utilização.

2.2.1. Verificação do número mínimo de opções

```
if [[ $@ == '"' ]]; then
    echo "ERRO: Insira pelo menos um argumento (segundos)."
    exit 1
fi
```

Figura 2 - Número mínimo de argumentos

Com esta condição garantimos que utilizador tem de chamar o script e passar-lhe pelo menos um argumento para que o programa se realize de forma correta.

2.2.2. Verificação do último argumento

```
if ! [[ ${@: -1} =~ $re ]]; then
    echo "ERRO: Último argumento tem de ser um número."
    exit 1
fi
```

Figura 3 - Verificar se o último argumento é um número

Dada tal condição verificamos se o utilizador ao chamar o script introduz como último argumento um algarismo numérico, obrigatoriamente.

2.2.3. getopts

```
while getopts ":s:c:u:e:m:M:wrp:" option; do
```

Figura 4 - getopts e as opções que aceita

O ciclo associado ao getopts permitirá a introdução de várias opções e por conseguinte o tratamento individual das mesmas. As opções deverão ser as que estão apresentadas na figura 4, uma vez não sendo essas será impressa uma mensagem default.

Este ciclo começa por introduzir no array associativo ***argumentos*** as opções e os respetivos argumentos passados ao correr o rwstat.sh (Figura 5), ficando este a funcionar como uma espécie de 'dicionário', onde a opção é a chave e o argumentos e valor associado. Caso não sejam passadas certas opções, a essas irá ser lhes associado ***'vazio'*** como valor, para que não haja problemas na hora de verificar os argumentos.

```
if [[ -r "$OPTARG" ]]; then
    argumentos[$option]="vazio"
else
    argumentos[$option]="${OPTARG}"
fi
```

Figura 5 - Introdução das opções no array associativo

De seguida irá haver a verificação da coerência dos argumentos passados às diversas opções através de um ***case*** (Figura 6).

```
case $option in

c) #Seleção de processos a utilizar atraves de uma expressão regular
    argu=${argumentos['c']}
    verif_argu $argu
    ;;
s) #Seleção de processos a visualizar num periodo temporal - data mínima
    data=${argumentos['s']}
    verif_data $data
    ;;
e) #Seleção de processos a visualizar num periodo temporal - data máxima
    data=${argumentos['e']}
    verif_data $data
    ;;
u) #Seleção de processos a visualizar através do nome do utilizador
    argu=${argumentos['u']}
    verif_argu $argu
    ;;

m) #Seleção dos processos com maior PID do que o argumento passado
    argu=${argumentos['m']}
    if ! [[ $argu"" =~ $re ]]; then
        printf "ERRO: Argumento passado (%s) não é um número!\n" "$argu"
        exit 1
    fi
    ;;

M) #Seleção dos processos com menor PID do que o argumento passado
    argu=${argumentos['M']}
    if ! [[ $argu"" =~ $re ]]; then
        printf "ERRO: Argumento passado (%s) não é um número!\n" "$argu"
        exit 1
    fi
    ;;
p) #Número de processos a visualizar
    argu=${argumentos['p']}
    if ! [[ $argu"" =~ $re ]]; then
        printf "ERRO: Argumento passado (%s) não é um número!\n" "$argu"
        exit 1
    fi
    ;;
r) #Ordenação inversa
    ;;
w) #Ordenação da tabela pelos 'write values' (WRITEB)
    ;;
*) #Passagem de argumentos inválidos
    echo "ERRO: Expressão inválida ($OPTARG)"
    exit 1
    ;;
esac
```

Figura 6 - Tratamento dos argumentos passados às opções

- Caso ‘c’ - Seleção de processos a utilizar através de uma expressão regular.

  Este caso irá atribuir à variável ***argu*** o argumento que o utilizador passou ao programa como valor da opção ‘c’, que de seguida é avaliado pela função ***verif_argu()*** (Ponto 2.2.3.1 – Figura 7).

- Casos ‘s’ e ‘e’ - Seleção de processos a visualizar num período temporal.
  ‘s’: data mínima | ‘e’: data máxima

  Estes casos atribuem à variável ***data*** o que o utilizador passou ao programa como valor da opção ‘s’, ‘e’ ou ambas, que de seguida é avaliado pela função ***verif_data()*** (Ponto 2.2.3.2 – Figura 8)

- Caso ‘u’ - Seleção de processos a visualizar através do nome do utilizador.

  Este caso irá atribuir à variável ***argu*** o argumento que o utilizador passou ao programa como valor da opção ‘u’, que de seguida é avaliado pela função ***verif_argu()*** (Ponto 2.2.3.1 – Figura 6).

- Casos ‘m’ e ‘M’ - Seleção de processos a visualizar conforme o PID.
  ‘m’: maior do que o argumento passado | ‘M’: menor do que o argumento passado

  Estes casos atribuem à variável ***argu*** o que o utilizador passou ao programa como valor da opção ‘m’, ‘M’ ou ambas, que de seguida é sujeita a uma condição que verifica de o argumento é numérico. Caso não seja numérico esta imprime uma mensagem de ***ERRO*** advertindo o utilizador para a utilização de um número.

- Caso ‘p’ - Número de processos a visualizar.

  Este caso atribui à variável ***argu*** o que o utilizador passou ao programa como valor da opção ‘p’, que de seguida é sujeita a uma condição que verifica de o argumento é numérico. Caso não seja numérico esta imprime uma mensagem de ***ERRO*** advertindo o utilizador para a utilização de um número.

- Caso ‘r’ - Ordenação inversa da tabela.

- Caso ‘w’ - Ordenação da tabela pelos 'write values' (***RATEW***).

- Caso ‘*’ - Passagem de argumentos inválidos.

  Este caso imprime uma mensagem de ***ERRO*** advertindo o utilizador para o facto de ter passado ao programa uma opção que não é aceite pelo mesmo.

2.2.3.1. Função verif_argu ()

```
verif_argu(){

    if [[ $@ == 'vazio' || $@ =~ $re ]]; then
        echo "ERRO: Argumento de uma das opções não foi preenchido ou foi mal preenchido!!" >&2
        exit 1
    fi
}
```

Figura 7 - Função de verificação de argumentos

Esta função quando lhe é passado um argumento irá verificar se este está de acordo com a formatação regex anteriormente definida, caso contrário imprime uma mensagem de ***ERRO*** advertindo o utilizador. A mesma verifica se o argumento é ***'vazio'***, uma vez verificada esta condição o programa imprime uma mensagem de ***ERRO***, devido ao facto de a opção selecionada exigir que o utilizador lhe passe um argumento.

2.2.3.2. Função verif_data

```
verif_data(){

    formatData='^((Jan(uary)?|Feb(ruary)?|Mar(ch)?|Apr(il)?|May|Jun(e)?|Jul(y)?|Aug(ust)?|Sep(tember)?|Oct(ober)
        ?|Nov(ember)?|Dec(ember)?)) +[0-9]{1,2} +[0-9]{1,2}:[0-9]{1,2}'
    if  [[ $@ =~ $re || ! $@ =~ $formatData ]]; then
        echo "ERRO: Data introduzida inválida"
        exit 1
    fi
}
```

Figura 8 - Função de verificação da data

A função ***verif_data()*** quando lhe é passado uma data irá verificar se este está de acordo com a formatação regex anteriormente definida ou se se encontra em conformidade com o formato que é aceite ***formatData***, caso contrário imprime uma mensagem de ***ERRO*** advertindo o utilizador para a introdução de uma data inválida.

