

A Toolbox PySDDP no Python

Professor André Luís Marques Marcato

Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica (PPEE)

andre.marcato@ufjf.edu.br

12 de abril de 2021



#PeDNorteEnergia

2^o Workshop
on Computing
Efficient Energy
Prices

13/04/2021 - 16h

Avanços acadêmicos e as
novas fronteiras metodológicas
dos modelos de operação e
formação de preço

UFJF logo

Agenda da Apresentação

- 1 **PySDDP**
 - Visão Geral
 - Python e Google Colab
 - Como Importar o PySDDP
- 2 **Classe Classroom()**
 - Visão Geral
- 3 **A Cadeia de Modelos**
 - Como funciona a engrenagem que propicia o planejamento da operação no Brasil?
 - Classe Dessem
 - Classe Newave
- 4 **Exemplos**
 - Aonde Colocar os Arquivos de Entrada?
 - Acessando os dados de uma UHE
 - Imprimindo Gráficos
 - Acessando dados (Dessem)

Visão Geral

- Realizar estudos de planejamento da operação/expansão de sistemas elétricos de grande porte (longo, médio e curto prazo).
- Utilizar a mesma base de dados oficial brasileira (Exemplo: PMO do Operador Nacional do Sistema – ONS).
- Servir como laboratório para desenvolvimento e testes de novas metodologias.
- Disponibilização através do PyPI que é o repositório de software oficial de terceiros para Python.



Python

- É uma linguagem simples e elegante (fácil de aprender):
Linguagem bem planejada!
- Linguagem de programação de altíssimo nível (VHLL -
Very High Level Language)
- Principal aspecto: **liberdade** (gratuito, código aberto)
- Multiplataforma: Windows, Linux, Mac
- Orientação à Objetos

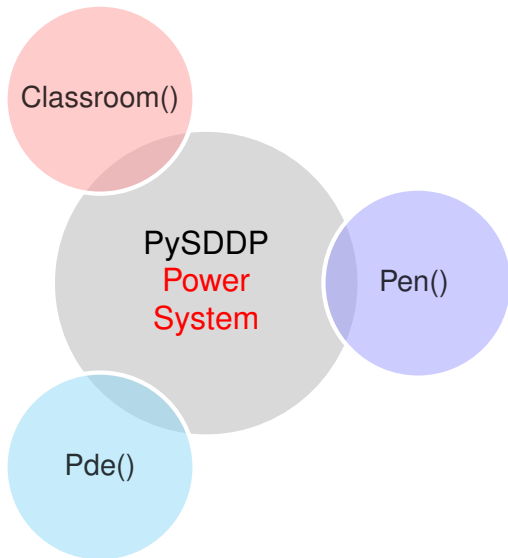


Google Colaboratory ou Google Colab

- Permite escrever e executar programas em Python no *Browser* ou navegador
 - Não requer configuração
 - Acesso livre às GPUs
 - Fácil compartilhamento de código
- Permite combinar blocos de código e blocos de texto (imagens, HTML, LaTeX, etc)
- Executado em nuvem com infraestrutura disponibilizada pela Google



Apresentando.... O PySDDP !



Apresentando.... O PySDDP !

```
1 !pip install PySDDP==0.0.18      # Instala Biblioteca PySDDP
2
3 from PySDDP import PowerSystem    # Importa Classe PowerSystem
4
5 CasoEstudo = PowerSystem.Classroom() # Instanciando um objeto
```

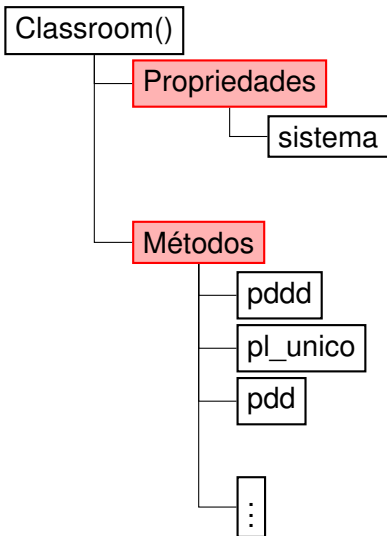


Instanciando um objeto da Classe Classroom()

