Experimento de Processamento de Sinais de Áudio integrado com App Blynk

Objetivos de Aprendizado (OA)

OA1 - Após ler as informações e assistir aos vídeos do Passo 1, os alunos serão capazes de descrever o que são parâmetros Chroma, e como eles podem ser usados para diferenciar músicas.

OA2 - Após a realização das atividades dos Passos 2 e 3, os alunos serão capazes de usar a biblioteca pyAudioAnalysis para processar áudios, demonstrando o processamento de áudios diferentes para professores e monitores, por meio de interação com o notebook Python.

OA3 - Após a realização das atividades dos Passos 4, 5, 6 e 7 os alunos serão capazes de enviar os parâmetros obtidos com o processamento do áudio para seu celular, e obter esta mesma informação usando requisições HTTP em uma plataforma IoT.

Passo 0: Antes de Começar

Requisitos:

- Celular Android ou iOS
- Acesso aos materiais do Drive compartilhado

Execute a célula abaixo para baixar os arquivos de música que serão utilizados (cada execução corresponde a um arquivo baixado). A seguir é apresentada uma lista com o nome do arquivo e um ID do drive para você poder baixar este arquivo. Altere os campos *id* e *output* da celula abaixo para baixar o arquivo correspondente. OBS: Este processo de download deverá demorar entre 20s e 1 min até o arquivo baixado constar na aba "Arquivos".

- blues.wav - 1myiFwDDP6Bu152ETta9S3iRlIPdQepR_
- classical.wav - 1BaLneAoporANi6T0crxmBSQAoOIDVS61
- country.wav - 1fSKqAPlYYYCuQ7mpQGR0VmoZ5adB8g7I
- eletronic.wav - 1-6Kjtr0PGMHtoFMtjrkv6c3sWmmzbhj1
- hiphop.wav - 16NLp0VQgMJ6VWcKmfWforyo7YJ5Rf8pt
- jazz.wav - 1IlrnusO7x7t5vqDhhW5FA_5-L8oXJ4Nb
- pop.wav - 1StGRqiAqAi8KkvTsT0Rb_8C8PqIF7YmW
- rock.wav - 1hmmvCVMbwDIg996XVlvkswe3nIUCCsXS

```
import gdown

output = "blues.wav"
id = "1myiFwDDP6Bu152ETta9S3iRlIPdQepR_"
url = "https://drive.google.com/uc?id=" + id
gdown.download(url, output, quiet=False)

output = "classical.wav"
id = "1BaLneAoporANi6T0crxmBSQAoOIDVS61"
url = "https://drive.google.com/uc?id=" + id
gdown.download(url, output, quiet=False)

output = "country.wav"
id = "1fSKqAPlYYYCuQ7mpQGR0VmoZ5adB8g7I"
```

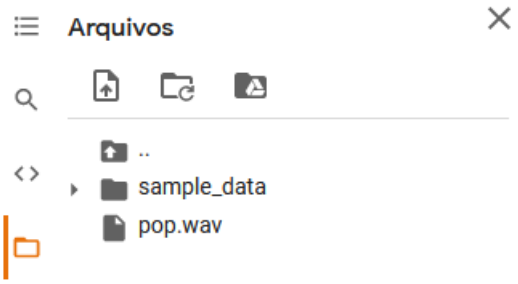
```
url = "https://drive.google.com/uc?id=" + id
gdown.download(url, output, quiet=False)

output = "eletronic.wav"
id = "1-6Kjtr0PGMHtoFMtjrkv6c3sWmmzbhj1"
url = "https://drive.google.com/uc?id=" + id
gdown.download(url, output, quiet=False)

output = "hiphop.wav"
id = "16NLp0VQgMJ6VWcKmfWforyo7YJ5Rf8pt"
url = "https://drive.google.com/uc?id=" + id
gdown.download(url, output, quiet=False)

output = "jazz.wav"
id = "1IlrnusO7x7t5vqDhhW5FA_5-L8oXJ4Nb"
url = "https://drive.google.com/uc?id=" + id
gdown.download(url, output, quiet=False)

output = "pop.wav"
id = "1StGRqiAqAi8KkvTsT0Rb_8C8PqIF7YmW"
url = "https://drive.google.com/uc?id=" + id
gdown.download(url, output, quiet=False)

output = "rock.wav"
id = "1hmmvCVMbwDlg996XVlvkswe3nIUCCsXS"
url = "https://drive.google.com/uc?id=" + id
gdown.download(url, output, quiet=False)
```

```
Downloading...
From: https://drive.google.com/uc?id=1myiFwDDP6Bu152ETta9S3iRlIPdQepR_
To: /content/blues.wav
48.4MB [00:00, 90.0MB/s]
Downloading...
From: https://drive.google.com/uc?id=1BaLneAoporANi6T0crxmBSQAoOIDVS61
To: /content/classical.wav
31.0MB [00:00, 80.0MB/s]
Downloading...
From: https://drive.google.com/uc?id=1fSKqAPlYYYCuQ7mpQGR0VmoZ5adB8g7I
To: /content/country.wav
16.3MB [00:00, 58.1MB/s]
Downloading...
From: https://drive.google.com/uc?id=1-6Kjtr0PGMHtoFMtjrkv6c3sWmmzbhj1
To: /content/eletronic.wav
41.3MB [00:01, 32.6MB/s]
Downloading...
From: https://drive.google.com/uc?id=16NLp0VQgMJ6VWcKmfWforyo7YJ5Rf8pt
To: /content/hiphop.wav
44.6MB [00:00, 53.6MB/s]
Downloading...
From: https://drive.google.com/uc?id=1IlrnusO7x7t5vqDhhW5FA_5-L8oXJ4Nb
To: /content/jazz.wav
47.4MB [00:00, 82.3MB/s]
Downloading...
From: https://drive.google.com/uc?id=1StGRqiAqAi8KkvTsT0Rb_8C8PqIF7YmW
To: /content/pop.wav
28.9MB [00:00, 77.7MB/s]
Downloading...
From: https://drive.google.com/uc?id=1hmmvCVMbwDlg996XVlvkswe3nIUCCsXS
To: /content/rock.wav
28.7MB [00:00, 61.9MB/s]
'rock.wav'
```

```
import gdown
output = "pop.wav"
id = "1StGRqiAqAi8KkvTsT0Rb_8C8PqIF7YmW"
url = "https://drive.google.com/uc?id=" + id
gdown.download(url, output, quiet=False)
```

```
Downloading...
From: https://drive.google.com/uc?id=1StGRqiAqAi8KkvTsT0Rb_8C8PqIF7YmW
```