2.3. Função processamentoDados()

2.3.1. Leitura efetuada antes do sleep

Uma vez efetuadas as devidas verificações, começamos então a efetuar as primeiras leituras de dados.

```
#Tratamento dos dados lidos
function processamentoDados() {

    for entry in /proc/[[:digit:]]*; do
        if [[ -r $entry/status && -r $entry/io ]]; then
            PID=$(cat $entry/status | grep -w Pid | tr -dc '0-9')    # ir buscar o PID
            rchaReadB=$(cat $entry/io | grep rchar | tr -dc '0-9')   # rchar inicial
            wchaReadB=$(cat $entry/io | grep wchar | tr -dc '0-9')   # wchar inicial

            if [[ $rchaReadB == 0 && $wchar == 0 ]]; then
                continue
            else
                ReadB[$PID]=$(printf "%12d\n" "$rchaReadB")
                WriteB[$PID]=$(printf "%12d\n" "$wchaReadB")
            fi
        fi

    done
```

Figura 9 - Função processamentoDados()

Para poder realizar a leitura dos dados de cada processo que a máquina está a executar no momento, foi iniciado um ciclo ***for***. O ciclo ***for*** vai percorrer todos os processos ativos, em que o nome da diretoria são números. Depois vamos verificar se temos permissões no ***status*** e no ***io***, no processo em que o *for* esteja a iterar. Tendo as devidas permissões, vamos guardar, na variável PID, o ***pid*** do processo. Para isso, usamos um *grep* e um *tr*, para que só retorne os números do ***pid***.

Nas variáveis ***rchaReadB*** e ***wchaReadB***, guardamos os valores de ***rchar*** e ***wchar***, respetivamente, lidos antes fazermos *sleep*. Para poder extrair os valores correspondentes usamos um *grep* e um *tr*. A condição a seguir vai verificar se os valores anteriormente guardados em ***rchaReadB*** e em ***wchaReadB*** são iguais a 0. Caso se verifique a condição passa-se para o próximo processo, caso contrário guardam-se nos arrays ***ReadB*** o valor em ***rchaReadB*** e ***WriteB*** o valor de ***wchaReadB,*** sendo a key de ambos o ***PID*** do processo que o ***for*** está a iterar.

2.3.2. Sleep

Depois de o ciclo ***for*** ler os todos os processos, executamos o comando ***sleep*** com a variável ***$1.***

```
sleep $1 # tempo de espera
```

Figura 10 - Sleep

2.3.3. Leitura depois do sleep

Iniciamos um segundo ciclo ***for***, que vai iterar sobre o mesmo que o primeiro ***for*** itera, ou seja, itera sobre os processos ativos na máquina. Neste segundo ciclo também vamos verificar se temos permissões no ***status*** e no ***io***.

Guardamos na variável ***PID***, o ***pid*** do processo, com a ajuda de um ***grep*** e de um ***tr***, para que só retorne os números do ***pid***. Vamos também extrair o nome do utilizador do processo através do ***PID*** e do comando ***ps*** e guardá-lo na variável ***user***. E extraímos o nome do processo através do comando ***cat*** e substituímos os espaços brancos do mesmo (no caso de existirem) por "_" para evitar conflitos no momento de fazer o print da tabela devidamente formatada, guardando essa informação na variável ***comm***.

```
for entry in /proc/[[:digit:]]*; do

    if [[ -r $entry/status && -r $entry/io ]]; then

        PID=$(cat $entry/status | grep -w Pid | tr -dc '0-9') # ir buscar o PID
        user=$(ps -o user= -p $PID)                           # ir buscar o user do PID

        comm=$(cat $entry/comm | tr " " "_") # ir buscar o comm,e retirar os espaços e substituir por '_' nos comm's com 2 nomes
```

Figura 11 - Segunda leitura de dados

A seguir, através da condição verificamos se ao correr o *script* foi passado a opção "***-c***". E para o fazer usamos o comando ***-v*** para verificar se no array ***argumentos*** existe a key ***c***. Caso exista e que a expressão regular passada como argumento da opção seja diferente a variável ***comm*** então através da palavra *continue* descartamos este processo, passando para o próximo.

```
#Seleção de processos a utilizar atraves de uma expressão regular
    if [[ -v argumentos[c] && ! $comm =~ ${argumentos['c']} ]]; then
        continue
    fi
```

Figura 12 - Verificação da opção -c

Chegando a parte das datas. Primeiro, passamos a data para o formato inglês, depois, através do comando ***ps*** e do PID, guardamos na variável ***startDate***, a data de início do processo, a seguir passamos a data para o formato "**mês dia Horas:Minutos**". Guardando na variável ***dateSeg*** a mesma data em segundos.

```
LANG=en_us_8859_1
startDate=$(ps -o lstart= -p $PID) # data de início do processo atraves do PID
startDate=$(date +"%b %d %H:%M" -d "$startDate")
dateSeg=$(date -d "$startDate" +"%b %d %H:%M"+%s | awk -F '[+]' '{print $2}') # data do processo em segundos
```

Figura 13 - Manipulação com a data

De seguida, através das expressões condicionais verificamos se ao correr o *script* foram passadas a opção "***-s***" e "***-e***". E para o fazer usamos o comando ***-v*** para verificar se no array ***argumentos*** existe a key ***s*** e ***e***.

No caso de passamos a opção "***-s***" (data mínima), guardamos na variável ***start***, em segundos, o argumento da opção "***-s***", que é a data mínima. Na seguinte expressão condicional selecionamos os processos com data de início maior ou igual a data guardada em ***start*** e no caso contrário, ou seja, a data guardada em ***start*** seja menor do que a data de início do processo, esse processo não é selecionado e passa-se ao próximo processo através da palavra *continue*.

Se passamos a opção "***-e***" (data máxima), guardamos na variável ***end***, em segundos, o argumento da opção "***-e***", que é a data máximo. Na expressão condicional seguinte, selecionamos os processos com data de início menor ou igual a data guardada em ***end*** e no caso contrário, ou seja, a data guardada em ***end*** seja maior do que a data de início do processo, esse processo não é selecionado e passa-se ao próximo processo através da palavra *continue*.

```
if [[ -v argumentos[s] ]]; then                                    # Opção -s (data mínima)
    start=$(date -d "${argumentos['s']}" +"%b %d %H:%M"+%s | awk -F '[+]' '{print $2}')

    if [[ "$dateSeg" -lt "$start" ]]; then
        continue
    fi
fi

if [[ -v argumentos[e] ]]; then                                    # Opção -e (data máxima)
    end=$(date -d "${argumentos['e']}" +"%b %d %H:%M"+%s | awk -F '[+]' '{print $2}')

    if [[ "$dateSeg" -gt "$end" ]]; then
        continue
    fi
fi
```

Figura 14 - Seleção de Processos através da data

De seguida, voltamos a registar os valores de ***wchar*** e ***rchar***, do mesmo modo que o fizemos da primeira vez, guardando-os nas variáveis ***rchar2*** e ***wchar2***, respetivamente.

Depois de efetuar a segunda leitura dos valores, efetuamos o cálculo do ***rateR e rateW***.

Para o cálculo do ***rateR***, guardamos na variável ***subr*** a subtração do valor guardado em ***rchar2*** pelo valor ***rchar*** que que lemos na primeira leitura e guardamos no array ***ReadB***, ao qual acedemos através da key que é o ***PID*** do processo. Mais tarde, efetuamos a divisão do valor que guardamos em ***subr*** pelo tempo que que o comando *sleep* esteve ativo, valor em ***$1***. De modo que a divisão fique com 2 casas decimais usamos o comando ***bc*** com ***scale=2***.

Para o cálculo do ***rateW***, guardamos na variável ***subw*** a subtração do valor guardado em ***wchar2*** pelo valor ***wchar*** que que lemos na primeira leitura e guardamos no array ***writeB***, ao qual acedemos através da key que é o ***PID*** do processo. Mais tarde, efetuamos a divisão do valor que guardamos em ***subw*** pelo tempo que que o comando *sleep* esteve ativo, valor em ***$1***. De modo que a divisão fique com 2 casas decimais usamos o comando ***bc*** com ***scale=2***. Ou seja, da mesma maneira que efetuamos para o cálculo do ***rateR***.

```
rchar2=$(cat $entry/io | grep rchar | tr -dc '0-9') # rchar apos s segundos
wchar2=$(cat $entry/io | grep wchar | tr -dc '0-9') # wchar apos s segundos
subr=$(($rchar2-${ReadB[$PID]}))
subw=$(($wchar2-${WriteB[$PID]}))
rateR=$(echo "scale=2; $subr/$1" | bc -l) # calculo do rateR
rateW=$(echo "scale=2; $subw/$1" | bc -l) # calculo do rateW
```

Figura 15 - Cálculos do rateR e rateW

Chegando a este ponto já temos todos os dados, então vamos começar a selecionar os processos de acordo com os opções escolhidas pelo utilizador. As opções de seleção são "***-c*****,** "***-s***", "***-e***", "***-m***", "***-M***" e "***-u***". As opções "***-c***" "***-s***" e "***-e***" já foram tratadas mais acima no código.