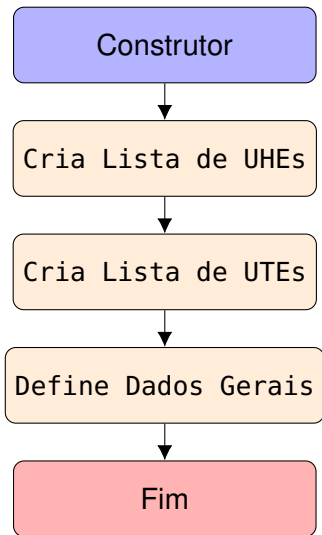
```
1 CasoEstudo = PowerSystem.Classroom()
```

Proximo

Detalhamento da Classe Classroom()

[Volta](#)

Fluxograma do Construtor da Classe

[Volta](#)

Construtor - Lista de UHEs

```
1  usina = {
2      "Nome": "UHE DO MARCATO", # Nome da Usina
3      "Vmax": 100.,           # Volume Maximo em hm3
4      "Vmin": 20.,           # Volume Minimo em hm3
5      "VI": 65.,             # Volume Inicial em hm3
6      "Prod": 0.95,          # Produtibilidade em MWmed/hm3
7      "Engol": 60.,          # Engolimento Maximo em hm3
8      "Afl": [                # Cenarios de Afluencias
9          [ 23, 16],          # linha: Estagio
10         [ 19, 14],          # coluna: Cenario
11         [ 15, 11]          # Aqui sao utilizados 3 estagios e ...
                                2 cenarios
12     ]
13 }
```

Construtor - Lista de UTEs

```
1 usina = {  
2     "Nome": "GT_1",      # Nome da Usina Termica 1  
3     "Capac": 15.,       # Capacidade Maxima de Geracao MWMed  
4     "Custo": 10.        # Custo de Operacao $/MWMed  
5 }
```

Volta



Construtor - Dados Gerais

```
1 d_gerais = {
2     "CDef": 500.,           # Custo de Deficit $/MWMed
3     "Carga": [ 50, 50., 50], # Lista com carga por estagio
4     "Nr_Disc": 3,          # Numero de Discretizacoes
5     "Nr_Est": 3,           # Numero de Estagios
6     "Nr_Cen": 2            # Numero de Cenarios Afluencias
7 }
```

Volta



Propriedade Única: sistema

```
▶ CasoEstudo = PowerSystem.Classroom()
```

```
print(CasoEstudo.sistema)
```

```
print(CasoEstudo.sistema["DGer"])
```

```
print(CasoEstudo.sistema["DGer"]["Carga"])
```

```
print(CasoEstudo.sistema["UHE"])
```

```
print(CasoEstudo.sistema["UTE"])
```

```
↳ {'DGer': {'CDef': 500.0, 'Carga': [50, 50.0, 50], 'Nr_Disc': 3, 'Nr_Est': 3, 'Nr_Cen': 2}, 'UHE': [{'Nome': 'UHE DO MARCATO', 'Vmax': 100.0, 'CDef': 500.0, 'Carga': [50, 50.0, 50], 'Nr_Disc': 3, 'Nr_Est': 3, 'Nr_Cen': 2}][50, 50.0, 50] [{'Nome': 'UHE DO MARCATO', 'Vmax': 100.0, 'Vmin': 20.0, 'VI': 65.0, 'Prod': 0.95, 'Engol': 60.0, 'Afl': [[23, 16], [19, 14], [15, 11]]}] [{'Nome': 'GT_1', 'Capac': 15.0, 'Custo': 10.0}, {'Nome': 'GT_2', 'Capac': 10.0, 'Custo': 25.0}]
```

Próximo



Metodos: Técnicas de Solução



```
CasoEstudo.sistema["DGer"] ["Nr_Disc"] = 11
res_pdd11 = CasoEstudo.pdd(0, imprime=False)

res_plu = CasoEstudo.pl_unico(0, imprime=False)
|
res_pddd = CasoEstudo.pddd(0, imprime=False)
```



```
Tempo decorrido na PDD 0.6527013778686523
Tempo decorrido na PL Único 0.0028994083404541016
Tempo decorrido na PDDD 0.05264925956726074
```

