O ecossistema Python para matemática computacional

Leon Silva

leon.silva@ufrpe.br

Sobre mim

- Lic. em Matemática (UFRPE)
- Mestre em Matemática (UFC)
- Doutor em Ciência da Computação (UFPE)

Outline

- Um pouco sobre Python
- Comparações sobre outros softwares
- Um passeios sobre a sintaxe do Python
- Pacotes para Matemática computacional
- Onde usar Python

Por que Python?

Necessidade dos cientistas:

- Carregar os dados
- Manipular e processar dados
- Manipular e operar com expressões algébricas
- Visualizar dados e resultados
- Alta qualidade e precisão

Pontos fortes do Python:

- Não inventou a roda
- Fácil de aprender
- Legível
- Código eficiente
- Multipropósito

C, C++, Fortran

- **Prós**
  - Muito rápida. Muito!
  - Grátis
- **Contra**
  - Sintaxe dolorosa
  - Gerenciamento manual da memória
  - Difíceis para não programadores.

Linguagem Julia

- **Prós**
  - Rápido e simples
  - Capacidade de integração com Python
- **Contra**
  - Limitado a cálculos numéricos
  - Pouco testado

Matlab

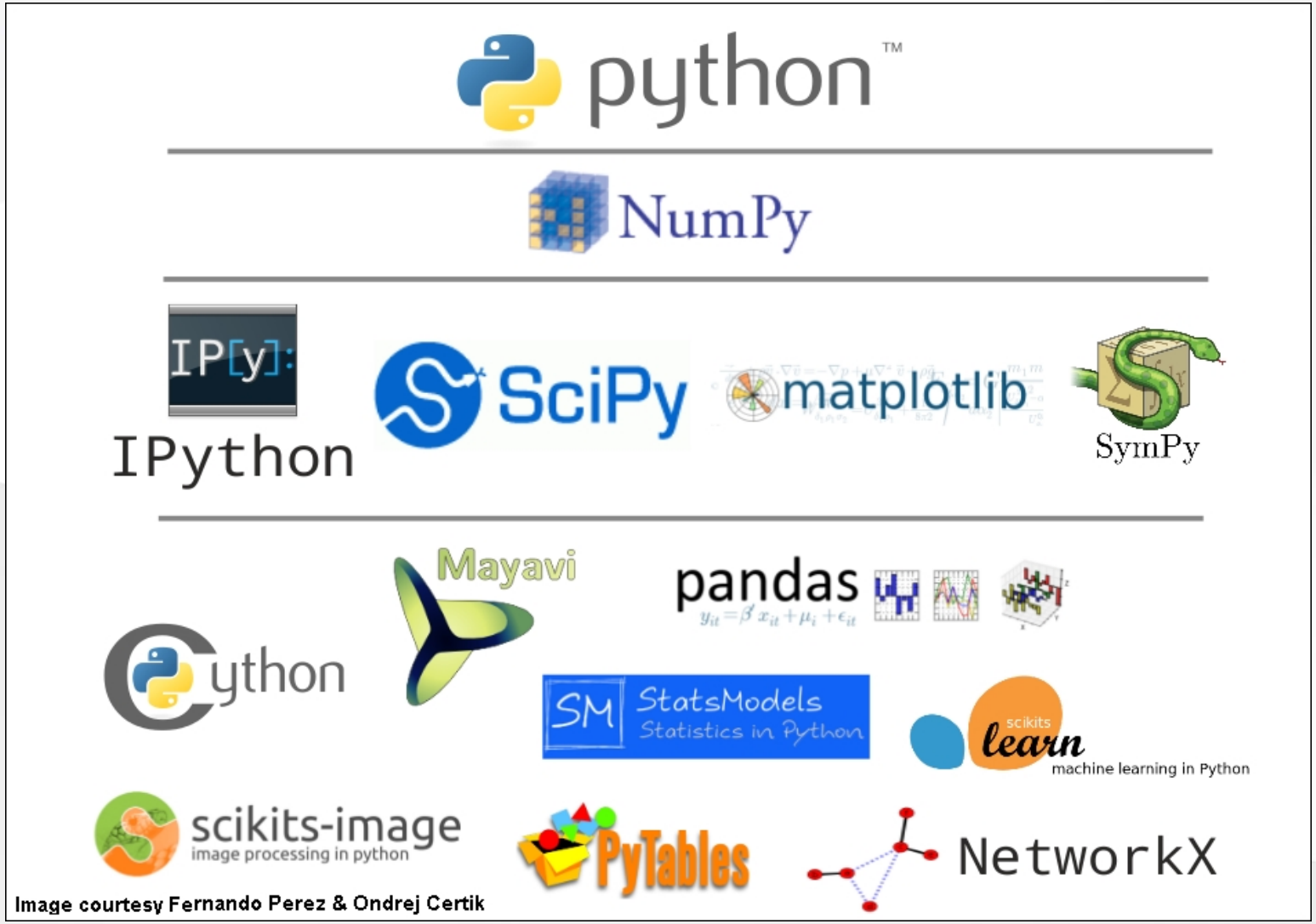
- **Prós**
  - Muitos algoritmos disponíveis
  - Rápido
  - Editor integrado e agradável
  - Suporte
- **Contra**
  - Linguagem pobre
  - Código fechado
  - Pago

