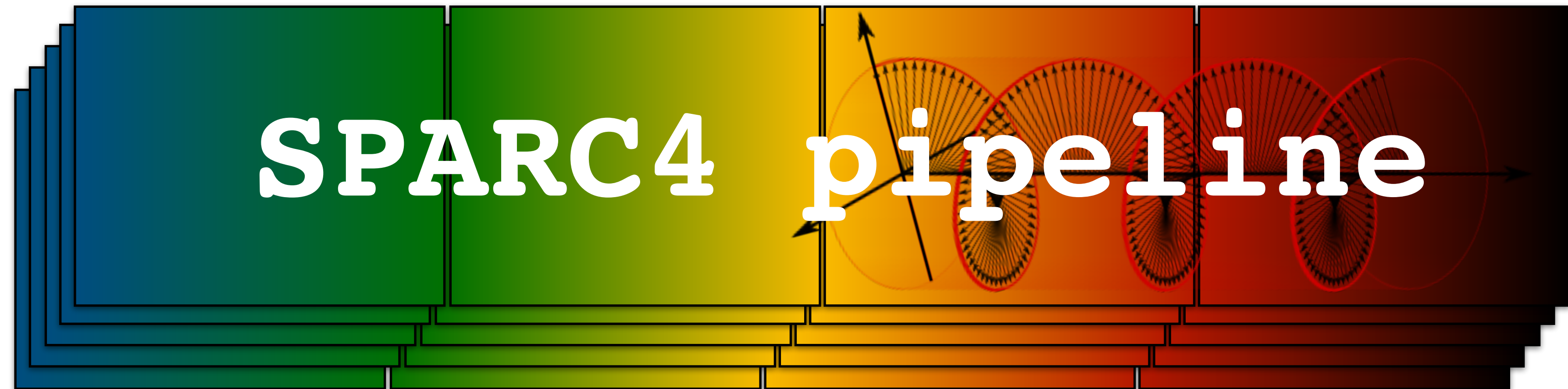


Workshop SPARC4: observação e redução de dados



Equipe do pipeline da SPARC4:

Eder Martioli¹, Cláudia V. Rodrigues², Júlio Campagnolo³, Ana Carolina Mattiuci², Wagner Schlindwein², Fernando Falkenberg Marques², Francisco Jablonski², Luciano Fraga¹, Denis Bernardes², Marina Mello²

¹ LNA, ² INPE, ³ CEFET/RJ

Resumo da apresentação

1. Conceito do pipeline da SPARC4
2. Modos de observação contemplados pelo pipeline da SPARC4
3. Passos da redução dos dados
4. O que o pipeline da SPARC4 (ainda) não faz
5. Instalação do pipeline em sistema Linux ou MacOSX
6. Estrutura de diretórios e configuração do pipeline
7. Execução do pipeline
8. Produtos da SPARC4

Conceito do pipeline

- Conjunto de rotinas em Python que permitam automatizar os processos de redução e calibração instrumental dos dados da SPARC4 obtidos em determinados modos de observação pré-definidos.
- Bibliotecas científicas utilizadas pelo pipeline:
 - **ASTROPOP**
 - **ASTROPY**
 - **NUMPY, SCIPY, ETC. (ANACONDA)**
- Código aberto e disponível para todos, mas sua finalidade principal é ser executado no LNA. No momento, infelizmente não podemos oferecer suporte para uso externo; a responsabilidade é do PI.

Conceito do pipeline

Código principal

sparc4_mini_pipeline.py

sparc4_params.yaml

Arquivo de parâmetros de configuração do pipeline

sparc4_db.py

Biblioteca para criação e gerenciamento de um banco de dados para uma noite de observação em um determinado canal, que é responsável pela identificação dos modos de observação e pela estruturação dos blocos de redução.

sparc4_pipeline_lib.py

Biblioteca de funções para execução da redução

Pode-se importar as bibliotecas do pipeline

```
import sparc4_product_plots as s4plt
import sparc4_pipeline_lib as s4pipelib
import sparc4_utils as s4utils
import sparc4_db as s4db
import sparc4_products as s4p
```

Biblioteca de utilidades

sparc4_utils.py

Biblioteca de funções para produção de gráficos a partir dos produtos de redução

sparc4_product_plots.py

sparc4_products.py

Biblioteca de funções para escrita e leitura dos produtos de redução da SPARC4

Modos de observação

- **Geral :**

- Somente **full-frame** e binning **1x1**
- Qualquer configuração dos seguintes parâmetros do CCD:
 - "PREAMP",
 - "READRATE",
 - "EMMODE",
 - "EMGAIN"