Observe que o arquivo deverá constar na aba lateral esquerda, conforme figura a seguir, onde foi baixado o arquivo "pop.wav"



Instalação das bibliotecas necessárias

```
! pip install hmmlearn
! pip install simplejson
! pip install pydub
! pip install eyed3

from scipy import signal

! pip install pyAudioAnalysis

from pyAudioAnalysis.audioBasicIO import stereo_to_mono
from pyAudioAnalysis.audioBasicIO import read_audio_file
from pyAudioAnalysis.ShortTermFeatures import feature_extraction
```

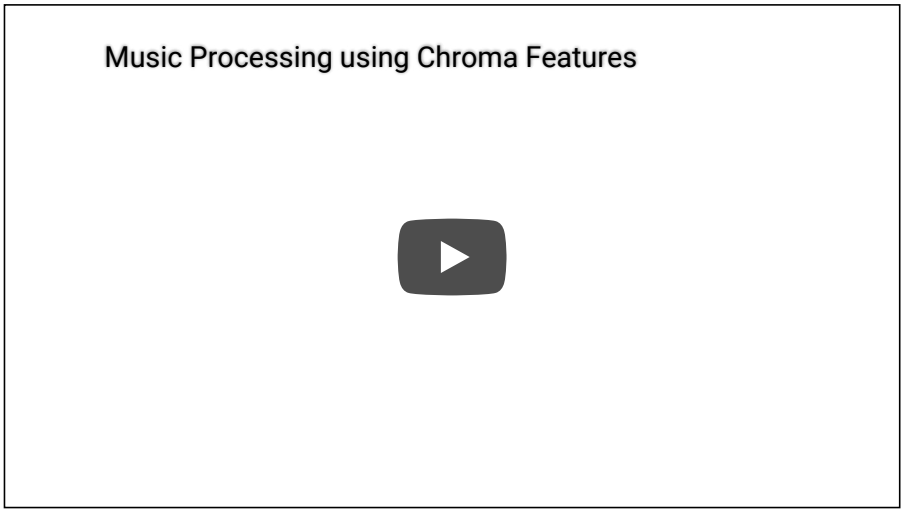
```
Collecting hmmlearn
  Downloading https://files.pythonhosted.org/packages/4b/98/a2829aeb942b7146034d497afb3fc738a78a4fbd4797a03
     |████████████████████████████████| 378kB 2.8MB/s
Requirement already satisfied: numpy>=1.10 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from hmmlearn) (1.19.
Requirement already satisfied: scikit-learn>=0.16 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from hmmlearn)
Requirement already satisfied: scipy>=0.19 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from hmmlearn) (1.4.1
Requirement already satisfied: joblib>=0.11 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from scikit-learn>=0
Installing collected packages: hmmlearn
Successfully installed hmmlearn-0.2.5
Collecting simplejson
  Downloading https://files.pythonhosted.org/packages/a8/04/377418ac1e530ce2a196b54c6552c018fdf1fe776718053
     |████████████████████████████████| 133kB 2.9MB/s
Installing collected packages: simplejson
Successfully installed simplejson-3.17.2
Collecting pydub
  Downloading https://files.pythonhosted.org/packages/a6/53/d78dc063216e62fc55f6b2eebb447f6a4b0a59f55c84063
Installing collected packages: pydub
Successfully installed pydub-0.25.1
Collecting eyed3
  Downloading https://files.pythonhosted.org/packages/e9/5e/9445f42ca86bc4832bac33fe37b506fc4db60dd9b68621e
     |████████████████████████████████| 256kB 3.0MB/s
Collecting filetype<2.0.0,>=1.0.7
  Downloading https://files.pythonhosted.org/packages/b4/6b/7bc015da1a576ac037582ae0c5acb675371de9e017e8609
Collecting deprecation<3.0.0,>=2.1.0
  Downloading https://files.pythonhosted.org/packages/02/c3/253a89ee03fc9b9682f1541728eb66db7db22148cd94f89
Collecting coverage[toml]<6.0.0,>=5.3.1
  Downloading https://files.pythonhosted.org/packages/16/e0/fc9f7bd9b84e6b41d0aad1a113e36714aac0c0a9b307aca
     |████████████████████████████████| 245kB 34.7MB/s
Requirement already satisfied: packaging in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from deprecation<3.0.0,
Requirement already satisfied: toml; extra == "toml" in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from coverag
Requirement already satisfied: pyparsing>=2.0.2 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from packaging->
ERROR: datascience 0.10.6 has requirement coverage==3.7.1, but you'll have coverage 5.5 which is incompatib
ERROR: datascience 0.10.6 has requirement folium==0.2.1, but you'll have folium 0.8.3 which is incompatible
ERROR: coveralls 0.5 has requirement coverage<3.999,>=3.6, but you'll have coverage 5.5 which is incompatib
Installing collected packages: filetype, deprecation, coverage, eyed3
  Found existing installation: coverage 3.7.1
    Uninstalling coverage-3.7.1:
      Successfully uninstalled coverage-3.7.1
Successfully installed coverage-5.5 deprecation-2.1.0 eyed3-0.9.6 filetype-1.0.7
```

```
Collecting pyAudioAnalysis
  Downloading https://files.pythonhosted.org/packages/4a/8b/456ef9101ad5bffe60b84ed9f6efba7d5a6f62e7da16deae
     |████████████████████████████████| 52.4MB 74kB/s
Building wheels for collected packages: pyAudioAnalysis
  Building wheel for pyAudioAnalysis (setup.py) ... done
  Created wheel for pyAudioAnalysis: filename=pyAudioAnalysis-0.3.7-cp37-none-any.whl size=52589873 sha256=(
  Stored in directory: /root/.cache/pip/wheels/e0/da/f5/f8ab47859ae6e5f552d4fc289cc7af54879890d22bccd3d3cf
Successfully built pyAudioAnalysis
Installing collected packages: pyAudioAnalysis
Successfully installed pyAudioAnalysis-0.3.7
```

