# ESTI019 - QS2021 - CSM - Lab4

```
import librosa
import librosa.display
import IPython.display
from google.colab import drive
ir, sr = librosa.load('/content/drive/My Drive/Colab Notebooks/Lab_4/lab4.m4a')
IPython.display.Audio(ir, rate = sr)
```

```
/usr/local/lib/python3.7/dist-packages/librosa/core/audio.py:165: UserWarni
  warnings.warn("PySoundFile failed. Trying audioread instead.")
```

# Lab4 - Codificação de Imagem com DWT

A. Objetivos:

1. Efetuar a Codificação de Imagem e a Decodificação por DWT e IDWT
2. Testar funções de Codificação Multinível
3. Verificar a taxa de compressão só com a Componente de Aproximação

```
import numpy as np
import cv2 as cv
import pywt
import pywt.data
import matplotlib.image as mpimg
import matplotlib.pyplot as plt
```

B. Monte o seu google drive e verifique os seus arquivos:

```
drive.mount('/content/drive')
```

```
Drive already mounted at /content/drive; to attempt to forcibly remount, call
```

```
#!ls -l "My Drive/Colab Notebooks/Lab_4"
```

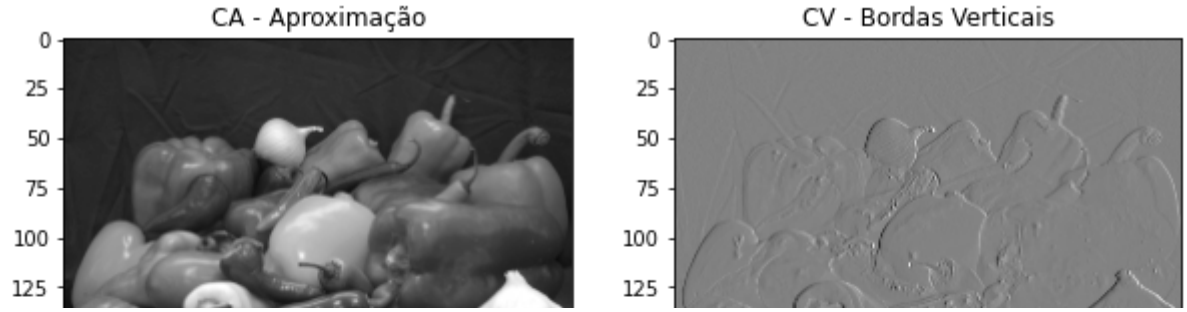
```
!ls -l "/content/drive/My Drive/Colab Notebooks/Lab_4"
```

```
total 15863
-rw------- 1 root root   107361 Dec 17 05:44 grava.m4a
-rw------- 1 root root   304506 Nov 10 02:20 grupo.jpg
-rw------- 1 root root  1425085 Nov 10 02:27 grupo.png
-rw------- 1 root root   374872 Dec 17 05:14 jefferson.png
-rw------- 1 root root 11256272 Dec 17 06:31 Lab4_ImageDWT_x.ipynb
-rw------- 1 root root  1340789 Dec 17 05:52 lab4.m4a
-rw------- 1 root root   410282 Dec 17 05:15 lucas.png
-rw------- 1 root root   330293 Dec 17 05:14 muriel.png
-rw------- 1 root root   287589 Oct  8 16:46 peppers.png
-rw------- 1 root root   403638 Dec 17 05:14 victor.png
```

## C. Codificação de Luminância (P&B) com DWT para a Pimentas

```
img = mpimg.imread('/content/drive/My Drive/Colab Notebooks/Lab_4/peppers.png')

img_gray = cv.cvtColor(img, cv.COLOR_RGB2GRAY)


coefs2 = pywt.dwt2(img_gray,'haar', mode='periodization')  #1 nível de DWT
(cA, (cH, cV, cD)) = coefs2 #Separando os coeficientes
imgr = pywt.idwt2(coefs2, 'haar', mode = 'periodization')  #1 nível de IDWT

plt.figure(figsize=(10,10))
plt.subplot(2,2,1)
plt.imshow(cA,'gray'); plt.title("CA - Aproximação")
plt.subplot(2,2,2)
plt.imshow(cV,'gray'); plt.title("CV - Bordas Verticais")
plt.subplot(2,2,3)
plt.imshow(cH,'gray'); plt.title("CH - Bordas Horizontais")
plt.subplot(2,2,4)
plt.imshow(cD,'gray'); plt.title("CD - Bordas Diagonais")
```

```
Text(0.5, 1.0, 'CD - Bordas Diagonais')
```




C.1 Cálculo do Erro Quadrático Médio (MSE) e da Relação Sinal Ruído de Pico (PSNR)

a) A MSE é obtida calculando somando-se o erro quadrático de reconstrução pixel a pixel entre a Imagem Original (O) da Reconstruída (R) e normalizando pela dimensão (LxA) da imagem:

$$MSE = \frac{1}{LA}\sum_{i=0}^{L}\sum_{j=0}^{A}[O(i,j) - R(i,j)]^2$$

b) A SNR de pico (PSNR) é definida para cada plano componente da imagem como:

$$PSNR = 10.log_{10}\left(\frac{MAX_I{}^2}{MSE}\right)$$

sendo $MAX_I$ o valor máximo do pixel, que para 8 bits equivale a 255, logo:

$$PSNR = 20.log_{10}(255) - 10.log_{10}(MSE)$$

OBS.: Para uma imagem RGB, $MSE = MSE_R + MSE_G + MSE_B$, sendo similar definiação para YCrCb e HSV

```
# Calculo da MSE P&B
A, L, Camadas = img.shape
dif = img_gray - imgr
MSE_gray = np.sum(np.matmul(dif,np.transpose(dif)))/(A*L)
print("MSE_Y = {:.2e}".format(MSE_gray))
PSNR_Y = 20*np.log10(255) - 10*np.log10(MSE_gray)
print("PSNR_Luma = {:.2f} dB".format(PSNR_Y))
plt.figure(figsize=(20,10))
infograf = "Imagem Reconstruída de Luminância (Y) com PSNR = " + str(np.uint8(PSNR_
plt.subplot(1,2,1); plt.imshow(img_gray,'gray'); plt.title("Imagem Original P&B")
plt.subplot(1,2,2); plt.imshow(imgr,'gray'); plt.title(infograf)
```

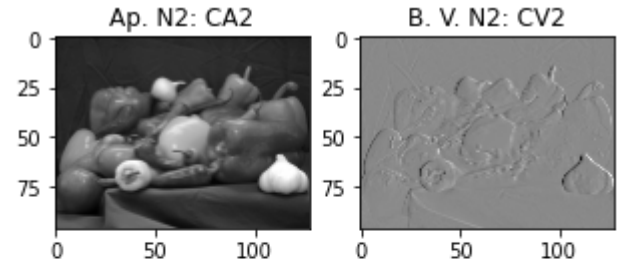
```
MSE_Y = 1.62e-13
PSNR_Luma = 176.03 dB
Text(0.5, 1.0, 'Imagem Reconstruída de Luminância (Y) com PSNR = 176 dB')
```

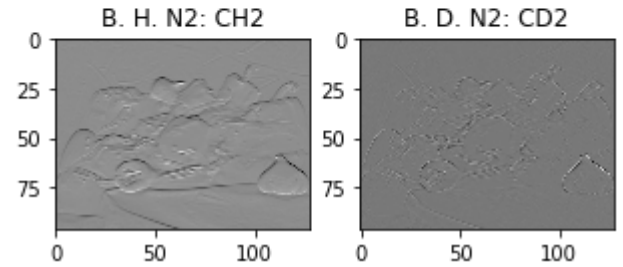


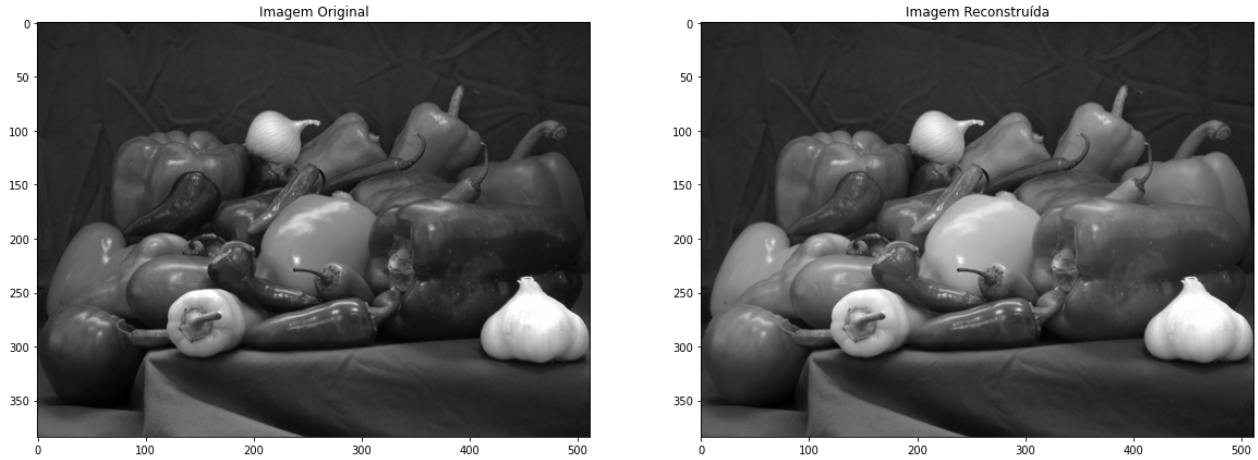
D. Teste das Funções de Multiresolução wavedec2() e waverec2()

```
C = pywt.wavedec2(img_gray,'haar', mode = 'symmetric', level=2) # Dois níveis de de
imgr2 = pywt.waverec2(C, 'haar', mode = 'symmetric') # Dois níveis de IDWT

# Para extrair os coeficientes de cada nível
cA2 = C[0]  # Coeficientes de Aproximação nível 2
(cH1, cV1, cD1) = C[-1] # Coeficientes de Detalhes nível 1
(cH2, cV2, cD2) = C[-2] # Coeficientes de Detalhes nível 2

# Imagem Original
img_gray = cv.cvtColor(img, cv.COLOR_BGR2GRAY)

# Plot dos coeficientes do nível 2
plt.figure(figsize=(5,5))
plt.subplot(2,2,1)
plt.imshow(cA2, 'gray'); plt.title('Ap. N2: CA2')
plt.subplot(2,2,2)
plt.imshow(cV2, 'gray'); plt.title('B. V. N2: CV2')
plt.subplot(2,2,3)
plt.imshow(cH2, 'gray'); plt.title('B. H. N2: CH2')
plt.subplot(2,2,4)
plt.imshow(cD2, 'gray'); plt.title('B. D. N2: CD2')

# Plot Original e Reconstrução
plt.figure(figsize=(20,10))
plt.subplot(1,2,1); plt.imshow(img_gray,'gray'); plt.title('Imagem Original')
plt.subplot(1,2,2); plt.imshow(imgr2,'gray'); plt.title('Imagem Reconstruída')
```

```
Text(0.5, 1.0, 'Imagem Reconstruída')
```