Maple, Mathematica

- **Prós**
  - Especializados em computação algébrica
  - Editor próprio e útil
  - Documentação profissional
  - Suporte
- **Contra**
  - Sintaxe pobre e confusa
  - Código fechado
  - Não é grátis

Python

- **Prós**
  - Várias bibliotecas para Matemática Computacional
  - Linguagem poderosa e simples
  - Gratuito e de código aberto
  - Variedade de editores disponíveis
- **Contra**
  - Nem todos os algoritmos estão disponíveis (ainda)


python™
NumPy
IP[y]:
IPython
SciPy
matplotlib
SymPy
Mayavi
pandas
Cython
SM StatsModels
Statistics in Python
scikits
learn
machine learning in Python
scikits-image
image processing in python
PyTables
NetworkX
Image courtesy Fernando Perez & Ondrej Certik

Um passeio por Python e Matemática

Matemática

$$\sum_{n=0}^{10} 3n$$

Python

```
soma = 0
for n in range(11):
    sum +=3*n
```

Matemática

$$\prod_{n=1}^{10} 2n$$

Python

```
produto = 0
for n in range(1, 11):
    sum *=2*n
```

Matemática

$$A = \{n^2, \forall n \in \mathbb{N}; 20 < n < 100\}$$

Python

```
a = 20
b = 100
A = [n for n in range(a, b+1)]
```

Matemática

- Sequência de Fibonacci

$$\begin{cases} F_0 = 0, F_1 = 1 \\ F_n = F_{n-1} + F_{n-2} \quad \text{para } n > 1 \end{cases}$$

Python

```
def F(n):
 if n==0:
   return 0
 elif n<=2:
       return 1
return F(n-1) + F(n-2)
```

