

Manual da SPARC4 Pipeline

Autor: Eder Martioli
Versão de 20/09/2024

1. Introdução

Este documento apresenta um guia rápido para utilização do pipeline de redução dos dados obtidos com o instrumento [SPARC4](#).

O que é o pipeline da SPARC4?

É um conjunto de rotinas em Python que utilizam o pacote [AstroPoP](#) e outros pacotes de astronomia para reduzir os dados de observações fotométricas e polarimétricas obtidas com o instrumento [SPARC4](#) instalado no telescópio PE160 do [Observatório do Pico dos Dias \(OPD/LNA\)](#). O pipeline possui um módulo principal no diretório `scripts` chamado `sparc4_mini_pipeline.py` para rodar o pipeline a partir de um terminal por linha de comando e permitir a redução dos dados dos quatro canais da SPARC4 de forma automática. O pipeline permite ao usuário fornecer um arquivo de configuração com a opção `--params=$MY_PARAM_FILE` que sobrescreve os valores padrão dos parâmetros de redução. Um exemplo desse arquivo de configuração chamado `my_params.yaml` é fornecido no diretório `user_files`. O pipeline permite ainda ao usuário fornecer um arquivo com uma lista de alvos com a opção `--target_list=$MY_TARGETS_FILE`, que corresponde a um arquivo no formato CSV contendo, no mínimo, três colunas: `OBJECT_ID`, `RA`, `DEC`. Um exemplo deste arquivo chamado `targets.csv` é fornecido no diretório `user_files`. A finalidade desse arquivo é garantir que esses alvos serão incluídos nos catálogos fotométricos e polarimétricos gerados pelo pipeline, além de todas as demais fontes detectadas automaticamente.

O pipeline concentra suas 5 bibliotecas principais no diretório `sparc4` com as seguintes funcionalidades:

1. `pipeline_lib.py`: rotinas e funções de execução do pipeline;
2. `db.py`: rotinas para criação de um banco de dados simples para gerenciamento dos dados de entrada;
3. `utils.py`: rotinas de utilidades para redução;
4. `products.py`: rotinas de I/O contendo a definição dos produtos de redução da SPARC4;
5. `product_plots.py`: rotinas para obter gráficos de diagnóstico dos produtos de redução.

As rotinas contidas nessas bibliotecas podem ser executadas de forma independente em uma sessão Python ou em um jupyter notebook, bastando importar as bibliotecas do pipeline. O pacote do pipeline oferece um diretório "`notebook`" contendo notebooks com exemplos de redução para testar a instalação do pipeline e demonstrar o seu funcionamento.

2. Instalação

O pacote `sparc4-pipeline` é desenvolvido em Python e testado somente em Linux e MacOSX.

As dependências do `sparc4-pipeline` são garantidas com a instalação dos seguintes pacotes :

- [Anaconda3](#)
- [AstroPoP](#)
- [astropy](#), [astroquery](#), [photutils](#), [aafitrans](#), [twirl](#), [yaml](#), [regions](#), [uncertainties](#), [signals](#), [glob](#), [functools](#)
- [astrometry.net](#) (opcional). É uma alternativa para a astrometria, porém é necessário também baixar os índices astrométricos disponíveis em <http://data.astrometry.net> (para

a SPARC4 pode-se utilizar apenas os arquivos de `index-5200` a `index-5205`)

Baixe o pacote do pipeline da SPARC4 na página do github <https://github.com/edermartioli/sparc4-pipeline>, utilizando o comando abaixo:

```
git clone https://github.com/edermartioli/sparc4-pipeline.git
```

Acesse o diretório local onde foram salvos os arquivos do pipeline e realize a instalação via `pip` da seguinte forma:

```
cd sparc4-pipeline  
pip install -U .
```

Baixe o pacote [minidata](#) contendo dados da SPARC4 obtidos durante o comissionamento em 2023 e que podem ser utilizados para testar o pipeline. Está disponível também um novo pacote [minilcdata](#) com dados de um série temporal fotométrica.