E. Efetuar uma "Montagem" com wavedec2() e wavedecn()

1º Nível

Clique duas vezes (ou pressione "Enter") para editar

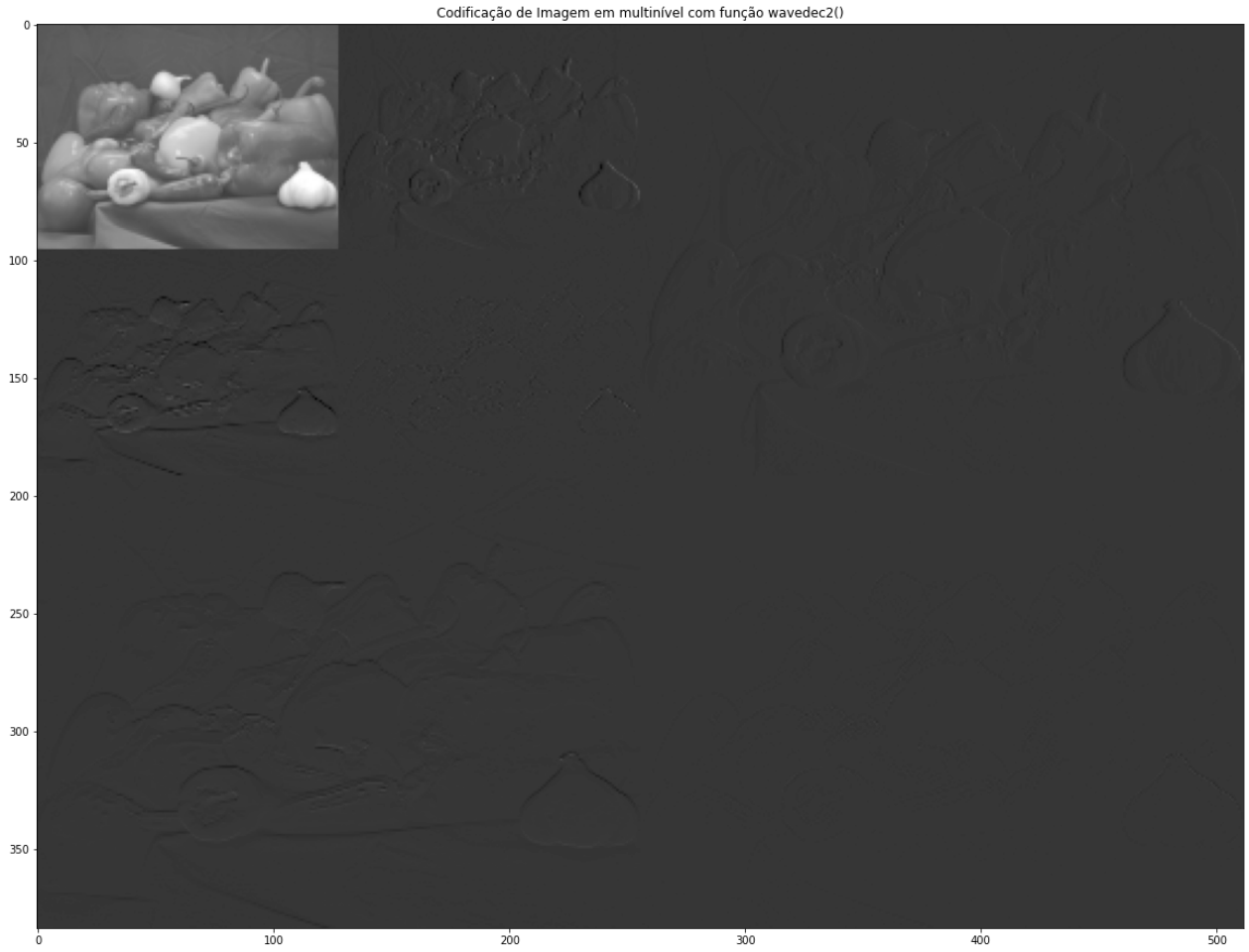
```
CV1 = cV1.copy()
CH1 = cH1.copy()
CD1 = cD1.copy()
```

2º Nível

```
CA2 = cA2.copy()
CH2 = cH2.copy()
CV2 = cV2.copy()
CD2 = cD2.copy()
# Matriz Final Completa
CA1 = np.bmat([[CA2,CV2],[CH2,CD2]])
CC = np.bmat([[CA1,CV1],[CH1,CD1]])
```

```
plt.figure(figsize=(20,20))
plt.imshow(CC,'gray')
plt.title('Codificação de Imagem em multinível com função wavedec2()')
```

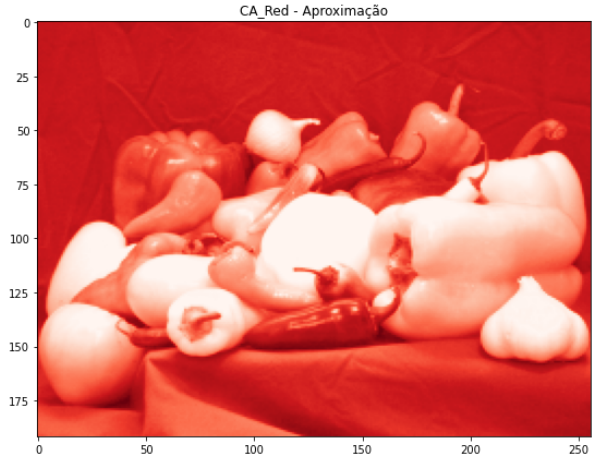
```
Text(0.5, 1.0, 'Codificação de Imagem em multinível com função wavedec2()')
```

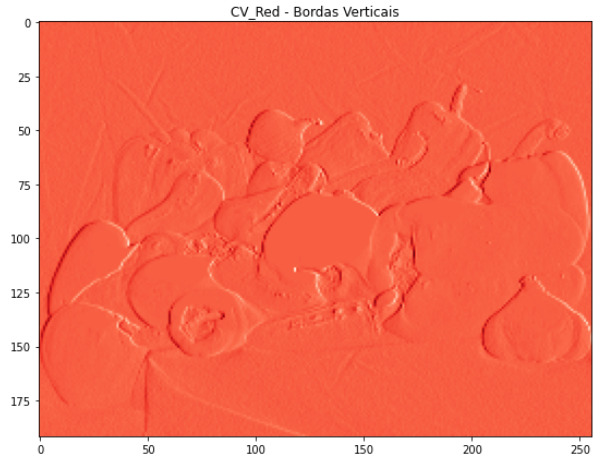


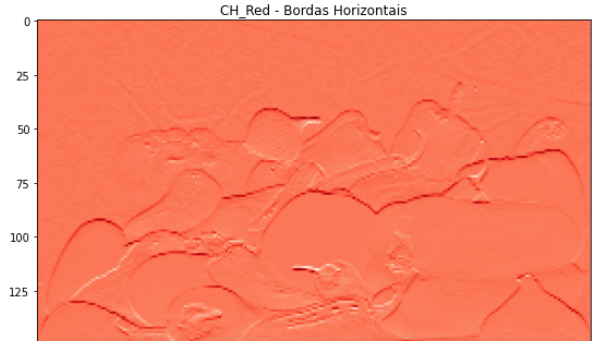
F. Reconstrução de Imagem Colorida

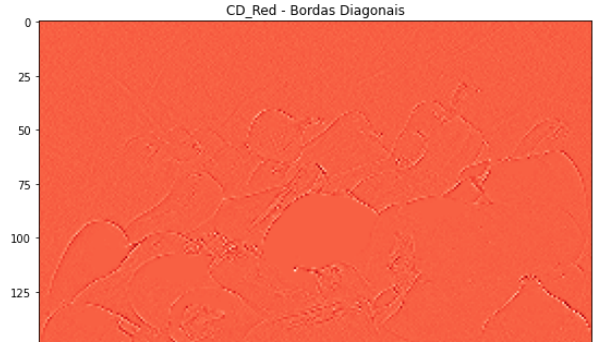
```
# Imagem Original

plt.figure(figsize=(20,20))
plt.imshow(img); plt.title("Imagem Original")

# Codificação por planos de cores
# Plano Vermelho
coefs_R = pywt.dwt2(img[:,:,0],'haar', mode='periodization')  #1 nível de DWT R
(cA_R, (cH_R, cV_R, cD_R)) = coefs_R #Separando os coeficientes
cr_R = pywt.idwt2(coefs_R, 'haar', mode = 'periodization')  #1 nível de IDWT R

plt.figure(figsize=(20,20))
plt.subplot(2,2,1)
plt.imshow(cA_R,'Reds_r'); plt.title("CA_Red - Aproximação")
plt.subplot(2,2,2)
plt.imshow(cV_R,'Reds_r'); plt.title("CV_Red - Bordas Verticais")
plt.subplot(2,2,3)
plt.imshow(cH_R,'Reds_r'); plt.title("CH_Red - Bordas Horizontais")
plt.subplot(2,2,4)
plt.imshow(cD_R,'Reds_r'); plt.title("CD_Red - Bordas Diagonais")

plt.figure(figsize=(20,20))
plt.imshow(cr_R, 'Reds_r'); plt.title("Imagem Reconstruída Red")
```

```
Text(0.5, 1.0, 'Imagem Reconstruída Red')
```