Passo 1: Introdução aos Parâmetros Chroma

Assista ao vídeo abaixo sobre MQTT, e em seguida responda às perguntas dos professores/monitores.

```
from IPython.display import HTML

HTML('<iframe width="560" height="315" src="https://www.youtube.com/embed/iY243jku0UA" title="YouTube video playe
```



Veja a tabela abaixo com os parâmetros que a biblioteca pyAudioAnalysis nos fornece.

Se atente para o Chroma Vector!

Feature ID	Feature Name	Description
1	Zero Crossing Rate	The rate of sign-changes of the signal during the duration of a particular frame.
2	Energy	The sum of squares of the signal values, normalized by the respective frame length.
3	Entropy of Energy	The entropy of sub-frames' normalized energies. It can be interpreted as a measure of abrupt changes.
4	Spectral Centroid	The center of gravity of the spectrum.
5	Spectral Spread	The second central moment of the spectrum.
6	Spectral Entropy	Entropy of the normalized spectral energies for a set of sub-frames.
7	Spectral Flux	The squared difference between the normalized magnitudes of the spectra of the two successive frames.
8	Spectral Rolloff	The frequency below which 90% of the magnitude distribution of the spectrum is concentrated.
9-21	MFCCs	Mel Frequency Cepstral Coefficients form a cepstral representation where the frequency bands are not linear but distributed acc
22-33	Chroma Vector	A 12-element representation of the spectral energy where the bins represent the 12 equal-tempered pitch classes of western-typ
34	Chroma Deviation	The standard deviation of the 12 chroma coefficients.

Passo 2: Processamento do Áudio de uma Música

Download de músicas em MP3 com licença Creative Commons do site: https://freemusicarchive.org/

- **Genre - Author - Music Name**

- blues - Pierce Murphy - Ashes Of Paradise
- classical - Crowander - Jerry's Back
- country - Lobo Loco - Verona - Intro (ID 1407)
- electronic - Xylo Ziko - Alternate
- hiphop - Eaters - Dogstarmegalazer
- jazz - Pierce Murphy - Among The Stars
- pop - Scott Holmes Music - We Are One
- rock - Blue Wave Theory - Jazz Hole

Foi necessária conversão de MP3 para WAV para utilizar a bilbioteca pyAudioAnalysis

Escolha um dos arquivos de música que foram baixados:

```
file = "pop.wav"
```

Processamento do Áudio e visualização do tempo necessário (em segundos):

OBS: Esta etapa levará em média de 1 a 3 minutos, dependendo da música escolhida

```
import time

start = time.time()

[Fs, x] = read_audio_file(file);

signal = stereo_to_mono(x);

F = feature_extraction(signal, 44100, 1024, 128, deltas=False);

"""

    feature_extraction(signal, sampling_rate, window, step, deltas=True)

    This function implements the short-term windowing process.
    For each short-term window a set of features is extracted.
    This results to a sequence of feature vectors, stored in a np matrix.

    ARGUMENTS
        signal:         the input signal samples
        sampling_rate:  the sampling freq (in Hz)
        window:         the short-term window size (in samples)
        step:           the short-term window step (in samples)
        deltas:         (opt) True/False if delta features are to be
                        computed
    RETURNS
        features (numpy.ndarray):        contains features
                                        (n_feats x numOfShortTermWindows)
        feature_names (numpy.ndarray):   contains feature names
                                        (n_feats x numOfShortTermWindows)
"""

features = F[0][21:33]

end = time.time()

print(end - start)
```

```
     108.54236030578613
```

Exemplo de um dos 12 vetores de parâmetros obtidos:

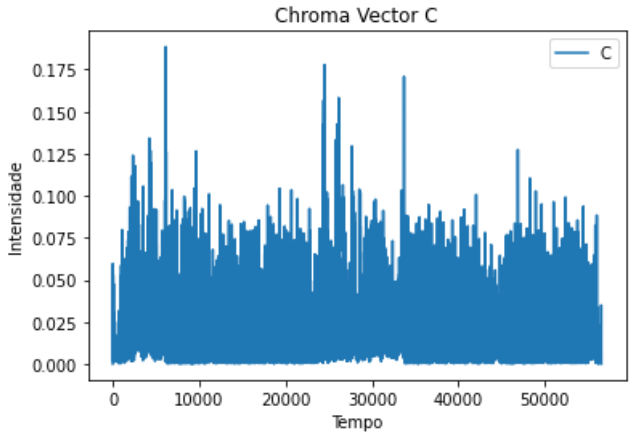
```
features[0]
```

```
array([0.        , 0.0145498 , 0.00808195, ..., 0.        , 0.        ,
       0.        ])
```

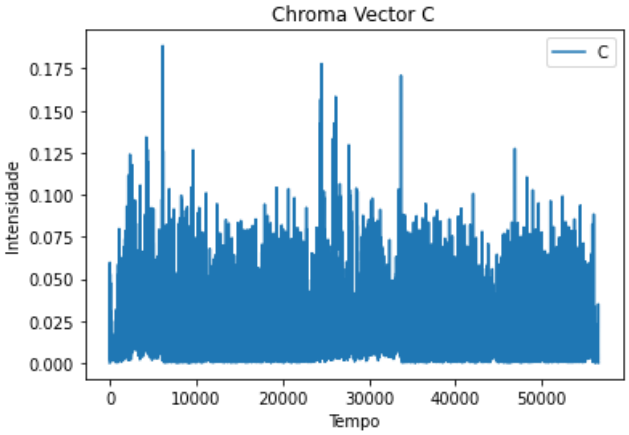
Passo 3: Visualização dos Parâmetros Obtidos