Para conseguirmos já a devida formatação usamos o comando ***printf***.

Num primeiro ponto vamos verificar se o utilizador selecionou alguma opção de seleção. Para o fazer usamos uma expressão condicional onde vamos verificar se no array ***argumentos*** existem as key's "***-m***" ou "***-M***" ou "***-u***", ou mesmo as três ao mesmo tempo.

```
if [[ -v argumentos[m] || -v argumentos[M] || -v argumentos[u] ]]; then
```

Figura 16 - Verificação de presença das opções de seleção

Com outra expressão verificamos se "***-m***" (***PID*** mínimo) e "***-M***" (***PID*** máximo) estão no array ***argumentos***. No caso de estarem, guardamos os valores que vêm no argumento da opção "***-m***" na variável ***num*** e no argumento da opção "***-M***" na variável ***num1***. Na expressão condicional seguinte selecionamos os processos que tenham o valor do ***PID*** entre ***num*** e ***num1*** e guardamos a informação desse processo no array ***dadosInfo***, onde a key é o ***PID*** do respetivo processo e o value a informação já devidamente formatada para a posterior impressão da tabela. Caso o ***PID*** não esteja entre ***num*** e ***num1*** esse processo é descartado e passa-se para o próximo.

```
if [[ -v argumentos[m] && -v argumentos[M] ]]; then


    num=${argumentos[m]}

    num2=${argumentos[M]}

    if [[ $PID -ge $num && $PID -le $num2 ]]; then
        dadosInfo[$PID]=$(printf "%-27s %-16s %15d %12d %12d %15s %15s %16s\n" "$comm" "$user" "$PID" "$subr" "$subw" "$rateR" "$rateW" "$startDate")
    fi
```

Figura 17 - Seleção dos processos com PID mínimo e máximo

Se no array ***argumentos*** não estejam as duas opções "***-m***" e "***-M***" ao mesmo tempo mas sim em seprado, temos as seguintes expressões condicionais. Uma para verificar se é a opção "***-m***" que está presente e a outra para verificar se é a opção "***-M***" que está.

No caso de ser a opção "***-m***", guardamos o valor que vem no argumento da opção na variável ***num***. E depois com a expressão condiconal vamos selecionar os processos com ***PID*** maior ou igual ao valor que está em ***num*** e guardamos a informação desse processo no array ***dadosInfo***, onde a key é o ***PID*** do respetivo processo e o value a informação já devidamente formatada para a posterior impressão da tabela. Caso o ***PID*** não seja maior ou igual a ***num*** esse processo é descartado e passa-se para o próximo.

No caso de ser a opção "***-M***", guardamos o valor que vem no argumento da opção na variável ***num***. E depois com a expressão condiconal vamos selecionar os processos com ***PID*** menor ou igual ao valor que está em ***num*** e guardamos a informação desse processo no array ***dadosInfo***, onde a key é o ***PID*** do respetivo processo e o value a informação já devidamente formatada para a posterior impressão da tabela. Caso o ***PID*** não seja menor ou igual a ***num*** esse processo é descartado e passa-se para o próximo. Para conseguirmos já a devida formatação usamos o comando ***printf***.

```
elif [[ -v argumentos[m] ]]; then

    num=${argumentos[m]}
    if [[ $PID -ge $num ]]; then
        dadosInfo[$PID]=$(printf "%-27s %-16s %15d %12d %12d %15s %15s %16s\n" "$comm" "$user" "$PID" "$subr" "$subw" "$rateR" "$rateW" "$startDate")
    fi


elif [[ -v argumentos[M] ]]; then

    num=${argumentos[M]}
    if [[ $PID -le $num ]]; then
        dadosInfo[$PID]=$(printf "%-27s %-16s %15d %12d %12d %15s %15s %16s\n" "$comm" "$user" "$PID" "$subr" "$subw" "$rateR" "$rateW" "$startDate")
    fi
```

Figura 18 - Seleção dos processos só com PID mínimo ou máximo

No caso de não estar no array ***argumentos*** nem a opção "***-m***" e nem "***-M***", quer dizer que a opção "***-u***" está no array.

Guardamos na variável ***user*** o argumento da opção "***-u***" e com a condição seguinte selecionamos os processos com o nome de utilizador igual ao guardado em ***user***. Caso não seja, a vai ser impressa a mensagem de erro "User (***user***) não encontrado" e o programa é interrompido.

```
else
    userDado=${argumentos[u]}

    if [ "$userDado" == "$user" ]; then

        dadosInfo[$PID]=$(printf "%-27s %-16s %15d %12d %12d %15s %15s %16s\n" "$comm" "$user" "$PID" "$subr" "$subw" "$rateR" "$rateW" "$startDate")

    else
        printf "User (%s) não encontrado.\n" "$userDado"
        exit
    fi
fi
```

Figura 19 - Seleção dos processos pelo nome de utilizador

Caso nenhuma opção de seleção foi usada pelo utilizador são guardados no array ***dadosInfo*** todos os processos.

```
            else
                dadosInfo[$PID]=$(printf "%-27s %-16s %15d %12d %12d %15s %15s %16s\n" "$comm" "$user" "$PID" "$subr" "$subw" "$rateR" "$rateW" "$startDate")
            fi
        fi
    done

}
```

Figura 20 - Armazenamento de dados quando não há opções de seleção

E com isto o trabalho da função ***processamentoDados()*** terminou o seu trabalho. Faltando agora a ordenação da tabela.

2.4. Função imprimir()

Esta função tem o papel de imprimir a tabela devidamente formatada com os dados processados pela função ***processamentoDados()*** que é realizada após uma meticulosa verificação de todos os argumentos passados pelo utilizador, realizada pela função ***menu()***. Esta função é também a responsável pela ordenação que o utilizador tenha passado nos argumentos.

```
function imprimir() {
    printf "%-27s %-16s %15s %12s %12s %15s %15s %16s\n" "COMM" "USER" "PID" "READB" "WRITEB" "RATER" "RATEW" "DATE"
```

Figura 21 - Impressão do cabeçalho da tabela

A função começa pela impressão do cabeçalho da tabela já com a formatação correta (Figura 21).

```
#Ordenação inversa da tabela (ordem crescente do RATER)
if   [[ -v argumentos[r] ]]; then
    ordem="-rn"
else
    ordem="-n"
fi
```

Figura 22 - Ordenação da tabela

De seguida a função verifica a ordenação da tabela através da condição retratada na Figura 22. Esta verifica se o argumento *"**-r**"* é introduzido pelo utilizador, caso se verifique a impressão da tabela será realizada de forma inversa.

```
#Caso não haja nenhum valor atribuido a p, este toma de valor o tamanho do array, imprimindo a informação toda
if ! [[ -v argumentos[p] ]]; then
    p=${#dadosInfo[@]}
#Nº de processos que queremos ver
else
    p=${argumentos['p']}
fi
```

Figura 23 - Restrição do número de processos impressos na tabela

O próximo passo é a verificação do argumento *"**-p**"*, este argumento é numérico, e informa a quantidade de processos que serão impressos na tabela. Contudo, se não existir nenhum valor associado a esta opção é impressa a tabela na sua totalidade.

```
#Ordenação da tabela pelos 'write values' (RATEW)
if [[ -v argumentos[w] ]]; then

    if [[ "$ordem" == "-rn" ]]; then
        ordem="-n"
    else
        ordem="-rn"
    fi

    printf '%s \n' "${dadosInfo[@]}" | sort  -k7 $ordem | head -n $p
elif [[ "$ordem" == "-rn" ]]; then
    printf '%s \n' "${dadosInfo[@]}" | sort  -k6 | head -n $p
else
    #Ordenação default da tabela (ordem decrescente do RATERR)
    printf '%s \n' "${dadosInfo[@]}" | sort  -k6 -rn | head -n $p
fi
```

Figura 24 - Impressão da tabela segundo as condições passadas

A função ***imprimir()*** termina com um conjunto de condições que são responsáveis pela efetiva impressão dos processos. A primeira condição verifica se a opção *"**-w**"* foi passada pelo utilizador, uma vez que se verifique esta situação a tabela é ordenada segundo os valores do ***RATEW***, irá de igual forma ser verificado se o utilizador pretende a impressão da tabela de forma inversa (*"**-r**"*). Após estas verificações é impressa a tabela, tabela devidamente formatada, consoante as condições anteriormente verificadas.