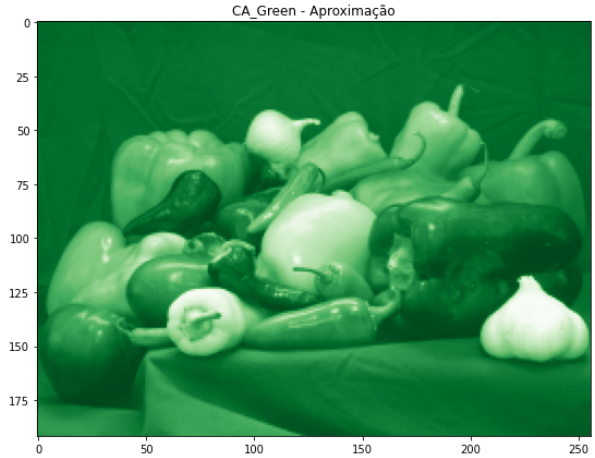



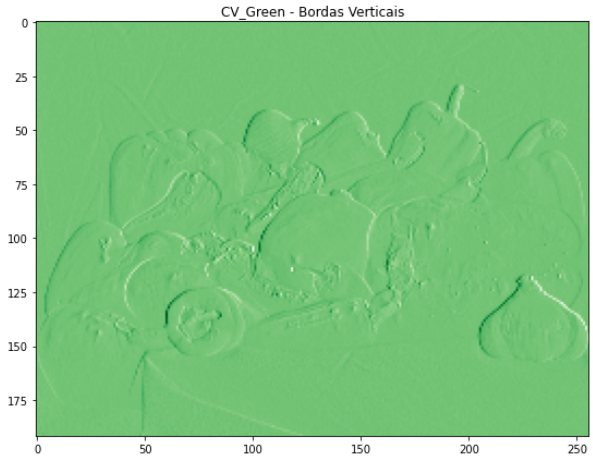



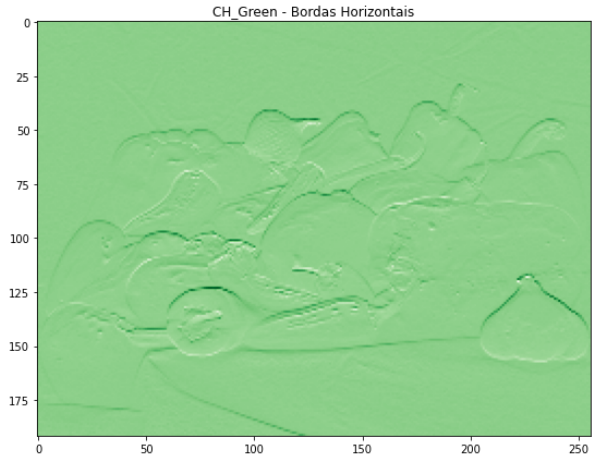



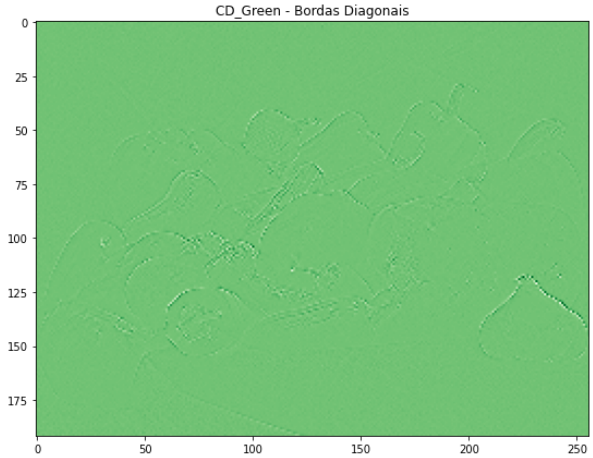
```
# Plano Verde
coefs_G = pywt.dwt2(img[:,:,1],'haar', mode='periodization')  #1 nível de DWT G
(cA_G, (cH_G, cV_G, cD_G)) = coefs_G #Separando os coeficientes
cr_G = pywt.idwt2(coefs_G, 'haar', mode = 'periodization')  #1 nível de IDWT G

plt.figure(figsize=(20,20))
plt.subplot(2,2,1)
plt.imshow(cA_G,'Greens_r'); plt.title("CA_Green - Aproximação")
plt.subplot(2,2,2)
plt.imshow(cV_G,'Greens_r'); plt.title("CV_Green - Bordas Verticais")
plt.subplot(2,2,3)
plt.imshow(cH_G,'Greens_r'); plt.title("CH_Green - Bordas Horizontais")
plt.subplot(2,2,4)
plt.imshow(cD_G,'Greens_r'); plt.title("CD_Green - Bordas Diagonais")

plt.figure(figsize=(20,20))
plt.imshow(cr_G, 'Greens_r'); plt.title("Imagem Reconstruída Green")
```

```
Text(0.5, 1.0, 'Imagem Reconstruída Green')
```



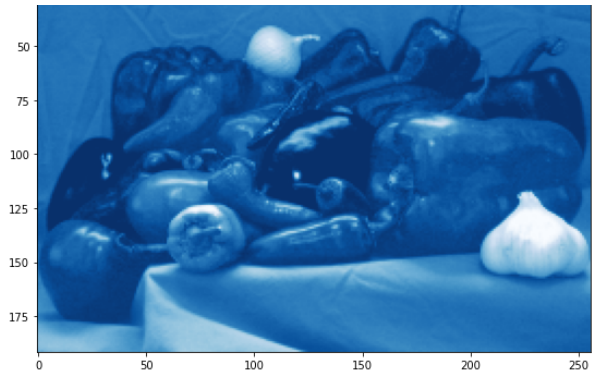



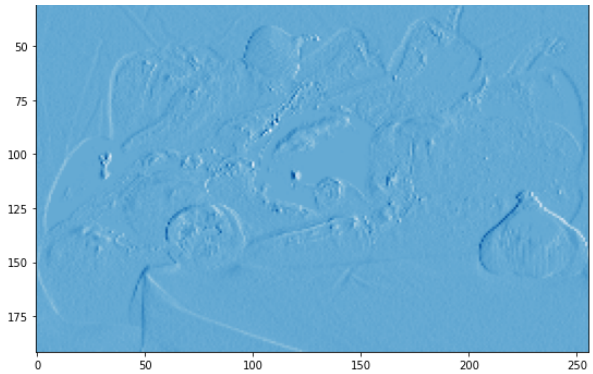



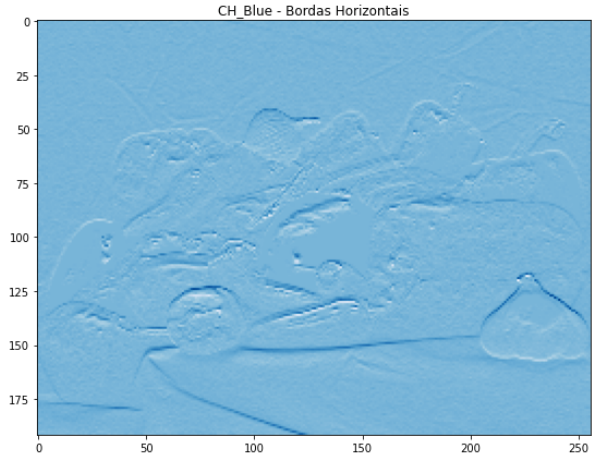



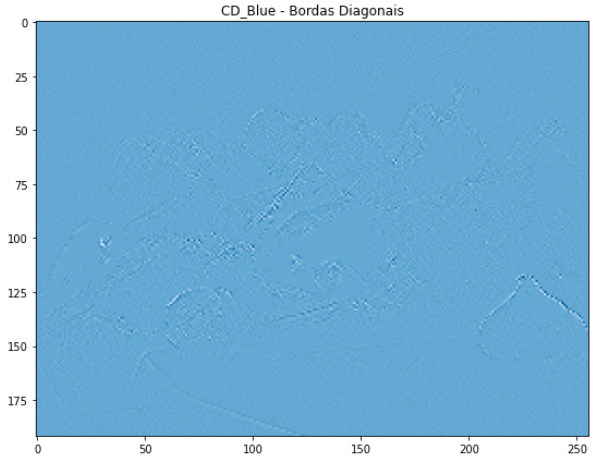


```
# Plano Azul
coefs_B = pywt.dwt2(img[:,:,2],'haar', mode='periodization')  #1 nível de DWT B
(cA_B, (cH_B, cV_B, cD_B)) = coefs_B #Separando os coeficientes
cr_B = pywt.idwt2(coefs_B, 'haar', mode = 'periodization')  #1 nível de IDWT B

plt.figure(figsize=(20,20))
plt.subplot(2,2,1)
plt.imshow(cA_B,'Blues_r'); plt.title("CA_Blue - Aproximação")
plt.subplot(2,2,2)
plt.imshow(cV_B,'Blues_r'); plt.title("CV_Blue - Bordas Verticais")
plt.subplot(2,2,3)
plt.imshow(cH_B,'Blues_r'); plt.title("CH_Blue - Bordas Horizontais")
plt.subplot(2,2,4)
plt.imshow(cD_B,'Blues_r'); plt.title("CD_Blue - Bordas Diagonais")

plt.figure(figsize=(20,20))
plt.imshow(cr_B, 'Blues_r'); plt.title("Imagem Reconstruída Blue")
```