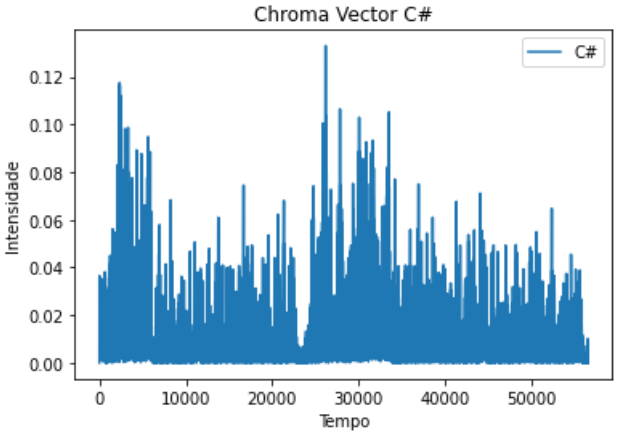
```
import matplotlib.pyplot as plt

def plot(features,i,nota):
  plt.title("Chroma Vector " + nota)
  plt.plot(features[i], label=nota)
  plt.xlabel("Tempo")
  plt.ylabel("Intensidade")
  plt.legend(loc="upper right")
  plt.show()
```

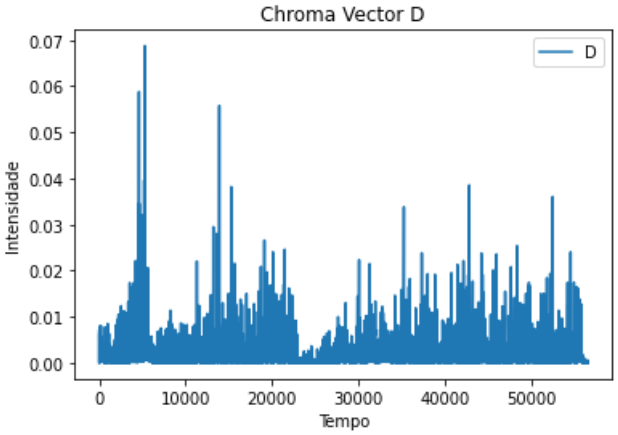
```
plot(features,0,"C")
```

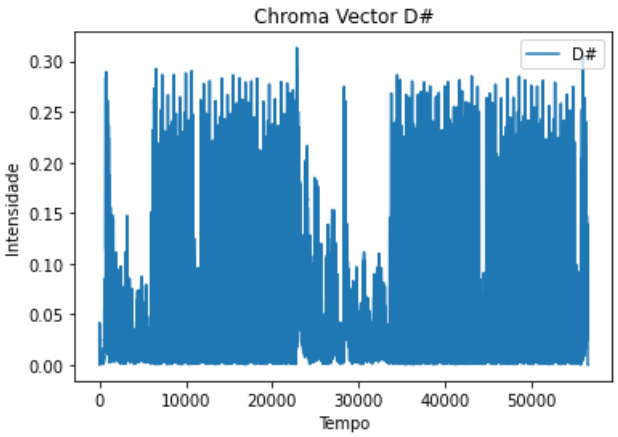


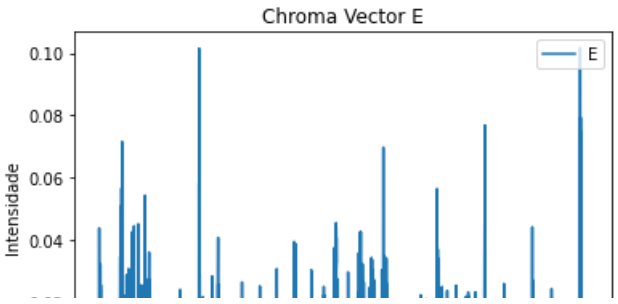

```
plot(features,0,"C")
plot(features,1,"C#")
plot(features,2,"D")
plot(features,3,"D#")
plot(features,4,"E")
plot(features,5,"F")
plot(features,6,"F#")
plot(features,7,"G")
plot(features,8,"G#")
plot(features,9,"A")
plot(features,10,"A#")
plot(features,11,"B")
```