Matemática

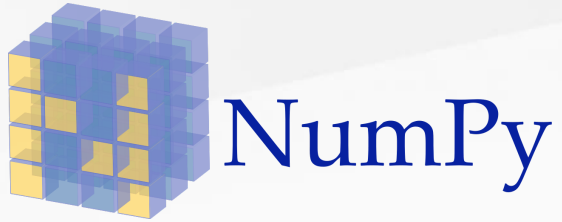
- Resolver: $ax^2 + bx + c = 0$

Python

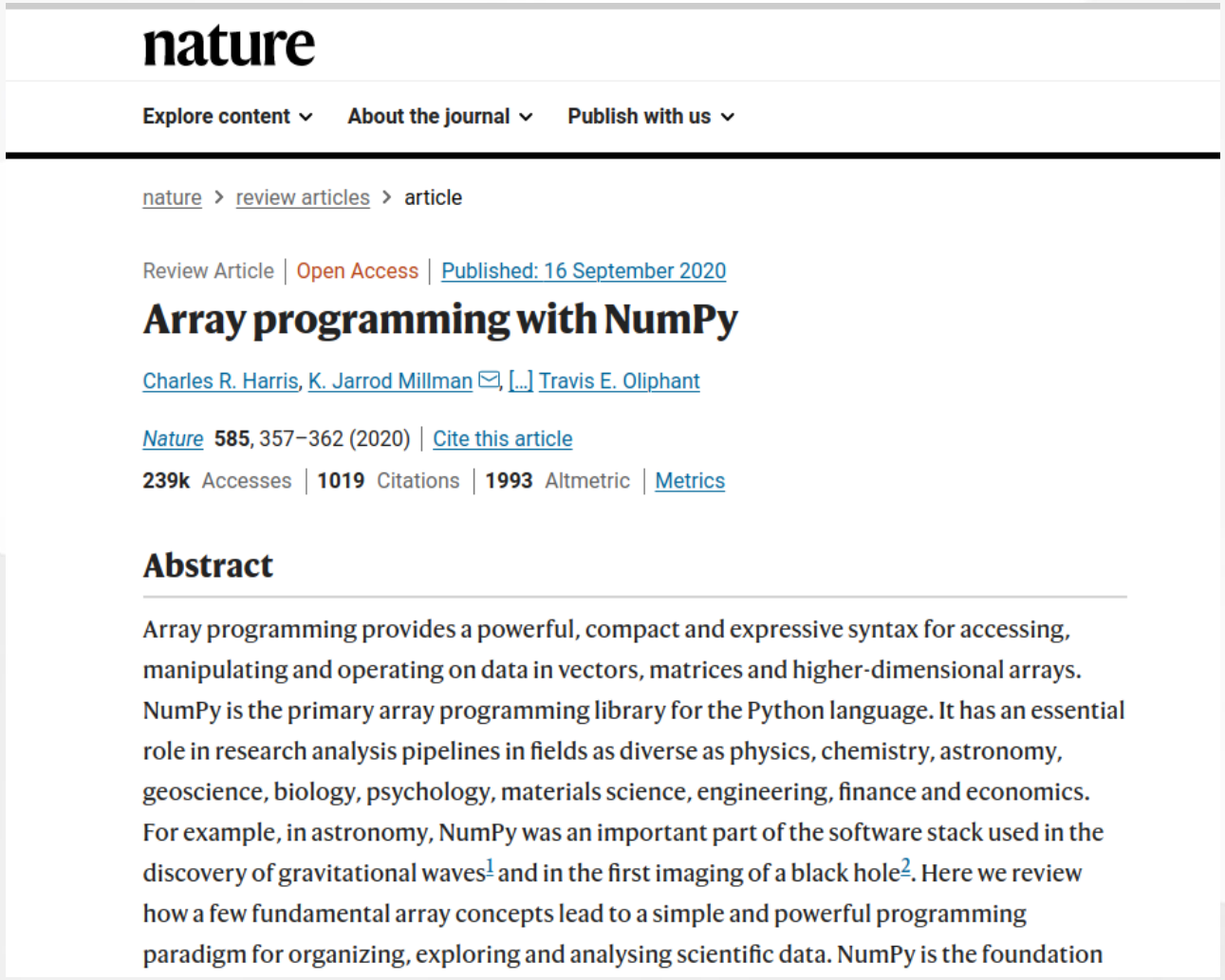
```
x = (b**2)-(4*a*c)
if x < 0 :
        print ("Raiz negativa nao pode ser extraida.")
else :
    x = math.sqrt(x)
    x1 = (-b + x)/(2*a);
    x2 = (-b - x)/(2*a)
    print ('x1 = ',x1, '\nx2 = ', x2)
```

O que é o NumPy?