CH_Blue - Bordas Horizontais


CD_Blue - Bordas Diagonais

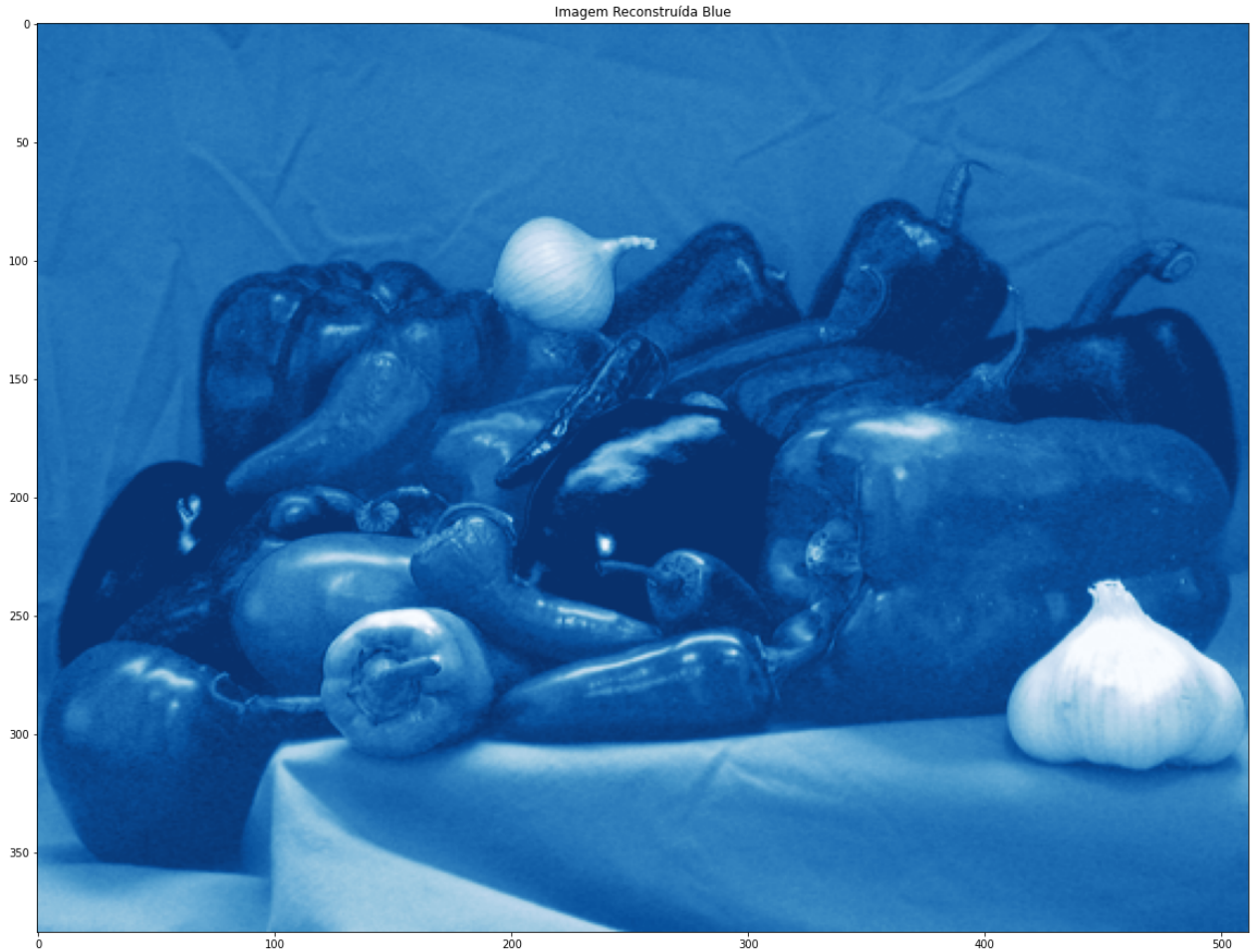


Imagem Reconstruída Blue

```
# Reconstrução Nível 1 Colorida
A1, L1 = cA_R.shape
imgrec1 = np.zeros((A1,L1,3))
imgrec1[:,:,0] = cA_R.copy()
imgrec1[:,:,1] = cA_G.copy()
imgrec1[:,:,2] = cA_B.copy()
plt.figure(figsize=(10,10))
plt.imshow(imgrec1); plt.title("Imagem Reconstruída DWT/IDWT Nível 1")
```

```
Clipping input data to the valid range for imshow with RGB data ([0..1] for
Text(0.5, 1.0, 'Imagem Reconstruída DWT/IDWT Nível 1')
```


G. Salvando as Aproximações e depois fazendo download dos arquivos, calcular a taxa de compressão com o original

```
# obtenha aproximação de NÍVEL 1 e converte para inteiro
C1 = pywt.wavedec2(img_gray,'haar', mode = 'symmetric', level=1) # Um nível de deco
CA1_ = 255 * C1[0] / np.abs(C1[0]).max()
CA1_ = CA1_.astype(int)

# aproximação de NÍVEL 2 - ja´obtido no item (D) e converte para inteiro
CA2_ = 255 * cA2 / np.abs(cA2).max()
CA2_ = CA2_.astype(int)

# Salva no drive
cv.imwrite('drive/My Drive/Colab Notebooks/peppers_DWT_N1_Y.bmp', CA1_) # Aproximaç
cv.imwrite('drive/My Drive/Colab Notebooks/peppers_DWT_N2_Y.bmp', CA2_) # Aproximaç
```

```
True
```

H. Gravando o Arquivo Codificado DWT/IDWT nível 1 Colorido, calcular a taxa de compressão com o original

```
# Aproximação Nível 1 Colorida
# converte RGB para BGR e converte para inteiro
imgrec1_ = np.zeros((A1,L1,3))
imgrec1_[:,:,0] = imgrec1[:,:,2]
imgrec1_[:,:,1] = imgrec1[:,:,1]
imgrec1_[:,:,2] = imgrec1[:,:,0]
imgrec1_ = ( 255 * imgrec1_ / np.abs(imgrec1_).max() ).astype(int)

# Salva no drive
cv.imwrite('drive/My Drive/Colab Notebooks/peppers_DWT_N1_colorida.bmp', imgrec1_)
```

```
True
```

I. Reconstrução da Imagem colorida e Cálculo da MSE de cada plano de cor e da PSNR total

```
# Reconstrução Colorida Original
A,L = imgr2.shape
imgrec = np.zeros((A,L,3))
imgrec[:,:,0] = cr_R.copy()
imgrec[:,:,1] = cr_G.copy()
imgrec[:,:,2] = cr_B.copy()

# Calculo do MSE colorida
dif2 = img - imgrec
MSE_R = np.sum(np.matmul(dif2[:,:,0],np.transpose(dif2[:,:,0])))/(A*L) # Erro Quadr
MSE_G = np.sum(np.matmul(dif2[:,:,1],np.transpose(dif2[:,:,1])))/(A*L) # Erro Quadr
MSE_B = np.sum(np.matmul(dif2[:,:,2],np.transpose(dif2[:,:,2])))/(A*L) # Erro Quadr
print("MSE_Red= {:.2e}".format(MSE_R), " MSE_Green= {:.2e}".format(MSE_G), " MSE_Bl

# Cálculo da SNR de pico colorida (PSNR), 3 camadas R, G e B
PSNR = 20*np.log10(255) - 10*np.log10(MSE_R + MSE_G + MSE_B)
print("PSNR total = {:.2f} dB".format(PSNR))

plt.figure(figsize=(20,20))
infograf2 = "Imagem Reconstruída com PSNR total = " + str(np.uint8(PSNR)) + ' dB'
plt.imshow(imgrec); plt.title(infograf2)
```

```
Clipping input data to the valid range for imshow with RGB data ([0..1] for
MSE_Red= 4.28e-13  MSE_Green= 1.12e-13  MSE_Blue= 8.70e-14
PSNR total = 170.16 dB
Text(0.5, 1.0, 'Imagem Reconstruída com PSNR total = 170 dB')
```


# I. Cada um deve repetir todos os passos para a sua foto individual

# J. Relatório (página)

1. Acrescentar também a foto-montagem do grupo todo, mas codificar esta foto-montagem em um nível com DWT também as componentes Cr e Cb (efetuamos aqui apenas para a componente Y)
2. Fazer uma tabela com as taxas de compressão obtidas e a PSNR de cada uma das fotos utilizadas

**Taxas de compressao utilizadas durante o experimento**

pepper 287 bytes com 100%

pepper_dwt_n1_colorida.bmp 147 bytes com 51%

pepper_dwt_n1_y.bmp 50 bystes com 34%

perpper_dwt_n2_y.bmp 13 bytes com 4%

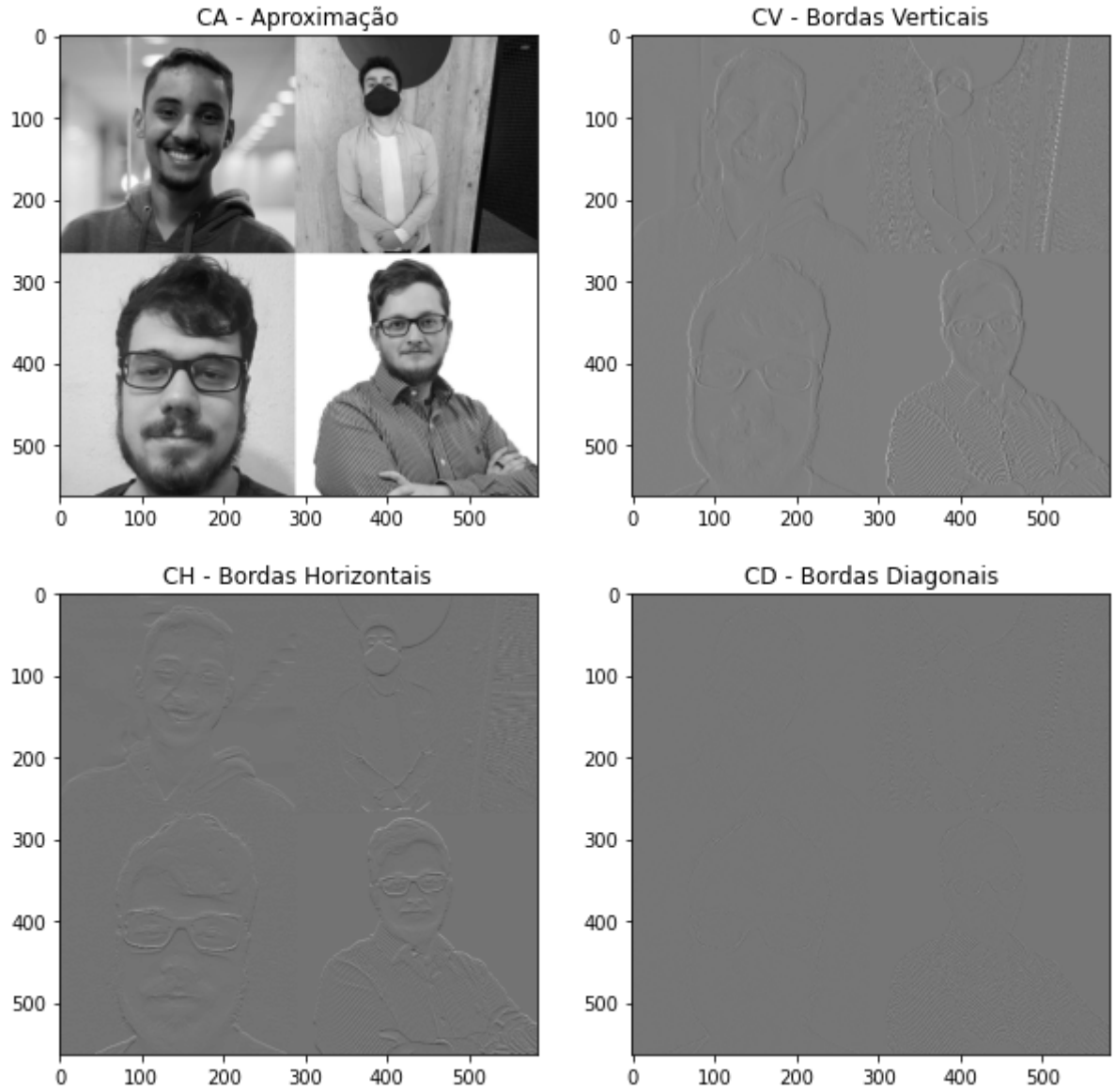
```
img = mpimg.imread('/content/drive/My Drive/Colab Notebooks/Lab_4/grupo.png')
```

```
img_gray = cv.cvtColor(img, cv.COLOR_RGB2GRAY)
```

```
coefs2 = pywt.dwt2(img_gray,'haar', mode='periodization')  #1 nível de DWT
(cA, (cH, cV, cD)) = coefs2 #Separando os coeficientes
```

```
imgr = pywt.idwt2(coefs2, 'haar', mode = 'periodization')  #1 nível de IDWT

plt.figure(figsize=(10,10))
plt.subplot(2,2,1)
plt.imshow(cA,'gray'); plt.title("CA - Aproximação")
plt.subplot(2,2,2)
plt.imshow(cV,'gray'); plt.title("CV - Bordas Verticais")
plt.subplot(2,2,3)
plt.imshow(cH,'gray'); plt.title("CH - Bordas Horizontais")
plt.subplot(2,2,4)
plt.imshow(cD,'gray'); plt.title("CD - Bordas Diagonais")
```

```
Text(0.5, 1.0, 'CD - Bordas Diagonais')
```




```
#bordas diagonais

A, L, Camadas = img.shape
dif = img_gray - imgr[1:]
MSE_gray = np.sum(np.matmul(dif,np.transpose(dif)))/(A*L)
print("MSE_Y = {:.2e}".format(MSE_gray))
PSNR_Y = 20*np.log10(255) - 10*np.log10(MSE_gray)
print("PSNR_Luma = {:.2f} dB".format(PSNR_Y))
plt.figure(figsize=(20,10))
```

