

Manual da SPARC4 Pipeline

Autor: Eder Martioli
Versão de 13/03/2024

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 possui um arquivo no diretório `sparc4` chamado `sparc4_params.yaml` com os parâmetros de execução do pipeline, onde o usuário pode configurar esses parâmetros de acordo com a sua necessidade.

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 passo-a-passo 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](#)
- [regions](#), [uncertainties](#), [twirl](#), [aafitrans](#), [photutils](#)
- [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>. Pode-se usar o comando abaixo para baixar usando o git:

```
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.

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 é a seguinte:

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

Onde a variável `$ROOTDATADIR` define o caminho para o diretório raiz onde os dados brutos estão salvos. Essa variável pode ser configurada no arquivo de configuração `sparc4_params.yaml` ou na linha de comando com a opção `--datadir=$ROOTDATADIR`. A variável `$NIGHTDIR` define o nome do diretório da noite de observação. Essa variável pode ser configurada somente na linha de comando com a opção `--nightdir=$NIGHTDIR`.

Os dados reduzidos pelo pipeline são salvos em uma mesma estrutura de diretórios, porém, com diretório raiz

fornecido pela variável `$ROOTREDUCEDIR` que também pode ser configurada no arquivo de configuração `sparc4_params.yaml` ou na linha de comando com a opção `--reducedir=$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.

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 `sparc4/sparc4_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.

ATENÇÃO: o arquivo `sparc4_params.yaml` contém parâmetros que dependem do caminho local que aponta para arquivos e diretórios. Deve-se editar esses parâmetros colocando os caminhos que serão utilizados na instalação local. Por exemplo, o caminho onde encontram-se os índices astrométricos ou 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 -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/
--nightdir=20230503 -pv
```

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. 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 pela equipe da SPARC4 e o cabeçalho dessas imagens preservam as informações da imagem bruta, além de 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.

7. 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.