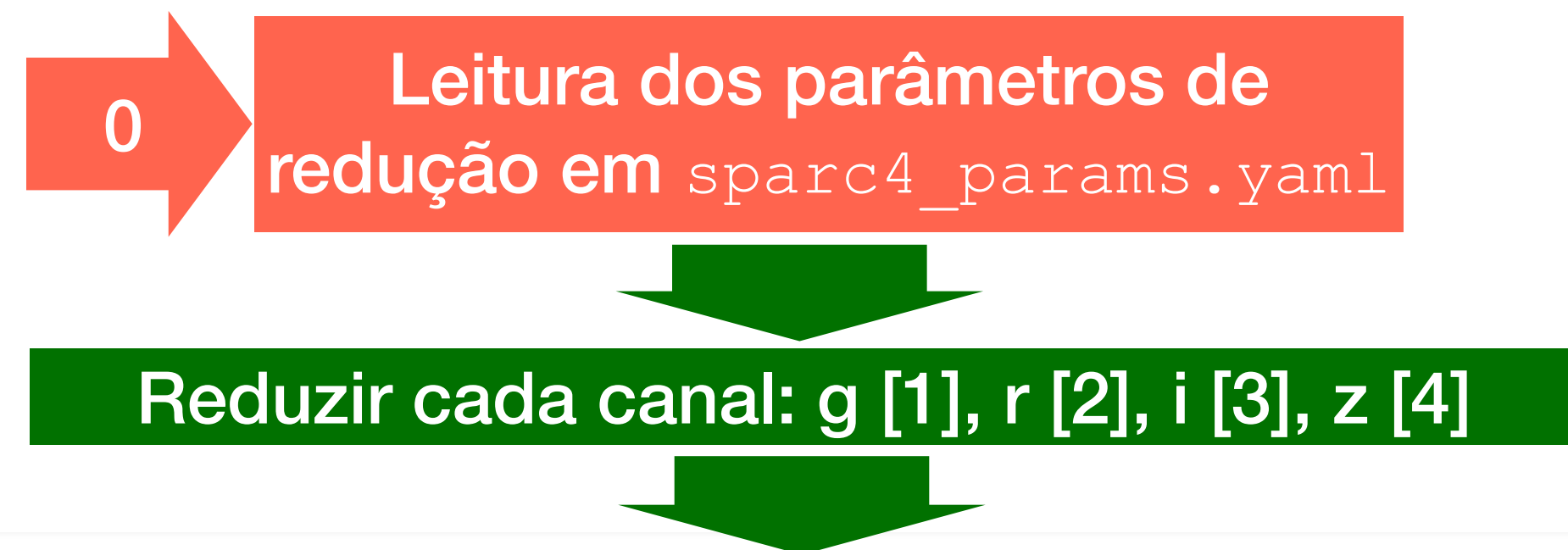
- **Modo fotométrico :**

- Imageamento
- Série temporal fotométrica

- **Modo polarimétrico :**

- L/2 ou L/4
- Sequências polarimétricas com, no mínimo:
 - 4 posições da lâmina (L2)
 - 8 posições da lâmina (L4)
- Série temporal polarimétrica em qualquer um dos modos acima

Passos da redução



- 1 →
- Criação do banco de dados: `NIGHT_CHANNEL_db.fits`
 - Identificação e agrupamento das imagens por modo de observação.

Reduzir cada modo de observação

↓

2 → Master Zero e Master Flat

↓

3 → Redução dos dados fotométricos

3.1 → Série temporal fotométrica
`NIGHT_CHANNEL_OBJECT_lc.fits`

4 → Redução dos dados polarimétricos

4.1 → polarimetria
`*_polar.fits`

4.2 → Série temporal polarimétrica e fotométrica
`*_ts.fits`

Redução básica (passos 3 e 4 — todos os modos):

1. Identificação e remoção de raios cósmicos;
2. Correção de ganho do CCD;
3. Subtração de Master Zero;
4. Divisão pelo Master Flat;
5. Cálculo de offsets com relação a uma imagem de referência;
6. Construção de uma imagem stack:
`NIGHT_CHANNEL_CCDMODE_OBJECT_INSTMODE_stack.fits`
7. Detecção de fontes e construção de um catálogo único para todas imagens de uma sequência;
8. Astrometria para construção de um WCS;
9. Fotometria de abertura para todas as fontes do catálogo para uma série de aberturas diferentes;
10. Cálculo do tempo no referencial baricêntrico (BJD) e heliocêntrico (HJD)
11. Gravar dados reduzidos no arquivo FITS de saída
`*_proc.fits` (imagem reduzida, catálogos e dados de redução).