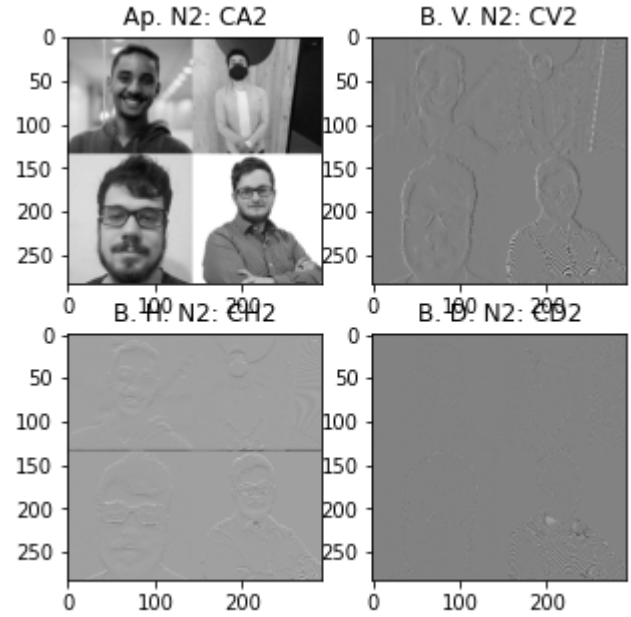
```
infograf = "Imagem Reconstruída de Luminância (Y) com PSNR = " + str(np.uint8(PSNR_
plt.subplot(1,2,1); plt.imshow(img_gray,'gray'); plt.title("Imagem Original P&B")
plt.subplot(1,2,2); plt.imshow(imgr,'gray'); plt.title(infograf)
```

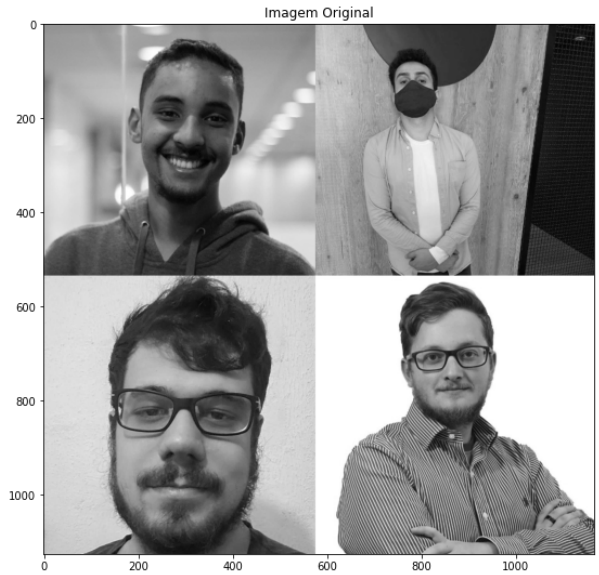
```
MSE_Y = 1.25e-04
PSNR_Luma = 87.17 dB
Text(0.5, 1.0, 'Imagem Reconstruída de Luminância (Y) com PSNR = 87 dB')
```


```
#calculo mse

C = pywt.wavedec2(img_gray,'haar', mode = 'symmetric', level=2)
imgr2 = pywt.waverec2(C, 'haar', mode = 'symmetric')

cA2 = C[0]
(cH1, cV1, cD1) = C[-1]
(cH2, cV2, cD2) = C[-2]

img_gray = cv.cvtColor(img, cv.COLOR_BGR2GRAY)


plt.figure(figsize=(5,5))
plt.subplot(2,2,1)
plt.imshow(cA2, 'gray'); plt.title('Ap. N2: CA2')
plt.subplot(2,2,2)
plt.imshow(cV2, 'gray'); plt.title('B. V. N2: CV2')
plt.subplot(2,2,3)
plt.imshow(cH2, 'gray'); plt.title('B. H. N2: CH2')
```

```
plt.subplot(2,2,4)
plt.imshow(cD2, 'gray'); plt.title('B. D. N2: CD2')

plt.figure(figsize=(20,10))
plt.subplot(1,2,1); plt.imshow(img_gray,'gray'); plt.title('Imagem Original')
plt.subplot(1,2,2); plt.imshow(imgr2,'gray'); plt.title('Imagem Reconstruída')
```

```
Text(0.5, 1.0, 'Imagem Reconstruída')
```



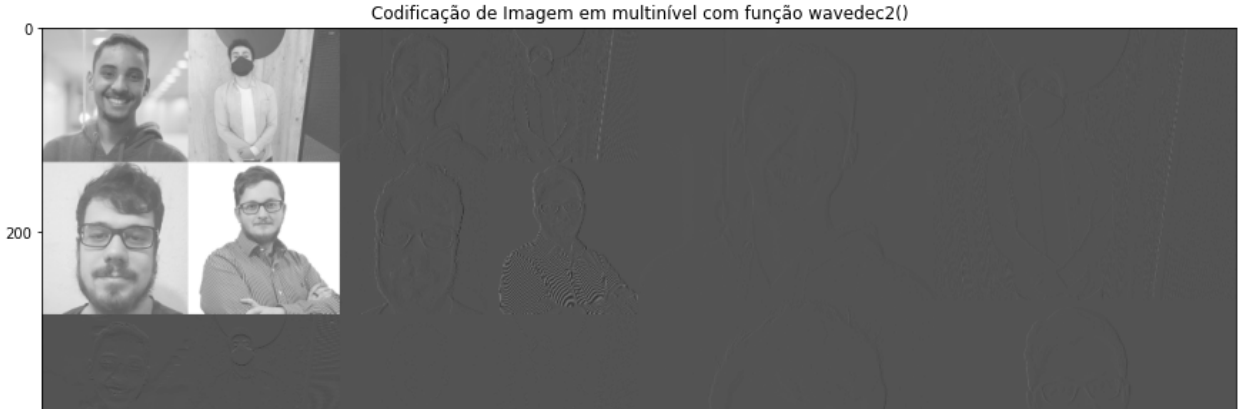





```
# criacao dos niveis
```

```
#1 nivel
CV1 = cV1.copy()
CH1 = cH1.copy()
CD1 = cD1.copy()


#2 nivel
CA2 = cA2.copy()
CH2 = cH2.copy()
CV2 = cV2.copy()
CD2 = cD2.copy()
CA1 = np.bmat([[CA2,CV2],[CH2,CD2]])
CC = np.bmat([[CA1[1:,1:],CV1],[CH1,CD1]])


plt.figure(figsize=(15,15))
plt.imshow(CC,'gray')
plt.title('Codificação de Imagem em multinível com função wavedec2()')
```

```
Text(0.5, 1.0, 'Codificação de Imagem em multinível com função wavedec2()')
```

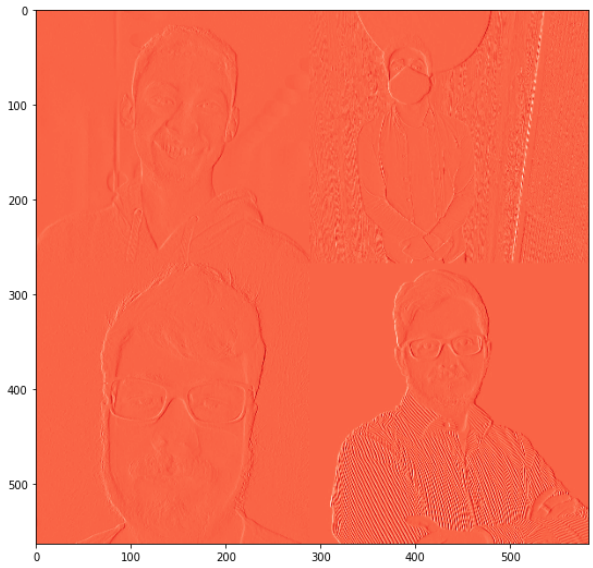


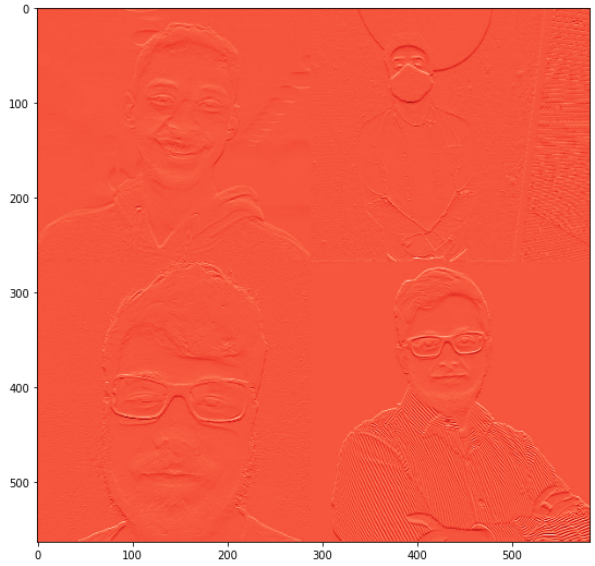

```
plt.figure(figsize=(20,20))
plt.imshow(img); plt.title("Imagem Original")
```