Uma vez que não se verifique a inserção da opção *"**-w**"* irá ser verificado se o utilizador pretende a impressão da tabela de forma inversa (*"**-r**"*), se for verificada esta condição é impressa a tabela ordenada consoante os valores do ***RATER*** (ordem crescente dos valores).

Por fim, se não se verificar qualquer das situações anteriormente referidas a tabela é impressa devidamente formatada de forma default, cuja é a ordenação de forma inversa dos valores do ***RATER*** (ordem decrescente).

2.5. Invocação das funções

```
menu "$@\""
processamentoDados ${@: -1}
imprimir
```

Figura 25 - Invocação das funções

Após a leitura de todas as funções o programa invoca-as começando pela função ***menu()*** e passa-lhe os argumentos que utilizador introduziu na linha de comandos. De seguida realiza a função ***processamentoDados()*** passando-lhe as na mesma todos os argumentos menos número de segundos (argumento final). Por último realiza a impressão de todos os dados através da função ***imprimir()***.

3. Testes

Nesta secção do relatório vamos testar o funcionamento do script rwstat.sh.

3.1. Testes com argumentos válidos

No primeiro teste, executamos o script passando só como argumento o número de segundos em que o sleep está em funcionamento.

Ao executar o *script*, vai-nos ser apresentado uma tabela com a lista dos processos e os respetivos dados.

```
robertocastro@robertocastro:~/Desktop/Universidade/2Ano/1Semestre/SO/AulasPraticas/Projeto$ ./rwstat.sh 10
COMM                 USER                  PID       READB      WRITEB       RATER       RATEW            DATE
rwstat.sh            robertocastro      125724    26456503      213425  2645650.30    21342.50     Dec 02 21:50
chrome               robertocastro       77472      904900           6    90490.00         .60     Dec 02 15:46
chrome               robertocastro       93126      452441           2    45244.10         .20     Dec 02 19:20
Discord              robertocastro      113059      353157          13    35315.70        1.30     Dec 02 20:41
Discord              robertocastro      113243      259811        3809    25981.10      380.90     Dec 02 20:41
code                 robertocastro       71582       11223         124     1122.30       12.40     Dec 02 15:23
code                 robertocastro       93849       10028         871     1002.80       87.10     Dec 02 20:31
chrome               robertocastro       77457        1525           1      152.50         .10     Dec 02 15:46
pulseaudio           robertocastro        1722        1296        1296      129.60      129.60     Dec 02 14:44
gnome-shell          robertocastro        1910        1136        1016      113.60      101.60     Dec 02 14:44
cpptools             robertocastro       93908         776           0       77.60           0     Dec 02 20:31
chrome               robertocastro        2677         336      153441       33.60    15344.10     Dec 02 14:45
chrome               robertocastro        2558         280         200       28.00       20.00     Dec 02 14:45
Discord              robertocastro      113189         249       16152       24.90     1615.20     Dec 02 20:41
code                 robertocastro       71521          87          87        8.70        8.70     Dec 02 15:23
gsd-sharing          robertocastro        2128          72         120        7.20       12.00     Dec 02 14:44
chrome               robertocastro       77277          45           5        4.50         .50     Dec 02 15:41
code                 robertocastro       71565          32          32        3.20        3.20     Dec 02 15:23
tracker-miner-f      robertocastro        1789          24          40        2.40        4.00     Dec 02 14:44
gsd-power            robertocastro        2124          24          40        2.40        4.00     Dec 02 14:44
gsd-media-keys       robertocastro        2121          24          40        2.40        4.00     Dec 02 14:44
gsd-color            robertocastro        2113           8          16         .80        1.60     Dec 02 14:44
code                 robertocastro       71469           5           0         .50           0     Dec 02 15:23
chrome               robertocastro        2675           5           0         .50           0     Dec 02 14:45
xdg-permission-      robertocastro        1769           0           0           0           0     Dec 02 14:44
xdg-document-po      robertocastro        1765           0           0           0           0     Dec 02 14:44
xdg-desktop-por      robertocastro        2292           0           0           0           0     Dec 02 14:44
```

Figura 26 - ./rwstat.sh 10

Testando o programa de modo a apresentar os processos, cujo nome tem o padrão do argumento passado depois da opção "**-c**".

```
robertocastro@robertocastro:~/Desktop/Universidade/2Ano/1Semestre/SO/AulasPraticas/Projeto$ ./rwstat.sh -c "d.*" 10
COMM                 USER                  PID       READB      WRITEB       RATER       RATEW            DATE
Discord              robertocastro      113059      353762          13    35376.20        1.30     Dec 02 20:41
Discord              robertocastro      113243      153802        3460    15380.20      346.00     Dec 02 20:41
code                 robertocastro       71582        9804          93      980.40        9.30     Dec 02 15:23
code                 robertocastro       93849        8601         759      860.10       75.90     Dec 02 20:31
pulseaudio           robertocastro        1722        2347        2355      234.70      235.50     Dec 02 14:44
gsd-sharing          robertocastro        2128         144         240       14.40       24.00     Dec 02 14:44
gsd-media-keys       robertocastro        2121         112         248       11.20       24.80     Dec 02 14:44
goa-identity-se      robertocastro        1855         112          48       11.20        4.80     Dec 02 14:44
code                 robertocastro       71434          89       58005        8.90     5800.50     Dec 02 15:23
code                 robertocastro       71521          88          88        8.80        8.80     Dec 02 15:23
Discord              robertocastro      113189          33           1        3.30         .10     Dec 02 20:41
gvfsd-dnssd          robertocastro        4063          32          64        3.20        6.40     Dec 02 14:49
gsd-power            robertocastro        2124          32          40        3.20        4.00     Dec 02 14:44
xdg-document-po      robertocastro        1765          24          40        2.40        4.00     Dec 02 14:44
xdg-desktop-por      robertocastro        2009          24          48        2.40        4.80     Dec 02 14:44
gnome-keyring-d      robertocastro        1742          24          48        2.40        4.80     Dec 02 14:44
gnome-calendar       robertocastro      112973          24          40        2.40        4.00     Dec 02 20:41
code                 robertocastro       71565          24          24        2.40        2.40     Dec 02 15:23
code                 robertocastro       71469           5           0         .50           0     Dec 02 15:23
code                 robertocastro       71508           1           1         .10         .10     Dec 02 15:23
xdg-permission-      robertocastro        1769           0           0           0           0     Dec 02 14:44
xdg-desktop-por      robertocastro        2292           0           0           0           0     Dec 02 14:44
xdg-desktop-por      robertocastro        2015           0           0           0           0     Dec 02 14:44
update-notifier      robertocastro        3606           0           0           0           0     Dec 02 14:45
systemd              robertocastro        1713           0           0           0           0     Dec 02 14:44
```

Figura 27 - ./rwstat.sh -c "d.*" 10

Como era de esperar, neste caso, só foram listados os processos com a letra ***d*** no nome.