- Pacote de extensão para Python para matrizes multidimensionais
- Mais perto do hardware (eficiência)
- Projetado para computação científica (conveniência)
- Também conhecido como computação orientada a array



NumPy na Nature



nature

Explore content ⌄ About the journal ⌄ Publish with us ⌄

nature › review articles › article

Review Article | Open Access | Published: 16 September 2020

Array programming with NumPy

Charles R. Harris, K. Jarrod Millman ✉, […] Travis E. Oliphant

Nature **585**, 357–362 (2020) | Cite this article

239k Accesses | **1019** Citations | **1993** Altmetric | Metrics

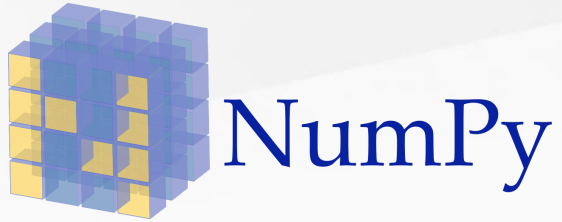
Abstract

Array programming provides a powerful, compact and expressive syntax for accessing, manipulating and operating on data in vectors, matrices and higher-dimensional arrays. NumPy is the primary array programming library for the Python language. It has an essential role in research analysis pipelines in fields as diverse as physics, chemistry, astronomy, geoscience, biology, psychology, materials science, engineering, finance and economics. For example, in astronomy, NumPy was an important part of the software stack used in the discovery of gravitational waves[1] and in the first imaging of a black hole[2]. Here we review how a few fundamental array concepts lead to a simple and powerful programming paradigm for organizing, exploring and analysing scientific data. NumPy is the foundation

Python

```
soma = 0
for n in range(11):
    sum +=3*n
```

NumPy

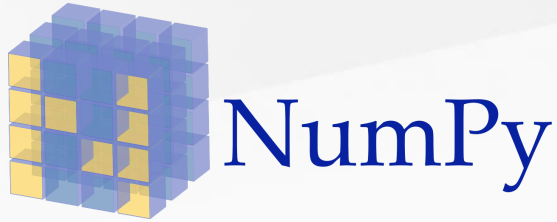



```
import numpy

soma = numpy.sum(3*numpy.arange(11));
```

Matemática

- Dada uma matriz A inversível:
  - Computar a inversa, autovetores e resolver o sistema $Ax = b$.

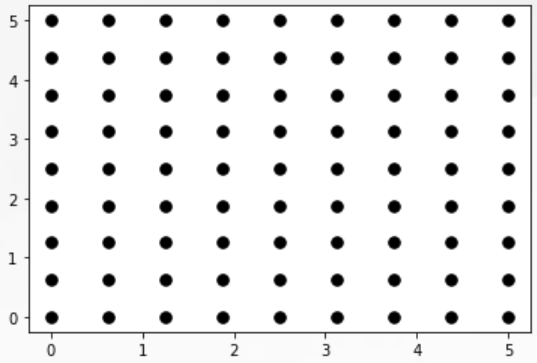
NumPy




```
from numpy import linalg

linalg.inv(A)      #inversa de A

linalg.eigvals(A) #autovalores

linalg.solve(A, b) #Resolve Ax=b
```

Matemática

- Gerar coordenadas de 81 pontos na região $R = [0, 5] \times [0, 5]$, distribuidos uniformemente.



