

Algoritmos Não-Supervisionados para clusterização [22E4_2]

Erik Tavares dos Anjos

Atualizado: 07/11/2022

Git: <https://github.com/eriktavares/clustering> (<https://github.com/eriktavares/clustering>)

Infraestrutura

Para as questões a seguir, você deverá executar códigos em um notebook Jupyter, rodando em ambiente local, certifique-se que:

Você está rodando em Python 3.9+ Você está usando um ambiente virtual: Virtualenv ou Anaconda Todas as bibliotecas usadas nesse exercícios estão instaladas em um ambiente virtual específico Gere um arquivo de requerimentos (requirements.txt) com os pacotes necessários. É necessário se certificar que a versão do pacote está disponibilizada. Tire um printscreen do ambiente que será usado rodando em sua máquina. Disponibilize os códigos gerados, assim como os artefatos acessórios (requirements.txt) e instruções em um repositório GIT público. (se isso não for feito, o diretório com esses arquivos deverá ser enviado compactado no moodle).

1. Baixe os dados disponibilizados na plataforma Kaggle sobre dados sócio-econômicos e de saúde que determinam o índice de desenvolvimento de um país. Esses dados estão disponibilizados através do link:

<https://www.kaggle.com/datasets/rohan0301/unsupervised-learning-on-country-data>
(<https://www.kaggle.com/datasets/rohan0301/unsupervised-learning-on-country-data>)

Base de dados na pasta ../Data/raw/Country-data.csv e data-dictionary.csv

2. Quantos países existem no dataset?

```
In [38]: import pandas as pd
df=pd.read_csv('../Data/raw/Country-data.csv')
df['country'].describe()
```

```
Out[38]: count          167
unique          167
top      Afghanistan
freq           1
Name: country, dtype: object
```

Existem 167 países no dataset, conforme o describe. O count conta que existem 167 linhas e o unique mostra que existem 167 países, sendo 1 diferente para cada linha.

3. Mostre através de gráficos a faixa dinâmica das variáveis que serão usadas nas tarefas de clusterização. Analise os resultados mostrados. O que deve ser feito com os dados

antes da etapa de clusterização?

Dimensões 167 Linhas e 10 Colunas

```
In [4]: df.shape
```

```
Out[4]: (167, 10)
```

```
In [7]: df.describe().T
```

```
Out[7]:
```

	count	mean	std	min	25%	50%	75%	max
child_mort	167.0	38.270060	40.328931	2.6000	8.250	19.30	62.10	208.00
exports	167.0	41.108976	27.412010	0.1090	23.800	35.00	51.35	200.00
health	167.0	6.815689	2.746837	1.8100	4.920	6.32	8.60	17.90
imports	167.0	46.890215	24.209589	0.0659	30.200	43.30	58.75	174.00
income	167.0	17144.688623	19278.067698	609.0000	3355.000	9960.00	22800.00	125000.00
inflation	167.0	7.781832	10.570704	-4.2100	1.810	5.39	10.75	104.00
life_expec	167.0	70.555689	8.893172	32.1000	65.300	73.10	76.80	82.80
total_fer	167.0	2.947964	1.513848	1.1500	1.795	2.41	3.88	7.49
gdpp	167.0	12964.155689	18328.704809	231.0000	1330.000	4660.00	14050.00	105000.00