Ao testar a execução do *script* passando a opção "***-u***", de seguida um argumento. Vão ser listados os processos cujo nome de utilizador seja igual ao passado como argumento.

```
robertocastro@robertocastro:~/Desktop/Universidade/2Ano/1Semestre/SO/AulasPraticas/Projeto$ ./rwstat.sh -u robertocastro 10
COMM                 USER                  PID       READB      WRITEB       RATER       RATEW            DATE
rwstat.sh            robertocastro      135081    24230189      213479  2423018.90    21347.90     Dec 02 22:06
chrome               robertocastro       77472      452476           5    45247.60         .50     Dec 02 15:46
Discord              robertocastro      113059      354437          28    35443.70        2.80     Dec 02 20:41
Discord              robertocastro      113243      227141        3574    22714.10      357.40     Dec 02 20:41
code                 robertocastro       71582       10578          93     1057.80        9.30     Dec 02 15:23
code                 robertocastro       93849       10028         898     1002.80       89.80     Dec 02 20:31
pulseaudio           robertocastro        1722        1296        1296      129.60      129.60     Dec 02 14:44
gnome-shell          robertocastro        1910        1200        1008      120.00      100.80     Dec 02 14:44
chrome               robertocastro        2677         903       27511       90.30     2751.10     Dec 02 14:45
cpptools             robertocastro       93908         790           0       79.00           0     Dec 02 20:31
chrome               robertocastro        2558         142          94       14.20        9.40     Dec 02 14:45
code                 robertocastro       71521         116         116       11.60       11.60     Dec 02 15:23
gsd-sharing          robertocastro        2128          48          80        4.80        8.00     Dec 02 14:44
code                 robertocastro       71565          24          24        2.40        2.40     Dec 02 15:23
code                 robertocastro       71469           5           0         .50           0     Dec 02 15:23
chrome               robertocastro        2675           5           0         .50           0     Dec 02 14:45
Discord              robertocastro      113179           5           0         .50           0     Dec 02 20:41
chrome               robertocastro        4429           1           1         .10         .10     Dec 02 14:51
Discord              robertocastro      113286           1           1         .10         .10     Dec 02 20:41
xdg-permission-      robertocastro        1769           0           0           0           0     Dec 02 14:44
xdg-document-po      robertocastro        1765           0           0           0           0     Dec 02 14:44
```

Figura 28 - ./rwstat.sh -u robertocastro 10

Testamos o funcionamento do programa passando a opção "***-s***" e como argumento uma data mínima. Isto vai fazer a seleção dos processos com data de início superior ou igual a data do argumento.

```
robertocastro@robertocastro:~/Desktop/Universidade/2Ano/1Semestre/SO/AulasPraticas/Projeto$ ./rwstat.sh -s "Dec 02 20:00" 10
COMM                 USER                  PID       READB      WRITEB       RATER       RATEW            DATE
rwstat.sh            robertocastro      140242    24604656      214014  2460465.60    21401.40     Dec 02 22:12
Discord              robertocastro      113059      354696          12    35469.60        1.20     Dec 02 20:41
Discord              robertocastro      113243      153438        3567    15343.80      356.70     Dec 02 20:41
code                 robertocastro       93849       10028         880     1002.80       88.00     Dec 02 20:31
cpptools             robertocastro       93908         785           0       78.50           0     Dec 02 20:31
seahorse             robertocastro      112972           0           0           0           0     Dec 02 20:41
nautilus             robertocastro      125622           0           0           0           0     Dec 02 21:49
gnome-terminal-      robertocastro      125681           0           0           0           0     Dec 02 21:49
gnome-calendar       robertocastro      112973           0           0           0           0     Dec 02 20:41
gjs                  robertocastro      130932           0           0           0           0     Dec 02 22:00
code                 robertocastro       93848           0           0           0           0     Dec 02 20:31
chrome               robertocastro      113553           0           0           0           0     Dec 02 20:42
bash                 robertocastro      125699           0           0           0           0     Dec 02 21:49
bash                 robertocastro       93970           0           0           0           0     Dec 02 20:31
Discord              robertocastro      113286           0           0           0           0     Dec 02 20:41
Discord              robertocastro      113189           0           0           0           0     Dec 02 20:41
Discord              robertocastro      113179           0           0           0           0     Dec 02 20:41
Discord              robertocastro      113153           0           0           0           0     Dec 02 20:41
Discord              robertocastro      113152           0           0           0           0     Dec 02 20:41
```

Figura 29 - ./rwstat.sh -s "Dec 02 20:00" 10

Testamos também o funcionamento do programa passando a opção "***-e***" e como argumento uma data máxima. Isto vai fazer a seleção dos processos com data de início inferior ou igual a data do argumento.

```
robertocastro@robertocastro:~/Desktop/Universidade/2Ano/1Semestre/SO/AulasPraticas/Projeto$ ./rwstat.sh -e "Dec 02 20:00" 10
COMM                 USER                  PID       READB      WRITEB       RATER       RATEW            DATE
chrome               robertocastro       77472      452424           1    45242.40         .10     Dec 02 15:46
chrome               robertocastro        2558      187906       12285    18790.60     1228.50     Dec 02 14:45
code                 robertocastro       71582       10578          93     1057.80        9.30     Dec 02 15:23
pulseaudio           robertocastro        1722        1296        1296      129.60      129.60     Dec 02 14:44
gnome-shell          robertocastro        1910        1208        1104      120.80      110.40     Dec 02 14:44
chrome               robertocastro        2677        1076       10671      107.60     1067.10     Dec 02 14:45
gsd-sharing          robertocastro        2128         144         240       14.40       24.00     Dec 02 14:44
chrome               robertocastro       93126         130          10       13.00        1.00     Dec 02 19:20
code                 robertocastro       71521          87          87        8.70        8.70     Dec 02 15:23
code                 robertocastro       71565          24          24        2.40        2.40     Dec 02 15:23
chrome               robertocastro        2675           9           4         .90         .40     Dec 02 14:45
gsd-color            robertocastro        2113           8          16         .80        1.60     Dec 02 14:44
chrome               robertocastro       92192           6           6         .60         .60     Dec 02 18:18
code                 robertocastro       71469           5           0         .50           0     Dec 02 15:23
code                 robertocastro       71508           1           1         .10         .10     Dec 02 15:23
code                 robertocastro       71434           1           1         .10         .10     Dec 02 15:23
xdg-permission-      robertocastro        1769           0           0           0           0     Dec 02 14:44
xdg-document-po      robertocastro        1765           0           0           0           0     Dec 02 14:44
xdg-desktop-por      robertocastro        2292           0           0           0           0     Dec 02 14:44
xdg-desktop-por      robertocastro        2015           0           0           0           0     Dec 02 14:44
xdg-desktop-por      robertocastro        2009           0           0           0           0     Dec 02 14:44
```

Figura 30 - ./rwstat.sh -e "Dec 02 20:00" 10

Ao testar o *script* passando as opção "***-s***" e "***-e***" e como argumento uma data mínima e máxima respetivamente. Isto vai fazer a seleção dos processos com data de início superior ou igual a data do argumento da opção "***-s***" e com data de início inferior ou igual a data do argumento da opção "***-e***".

```
robertocastro@robertocastro:~/Desktop/Universidade/2Ano/1Semestre/SO/AulasPraticas/Projeto$ ./rwstat.sh -s "Dec 02 15:00" -e "Dec 02 20:00" 10
COMM                 USER                  PID       READB      WRITEB       RATER       RATEW            DATE
chrome               robertocastro       92192     2550098         918   255009.80       91.80     Dec 02 18:18
chrome               robertocastro       93126     2086568          20   208656.80        2.00     Dec 02 19:20
chrome               robertocastro       77472      452532          13    45253.20        1.30     Dec 02 15:46
code                 robertocastro       71582        9159          93      915.90        9.30     Dec 02 15:23
chrome               robertocastro       77457        1524           0      152.40           0     Dec 02 15:46
code                 robertocastro       71521          58          58        5.80        5.80     Dec 02 15:23
code                 robertocastro       71565          24          24        2.40        2.40     Dec 02 15:23
code                 robertocastro       71434          16           0        1.60           0     Dec 02 15:23
code                 robertocastro       71469           5           0         .50           0     Dec 02 15:23
code                 robertocastro       71508           0           0           0           0     Dec 02 15:23
code                 robertocastro       71441           0           0           0           0     Dec 02 15:23
code                 robertocastro       71439           0           0           0           0     Dec 02 15:23
code                 robertocastro       71438           0           0           0           0     Dec 02 15:23
chrome_crashpad      robertocastro       71454           0           0           0           0     Dec 02 15:23
chrome               robertocastro       77504           0           0           0           0     Dec 02 15:46
chrome               robertocastro       77352           0           0           0           0     Dec 02 15:41
chrome               robertocastro       77277           0           0           0           0     Dec 02 15:41
```