Próximo



Metodos: Técnicas de Solução

```
[17] print(res_pddd)
```

```
print(res_pddd["DGer"])
```

```
print(res_pddd["UHE"])
```

```
print(res_pddd["UHE"][0]["vf"])
```

```
print(res_pddd["UTE"])
```

```
↳ {'DGer': {'CustoTotal': 652.4999999999952, 'CMO': [-25.0, -25.0, -10.0], 'Deficit': [0.0, -1.0658141036401503e-13, -1.0658141036401503e-13]},  
'UHE': {'CustoTotal': 652.4999999999952, 'CMO': [-25.0, -25.0, -10.0], 'Deficit': [0.0, -1.0658141036401503e-13, -1.0658141036401503e-13]},  
'UTE': {'CustoTotal': 652.4999999999952, 'CMO': [-25.0, -25.0, -10.0], 'Deficit': [0.0, -1.0658141036401503e-13, -1.0658141036401503e-13]},  
'vf': [59.68421052631555, 41.84210526315789, 20.0], 'vt': [28.31578947368444, 36.84210526315766, 36.84210526315766],  
'gt': [15.0, 15.0, 15.000000000000007]}, {'gt': [8.099999999999785, 2.3092638912203256e-13, 0.0]}
```

Volta

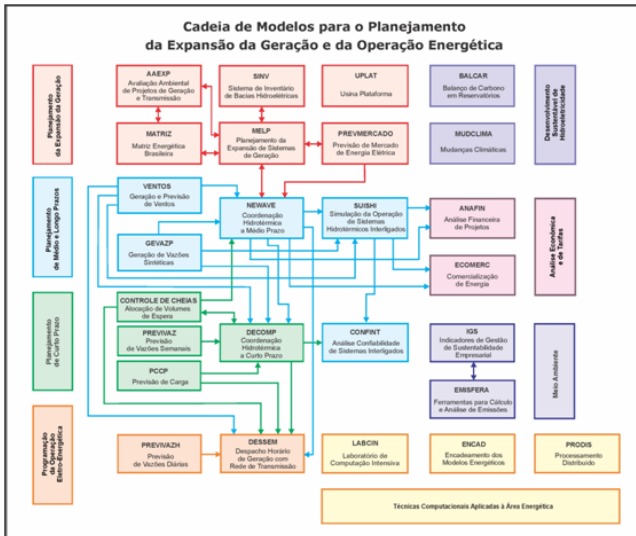


Planejamento e Programação da Operação ¹



¹ Fonte: Operador Nacional do Sistema – ONS

Cadeia Completa²



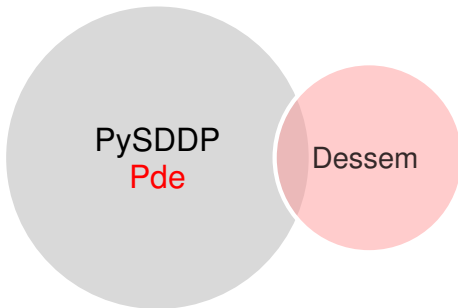
²Fonte: Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL

Características da Modelagem ³

Aplicação	Horizonte	Discret.		Repres. Incertezas	Repres. Sistema	Técnica Resolução
Mensal	10 anos	Mensal	NEWAVE	Estocástico, amostral	Reservat. Equival., Usinas indiv, Intercâmbios	PDDE
Semanal	2 meses a 1 ano	Semanal / mensal	↓ FCF DECOMP	Estocástico Árvore completa	Usinas indiv, Intercâmbios, Restr. Elétricas	PDD
Diária	2 sem.	meia hora / várias horas	↓ FCF, metas DESSEM	Determ.	Unidades geradoras, fluxo DC	PL único Benders
					Unit commitment térmico, Fluxo DC	MILP

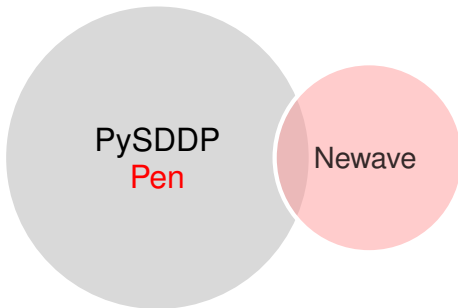
³ Fonte: Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL