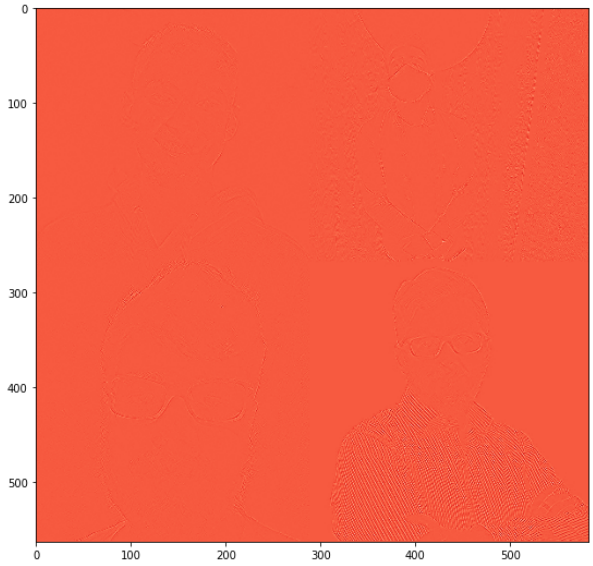
```
Text(0.5, 1.0, 'Imagem Original')
```


```
#  Vermelho
coefs_R = pywt.dwt2(img[:,:,0],'haar', mode='periodization')
(cA_R, (cH_R, cV_R, cD_R)) = coefs_R
cr_R = pywt.idwt2(coefs_R, 'haar', mode = 'periodization')

plt.figure(figsize=(20,20))
plt.subplot(2,2,1)
plt.imshow(cA_R,'Reds_r');
plt.subplot(2,2,2)
plt.imshow(cV_R,'Reds_r');
plt.subplot(2,2,3)
plt.imshow(cH_R,'Reds_r');
plt.subplot(2,2,4)
plt.imshow(cD_R,'Reds_r');

plt.figure(figsize=(20,20))
plt.imshow(cr_R, 'Reds_r');
```


0
100
200
300
400
500
0
100
200
300
400
500


0
100
200
300
400
500
0
100
200
300
400
500


0
100
200
300
400
500
0
100
200
300
400
500

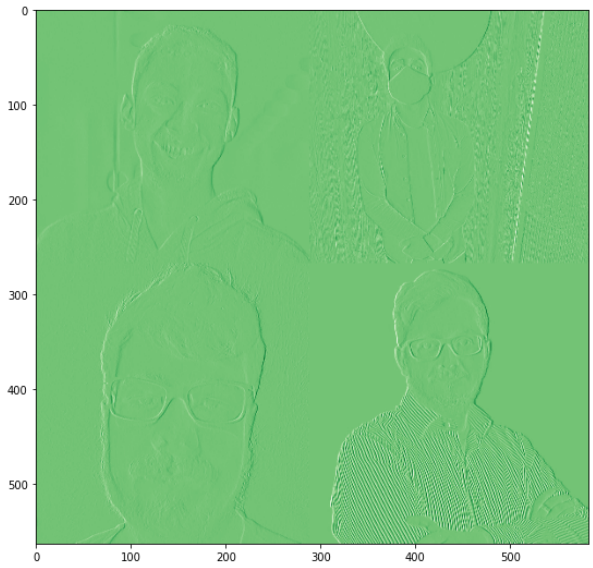

0
100
200
300
400
500
0
100
200
300
400
500

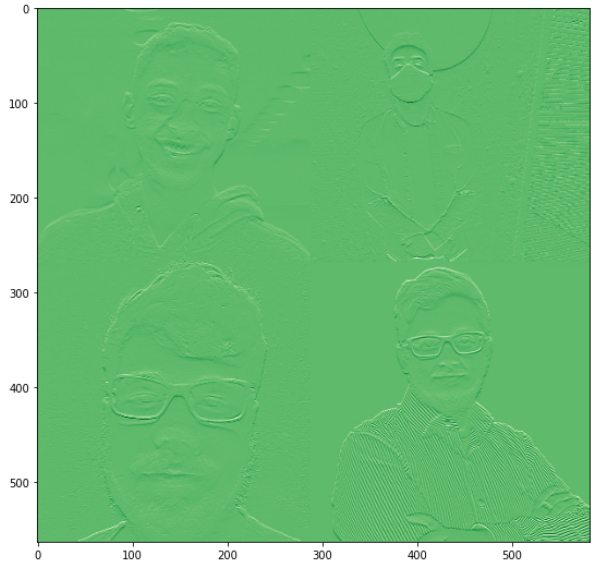

0
200
400
600

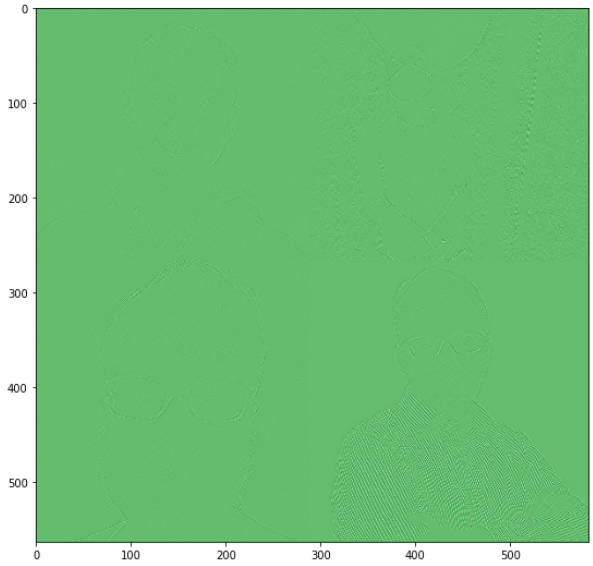
#Verde

```
coefs_G = pywt.dwt2(img[:,:,1],'haar', mode='periodization')
(cA_G, (cH_G, cV_G, cD_G)) = coefs_G
cr_G = pywt.idwt2(coefs_G, 'haar', mode = 'periodization')

plt.figure(figsize=(20,20))
plt.subplot(2,2,1)
plt.imshow(cA_G,'Greens_r');
plt.subplot(2,2,2)
plt.imshow(cV_G,'Greens_r');
plt.subplot(2,2,3)
plt.imshow(cH_G,'Greens_r');
plt.subplot(2,2,4)
plt.imshow(cD_G,'Greens_r');

plt.figure(figsize=(20,20))
plt.imshow(cr_G, 'Greens_r');
```