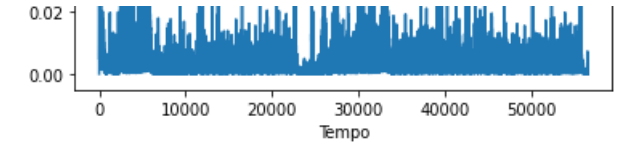

Chroma Vector C
C
Intensidade
Tempo

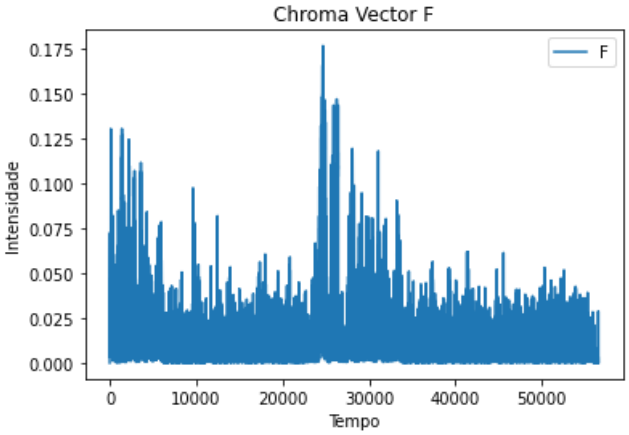

Chroma Vector C#
C#
Intensidade
Tempo

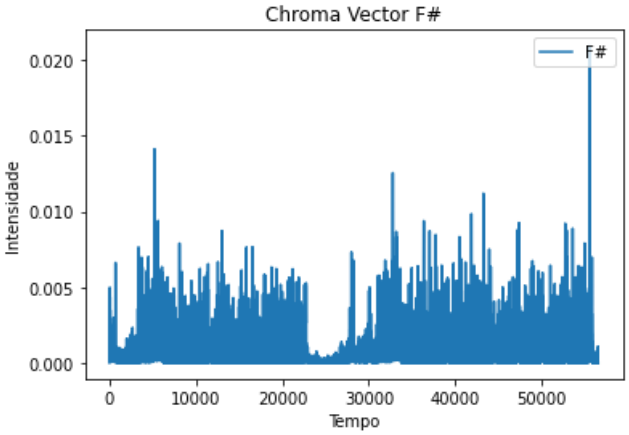

Chroma Vector D
D
Intensidade
Tempo

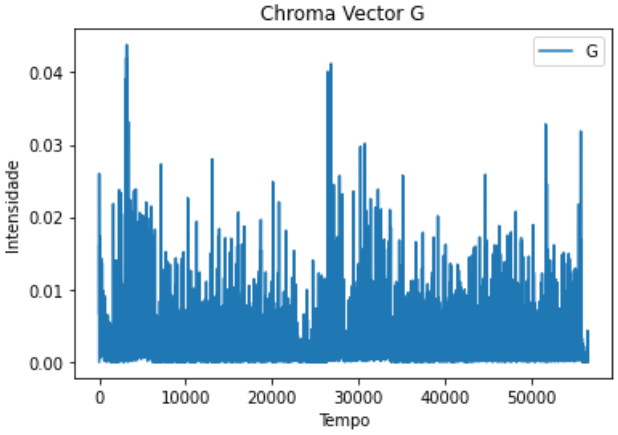

Chroma Vector D#
D#
Intensidade
Tempo

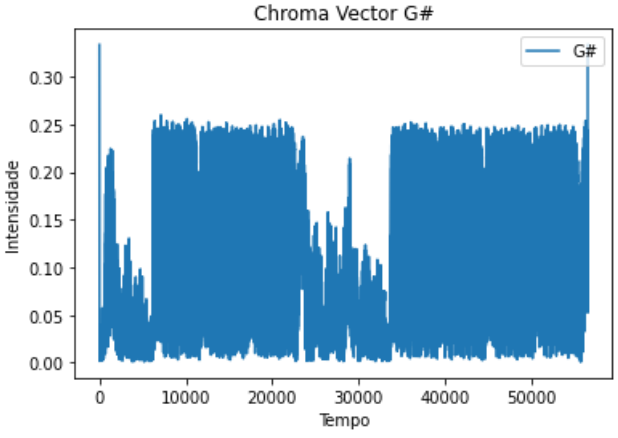

Chroma Vector E
E
Intensidade

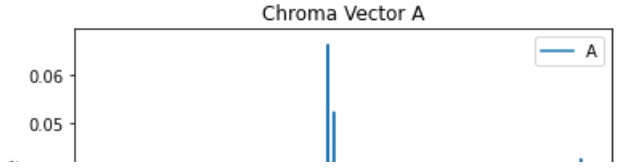

0.02
0.00
0
10000
20000
30000
40000
50000
Tempo

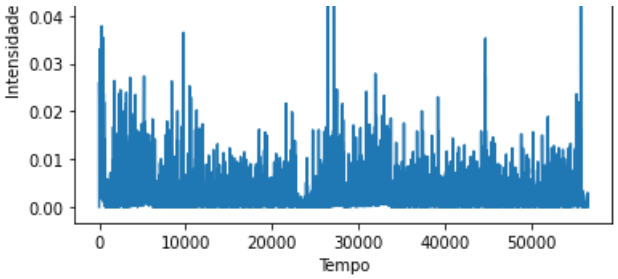

Chroma Vector F
F
0.175
0.150
0.125
0.100
0.075
0.050
0.025
0.000
Intensidade
0
10000
20000
30000
40000
50000
Tempo

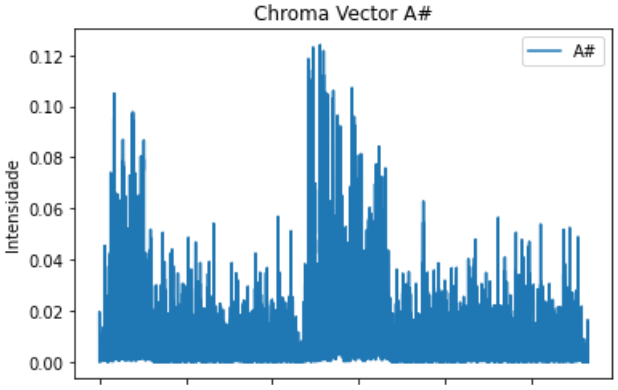

Chroma Vector F#
F#
0.020
0.015
0.010
0.005
0.000
Intensidade
0
10000
20000
30000
40000
50000
Tempo


Chroma Vector G
G
0.04
0.03
0.02
0.01
0.00
Intensidade
0
10000
20000
30000
40000
50000
Tempo


Chroma Vector G#
G#
0.30
0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00
Intensidade
0
10000
20000
30000
40000
50000
Tempo


Chroma Vector A
A
0.06
0.05





Passo 4: Instalar e Criar Conta no Aplicativo Blynk

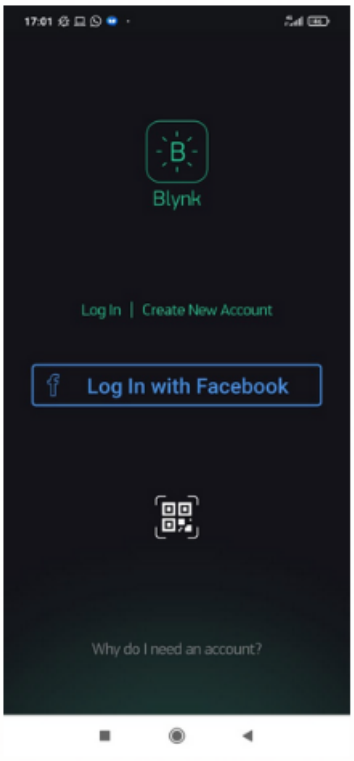
Procure por "Blynk" na Play Store, e o instale no seu sistema Android.