Apresentando.... O PySDDP ! Pacote Pde



```
1 !pip install PySDDP==0.0.18           # Instala Biblioteca PySDDP
2
3 from PySDDP.Pde import Dessem         # Importa Dessem
4
5 CasoEstudo = Dessem(path, "dessem.arq") # Instanciando um objeto
```

Apresentando.... O PySDDP ! Pacote Pen



```
1 !pip install PySDDP==0.0.18      # Instala Biblioteca PySDDP
2
3 from PySDDP.Pen import Newave    # Importa Classe Newave
4
5 CasoEstudo = Newave(path)        # Instanciando um objeto
```

Aonde Colocar os Arquivos de Entrada

- No próprio Google Colab
 - Toda vez que for começar a trabalhar é necessário "arrastar" os arquivos para o Google Drive, os quais ficam lá durante um determinado tempo.
- No Google Drive
 - Os arquivos ficam armazenados em segurança.
 - No primeiro acesso, suas credenciais (login/senha) devem ser fornecidos.
- Outras formas: OneDrive, localhost ...



Exemplo de Utilização do GoogleDrive

```
1 from google.colab import drive
2 import os
3 from google.colab import files
4
5 # Montar o Google Drive no Colab com o nome gdrive
6
7 drive.mount('/content/gdrive')
8
9 # O comando abaixo mostra qual pasta voce esta trabalhando momento.
10 print( os.getcwd() )
11
12 Caminho = 'gdrive/My Drive/Newave'
```



Criando um Objeto do Newave

```
1 !pip install PySDDP==0.0.18           # Instala Biblioteca PySDDP
```

```
1 from PySDDP.Pen import Newave        # Importa Classe Newave  
2  
3 CasoEstudo = Newave(caminho)         # Instanciando um objeto
```

```
▶ from PySDDP.Pen import Newave
```

```
Caso = Newave(Caminho)
```

```
OK! Leitura do CASO.DAT realizada com sucesso.  
OK! Leitura do ARQUIVOS.DAT realizada com sucesso.  
OK! Leitura do HIDR.DAT realizada com sucesso.  
OK! Leitura do VAZOES.DAT realizada com sucesso.  
OK! Leitura do CONFHD.DAT realizada com sucesso.
```



Como acessar uma UHE?

- Pelo nome da UHE:

```
1 uhe = CasoEstudo.confhd.get("iTaiPu")
2
3 print(f"Nome: {uhe['nome'].strip()}, Volume Maximo: ...
      {uhe['vol_max']} hm3")
```

```
▶ uhe = Caso.confhd.get("iTaiPu")
   print(f"Nome: {uhe['nome']}, Volume Máximo: {uhe['vol_max']} hm3")
```

```
↳ Nome: ITAIPU, Volume Máximo: 29403.91015625 hm3
```



Como acessar uma UHE?

- Pelo número de cadastro da UHE:

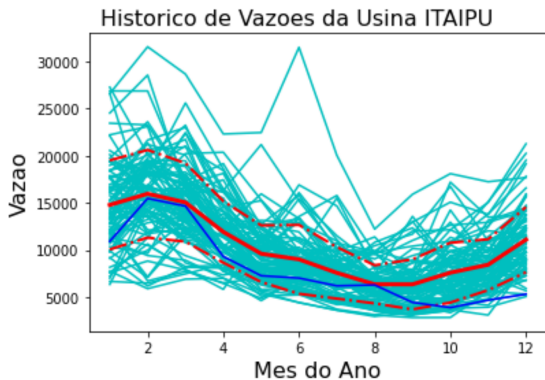
```
1 uhe = CasoEstudo.confhd.get(66)
2
3 print(f"Nome: {uhe['nome'].strip()}, Volume Maximo: ...
      {uhe['vol_max']} hm3")
```



Imprimindo Gráficos



```
Caso.confhd.plot_vaz(uhe)
```



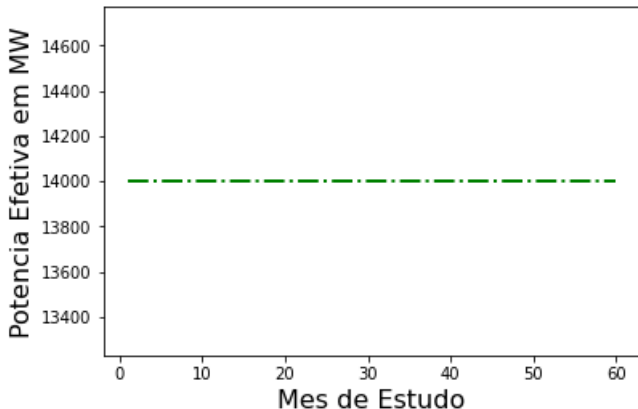
Imprimindo Gráficos



```
CasoEstudo.confhd.plota_potencia(uhe)
```