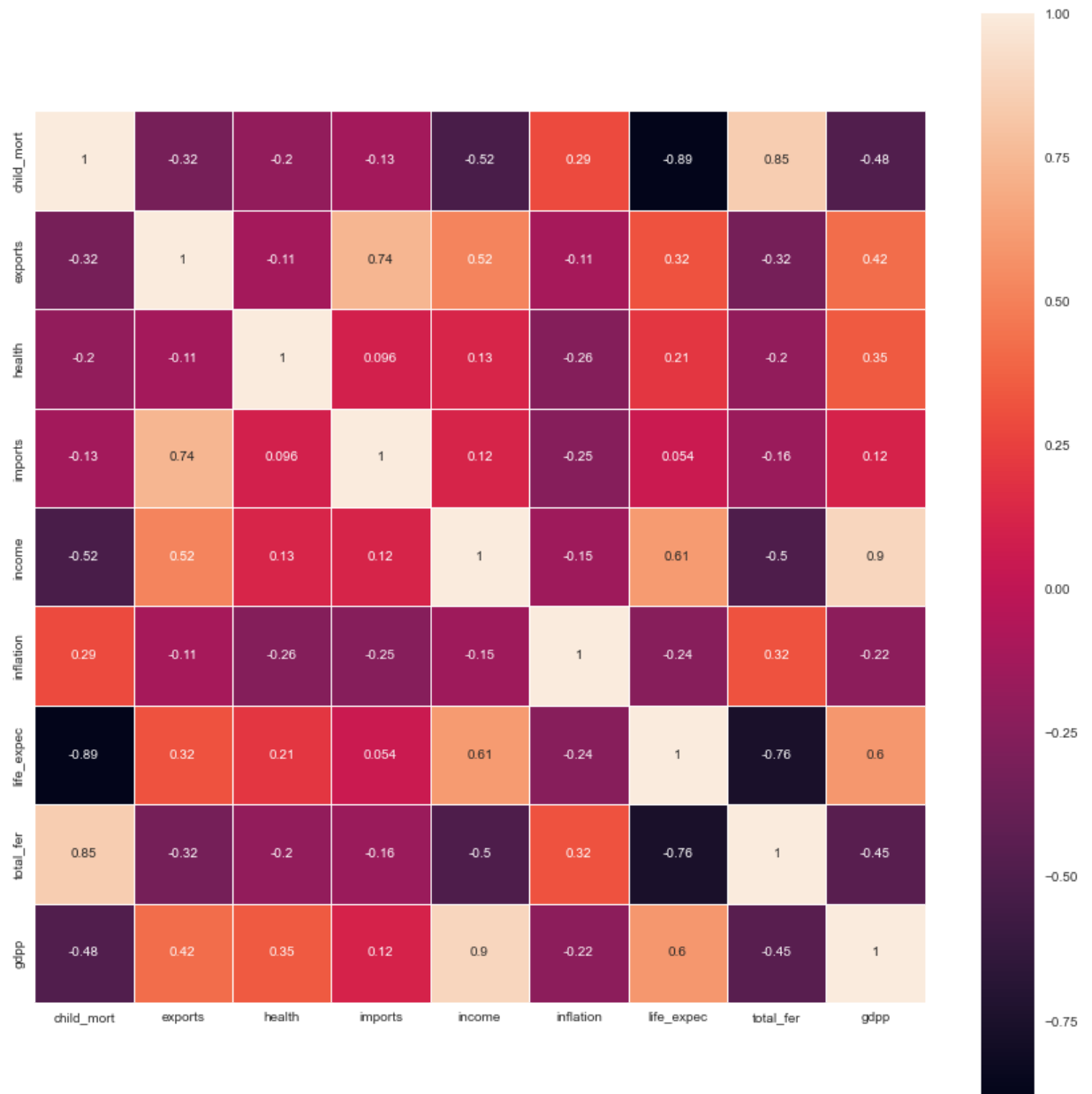
```
In [45]: df_index=df.set_index('country', inplace=True)
df.index.names = [None]
df
```

```
Out[45]:
```