Figura 31 - ./rwstat.sh -s "Dec 02 15:00" -e "Dec 02 20:00" 10

Passando ao *script* como opção "***-m***" e como argumento um valor. Vai ocorrer uma seleção dos processos com ***PID*** maior ou igual ao valor do argumento.

```
robertocastro@robertocastro:~/Desktop/Universidade/2Ano/1Semestre/SO/AulasPraticas/Projeto$ ./rwstat.sh -m 2500 10
COMM                 USER                  PID        READB       WRITEB        RATER        RATEW             DATE
rwstat.sh            robertocastro      153367     24406598       213509   2440659.80     21350.90   Dec 02 22:22
chrome               robertocastro       93126       452500            5     45250.00          .50   Dec 02 19:20
Discord              robertocastro      113059       354878           29     35487.80         2.90   Dec 02 20:41
Discord              robertocastro      113243       154009         3681     15400.90       368.10   Dec 02 20:41
code                 robertocastro       71582        10578          124      1057.80        12.40   Dec 02 15:23
code                 robertocastro       93849        10041          878      1004.10        87.80   Dec 02 20:31
cpptools             robertocastro       93908          783            0        78.30            0   Dec 02 20:31
chrome               robertocastro        2677          330       117796        33.00     11779.60   Dec 02 14:45
chrome               robertocastro        2558          226          130        22.60        13.00   Dec 02 14:45
code                 robertocastro       71521           87           87         8.70         8.70   Dec 02 15:23
chrome               robertocastro       77472           55            7         5.50          .70   Dec 02 15:46
code                 robertocastro       71565           32           32         3.20         3.20   Dec 02 15:23
code                 robertocastro       71469           10            0         1.00            0   Dec 02 15:23
chrome               robertocastro        2675           10            5         1.00          .50   Dec 02 14:45
Discord              robertocastro      113179            5            0          .50            0   Dec 02 20:41
update-notifier      robertocastro        3606            0            0            0            0   Dec 02 14:45
seahorse             robertocastro      112972            0            0            0            0   Dec 02 20:41
obexd                robertocastro        6026            0            0            0            0   Dec 02 14:56
nautilus             robertocastro      125622            0            0            0            0   Dec 02 21:49
nacl_helper          robertocastro        2576            0            0            0            0   Dec 02 14:45
ibus-x11             robertocastro        2654            0            0            0            0   Dec 02 14:45
gvfsd-network        robertocastro        4048            0            0            0            0   Dec 02 14:49
gvfsd-dnssd          robertocastro        4063            0            0            0            0   Dec 02 14:49
gsd-xsettings        robertocastro        2617            0            0            0            0   Dec 02 14:45
gnome-terminal-      robertocastro      125681            0            0            0            0   Dec 02 21:49
gnome-calendar       robertocastro      112973            0            0            0            0   Dec 02 20:41
gjs                  robertocastro      130932            0            0            0            0   Dec 02 22:00
```

Figura 32 - ./rwstat.sh -m 2500 10

E passando ao *script* como opção "***-M***" e como argumento um valor. Vai ocorrer uma seleção dos processos com ***PID*** menor ou igual ao valor do argumento.

```
robertocastro@robertocastro:~/Desktop/Universidade/2Ano/1Semestre/SO/AulasPraticas/Projeto$ ./rwstat.sh -M 3500 10
COMM                 USER                  PID        READB       WRITEB        RATER        RATEW             DATE
chrome               robertocastro        2677         1635       115332       163.50     11533.20   Dec 02 14:45
pulseaudio           robertocastro        1722         1296         1296       129.60       129.60   Dec 02 14:44
gnome-shell          robertocastro        1910         1200         1008       120.00       100.80   Dec 02 14:44
chrome               robertocastro        2558          119       135197        11.90     13519.70   Dec 02 14:45
gsd-sharing          robertocastro        2128           48           80         4.80         8.00   Dec 02 14:44
chrome               robertocastro        2675           14            9         1.40          .90   Dec 02 14:45
xdg-permission-      robertocastro        1769            0            0            0            0   Dec 02 14:44
xdg-document-po      robertocastro        1765            0            0            0            0   Dec 02 14:44
xdg-desktop-por      robertocastro        2292            0            0            0            0   Dec 02 14:44
xdg-desktop-por      robertocastro        2015            0            0            0            0   Dec 02 14:44
xdg-desktop-por      robertocastro        2009            0            0            0            0   Dec 02 14:44
tracker-miner-f      robertocastro        1789            0            0            0            0   Dec 02 14:44
systemd              robertocastro        1713            0            0            0            0   Dec 02 14:44
snapd-desktop-i      robertocastro        1723            0            0            0            0   Dec 02 14:44
sh                   robertocastro        2109            0            0            0            0   Dec 02 14:44
pipewire-media-      robertocastro        1721            0            0            0            0   Dec 02 14:44
pipewire             robertocastro        1720            0            0            0            0   Dec 02 14:44
nacl_helper          robertocastro        2576            0            0            0            0   Dec 02 14:45
ibus-x11             robertocastro        2654            0            0            0            0   Dec 02 14:45
ibus-portal          robertocastro        2187            0            0            0            0   Dec 02 14:44
ibus-memconf         robertocastro        2183            0            0            0            0   Dec 02 14:44
ibus-extension-      robertocastro        2184            0            0            0            0   Dec 02 14:44
ibus-engine-sim      robertocastro        2272            0            0            0            0   Dec 02 14:44
ibus-daemon          robertocastro        2112            0            0            0            0   Dec 02 14:44
gvfsd-trash          robertocastro        2080            0            0            0            0   Dec 02 14:44
gvfsd-metadata       robertocastro        2407            0            0            0            0   Dec 02 14:44
gvfsd-fuse           robertocastro        1756            0            0            0            0   Dec 02 14:44
```

Figura 33 - ./rwstat.sh -M 3500 10

Ao testar o *script* passando as opção "***-m***" e "***-M***" e como argumento uma valor mínimo e valor máximo respetivamente. Isto vai fazer a seleção dos processos com ***PID*** superior ou igual a data do argumento da opção "***-m***" e com ***PID*** inferior ou igual a data do argumento da opção "***-m***".

```
robertocastro@robertocastro:~/Desktop/Universidade/2Ano/1Semestre/SO/AulasPraticas/Projeto$ ./rwstat.sh -m 1500 -M 3500 10
COMM                 USER                 PID        READB       WRITEB        RATER        RATEW             DATE
gsd-housekeepin      robertocastro       2117        12360            0      1236.00            0     Dec 02 14:44
pulseaudio           robertocastro       1722         1296         1296       129.60       129.60     Dec 02 14:44
gnome-shell          robertocastro       1910         1104          960       110.40        96.00     Dec 02 14:44
chrome               robertocastro       2677         1065        81623       106.50      8162.30     Dec 02 14:45
chrome               robertocastro       2558          354         8898        35.40       889.80     Dec 02 14:45
gsd-sharing          robertocastro       2128           72          120         7.20        12.00     Dec 02 14:44
chrome               robertocastro       2675            5            0          .50            0     Dec 02 14:45
xdg-permission-      robertocastro       1769            0            0            0            0     Dec 02 14:44
xdg-document-po      robertocastro       1765            0            0            0            0     Dec 02 14:44
xdg-desktop-por      robertocastro       2292            0            0            0            0     Dec 02 14:44
xdg-desktop-por      robertocastro       2015            0            0            0            0     Dec 02 14:44
xdg-desktop-por      robertocastro       2009            0            0            0            0     Dec 02 14:44
tracker-miner-f      robertocastro       1789            0            0            0            0     Dec 02 14:44
systemd              robertocastro       1713            0            0            0            0     Dec 02 14:44
snapd-desktop-i      robertocastro       1723            0            0            0            0     Dec 02 14:44
sh                   robertocastro       2109            0            0            0            0     Dec 02 14:44
pipewire-media-      robertocastro       1721            0            0            0            0     Dec 02 14:44
pipewire             robertocastro       1720            0            0            0            0     Dec 02 14:44
nacl_helper          robertocastro       2576            0            0            0            0     Dec 02 14:45
ibus-x11             robertocastro       2654            0            0            0            0     Dec 02 14:45
ibus-portal          robertocastro       2187            0            0            0            0     Dec 02 14:44
ibus-memconf         robertocastro       2183            0            0            0            0     Dec 02 14:44
ibus-extension-      robertocastro       2184            0            0            0            0     Dec 02 14:44
ibus-engine-sim      robertocastro       2272            0            0            0            0     Dec 02 14:44
ibus-daemon          robertocastro       2112            0            0            0            0     Dec 02 14:44
gvfsd-trash          robertocastro       2080            0            0            0            0     Dec 02 14:44
gvfsd-metadata       robertocastro       2407            0            0            0            0     Dec 02 14:44
gvfsd-fuse           robertocastro       1756            0            0            0            0     Dec 02 14:44
gvfsd                robertocastro       1746            0            0            0            0     Dec 02 14:44
gvfs-udisks2-vo      robertocastro       1803            0            0            0            0     Dec 02 14:44
```