NumPy

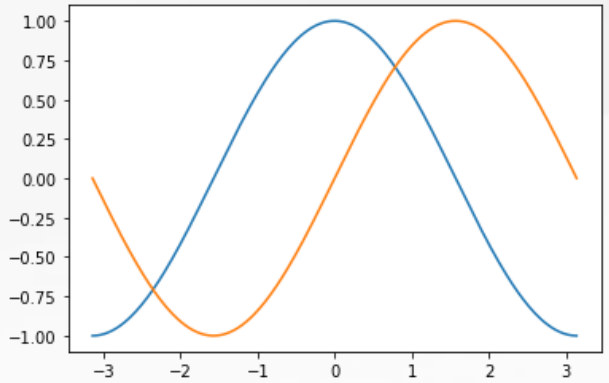
```
import numpy as np

nx, ny = (9, 9)
x = np.linspace(0, 5, nx)
y = np.linspace(0, 5, ny)

xv, yv = np.meshgrid(x, y)
```

O que é o Matplotlib?

- Muito usado para gráficos 2d
- Fornece dados e figuras de qualidade de publicação
- Exporta figuras para diversos formatos
- Suporta simulações dinâmicas
- Está integrado ao NumPy

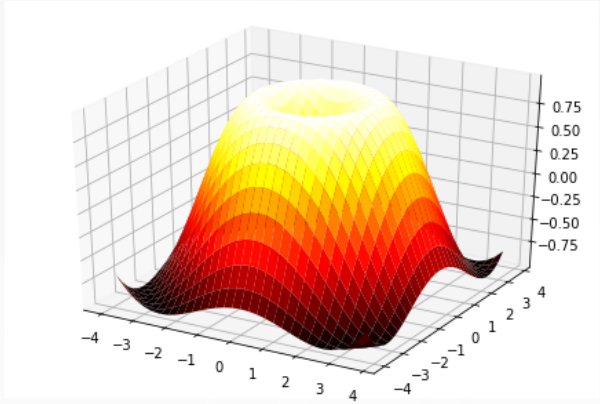
Matplotlib: plot $y = \operatorname{sen} x$ e $y = \cos x$

```
# Gráficos 2D

import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

X = np.linspace(-np.pi, np.pi, 256)
C, S = np.cos(X), np.sin(X)
plt.plot(X, C)
plt.plot(X, S)
plt.show()
```



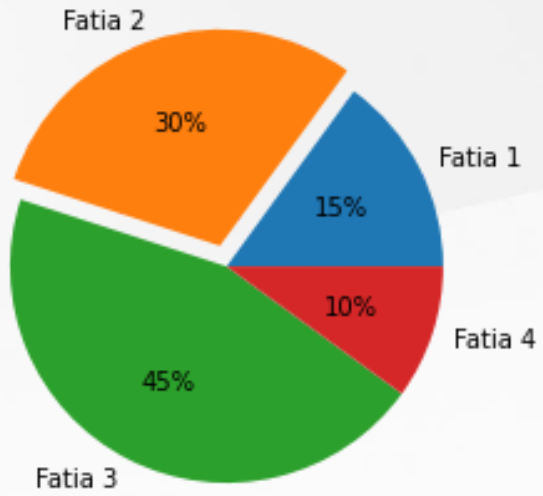
Matplotlib: plot $z = \text{sen}\left(\sqrt{x^2 + y^2}\right)$

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from mpl_toolkits.mplot3d import Axes3D

fig = plt.figure()
ax = Axes3D(fig)
X = np.arange(-4, 4, 0.25)
Y = np.arange(-4, 4, 0.25)
X, Y = np.meshgrid(X, Y)
R = np.sqrt(X ** 2 + Y ** 2)
Z = np.sin(R)

ax.plot_surface(X, Y, Z, cmap=plt.cm.hot)
plt.show()
```



Matplotlib: Gráfico de Pizza