https://play.google.com/store/apps/details?id=cc.blynk&hl=pt_BR&gl=US

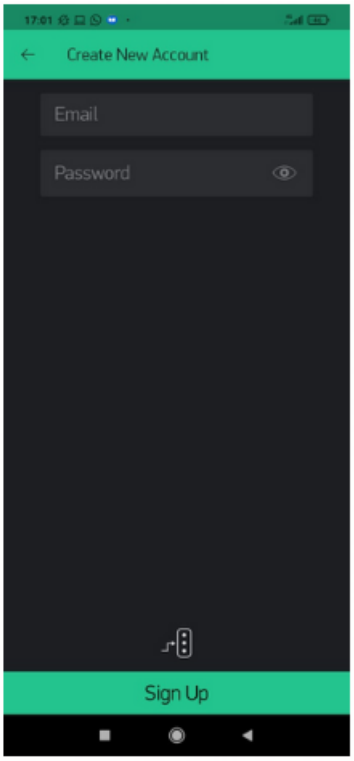
Ele também está disponível na App Store para usuários iOS

https://apps.apple.com/br/app/blynk-iot-for-arduino-esp32/id808760481

Ao abrir o Blynk você verá a seguinte tela:

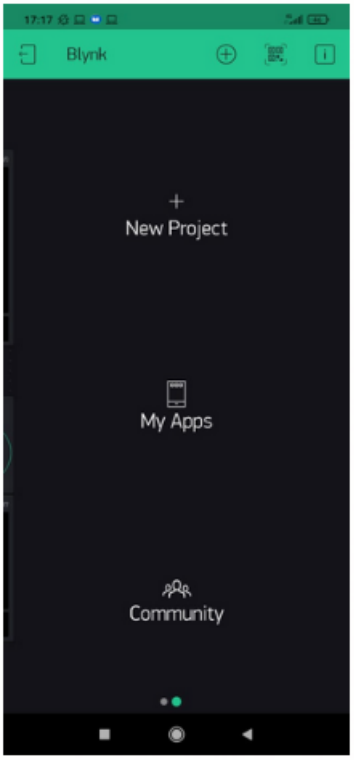


Clique em *Create New Account*, onde você deverá informar um email e uma senha para criar sua conta. Apos clicar em *Sign Up* sua conta será criada e você receberá um email de confirmação. Após a criação da conta já é feito automaticamente o *Log In* no aplicativo

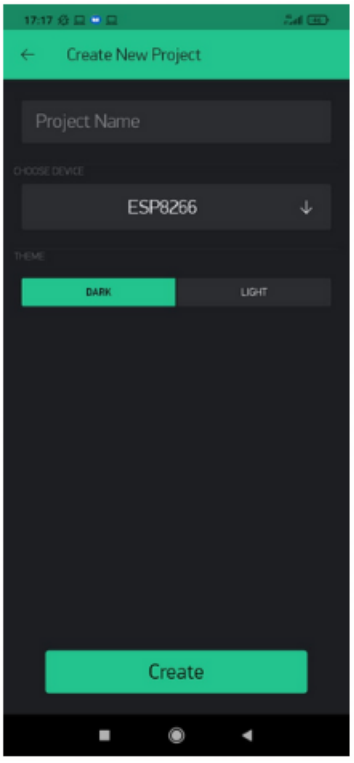


Passo 5: Criando um Projeto no Blynk

Ao realizar *login* no Blynk a seguinte tela é apresentada



Clique em *New Project*, para criar um novo projeto, mostrando a seguinte tela

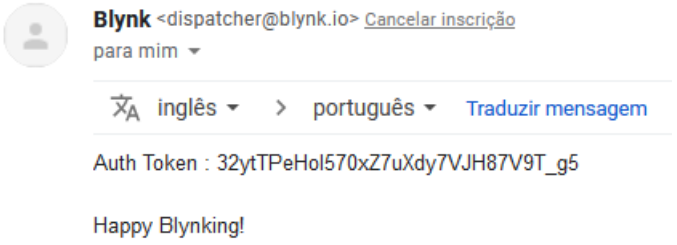


Escolha as seguintes opções:

- **Project Name**: Projeto
- **Choose Device**: ESP8266
- **Conection Type**: Wi-Fi

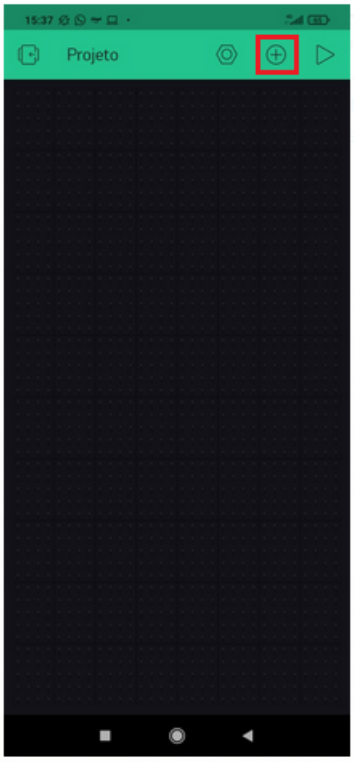
OBS: Neste projeto não iremos usar um dispositivo em específico, nos limitando apenas a comunicação entre a CPU e o Blynk, desta forma, a escolha do "ESP8266" foi arbitrária.