Figura 34 - ./rwstat.sh -m 1500 -M 3500 10

Testamos também o funcionamento do programa passando as opções "***-m***" e "***-c***" e como argumentos um valor de ***PID*** e uma expressão regular, respetivamente. Isto vai fazer a seleção dos processos com ***PID*** superior ou igual a data do argumento e com o nome igual ao padrão.

```
robertocastro@robertocastro:~/Desktop/Universidade/2Ano/1Semestre/SO/AulasPraticas/Projeto$ ./rwstat.sh -m 1500 -M 3500 -c "d.*" 10
COMM                 USER                 PID        READB       WRITEB        RATER        RATEW             DATE
pulseaudio           robertocastro       1722         1296         1296       129.60       129.60     Dec 02 14:44
gsd-sharing          robertocastro       2128          168          280        16.80        28.00     Dec 02 14:44
gsd-power            robertocastro       2124           24           40         2.40         4.00     Dec 02 14:44
gsd-media-keys       robertocastro       2121           24           40         2.40         4.00     Dec 02 14:44
gsd-color            robertocastro       2113            8           16          .80         1.60     Dec 02 14:44
xdg-permission-      robertocastro       1769            0            0            0            0     Dec 02 14:44
xdg-document-po      robertocastro       1765            0            0            0            0     Dec 02 14:44
xdg-desktop-por      robertocastro       2292            0            0            0            0     Dec 02 14:44
xdg-desktop-por      robertocastro       2015            0            0            0            0     Dec 02 14:44
xdg-desktop-por      robertocastro       2009            0            0            0            0     Dec 02 14:44
systemd              robertocastro       1713            0            0            0            0     Dec 02 14:44
snapd-desktop-i      robertocastro       1723            0            0            0            0     Dec 02 14:44
pipewire-media-      robertocastro       1721            0            0            0            0     Dec 02 14:44
ibus-daemon          robertocastro       2112            0            0            0            0     Dec 02 14:44
gvfsd-trash          robertocastro       2080            0            0            0            0     Dec 02 14:44
gvfsd-metadata       robertocastro       2407            0            0            0            0     Dec 02 14:44
gvfsd-fuse           robertocastro       1756            0            0            0            0     Dec 02 14:44
gvfsd                robertocastro       1746            0            0            0            0     Dec 02 14:44
gvfs-udisks2-vo      robertocastro       1803            0            0            0            0     Dec 02 14:44
gsd-xsettings        robertocastro       2617            0            0            0            0     Dec 02 14:45
gsd-wacom            robertocastro       2144            0            0            0            0     Dec 02 14:44
gsd-sound            robertocastro       2140            0            0            0            0     Dec 02 14:44
gsd-smartcard        robertocastro       2130            0            0            0            0     Dec 02 14:44
gsd-screensaver      robertocastro       2127            0            0            0            0     Dec 02 14:44
gsd-rfkill           robertocastro       2126            0            0            0            0     Dec 02 14:44
gsd-printer          robertocastro       2267            0            0            0            0     Dec 02 14:44
gsd-print-notif      robertocastro       2125            0            0            0            0     Dec 02 14:44
gsd-keyboard         robertocastro       2120            0            0            0            0     Dec 02 14:44
gsd-housekeepin      robertocastro       2117            0            0            0            0     Dec 02 14:44
gsd-disk-utilit      robertocastro       2181            0            0            0            0     Dec 02 14:44
```

Figura 35 - ./rwstat.sh -m 1500 -M 3500 -c "d.*" 10

Ao testar o *script* passando as opção "***-w***", "***-m***", "***-M***", "***-c***" e "***-p***" e como argumentos um valor mínimo de ***PID,*** um valor máximo de ***PID,*** um padrão regex e o número de processos a listar respetivamente. Isto vai ordenar a tabela pelo ***WRITEB*** e selecionando apenas o número de processos passado como argumento da opção "***-p***" com ***PID*** superior ou igual ao do argumento da opção "***-m***", com ***PID*** inferior ou igual ao valor do argumento da opção "***-M***" e com nome de acordo ao padrão regex do argumento da opção "***-c***".

```
robertocastro@robertocastro:~/Desktop/Universidade/2Ano/1Semestre/SO/AulasPraticas/Projeto$ ./rwstat.sh -m 1500 -M 3500 -c "d.*" -p 10 10
COMM                 USER                 PID        READB        WRITEB        RATER        RATEW             DATE
pulseaudio           robertocastro       1722         1296         1296       129.60       129.60     Dec 02 14:44
gsd-sharing          robertocastro       2128          136          216        13.60        21.60     Dec 02 14:44
xdg-permission-      robertocastro       1769            0            0            0            0     Dec 02 14:44
xdg-document-po      robertocastro       1765            0            0            0            0     Dec 02 14:44
xdg-desktop-por      robertocastro       2292            0            0            0            0     Dec 02 14:44
xdg-desktop-por      robertocastro       2015            0            0            0            0     Dec 02 14:44
xdg-desktop-por      robertocastro       2009            0            0            0            0     Dec 02 14:44
systemd              robertocastro       1713            0            0            0            0     Dec 02 14:44
snapd-desktop-i      robertocastro       1723            0            0            0            0     Dec 02 14:44
pipewire-media-      robertocastro       1721            0            0            0            0     Dec 02 14:44
```

Figura 36 - ./rwstat.sh -w -m 1500 -M 3500 -c "d.*" -p 10 10

Passando ao *script* como as opções "***-w***" e "***-c***" e como argumento um padrão regex. Vai ocorrer uma ordenação da tabela pelo ***WRITEB*** e selecionando os processos com igual ao padrão regex do argumento da opção "***-c***".

```
robertocastro@robertocastro:~/Desktop/Universidade/2Ano/1Semestre/SO/AulasPraticas/Projeto$ ./rwstat.sh -w -c "d.*" 10
COMM                 USER                 PID        READB        WRITEB        RATER        RATEW             DATE
code                 robertocastro      71434          109        49980        10.90      4998.00     Dec 02 15:23
code                 robertocastro      71508        21618         4880      2161.80       488.00     Dec 02 15:23
Discord              robertocastro     113243       153148         3677     15314.80       367.70     Dec 02 20:41
pulseaudio           robertocastro       1722         1296         1296       129.60       129.60     Dec 02 14:44
code                 robertocastro      93849         8601          756       860.10        75.60     Dec 02 20:31
Xwayland             robertocastro       2588            0          376            0        37.60     Dec 02 14:45
code                 robertocastro      71565       864447          186     86444.70        18.60     Dec 02 15:23
gsd-sharing          robertocastro       2128           72          120         7.20        12.00     Dec 02 14:44
code                 robertocastro      71582         9159           93       915.90         9.30     Dec 02 15:23
code                 robertocastro      71521           87           87         8.70         8.70     Dec 02 15:23
Discord              robertocastro     113059       355026           12     35502.60         1.20     Dec 02 20:41
xdg-permission-      robertocastro       1769            0            0            0            0     Dec 02 14:44
xdg-document-po      robertocastro       1765            0            0            0            0     Dec 02 14:44
xdg-desktop-por      robertocastro       2292            0            0            0            0     Dec 02 14:44
xdg-desktop-por      robertocastro       2015            0            0            0            0     Dec 02 14:44
xdg-desktop-por      robertocastro       2009            0            0            0            0     Dec 02 14:44
```