0
100
200
300
400
500
0
100
200
300
400
500

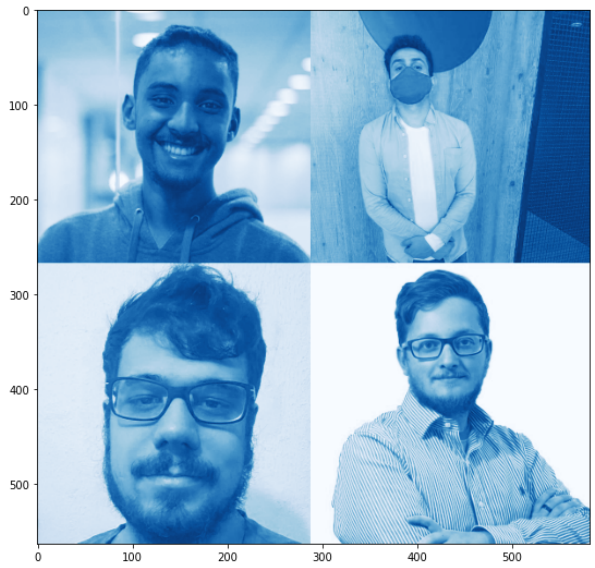

0
100
200
300
400
500
0
100
200
300
400
500

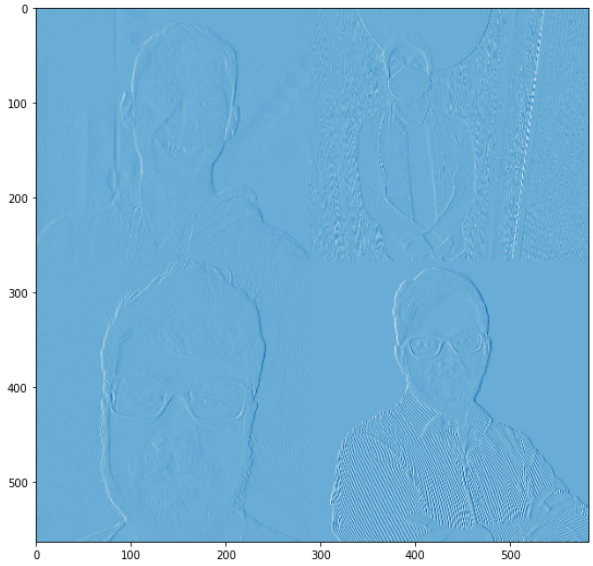

0
100
200
300
400
500
0
100
200
300
400
500

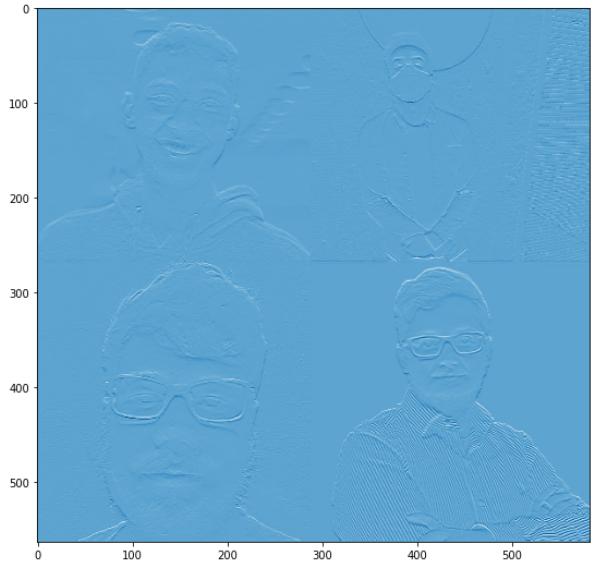

0
100
200
300
400
500
0
100
200
300
400
500

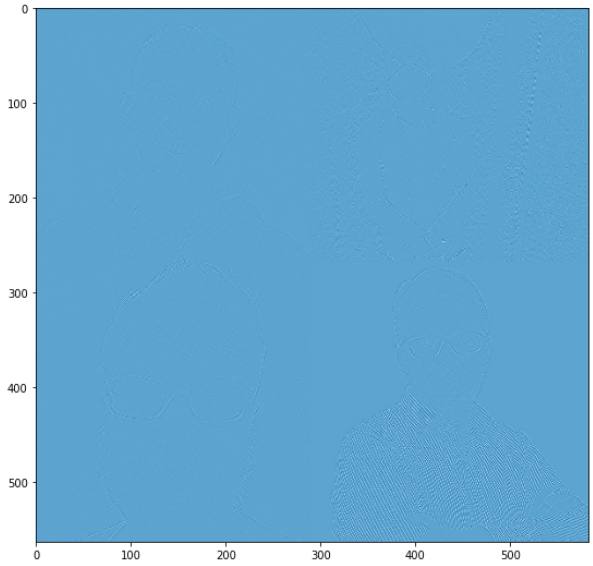

0
200
400
600

```
# Plano Azul
coefs_B = pywt.dwt2(img[:,:,2],'haar', mode='periodization')
(cA_B, (cH_B, cV_B, cD_B)) = coefs_B
cr_B = pywt.idwt2(coefs_B, 'haar', mode = 'periodization')

plt.figure(figsize=(20,20))
plt.subplot(2,2,1)
plt.imshow(cA_B,'Blues_r');
plt.subplot(2,2,2)
plt.imshow(cV_B,'Blues_r');
plt.subplot(2,2,3)
plt.imshow(cH_B,'Blues_r');
plt.subplot(2,2,4)
plt.imshow(cD_B,'Blues_r');

plt.figure(figsize=(20,20))
plt.imshow(cr_B, 'Blues_r');
```


0
100
200
300
400
500
0
100
200
300
400
500


0
100
200
300
400
500
0
100
200
300
400
500


0
100
200
300
400
500
0
100
200
300
400
500


0
100
200
300
400
500
0
100
200
300
400
500


0
200
400
600

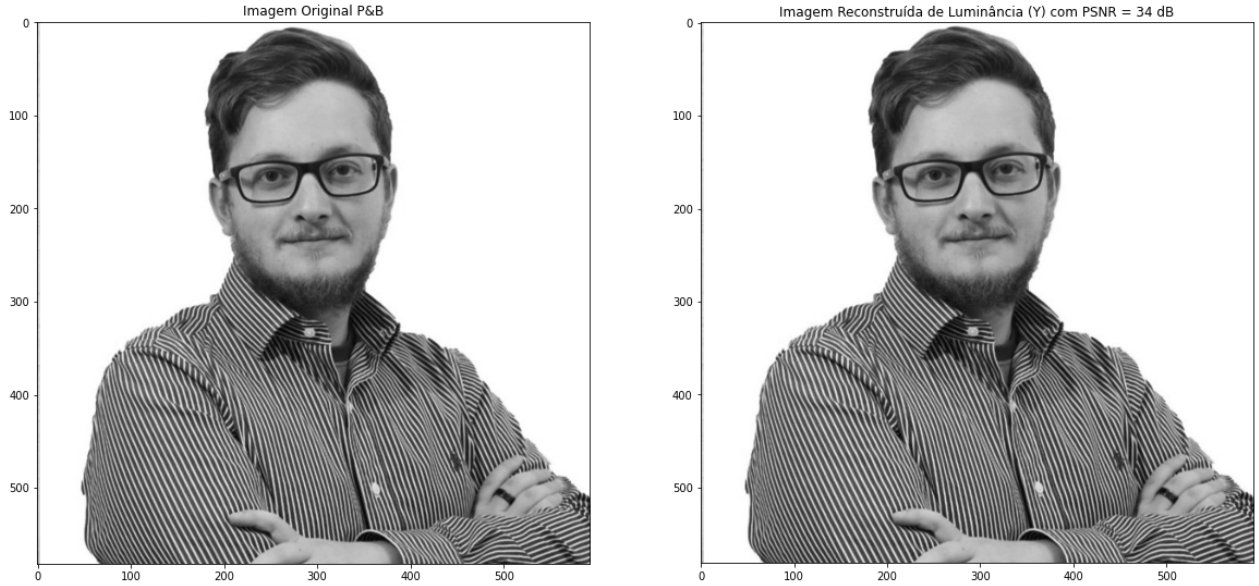
### Lucas

```
img = mpimg.imread('/content/drive/My Drive/Colab Notebooks/Lab_4/lucas.png')

img_gray = cv.cvtColor(img, cv.COLOR_RGB2GRAY)


coefs2 = pywt.dwt2(img_gray,'haar', mode='periodization')
(cA, (cH, cV, cD)) = coefs2
imgr = pywt.idwt2(coefs2, 'haar', mode = 'periodization')

plt.figure(figsize=(10,10))
plt.subplot(2,2,1)
plt.imshow(cA,'gray'); plt.title("CA - Aproximação")
plt.subplot(2,2,2)
plt.imshow(cV,'gray'); plt.title("CV - Bordas Verticais")
plt.subplot(2,2,3)
plt.imshow(cH,'gray'); plt.title("CH - Bordas Horizontais")
plt.subplot(2,2,4)
plt.imshow(cD,'gray'); plt.title("CD - Bordas Diagonais")
```

```
Text(0.5, 1.0, 'CD - Bordas Diagonais')
```


```
A, L, Camadas = img.shape
dif = img_gray - imgr[:,:1]
MSE_gray = np.sum(np.matmul(dif,np.transpose(dif)))/(A*L)
print("MSE_Y = {:.2e}".format(MSE_gray))
PSNR_Y = 20*np.log10(255) - 10*np.log10(MSE_gray)
print("PSNR_Luma = {:.2f} dB".format(PSNR_Y))
plt.figure(figsize=(20,10))
infograf = "Imagem Reconstruída de Luminância (Y) com PSNR = " + str(np.uint8(PSNR_
plt.subplot(1,2,1); plt.imshow(img_gray,'gray'); plt.title("Imagem Original P&B")
plt.subplot(1,2,2); plt.imshow(imgr,'gray'); plt.title(infograf)
```

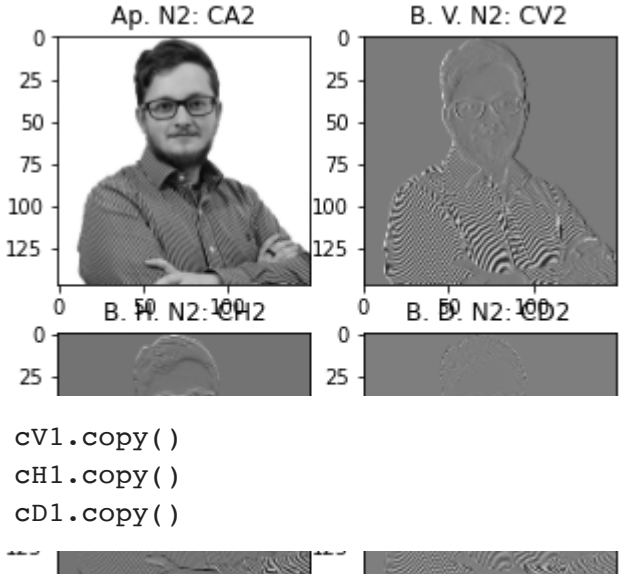
```
MSE_Y = 2.18e+01
PSNR_Luma = 34.75 dB
Text(0.5, 1.0, 'Imagem Reconstruída de Luminância (Y) com PSNR = 34 dB')
```




```
C = pywt.wavedec2(img_gray,'haar', mode = 'symmetric', level=2) # Dois níveis de de
imgr2 = pywt.waverec2(C, 'haar', mode = 'symmetric') # Dois níveis de IDWT

# Para extrair os coeficientes de cada nível
cA2 = C[0]  # Coeficientes de Aproximação nível 2
(cH1, cV1, cD1) = C[-1] # Coeficientes de Detalhes nível 1
(cH2, cV2, cD2) = C[-2] # Coeficientes de Detalhes nível 2
```

```
# Imagem Original
img_gray = cv.cvtColor(img, cv.COLOR_BGR2GRAY)

# Plot dos coeficientes do nível 2
plt.figure(figsize=(5,5))
plt.subplot(2,2,1)
plt.imshow(cA2, 'gray'); plt.title('Ap. N2: CA2')
plt.subplot(2,2,2)
plt.imshow(cV2, 'gray'); plt.title('B. V. N2: CV2')
plt.subplot(2,2,3)
plt.imshow(cH2, 'gray'); plt.title('B. H. N2: CH2')
plt.subplot(2,2,4)
plt.imshow(cD2, 'gray'); plt.title('B. D. N2: CD2')

# Plot Original e Reconstrução
plt.figure(figsize=(20,10))
plt.subplot(1,2,1); plt.imshow(img_gray,'gray'); plt.title('Imagem Original')
plt.subplot(1,2,2); plt.imshow(imgr2,'gray'); plt.title('Imagem Reconstruída')
```

```
Text(0.5, 1.0, 'Imagem Reconstruída')
```