	child_mort	exports	health	imports	income	inflation	life_expec	total_fer	gdpp
Afghanistan	90.2	10.0	7.58	44.9	1610	9.44	56.2	5.82	553
Albania	16.6	28.0	6.55	48.6	9930	4.49	76.3	1.65	4090
Algeria	27.3	38.4	4.17	31.4	12900	16.10	76.5	2.89	4460
Angola	119.0	62.3	2.85	42.9	5900	22.40	60.1	6.16	3530
Antigua and Barbuda	10.3	45.5	6.03	58.9	19100	1.44	76.8	2.13	12200
...
Vanuatu	29.2	46.6	5.25	52.7	2950	2.62	63.0	3.50	2970
Venezuela	17.1	28.5	4.91	17.6	16500	45.90	75.4	2.47	13500
Vietnam	23.3	72.0	6.84	80.2	4490	12.10	73.1	1.95	1310
Yemen	56.3	30.0	5.18	34.4	4480	23.60	67.5	4.67	1310
Zambia	83.1	37.0	5.89	30.9	3280	14.00	52.0	5.40	1460

167 rows × 9 columns

```
In [47]: import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns
corr = df.corr()
f, ax = plt.subplots(figsize=(15, 15))
sns.heatmap(corr, square=True, linewidths=.5, annot=True);
```



4.Realize o pré-processamento adequado dos dados

4.1 Dados Nulos

Os dataset não possui dados nulos conforme a visualização abaixo

```
In [48]: df.isna().sum()
```

```
Out[48]: child_mort    0
         exports      0
         health       0
         imports      0
         income       0
         inflation    0
         life_expec    0
         total_fer    0
         gdpp         0
         dtype: int64
```

4.2 - Outliers

Em estatística descritiva, diagrama de caixa, diagrama de extremos e quartis, boxplot ou box plot é uma ferramenta gráfica para representar a variação de dados observados de uma variável numérica por meio de quartis (ver figura 1, onde o eixo horizontal representa a variável). O box plot tem uma reta (whisker ou fio de bigode) que estende-se verticalmente ou horizontalmente a partir da caixa, indicando a variabilidade fora do quartil superior e do quartil inferior.[1] Os valores atípicos ou outliers (valores discrepantes) podem ser plotados como pontos individuais

[\[https://pt.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_caixa\]](https://pt.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_caixa)

[.https://pt.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_caixa%5D](https://pt.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_caixa%5D)

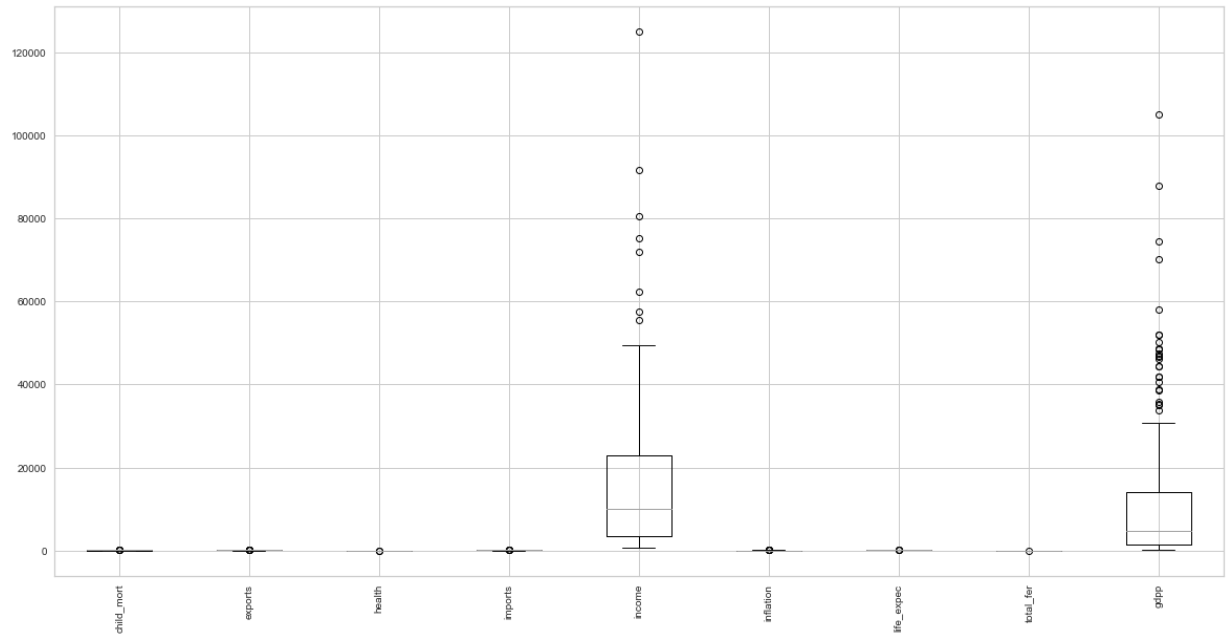
```

In [49]: # Import Libraries
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

#df_features=df.drop()

fig = plt.figure(figsize =(20, 10))
# Creating plot
df.boxplot()
plt.xticks(rotation = 90)
# show plot
plt.show()