Figura 37 - ./rwstat.sh -w -c "d.*" 10

Passando ao *script* como as opções "***-w***", "***-r***" e "***-c***" e como argumento um padrão regex. Vai ocorrer uma ordenação inversa da tabela pelo ***WRITEB*** e selecionando os processos com igual ao padrão regex do argumento da opção "***-c***".

```
robertocastro@robertocastro:~/Desktop/Universidade/2Ano/1Semestre/SO/AulasPraticas/Projeto$ ./rwstat.sh -w -r -c "d.*" 10
COMM                 USER                 PID        READB        WRITEB        RATER        RATEW             DATE
Discord              robertocastro     113152            0            0            0            0     Dec 02 20:41
Discord              robertocastro     113153            0            0            0            0     Dec 02 20:41
Discord              robertocastro     113179            5            0          .50            0     Dec 02 20:41
Discord              robertocastro     113286            0            0            0            0     Dec 02 20:41
chrome_crashpad      robertocastro       2566            0            0            0            0     Dec 02 14:45
chrome_crashpad      robertocastro       2568            0            0            0            0     Dec 02 14:45
chrome_crashpad      robertocastro      71454            0            0            0            0     Dec 02 15:23
code                 robertocastro      71438            0            0            0            0     Dec 02 15:23
code                 robertocastro      71439            0            0            0            0     Dec 02 15:23
code                 robertocastro      71441            0            0            0            0     Dec 02 15:23
code                 robertocastro      71469            0            0            0            0     Dec 02 15:23
code                 robertocastro      93848            0            0            0            0     Dec 02 20:31
dbus-daemon          robertocastro       1732            0            0            0            0     Dec 02 14:44
dbus-daemon          robertocastro       1918            0            0            0            0     Dec 02 14:44
dconf-service        robertocastro       2037            0            0            0            0     Dec 02 14:44
evolution-addre      robertocastro       2064            0            0            0            0     Dec 02 14:44
gdm-wayland-ses      robertocastro       1807            0            0            0            0     Dec 02 14:44
gnome-calendar       robertocastro     112973            0            0            0            0     Dec 02 20:41
gnome-keyring-d      robertocastro       1742            0            0            0            0     Dec 02 14:44
goa-daemon           robertocastro       1841            0            0            0            0     Dec 02 14:44
```

Figura 38 - ./rwstat.sh -w -r -c "d.*" 10

Ao testar o *script* passando as opção "***-w***", "***-r***", "***-c***" e "***-p***" e como argumentos um padrão regex e o número de processos a listar respetivamente. Isto vai ordenar inversamente a tabela pelo ***WRITEB*** e selecionando apenas o número de processos passado como argumento da opção "***-p***" e com nome de acordo ao padrão regex do argumento da opção "***-c***".

```
robertocastro@robertocastro:~/Desktop/Universidade/2Ano/1Semestre/SO/AulasPraticas/Projeto$ ./rwstat.sh -w -r -c "d.*" -p 3 10
COMM                 USER                  PID        READB       WRITEB        RATER        RATEW             DATE
Discord              robertocastro      113152            0            0            0            0     Dec 02 20:41
Discord              robertocastro      113153            0            0            0            0     Dec 02 20:41
Discord              robertocastro      113179            5            0          .50            0     Dec 02 20:41
```

Figura 39 - ./rwstat.sh -w -r -c "d.*" 10

3.2. Testes com argumentos inválidos

Ao executar-mos o script sem nenhum argumento, vai ser impressa uma mensagem de erro a avisar para inserir pelo menos um argumento, um número, em segundos.

```
robertocastro@robertocastro:~/Desktop/Universidade/2Ano/1Semestre/SO/AulasPraticas/Projeto$ ./rwstat.sh
ERRO: Insira pelo menos um argumento (segundos).
```

Figura 40 - ./rwstat.sh

Executando o programa com a opção "***-c***", mas sem argumento, também vai ser impressa uma mensagem de erro a avisar que o argumento da opção não foi bem preenchido.

```
robertocastro@robertocastro:~/Desktop/Universidade/2Ano/1Semestre/SO/AulasPraticas/Projeto$ ./rwstat.sh -c 10
ERRO: Argumento de uma das opções não foi preenchido ou foi mal preenchido!!
```

Figura 41 - ./rwstat.sh -c 10

Executando o programa com a opção "***-s***", mas com a data mal formatada, também vai ser impressa uma mensagem de erro a avisar que a data é invalida.

```
robertocastro@robertocastro:~/Desktop/Universidade/2Ano/1Semestre/SO/AulasPraticas/Projeto$ ./rwstat.sh -s "Deh 01 22:00" 10
ERRO: Data introduzida inválida
```

Figura 42 - ./rwstat.sh -s "Deh 01 22:00" 10

Executando o programa com uma palavra como argumento vai ser impressa uma mensagem de erro a avisar que o último argumento tem de ser um número.

```
robertocastro@robertocastro:~/Desktop/Universidade/2Ano/1Semestre/SO/AulasPraticas/Projeto$ ./rwstat.sh numero
ERRO: Último argumento tem de ser um número.
```

Figura 42 - ./rwstat.sh numero

Executando o programa com a opção "***-c***" com o respetivo argumento, mas sem número no final, também vai ser impressa uma mensagem de erro a avisar que o último argumento tem de ser um número.

```
robertocastro@robertocastro:~/Desktop/Universidade/2Ano/1Semestre/SO/AulasPraticas/Projeto$ ./rwstat.sh -c "d.*
ERRO: Último argumento tem de ser um número.
```

Figura 43 - ./rwstat.sh -c "d.*"

Executando o script com a opção *"**-u**"*, mas com o nome de utilizador inválido. O programa vai advertir-nos com uma mensagem de erro a dizer que o utilizador não foi encontrado.

```
robertocastro@robertocastro:~/Desktop/Universidade/2Ano/1Semestre/SO/AulasPraticas/Projeto$ ./rwstat.sh -u naovalido 10
User (naovalido) não encontrado.
```

Figura 44 - ./rwstat.sh -u naovalido 10

4. Conclusão

A este ponto do trabalho/relatório podemos afirmar que o desenvolvimento e implementação do script apresentado na introdução deste trabalho foi realizado com sucesso, uma vez que conseguimos alcançar todos os objetivos propostos e consecutivamente os resultados esperados.

Contudo, ao longo da realização do projeto, deparamo-nos com alguns entraves, cujos foram superados com uma pesquisa intensa sobre a linguagem em questão, apoiada sobre tudo nos materiais disponibilizados nas aulas da disciplina, e com uma persistência dos membros envolvidos.

Concluímos ainda que este trabalho proporcionou um melhor e maior conhecimento sobre a linguagem em questão e ajudou para uma melhor perceção sobre o funcionamento dos processos que o sistema operativo (***Ubuntu-Linux***) realiza.

5. Bibliografia

- Materiais disponibilizados pelo Docente na página do e-learning da unidade curricular em questão (Sistema Operativos).

- Sites consultados no decorrer do trabalho:

- https://stackoverflow.com/
- https://phoenixnap.com/kb/linux-date-command
- https://www.linuxforce.com.br/comandos-linux/comandos-linux-comando-printf/