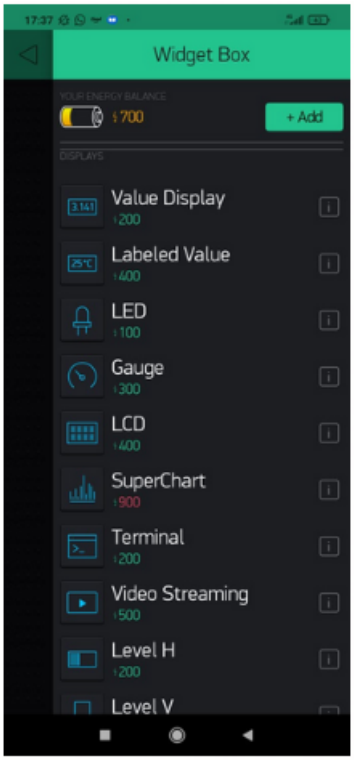
Após a criação do projeto você irá receber um email contendo o **token** do projeto. Este **token** é necessário para realizar a comunicação via HTTP Request na nuvem do Blynk e posteriormente será configurado neste notebook.



Iremos agora adicionar um *Widget* em nosso projeto para receber os dados correspondentes aos parâmetros extraidos do áudio.

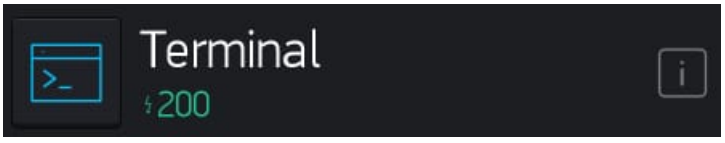
Com a tela do projeto aberta, clique no botão contendo um + no canto superior direito para abrir a *Widget Box*, onde é possível selecionar *Widgets* para o seu projeto



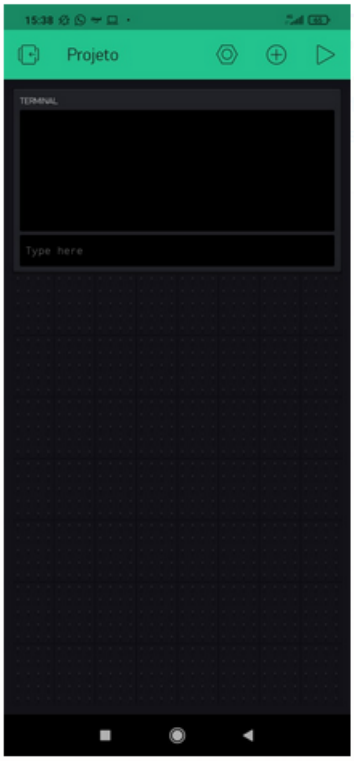


Aqui é importante destacar o conceito de "energia" do Blynk. Toda conta gratuita como a aqui criada possui 2000 pontos de energia para uso no Blynk. A adição de *Widgets* no projeto consome esses pontos de energia, sendo que os *Widgets* podem ser posteriormente reciclados (excluídos) para recuperar estes pontos.

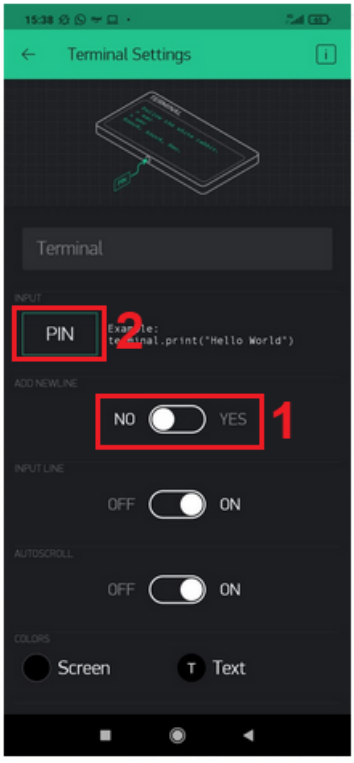
Role para baixo até a seção *Displays* e crie um *Widget* do tipo *Terminal*



A tela do projeto então ficará da seguinte forma:



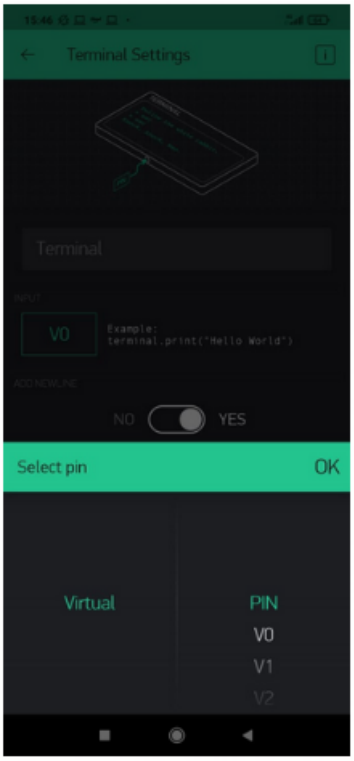
Será necessário agora configuar o terminal. Clique nele, fazendo com que abra uma tela de *Settings* dele.



Escolha a seguinte opção:

- **Add Newline**: Yes

Em seguida clique em PIN para configurar qual o pino que este botão irá controlar, o que irá apresentar uma aba