3. Preparação dos dados

3.1. Estrutura de diretórios

Os dados da SPARC4 são imagens em formato FITS e eles devem estar organizados em uma estrutura de diretórios padrão para que o pipeline reconheça os quatro canais da SPARC4 e realize a redução automática. A estrutura dos diretórios contendo os dados dos 4 canais pode se apresentar em dois formatos:

(1) noites dentro dos canais:

```
$ROOTDATADIR/sparc4acs1/$NIGHTDIR/  
$ROOTDATADIR/sparc4acs2/$NIGHTDIR/  
$ROOTDATADIR/sparc4acs3/$NIGHTDIR/  
$ROOTDATADIR/sparc4acs4/$NIGHTDIR/
```

(2) canais dentro das noites:

```
$ROOTDATADIR/$NIGHTDIR/sparc4acs1/
```

```
$ROOTDATADIR/$NIGHTDIR/sparc4acs2/  
$ROOTDATADIR/$NIGHTDIR/sparc4acs3/  
$ROOTDATADIR/$NIGHTDIR/sparc4acs4/
```

onde a escolha de qual dessas estruturas será usada pode ser feita pelo parâmetro `NIGHTS_INSIDE_CHANNELS_DIR`: (True or False) no arquivo de configuração.

A variável `$ROOTDATADIR` define o caminho para o diretório raiz onde os dados brutos estão salvos. Essa variável também pode ser configurada no arquivo de configuração ou na linha de comando com a opção `--datadir=$ROOTDATADIR`. A variável `$NIGHTDIR` define o nome do diretório da noite de observação. Essa variável é configurada exclusivamente na linha de comando com a opção `--nightdir=$NIGHTDIR`.

Os dados reduzidos pelo pipeline são salvos em uma mesma estrutura de diretórios, porém, com diretório raiz fornecido pela variável `$ROOTREDUCEDIR` que também pode ser configurada no arquivo de configuração ou na linha de comando com a opção `--reducedir=$ROOTREDUCEDIR`.

3.2. Calibrações

O pipeline de redução da SPARC4 utiliza imagens de ZERO e FLAT para calibração. Essas imagens devem ser salvas no mesmo diretório dos dados de ciência. O pipeline seleciona automaticamente as calibrações correspondentes aos modos operação (por exemplo, taxa de leitura do CCD, ganho, modo polarimétrico ou fotométrico, etc.) das imagens de ciência.

3.3. Código do pipeline

O diretório raiz do pipeline da SPARC4 "**sparc4-pipeline**" pode ser salvo em qualquer caminho, e, inclusive, o nome deste diretório pode ser alterado. Porém, os diretórios e nomes internos do pacote do pipeline devem ser mantidos na mesma configuração em que foram obtidos.

4. Testando o pipeline

Uma vez instalado o pipeline e com os dados salvos na estrutura de diretórios correta, recomenda-se primeiramente abrir o arquivo de configuração **user_files/my_params.yaml** com um editor de texto e revisar todos os parâmetros. Cada parâmetro possui uma explicação dentro do próprio arquivo. É necessário tomar o cuidado para não alterar a formatação das variáveis pois elas são interpretadas como um código Python. Apesar do arquivo exemplo conter todos os parâmetros possíveis, o usuário pode utilizar um arquivo que contenha apenas alguns parâmetros. Os parâmetros que não aparecerem serão considerados com os valores padrão.

ATENÇÃO: alguns parâmetros dependem do caminho local que aponta para arquivos e diretórios. Deve-se editar esses parâmetros colocando os caminhos locais. Por exemplo, o caminho que aponta para os dados brutos e reduzidos.

Inicie uma sessão no terminal no Linux/MacOSX. Digite o seguinte comando

```
> cd sparc4-pipeline/scripts
> python -W ignore sparc4_mini_pipeline.py
--datadir=$ROOTDATADIR --reducedir=$ROOTREDUCEDIR
--nightdir=$NIGHTDIR --params=$MY_PARAM_FILE
--target_list=$MY_TARGETS_FILE -pv
```