Evolucao da Potencia Efetiva da Usina ITAIPU



Imprimindo Gráficos



```
CasoEstudo.confhd.plot_pca(uhe)
```



Polinomio Cota-Area da Usina ITAIPU



Criando um Objeto do Dessem

```
1 !pip install PySDDP==0.0.35          # Instala Biblioteca PySDDP
```

```
1 from PySDDP.Pde import Dessem        # Importa Classe Dessem
2
3 CasoEstudo = Dessem(path, 'dessem.arq') # Instanciando um ...
   Objeto
```



Criando um Objeto do Dessem

```
▶ from PySDDP.Pde import Dessem # Importa Dessem  
CasoEstudo = Dessem(path, 'dessem.arq') # Instanciando um Objeto
```

```
OK! Leitura do dessem.arq realizada com sucesso.  
OK! Leitura do areacont.dat realizada com sucesso.  
OK! Leitura do termdat.dat realizada com sucesso.  
OK! Leitura do hydr.dat realizada com sucesso.  
OK! Leitura do deflant.dat realizada com sucesso.  
OK! Leitura do renovaveis.dat realizada com sucesso.  
OK! Leitura do ils_tri.dat realizada com sucesso.  
OK! Leitura do infofcf.dat realizada com sucesso.  
OK! Leitura do operuh.dat realizada com sucesso.  
OK! Leitura do ptoper.dat realizada com sucesso.  
OK! Leitura do respotele.dat realizada com sucesso.  
OK! Leitura do restseg.dat realizada com sucesso.  
OK! Leitura do entdados.dat realizada com sucesso.  
OK! Leitura do rstlpp.dat realizada com sucesso.  
OK! Leitura do cotasr11.dat realizada com sucesso.  
OK! Leitura do curvtviag.dat realizada com sucesso.  
OK! Leitura do desselet.dat realizada com sucesso.  
Lista de Arquivos Não Lidos:  
-----  
ATENÇÃO! A leitura do arquivo bateria não foi realizada.  
ATENÇÃO! A leitura do arquivo rmpflx não foi realizada.  
ATENÇÃO! A leitura do arquivo simul não foi realizada.  
ATENÇÃO! A leitura do arquivo tolperd não foi realizada.  
ATENÇÃO! A leitura do arquivo solar não foi realizada.
```

Como acessar os dados de cada arquivo?

- Os dados da maior parte dos arquivos foram estruturados no formato de DataFrame.
- O Pandas DataFrame é uma estrutura de dados bidimensional com os dados alinhados de forma tabular em linhas e colunas, mutável em tamanho e potencialmente heterogênea.
- Pandas é a biblioteca de python mais famosa para análise de dados e fornece uma performance altamente otimizada (seu código fonte é escrito em python e linguagem C).



Como acessar os dados de cada arquivo?



```
CasoEstudo.operut.limites_condicoes_df.head(8)
```



	us	nome	un	di	hi	mi	df	hf	mf	Gmin	Gmax	Custo
0	1	ANGRA 1	1	1	0	0	F					31.17
1	13	ANGRA 2	1	1	0	0	F					20.12
2	211	BAIXADA FL	1	1	0	0	F					195.03
3	211	BAIXADA FL	2	1	0	0	F					195.03
4	211	BAIXADA FL	3	1	0	0	F					195.03
5	97	CUBATAO	1	1	0	0	F					335.99
6	97	CUBATAO	2	1	0	0	F					335.99
7	97	CUBATAO	3	1	0	0	F					335.99



Como acessar os dados de cada arquivo?

```
▶ CasoEstudo.operut.limites_condicoes_df.head(8)
```

Objeto DESSEM!