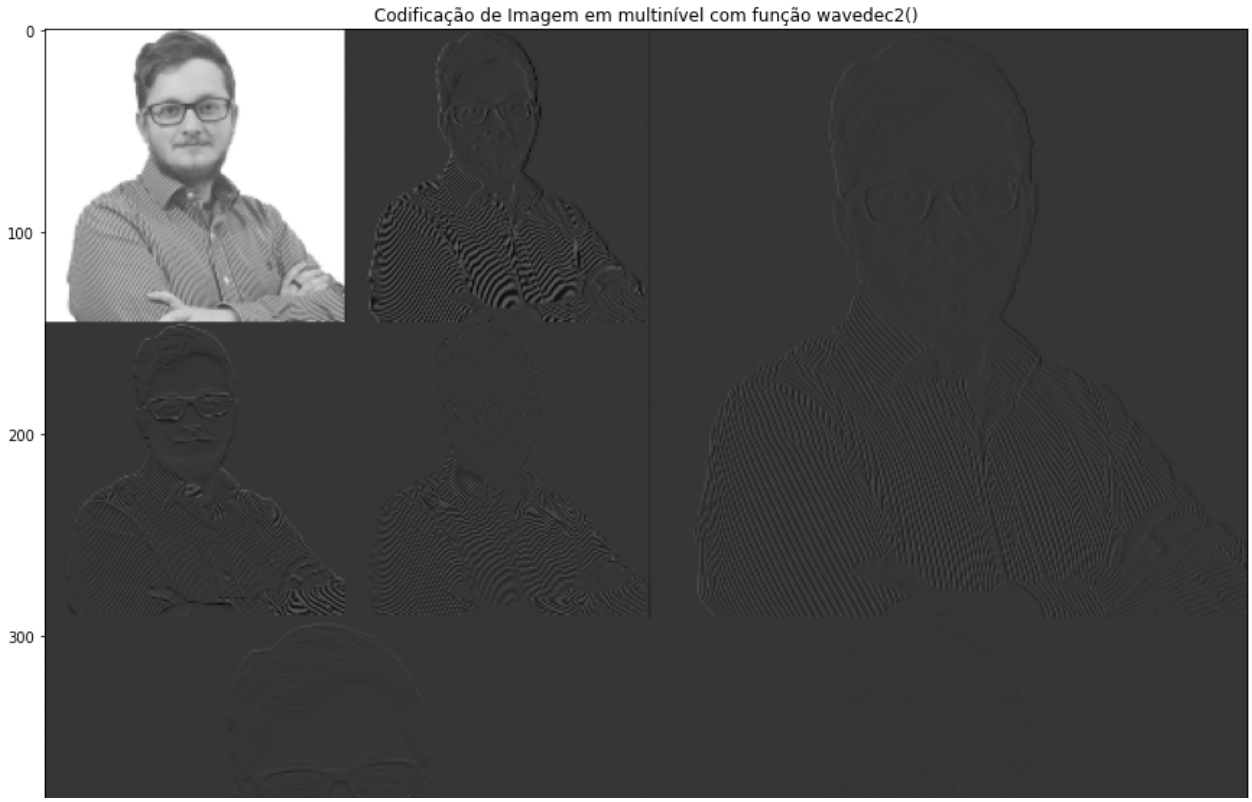



```
CV1 = cV1.copy()
CH1 = cH1.copy()
CD1 = cD1.copy()
```



```
CA2 = cA2.copy()
CH2 = cH2.copy()
CV2 = cV2.copy()
CD2 = cD2.copy()
CA1 = np.bmat([[CA2,CV2],[CH2,CD2]])
CC = np.bmat([[CA1[1:,1:],CV1],[CH1,CD1]])


plt.figure(figsize=(15,15))
plt.imshow(CC,'gray')
plt.title('Codificação de Imagem em multinível com função wavedec2()')
```

```
Text(0.5, 1.0, 'Codificação de Imagem em multinível com função wavedec2()')
```




```
plt.figure(figsize=(20,20))
plt.imshow(img);
coefs_R = pywt.dwt2(img[:,:,0],'haar', mode='periodization')  #1 nível de DWT R
(cA_R, (cH_R, cV_R, cD_R)) = coefs_R #Separando os coeficientes
cr_R = pywt.idwt2(coefs_R, 'haar', mode = 'periodization')  #1 nível de IDWT R
plt.figure(figsize=(20,20))
plt.subplot(2,2,1)
plt.imshow(cA_R,'Reds_r'); plt.title("CA_Red - Aproximação")
plt.subplot(2,2,2)
plt.imshow(cV_R,'Reds_r'); plt.title("CV_Red - Bordas Verticais")
plt.subplot(2,2,3)
plt.imshow(cH_R,'Reds_r'); plt.title("CH_Red - Bordas Horizontais")
plt.subplot(2,2,4)
plt.imshow(cD_R,'Reds_r'); plt.title("CD_Red - Bordas Diagonais")

plt.figure(figsize=(20,20))
plt.imshow(cr_R, 'Reds_r'); plt.title("Imagem Reconstruída Red")

# Plano Verde
coefs_G = pywt.dwt2(img[:,:,1],'haar', mode='periodization')  #1 nível de DWT G
(cA_G, (cH_G, cV_G, cD_G)) = coefs_G #Separando os coeficientes
cr_G = pywt.idwt2(coefs_G, 'haar', mode = 'periodization')  #1 nível de IDWT G

plt.figure(figsize=(20,20))
plt.subplot(2,2,1)
plt.imshow(cA_G,'Greens_r'); plt.title("CA_Green - Aproximação")
plt.subplot(2,2,2)
plt.imshow(cV_G,'Greens_r'); plt.title("CV_Green - Bordas Verticais")
plt.subplot(2,2,3)
plt.imshow(cH_G,'Greens_r'); plt.title("CH_Green - Bordas Horizontais")
plt.subplot(2,2,4)
plt.imshow(cD_G,'Greens_r'); plt.title("CD_Green - Bordas Diagonais")
```

```
plt.figure(figsize=(20,20))
plt.imshow(cr_G, 'Greens_r'); plt.title("Imagem Reconstruída Green")

# Plano Azul
coefs_B = pywt.dwt2(img[:,:,2],'haar', mode='periodization')  #1 nível de DWT B
(cA_B, (cH_B, cV_B, cD_B)) = coefs_B #Separando os coeficientes
cr_B = pywt.idwt2(coefs_B, 'haar', mode = 'periodization')  #1 nível de IDWT B

plt.figure(figsize=(20,20))
plt.subplot(2,2,1)
plt.imshow(cA_B,'Blues_r'); plt.title("CA_Blue - Aproximação")
plt.subplot(2,2,2)
plt.imshow(cV_B,'Blues_r'); plt.title("CV_Blue - Bordas Verticais")
plt.subplot(2,2,3)
plt.imshow(cH_B,'Blues_r'); plt.title("CH_Blue - Bordas Horizontais")
plt.subplot(2,2,4)
plt.imshow(cD_B,'Blues_r'); plt.title("CD_Blue - Bordas Diagonais")

plt.figure(figsize=(20,20))
plt.imshow(cr_B, 'Blues_r'); plt.title("Imagem Reconstruída Blue")
```

Clique duas vezes (ou pressione "Enter") para editar

**JEFFERSON**

Reproduzindo todas as etapas para a foto em célular única

```
img = mpimg.imread('/content/drive/My Drive/Colab Notebooks/Lab_4/jefferson.png')

img_gray = cv.cvtColor(img, cv.COLOR_RGB2GRAY)


coefs2 = pywt.dwt2(img_gray,'haar', mode='periodization')
(cA, (cH, cV, cD)) = coefs2
imgr = pywt.idwt2(coefs2, 'haar', mode = 'periodization')

plt.figure(figsize=(10,10))
plt.subplot(2,2,1)
plt.imshow(cA,'gray'); plt.title("CA - Aproximação")
plt.subplot(2,2,2)
plt.imshow(cV,'gray'); plt.title("CV - Bordas Verticais")
plt.subplot(2,2,3)
plt.imshow(cH,'gray'); plt.title("CH - Bordas Horizontais")
plt.subplot(2,2,4)
plt.imshow(cD,'gray'); plt.title("CD - Bordas Diagonais")


A, L, Camadas = img.shape
```

```
dif = img_gray - imgr[1:,1:]
MSE_gray = np.sum(np.matmul(dif,np.transpose(dif)))/(A*L)
print("MSE_Y = {:.2e}".format(MSE_gray))
PSNR_Y = 20*np.log10(255) - 10*np.log10(MSE_gray)
print("PSNR_Luma = {:.2f} dB".format(PSNR_Y))
plt.figure(figsize=(20,10))
infograf = "Imagem Reconstruída de Luminância (Y) com PSNR = " + str(np.uint8(PSNR_
plt.subplot(1,2,1); plt.imshow(img_gray,'gray'); plt.title("Imagem Original P&B")
plt.subplot(1,2,2); plt.imshow(imgr,'gray'); plt.title(infograf)

C = pywt.wavedec2(img_gray,'haar', mode = 'symmetric', level=2) # Dois níveis de de
imgr2 = pywt.waverec2(C, 'haar', mode = 'symmetric') # Dois níveis de IDWT

# Para extrair os coeficientes de cada nível
cA2 = C[0]  # Coeficientes de Aproximação nível 2
(cH1, cV1, cD1) = C[-1] # Coeficientes de Detalhes nível 1
(cH2, cV2, cD2) = C[-2] # Coeficientes de Detalhes nível 2

# Imagem Original
img_gray = cv.cvtColor(img, cv.COLOR_BGR2GRAY)

# Plot dos coeficientes do nível 2
plt.figure(figsize=(5,5))
plt.subplot(2,2,1)
plt.imshow(cA2, 'gray'); plt.title('Ap. N2: CA2')
plt.subplot(2,2,2)
plt.imshow(cV2, 'gray'); plt.title('B. V. N2: CV2')
plt.subplot(2,2,3)
plt.imshow(cH2, 'gray'); plt.title('B. H. N2: CH2')
plt.subplot(2,2,4)
plt.imshow(cD2, 'gray'); plt.title('B. D. N2: CD2')

# Plot Original e Reconstrução
plt.figure(figsize=(20,10))
plt.subplot(1,2,1); plt.imshow(img_gray,'gray'); plt.title('Imagem Original')
plt.subplot(1,2,2); plt.imshow(imgr2,'gray'); plt.title('Imagem Reconstruída')

CV1 = cV1.copy()
CH1 = cH1.copy()
CD1 = cD1.copy()
CA2 = cA2.copy()
CH2 = cH2.copy()
CV2 = cV2.copy()
CD2 = cD2.copy()
CA1 = np.bmat([[CA2,CV2],[CH2,CD2]])
CC = np.bmat([[CA1[:,1:],CV1],[CH1,CD1]])


plt.figure(figsize=(15,15))
plt.imshow(CC,'gray')
plt.title('Codificação de Imagem em multinível com função wavedec2()')


plt.figure(figsize=(20,20))
plt.imshow(img);
```