O que o pipeline não faz

- Redução interativa
- Redução de sequência de foco
- Redução de dados obtidos em configurações diferentes daquelas pré-definidas
- Remoção de fringing
- Identificação de fontes
- Fotometria de PSF
- Polarimetria de objetos extensos e não siderais
- Calibração fotométrica absoluta
- Calibração polarimétrica absoluta
- Combinar diferentes canais — "*white band*"
- Combinar diferentes noites
- Combinar mosaicos
- Mapas polarimétricos

Instalação

Instalar dependências:

- [Anaconda3](#) (recomendado)
- [AstroPoP 0.9.X](#)
- [regions](#), [uncertainties](#)
- [astrometry.net](#) (opcional). Para funcionamento correto do pacote de astrometria 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**)

Obtenção do pacote sparc4-pipeline:

- Baixe o pacote do pipeline da SPARC4 no link [sparc4-pipeline](#) ou
- pela 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
```

- Baixe o pacote [minidata](#) contendo dados da SPARC4 para testar o pipeline.

Estrutura de diretórios da SPARC4

Dados brutos:

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

\$ROOTDATADIR é o diretório raiz onde os dados brutos estão salvos

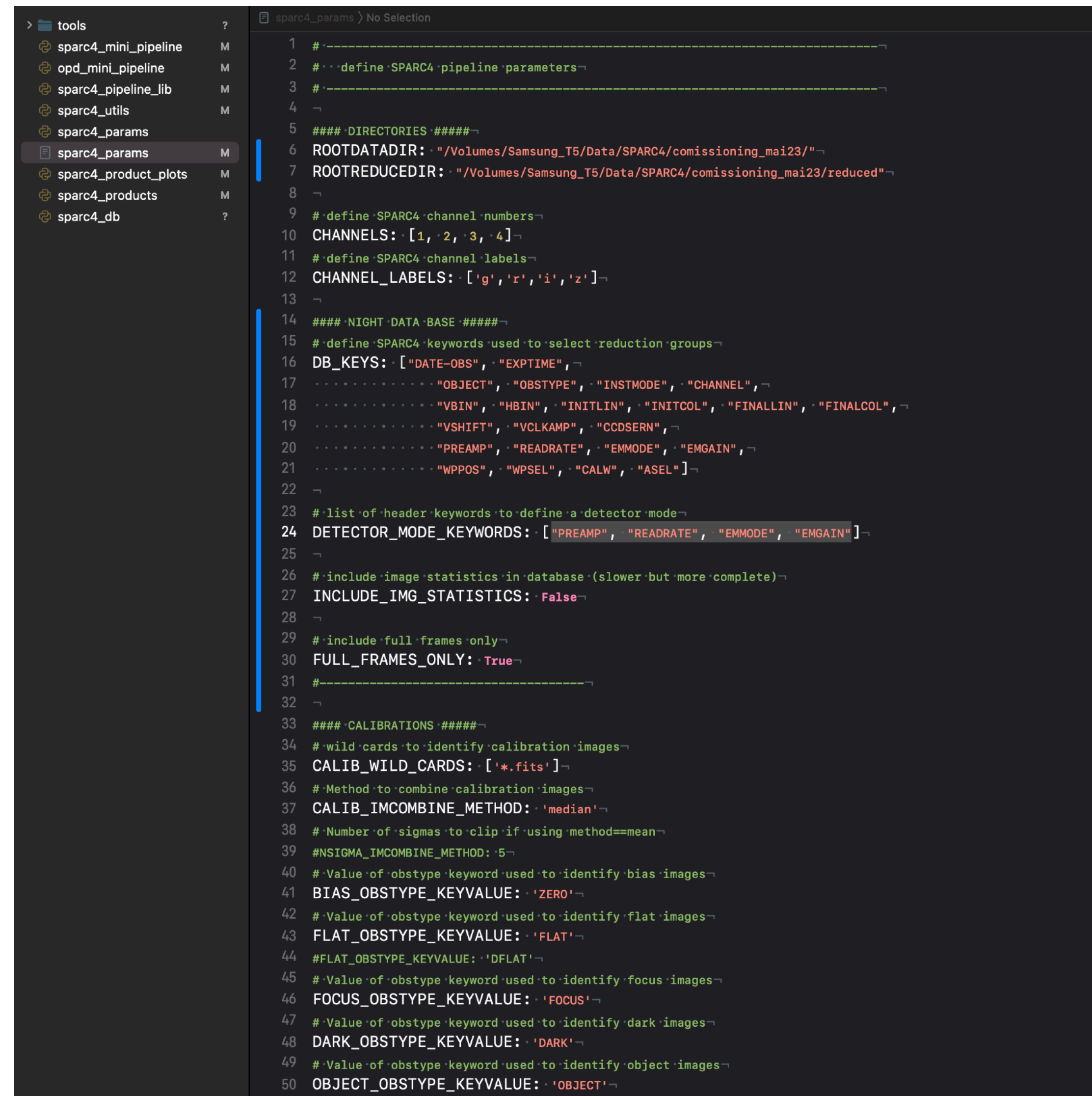
\$NIGHTDIR é o diretório de cada noite de observação

Dados reduzidos:

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

\$ROOTREDUCEDIR é o diretório raiz onde os dados reduzidos são salvos

Configuração do pipeline