```



```

In [208]: df[df['income']>50000].sort_values('income', ascending=False)

```

```

Out[208]:

```

	child_mort	exports	health	imports	income	inflation	life_expec	total_fer	gdp
Qatar	9.0	62.3	1.81	23.8	125000	6.980	79.5	2.07	70300
Luxembourg	2.8	175.0	7.77	142.0	91700	3.620	81.3	1.63	105000
Brunei	10.5	67.4	2.84	28.0	80600	16.700	77.1	1.84	35300
Kuwait	10.8	66.7	2.63	30.4	75200	11.200	78.2	2.21	38500
Singapore	2.8	200.0	3.96	174.0	72100	-0.046	82.7	1.15	46600
Norway	3.2	39.7	9.48	28.5	62300	5.950	81.0	1.95	87800
United Arab Emirates	8.6	77.7	3.66	63.6	57600	12.500	76.5	1.87	35000
Switzerland	4.5	64.0	11.50	53.3	55500	0.317	82.2	1.52	74600

```
In [206]: df[df['gdpp']>30000].sort_values('gdpp', ascending=False)
```

```
Out[206]:
```

	child_mort	exports	health	imports	income	inflation	life_expec	total_fer	gdpp
Luxembourg	2.8	175.0	7.77	142.0	91700	3.620	81.3	1.63	105000
Norway	3.2	39.7	9.48	28.5	62300	5.950	81.0	1.95	87800
Switzerland	4.5	64.0	11.50	53.3	55500	0.317	82.2	1.52	74600
Qatar	9.0	62.3	1.81	23.8	125000	6.980	79.5	2.07	70300
Denmark	4.1	50.5	11.40	43.6	44000	3.220	79.5	1.87	58000
Sweden	3.0	46.2	9.63	40.7	42900	0.991	81.5	1.98	52100
Australia	4.8	19.8	8.73	20.9	41400	1.160	82.0	1.93	51900
Netherlands	4.5	72.0	11.90	63.6	45500	0.848	80.7	1.79	50300
Ireland	4.2	103.0	9.19	86.5	45700	-3.220	80.4	2.05	48700
United States	7.3	12.4	17.90	15.8	49400	1.220	78.7	1.93	48400
Canada	5.6	29.1	11.30	31.0	40700	2.870	81.3	1.63	47400
Austria	4.3	51.3	11.00	47.8	43200	0.873	80.5	1.44	46900
Singapore	2.8	200.0	3.96	174.0	72100	-0.046	82.7	1.15	46600
Finland	3.0	38.7	8.95	37.4	39800	0.351	80.0	1.87	46200
Japan	3.2	15.0	9.49	13.6	35800	-1.900	82.8	1.39	44500
Belgium	4.5	76.4	10.70	74.7	41100	1.880	80.0	1.86	44400
Iceland	2.6	53.4	9.40	43.3	38800	5.470	82.0	2.20	41900
Germany	4.2	42.3	11.60	37.1	40400	0.758	80.1	1.39	41800
France	4.2	26.8	11.90	28.1	36900	1.050	81.4	2.03	40600
United Kingdom	5.2	28.2	9.64	30.8	36200	1.570	80.3	1.92	38900
Kuwait	10.8	66.7	2.63	30.4	75200	11.200	78.2	2.21	38500
Italy	4.0	25.2	9.53	27.2	36200	0.319	81.7	1.46	35800
Brunei	10.5	67.4	2.84	28.0	80600	16.700	77.1	1.84	35300
United Arab Emirates	8.6	77.7	3.66	63.6	57600	12.500	76.5	1.87	35000
New Zealand	6.2	30.3	10.10	28.0	32300	3.730	80.9	2.17	33700
Cyprus	3.6	50.2	5.97	57.5	33900	2.010	79.9	1.42	30800
Spain	3.8	25.5	9.54	26.8	32500	0.160	81.9	1.37	30700
Israel	4.6	35.0	7.63	32.9	29600	1.770	81.4	3.03	30600