```
import matplotlib.pyplot as plt

legendas = 'Fatia 1', 'Fatia 2', 'Fatia 3', 'Fatia 4'
porcentagem = [15, 30, 45, 10]
estourar = (0, 0.1, 0, 0)

fig, ax = plt.subplots()
ax.pie(porcentagem, estourar, legendas, autopct='%1.0f%%')
ax.axis()
plt.show()
```



O que é o Scipy?

- Pacote principal para algoritmos científicos em Python
- Opera com eficiências matrizes do NumPy
- Dedicadas a muitas aplicações científicas

Matemática

- Encontrar mínimo da função escalar $f(x) = x^2 + 10 \sin x,\ 0 < x < 10.$

SciPy

```
import numpy as np
from scipy import optimize

def f(x):
    return x**2 + 10*np.sin(x)

optimize.minimize(f, x0=0)
```

Matemática

- Calcular $\int_1^{10} \frac{\sin x}{x}\, dx$

SciPy

```
import numpy as np
from scipy.integrate import quadrature


f = lambda x: np.sin(x)/x
quadrature(f, 1, 10)
```

Matemática

- Resolver a EDO $\begin{cases} \frac{dy}{dt} = 2y & 0 \leq t \leq 4 \\ y(0) = 1 \end{cases}$

SciPy


```
def calc_derivada(ypos, tempo):
    return -2 * ypos

from scipy.integrate import odeint

t = np.linspace(0, 4, 40)
y = odeint(calc_derivada, y0=1, t)
```

O que é o SymPy?

- Operações algébricas em expressões algébricas
- Operação exatas do Cálculo
- Resolve equações algébricas
- Resolve EDO's

Matemática

- Expandir a expressão $(x+1)^6$

SymPy

```
import sympy

x = sympy.symbols("x")

sympy.expand((x+1)**6)
```

Matemática

- $\lim_{x \to 0} \frac{\sin x}{x}$
- $\frac{d}{dx} \left[\sin x \right]$
- $\int \log x \, dx$

SymPy

```
import sympy
# cálculos exatos
sympy.limit(sympy.sin(x)/x, x,0) #limite

sympy.diff(sympy.sin(x), x) #derivada

sympy.integrate(sympy.log(x), x) #integral
```

Matemática

- Resolver $\begin{cases} x + 5y = 2 \\ -3x + 6y = 15 \end{cases}$

SymPy


```
import sympy as sym

x, y = sym.symbols('x, y')

sym.solve((x + 5*y-2, -3*x + 6*y-15), (x, y))
```

Matemática

- Resolver a EDO $y'' + 9y = 0$

SymPy

```
from sympy import Function, dsolve, symbols

x = symbols('x')
y = Function('y')

ddy = sympy.diff(y(x), x, x)

dsolve(ddy +9*y(x), y(x))
```

O que é o Scikit-image?

- Processamento de imagens
  - Algoritmos:
    - segmentação
    - transformações geométricas
    - manipulação de cor
    - filtros

Processamento

- Lendo arquivos da web (logo DM-\UFRPE)

```
from skimage import io
import matplotlib.pyplot as plt

url = https://pymat.com.br/assets/images/logos/logo_dm.png

logo_dm = io.imread('url')
plt.imshow(logo_dm)
plt.axis('off')
plt.show()
```

Processamento

- RGB para tons de cinza

Scikit-image

```
from skimage import  color

logo_dm_grayscale = color.rgb2gray(logo_dem)
plt.imshow(logo_dm_grayscale, cmap=plt.cm.gray)
plt.axis('off')
plt.show()
```

Processamento

- Trocar o primeiro fundo com o segundo

Scikit-mage

```
from skimage import  filters

# Otsu's method.
val = filters.threshold_otsu(grayscale)
plt.imshow(grayscale < val, cmap=plt.cm.gray)
plt.axis('off')
plt.show()
```

Outros pacotes do ecossistema

SageMath: o Capitão Planeta

- Inclui os pacotes Python:
  - NumPy
  - SciPy
  - SymPy
  - Matplotlib
  - NetworkX
- Além do:
  - R
  - Maxima, GAP e outros

E agora?

Onde usar o Python e seus ecossistema

Obrigado