```
1 #-----
2 #...define SPARC4 pipeline parameters
3 #-----
4
5 ##### DIRECTORIES #####
6 ROOTDATADIR: "/Volumes/Samsung_T5/Data/SPARC4/comissioning_mai23/"
7 ROOTREDUCEDIR: "/Volumes/Samsung_T5/Data/SPARC4/comissioning_mai23/reduced"
8
9 #define SPARC4 channel numbers
10 CHANNELS: [1, 2, 3, 4]
11 #define SPARC4 channel labels
12 CHANNEL_LABELS: ['g', 'r', 'i', 'z']
13
14 ##### NIGHT DATA BASE #####
15 #define SPARC4 keywords used to select reduction groups
16 DB_KEYS: ["DATE-OBS", "EXPTIME",
17           "OBJECT", "OBSTYPE", "INSTMODE", "CHANNEL",
18           "VBIN", "HBIN", "INITLIN", "INITCOL", "FINALLIN", "FINALCOL",
19           "VSHIFT", "VCLKAMP", "CCDSERN",
20           "PREAMP", "READRATE", "EMMODE", "EMGAIN",
21           "WPPOS", "WPSEL", "CALW", "ASEL"]
22
23 #list of header keywords to define a detector mode
24 DETECTOR_MODE_KEYWORDS: ["PREAMP", "READRATE", "EMMODE", "EMGAIN"]
25
26 #include image statistics in database (slower but more complete)
27 INCLUDE_IMG_STATISTICS: False
28
29 #include full frames only
30 FULL_FRAMES_ONLY: True
31 #-----
32
33 ##### CALIBRATIONS #####
34 #wild cards to identify calibration images
35 CALIB_WILD_CARDS: ['*.fits']
36 #Method to combine calibration images
37 CALIB_IMCOMBINE_METHOD: 'median'
38 #Number of sigmas to clip if using method==mean
39 #NSIGMA_IMCOMBINE_METHOD: 5
40 #Value of obstype keyword used to identify bias images
41 BIAS_OBSTYPE_KEYVALUE: 'ZERO'
42 #Value of obstype keyword used to identify flat images
43 FLAT_OBSTYPE_KEYVALUE: 'FLAT'
44 #FLAT_OBSTYPE_KEYVALUE: 'DFLAT'
45 #Value of obstype keyword used to identify focus images
46 FOCUS_OBSTYPE_KEYVALUE: 'FOCUS'
47 #Value of obstype keyword used to identify dark images
48 DARK_OBSTYPE_KEYVALUE: 'DARK'
49 #Value of obstype keyword used to identify object images
50 OBJECT_OBSTYPE_KEYVALUE: 'OBJECT'
```

Execução no terminal

```
python sparc4_mini_pipeline.py --nightdir=20230604
```

```
python -W ignore sparc4_mini_pipeline.py --  
nightdir=20230604 --reducedir=/Volumes/Samsung_T5/  
Data/SPARC4/minidata/reduced --channels="1,2,3"  
-fpv
```

Produtos de redução da SPARC4

- **NIGHT+CHANNEL DATABASE** (`db.fits`) — banco de dados (tabela FITS) da noite de observação para um canal da SPARC4;
- **MASTER ZERO** (`MasterZero.fits`) — imagem combinada de todas exposições de zero;
- **MASTER FLAT** (`MasterDomeFlat.fits`) — imagem combinada de todas exposições de flat;
- **PROCESSED FRAME** (`proc.fits`) — image calibrada de ciência, catálogo de fontes com fotometria de abertura e BJD;
- **STACK FRAME** (`stack.fits`) — imagem combinada de um conjunto de imagens de ciência calibradas e catálogo de fontes com fotometria de abertura;
- **PHOTOMETRIC LIGHT CURVE** (`lc.fits`) — série temporal para todas as quantidades fotométricas de todas as fontes do catálogo;
- **POLARIMETRY** (`polar.fits`) — polarimetria de todas as fontes do catálogo para uma sequência polarimétrica com várias posições da lâmina de $\lambda/2$ ou $\lambda/4$;
- **POLARIMETRIC TIME SERIES** (`ts.fits`) — série temporal para todas as quantidades fotométricas e polarimétricas de todas as fontes do catálogo.

Demonstração