Tratamento

Esses valores que estão acima do limite superior do Box podem ser outliers, ou as vezes podem ser resultados de uma razão, onde o denominador seja muito pequeno e cause o resultado muito grande. Por exemplo, Luxembourg, pode ter uma renda alta, e uma população muito pequena, dessa forma, sua renda per capita pode ficar extremamente alta. Uma forma talvez de limitar que o impacto de uma feature com valores bem acima do limite superior, possa ser, definir o limite superior para esta feature. Assim esse país tem uma renda muito alta, vai continuar com essa renda muito alta, mas com limite do impacto em relação ao cluster.

4.3 Normalização

```
In [26]: from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler
```

```
scaler = MinMaxScaler()
scaler.fit(df)
df_t1=scaler.transform(df)
df_t1
```

```
Out[26]: array([[0.42648491, 0.04948197, 0.35860783, ..., 0.47534517, 0.73659306,
0.00307343],
[0.06815969, 0.13953104, 0.29459291, ..., 0.87179487, 0.07886435,
0.03683341],
[0.12025316, 0.1915594 , 0.14667495, ..., 0.87573964, 0.27444795,
0.04036499],
...,
[0.10077897, 0.35965101, 0.31261653, ..., 0.8086785 , 0.12618297,
0.01029885],
[0.26144109, 0.1495365 , 0.20944686, ..., 0.69822485, 0.55520505,
0.01029885],
[0.39191821, 0.18455558, 0.25357365, ..., 0.39250493, 0.670347 ,
0.01173057]])
```

Clusterização

Para os dados pré-processados da etapa anterior você irá:

1. Realizar o agrupamento dos países em 3 grupos distintos. Para tal, use:

A. K-Médias

```
In [137]: from sklearn.cluster import KMeans
from sklearn.decomposition import PCA
kmeans = KMeans(n_clusters=3, random_state=0).fit(df_t1)
clusters=pd.DataFrame(kmeans.labels_, columns=['Clusters'])
df_cl=pd.concat([df.reset_index().rename(columns={'index': 'country'})], clusters)
df_cl.set_index('country')
df_cl.index.names = [None]
df_cl
```

C:\Users\Erik\AppData\Roaming\Python\Python39\site-packages\sklearn\cluster_kmeans.py:1334: UserWarning: KMeans is known to have a memory leak on Windows with MKL, when there are less chunks than available threads. You can avoid it by setting the environment variable OMP_NUM_THREADS=1.
warnings.warn(

```
Out[137]:
```

	country	child_mort	exports	health	imports	income	inflation	life_expec	total_fer	gdp
0	Afghanistan	90.2	10.0	7.58	44.9	1610	9.44	56.2	5.82	55
1	Albania	16.6	28.0	6.55	48.6	9930	4.49	76.3	1.65	409
2	Algeria	27.3	38.4	4.17	31.4	12900	16.10	76.5	2.89	446
3	Angola	119.0	62.3	2.85	42.9	5900	22.40	60.1	6.16	353
4	Antigua and Barbuda	10.3	45.5	6.03	58.9	19100	1.44	76.8	2.13	1220
...
162	Vanuatu	29.2	46.6	5.25	52.7	2950	2.62	63.0	3.50	297
163	Venezuela	17.1	28.5	4.91	17.6	16500	45.90	75.4	2.47	1350
164	Vietnam	23.3	72.0	6.84	80.2	4490	12.10	73.1	1.95	131
165	Yemen	56.3	30.0	5.18	34.4	4480	23.60	67.5	4.67	131
166	Zambia	83.1	37.0	5.89	30.9	3280	14.00	52.0	5.40	146