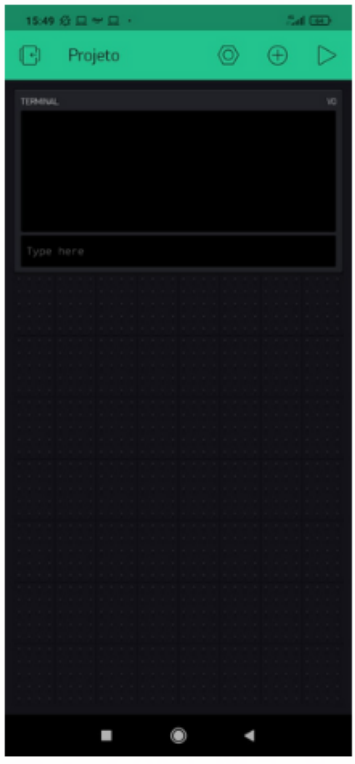


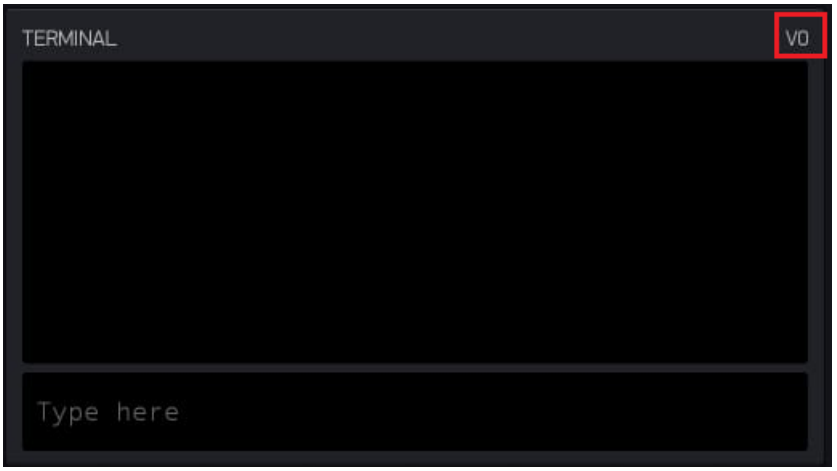
O terminal só possui a opção de ser mapeado em um pino virtual. Os **pinos virtuais** são uma abstração desenvolvida pelo Blynk possíveis graças a infraestrutura em nuvem. Aqui não existe um mapeamento físico do pino, mas sim um mapeamento **virtual**, onde determinado valor é escrito/lido em uma região da nuvem do Blynk.

Maiores informações sobre o funcionamento dos pinos virtuais podem ser obtidas no link a seguir:

http://help.blynk.cc/en/articles/512061-what-is-virtual-pins

Nesta aba selecione o pino **V0**. Em seguida clique em OK e na seta (←) localizada no canto superior esquerdo da tela para voltar ao menu do projeto. Perceba que o mapeamento do terminal já é apresentado





Clique no botão de *play* localizado no canto superior direito da tela para iniciar o seu projeto, permitindo com que o seu terminal receba os dados.

OBS: Após clicar neste botão ele é subtituído por um botão de *stop*, que pode ser utilizado para parar a execução do projeto. Quando o projeto está parado, o terminal irá parar de receber eventuais dados.

Passo 6: Configuração do Aplicativo Blynk

Token de Autenticação do Projeto do Blynk recebido no email cadastrado

```
#auth_token = "1s4QAm2L2Lj_IlNDEfyPQu5AO_Ftt4mL"
#auth_token = "32ytTPeHoI570xZ7uXdy7VJH87V9T_g5"
auth_token = "XrtOvyJ787ho3QOKpZq-LXBhXgMc46Ts"
```

Pino Virtual onde foi mapeado o Terminal Virtual no App Blynk

```
virtual_pin = "V0"
```

Teste Inicial com Requisição HTTP pelo próprio navegador. Clique no link que será gerado para enviar a string "oi" para o terminal do seu projeto.

```
print('http://blynk-cloud.com/'+auth_token+'/update/'+virtual_pin+'?value=Oi')
```

http://blynk-cloud.com/XrtOvyJ787ho3QOKpZq-LXBhXgMc46Ts/update/V0?value=Oi

Passo 7: Interação com a Plataforma IoT por meio de Requisição HTTP

Biblioteca para requisição HTTP:

```
!pip install requests
```

```
Requirement already satisfied: requests in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (2.23.0)
Requirement already satisfied: chardet<4,>=3.0.2 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from requests)
Requirement already satisfied: urllib3!=1.25.0,!=1.25.1,<1.26,>=1.21.1 in /usr/local/lib/python3.7/dist-pacl
Requirement already satisfied: idna<3,>=2.5 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from requests) (2.10
Requirement already satisfied: certifi>=2017.4.17 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from requests)
```

Exemplo de requisição para escrever 'Ola' no Aplicativo Blynk

```
import requests

blynk_server = '45.55.96.146'

r = requests.get('http://'+blynk_server+'/'+auth_token+'/update/'+virtual_pin+'?value=Ola')
```

Parte dos parâmetros obtidos para serem enviados à Plataforma IoT:

```
features_string = ' '.join([str(round(elem,3)) for elem in features[10]])

features_string[0:500]
```

```
'0.0 0.02 0.005 0.006 0.007 0.002 0.001 0.001 0.002 0.007 0.004 0.0 0.002 0.005 0.001 0.002 0.006 0.007 0.0
05 0.002 0.002 0.006 0.006 0.005 0.006 0.005 0.003 0.005 0.006 0.005 0.001 0.001 0.002 0.002 0.002 0.003 0.
002 0.002 0.001 0.003 0.004 0.002 0.006 0.002 0.002 0.009 0.004 0.003 0.003 0.003 0.003 0.003 0.006 0.004
0.004 0.001 0.002 0.002 0.004 0.001 0.002 0.002 0.001 0.001 0.006 0.002 0.004 0.0 0.001 0.004 0.003 0.002
0.005 0.003 0.002 0.005 0.007 0.011 0.004 0.003 0.001 0.001 0.004 0.003 0.0'
```

Envio dos parâmetros obtidos com o processamento do áudio por meio da requisição abaixo:

```
r = requests.get('http://'+blynk_server+'/'+auth_token+'/update/'+virtual_pin+'?value='+features_string[0:500])
```

Visualização do resultado no Aplicativo:

Obtenção dos parâmetros por meio de requisição HTTP à Plataforma IoT Blynk:

```
r = requests.get('http://'+blynk_server+'/'+auth_token+'/get/'+virtual_pin)

print(r.text)
```

```
["Oi","Oi","Ola","0.0 0.02 0.005 0.006 0.007 0.002 0.001 0.001 0.002 0.007 0.004 0.0 0.002 0.005 0.001 0.00
```

Parabéns, você cumpriu com os Objetivos de Aprendizado com sucesso!