Onde as variáveis iniciando com '\$' devem ser trocadas pelos valores escolhidos pelo usuário e as opções '-p' e '-v' são para ativar 'plot' e 'verbose'. Os plots interrompem a redução, portanto, não

utilize a opção `'-p'` para uma redução sem interrupções. Segue um exemplo real:

```
> cd /home/eder/sparc4-pipeline/sparc4
> python -W ignore sparc4_mini_pipeline.py
--datadir=/home/eder/minidata
--reducedir=/home/eder/minidata/reduced/
--params=/home/eder/minidata/my_params.yaml
--target_list=/home/eder/minidata/20230605/targets.c
vs --nightdir=20230605 -v
```

5. Testando as rotinas de redução individuais

As bibliotecas de redução do pipeline podem ser testadas individualmente e de forma independente. Para isso, basta entrar em uma sessão Python e importar as bibliotecas do pipeline.

Para facilitar o primeiro contato com essas bibliotecas, há um conjunto de Jupyter notebooks onde encontram-se alguns exemplos de redução. Esses notebooks vêm junto com o pacote do pipeline dentro do diretório `'notebooks'`. Cada um desses notebooks possui comentários e exemplos de como reduzir os dados fornecidos no pacote `'minidata'`.

6. Reduzindo várias noites de uma vez

O script `sparc4_queue.py` que encontra-se no diretório `tools` permite a redução de uma série de noites em um só comando. Segue exemplo para reduzir as noites do pacote `'minidata'`:

```
> python tools/sparc4_mini_queue.py
--nights="20231104,20231105,20231106"
```

7. Produtos

O pipeline da SPARC4 realiza a redução dos dados brutos e salva o produto dessa redução em arquivos FITS utilizando rotinas do pacote Astropy. A descrição desses produtos é disponibilizada no documento [Produtos do Pipeline da SPARC4](#). O notebook `sp4_products.ipynb` oferece informações e exemplos para a familiarização do usuário com esses produtos. O nome dos produtos segue uma convenção adotada pelo pipeline e o cabeçalho dessas imagens preservam as informações da imagem bruta, além de adicionar informações dos procedimentos e resultados da redução. Os principais produtos do pipeline são:

Produto	Padrão do nome do produto	Conteúdo do produto
Master Zero	<code>\$NIGHTDIR_s4c\$ CHANNEL_\$DETEC TORMODE_Master Zero.fits</code>	imagem combinada das exposições de zero
Master Flat	<code>\$NIGHTDIR_s4c\$ CHANNEL_\$DETEC TORMODE_Master DomeFlat.fits</code>	imagem combinada das exposições de flat
Imagem de ciência calibrada	<code>\$ORIGFILENAME_ proc.fits</code>	image calibrada de ciência (correção de ganho, subtração de bias e correção de flat), catálogo de fontes detectadas e sua fotometria de abertura, calibração astrométrica (WCS), temporal (BJD) e fotométrica.
Imagem combinada de ciência (stack)	<code>\$NIGHTDIR_s4c\$ CHANNEL_\$DETEC TORMODE_\$OBJEC T_stack.fits</code>	combinação de um conjunto de imagens de ciência calibradas, catálogo fotométrico de fontes.
Polarimetria (L/2 ou L/4)	<code>\$ORIGFILENAME_ \$POLARMODE_pol ar.fits</code>	polarimetria de todas as fontes para uma sequência polarimétrica com várias posições de lâmina de $\frac{1}{2}$ ou $\frac{1}{4}$ onda.
Série temporal fotométrica	<code>\$NIGHTDIR_s4c\$ CHANNEL_\$OBJEC T_lc.fits</code>	série temporal para todas as quantidades fotométricas de todas as fontes do catálogo.
Série temporal polarimétrica	<code>\$NIGHTDIR_s4c\$ CHANNEL_\$OBJEC T_polar_ts.fit s</code>	série temporal para todas as quantidades fotométricas e polarimétricas de todas as fontes do catálogo.

8. Contato

O pipeline da SPARC4 encontra-se em desenvolvimento com a colaboração da comunidade científica. O usuário pode querer incluir novas rotinas que melhor atendam a sua ciência. Caso tenha interesse em colaborar com o desenvolvimento do pipeline da SPARC4, favor enviar email para a equipe do pipeline no seguinte endereço: sparc4-pipeline@googlegroups.com.