167 rows × 11 columns

```
In [138]: df_cl['Clusters'].value_counts(normalize=True)
```

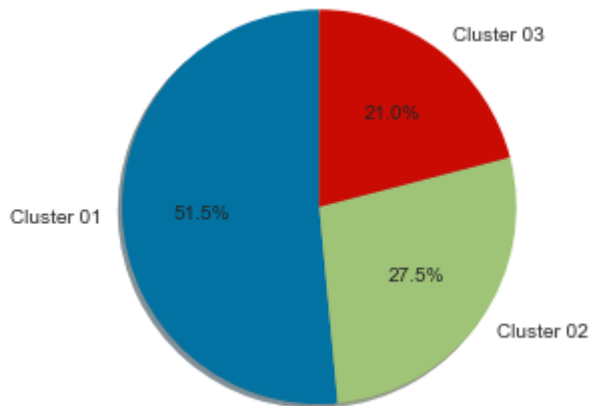
```
Out[138]: 1    0.514970
0    0.275449
2    0.209581
Name: Clusters, dtype: float64
```



```
In [139]: import matplotlib.pyplot as plt

# Pie chart, where the slices will be ordered and plotted counter-clockwise:
labels = 'Cluster 01', 'Cluster 02', 'Cluster 03'
sizes = df_cl['Clusters'].value_counts(normalize=True)
fig1, ax1 = plt.subplots()
ax1.pie(sizes, labels=labels, autopct='%1.1f%%',
        shadow=True, startangle=90)
ax1.axis('equal') # Equal aspect ratio ensures that pie is drawn as a circle.

plt.show()
```



2. Para os resultados, do K-Médias:**

A.Interprete cada um dos clusters obtidos citando:

I.Qual a distribuição das dimensões em cada grupo

```
In [140]: df_cl.groupby('Clusters').mean()
```

```
Out[140]:
```

	child_mort	exports	health	imports	income	inflation	life_expec	total_fer
Clusters								
0	93.284783	29.287174	6.338478	43.297826	3516.804348	12.097065	59.393478	5.090217
1	22.425581	40.382430	6.215581	46.932162	12770.813953	7.609023	72.582558	2.293256
2	4.897143	58.431429	8.917429	51.508571	45802.857143	2.535000	80.245714	1.741143

```
In [141]: df_cl.groupby('Clusters').describe()
```

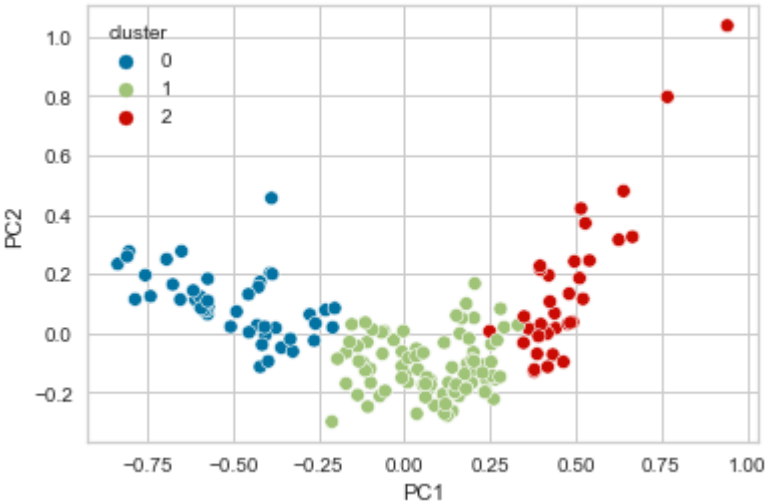
Out[141]:

		child_mort								exports			...
	count	mean	std	min	25%	50%	75%	max	count	mean	...		
Clusters													
0	46.0	93.284783	34.079410	28.1	64.625	90.25	111.000	208.0	46.0	29.287174	...	5	
1	86.0	22.425581	14.459934	4.5	11.550	18.35	29.175	64.4	86.0	40.382430	...	2	
2	35.0	4.897143	2.130795	2.6	3.500	4.20	5.400	10.8	35.0	58.431429	...	1	

3 rows × 72 columns



```
In [142]: def plot_cluster_points(df, kmeans):  
    pca = PCA(2)  
    pca_data = pd.DataFrame(pca.fit_transform(df), columns=['PC1', 'PC2'])  
    pca_data['cluster'] = pd.Categorical(kmeans.labels_)  
    sns.scatterplot(x="PC1", y="PC2", hue="cluster", data=pca_data)  
plot_cluster_points(df_t1, kmeans)
```

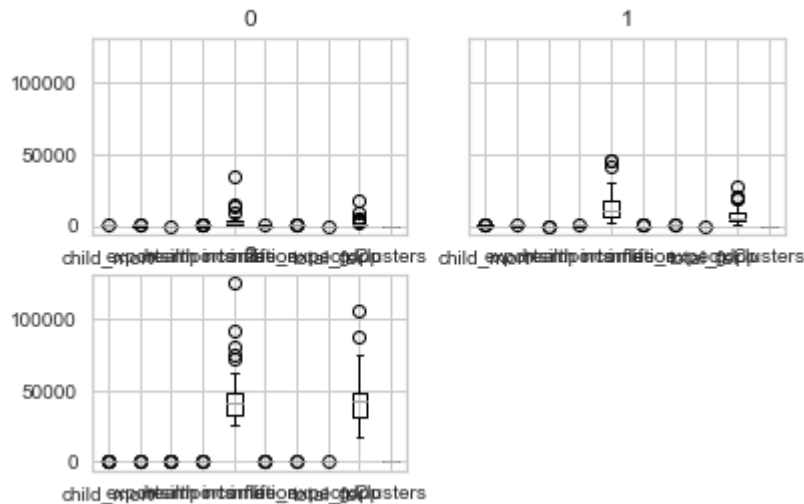


```
In [143]: # Import Libraries
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

#df_features=df.drop()

fig = plt.figure(figsize =(30, 20))
# Creating plot
df_cl.groupby('Clusters').boxplot()
plt.xticks(rotation = 90)
# show plot
plt.show()
```

<Figure size 2160x1440 with 0 Axes>



II. O país, de acordo com o algoritmo, melhor representa o seu agrupamento. Justifique

Para identificar o país que melhor representa o cluster, pode ser utilizado o atributo `kmeans.cluster_centers_` para determinar os centroides dos clusters, e assim calcular a distância de cada ponto até os centroides.

```
In [144]: from operator import index
from scipy.spatial import distance_matrix

df_cc=pd.DataFrame(kmeans.cluster_centers_, columns=df.keys())

dist_mat = pd.DataFrame(distance_matrix(df_t1, df_cc))
dist_mat.set_index(df.index)
df_results=pd.concat([df_cl, dist_mat], axis=1)
df_results
```

```
Out[144]:
```