	us	nome	un	di	hi	mi	df	hf	mf	Gmin	Gmax	Custo
0	1	ANGRA 1	1	1	0	0	F					31.17
1	13	ANGRA 2	1	1	0	0	F					20.12
2	211	BAIXADA FL	1	1	0	0	F					195.03
3	211	BAIXADA FL	2	1	0	0	F					195.03
4	211	BAIXADA FL	3	1	0	0	F					195.03
5	97	CUBATAO	1	1	0	0	F					335.99
6	97	CUBATAO	2	1	0	0	F					335.99
7	97	CUBATAO	3	1	0	0	F					335.99

Como acessar os dados de cada arquivo?

```
▶ CasoEstudo.operut.limites_condicoes_df.head(8)
```

Objeto DESSEM! Nome do Arquivo!

	us		i	di	hi	mi	df	hf	mf	Gmin	Gmax	Custo
0	1	ANGRA 1	1	1	0	0	F					31.17
1	13	ANGRA 2	1	1	0	0	F					20.12
2	211	BAIXADA FL	1	1	0	0	F					195.03
3	211	BAIXADA FL	2	1	0	0	F					195.03
4	211	BAIXADA FL	3	1	0	0	F					195.03
5	97	CUBATAO	1	1	0	0	F					335.99
6	97	CUBATAO	2	1	0	0	F					335.99
7	97	CUBATAO	3	1	0	0	F					335.99

Como acessar os dados de cada arquivo?

```
▶ CasoEstudo.operut.limite_condicoes_df.head(8)
```

Objeto DESSEM! Nome do Bloco de Dados definido
us Arquivo! no Manual do Usuário!

	mf	Gmin	Gmax	Custo
0	1	ANGRA 1	1 1 0 0 F	31.17
1	13	ANGRA 2	1 1 0 0 F	20.12
2	211	BAIXADA FL	1 1 0 0 F	195.03
3	211	BAIXADA FL	2 1 0 0 F	195.03
4	211	BAIXADA FL	3 1 0 0 F	195.03
5	97	CUBATAO	1 1 0 0 F	335.99
6	97	CUBATAO	2 1 0 0 F	335.99
7	97	CUBATAO	3 1 0 0 F	335.99

Como acessar os dados de cada arquivo?

 `CasoEstudo.operut.limites_condicoes_df.head(8)` Comando para Visualização!

Objeto DESSEM! Nome do Arquivo! Bloco de Dados definido no Manual do Usuário! mf Gmin Gmax Custo

	us							
0	1	ANGRA 1	1	1	0	0	F	31.17
1	13	ANGRA 2	1	1	0	0	F	20.12
2	211	BAIXADA FL	1	1	0	0	F	195.03
3	211	BAIXADA FL	2	1	0	0	F	195.03
4	211	BAIXADA FL	3	1	0	0	F	195.03
5	97	CUBATAO	1	1	0	0	F	335.99
6	97	CUBATAO	2	1	0	0	F	335.99
7	97	CUBATAO	3	1	0	0	F	335.99

Agradecimentos

amanda.pavila@engenharia.ufjf.br

Amanda Pávila Silva



Graduanda em Engenharia Elétrica com ênfase em Energia pela Universidade Federal de Juiz de Fora (2020), com monografia intitulada Programação Dinâmica Dual Estocástica com Reamostragem. Atualmente participa de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento com a PETROBRAS e a Santo Antônio Energia na área de Planejamento Energético e Mercado de Energia Elétrica.

Certificado pelo autor em 16/11/2020.

camila.cunha@engenharia.ufjf.br

Camila Thais da Silva Cunha



Está se graduando na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Sistemas Elétricos de Potência na Universidade Federal de Juiz de Fora.- UFJF

Certificado pelo autor em 13/08/2020.

diogo.barros@engenharia.ufjf.br

Diogo Barros Pinto



Graduando em Engenharia Elétrica com Habilitação em Sistemas de Potência na Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Atualmente participa como bolsista do projeto de extensão "Curso Projeto e Instalação de Sistemas de Microgeração Solar Fotovoltaica" no Laboratório Solar Fotovoltaico da UFJF.

Certificado pelo autor em 05/08/2019.

Agradecimentos



acastro@studioapp.com.br

Fim

andre.marcato@uff.edu.br



<https://www.youtube.com/user/AndreLuisMarcato>