	country	child_mort	exports	health	imports	income	inflation	life_expec	total_fer	gdp
0	Afghanistan	90.2	10.0	7.58	44.9	1610	9.44	56.2	5.82	55
1	Albania	16.6	28.0	6.55	48.6	9930	4.49	76.3	1.65	409
2	Algeria	27.3	38.4	4.17	31.4	12900	16.10	76.5	2.89	446
3	Angola	119.0	62.3	2.85	42.9	5900	22.40	60.1	6.16	353
4	Antigua and Barbuda	10.3	45.5	6.03	58.9	19100	1.44	76.8	2.13	1220
...
162	Vanuatu	29.2	46.6	5.25	52.7	2950	2.62	63.0	3.50	297
163	Venezuela	17.1	28.5	4.91	17.6	16500	45.90	75.4	2.47	1350
164	Vietnam	23.3	72.0	6.84	80.2	4490	12.10	73.1	1.95	131
165	Yemen	56.3	30.0	5.18	34.4	4480	23.60	67.5	4.67	131
166	Zambia	83.1	37.0	5.89	30.9	3280	14.00	52.0	5.40	146

167 rows × 14 columns

```
In [145]: df_cl.groupby('Clusters').mean()
```

```
Out[145]:
```

	child_mort	exports	health	imports	income	inflation	life_expec	total_fer
Clusters								
0	93.284783	29.287174	6.338478	43.297826	3516.804348	12.097065	59.393478	5.090217
1	22.425581	40.382430	6.215581	46.932162	12770.813953	7.609023	72.582558	2.293256
2	4.897143	58.431429	8.917429	51.508571	45802.857143	2.535000	80.245714	1.741143

Cluster 0

Interpretação:

Países com Alta mortalidade infantil (média = 93.28), Baixa exportação, baixos gastos com saúde, baixa importação, baixa renda, inflação alta, baixa expectativa de vida, filhos por mulher alto, e baixa renda per capita. Esse cluster fica no extremo com os piores índices para cada categoria,

então os países que fazem parte dele possuem os piores indicadores dos 10 que estão sendo informados, somente gasto com saúde ficou com média maior que o cluster um e muito próximo também. Porém gasto com saúde não é um indicador que garante a saúde, outros indicadores medem melhor a saúde, como expectativa de vida e mortalidade infantil.

País que mais representa o cluster: **Guinea**

Cluster 1

Países médios, com indicadores melhores que o cluster 0 e menores que o cluster 2 em todos os quesitos, menor gasto com saúde que na média esse cluster ficou menor que os demais clusters.

País que mais representa o cluster: **Suriname**

Cluster 2

Melhores indicadores em todos os 10 quesitos.

País que mais representa o cluster: **Iceland**

Atenção: Melhor representação do cluster obtida pela distância do país até o centroide.

```
In [146]: df_results[['country', 'Clusters', 0]][df_results['Clusters']==0].sort_values(0, a
```

```
Out[146]:
```

	country	Clusters	0
63	Guinea	0	0.132923
94	Malawi	0	0.144783
106	Mozambique	0	0.154333
147	Tanzania	0	0.156570
150	Togo	0	0.168420

```
In [147]: df_results[['country', 'Clusters', 1]][df_results['Clusters']==1].sort_values(1, a
```

```
Out[147]:
```

	country	Clusters	1
143	Suriname	1	0.110748
48	El Salvador	1	0.113461
61	Grenada	1	0.119334
76	Jamaica	1	0.121493
152	Tunisia	1	0.124526

```
In [148]: df_results[['country', 'Clusters', 2]][df_results['Clusters']==2].sort_values(2, a
```

```
Out[148]:
```

	country	Clusters	2
68	Iceland	2	0.119836
144	Sweden	2	0.140653
53	Finland	2	0.143008
8	Austria	2	0.150823
15	Belgium	2	0.200318

B. Clusterização Hierárquica

O clustering hierárquico, como o nome sugere, é um algoritmo que constrói a hierarquia de clusters. Esse algoritmo começa com todos os pontos de dados atribuídos a um cluster próprio. Em seguida, dois clusters mais próximos são mesclados no mesmo cluster.

```
In [154]: def plot_dendrogram(model, sch, **kwargs):

    # Children of hierarchical clustering
    children = model.children_

    # Distances between each pair of children
    # Since we don't have this information, we can use a uniform one for plotting
    distance = np.arange(children.shape[0])

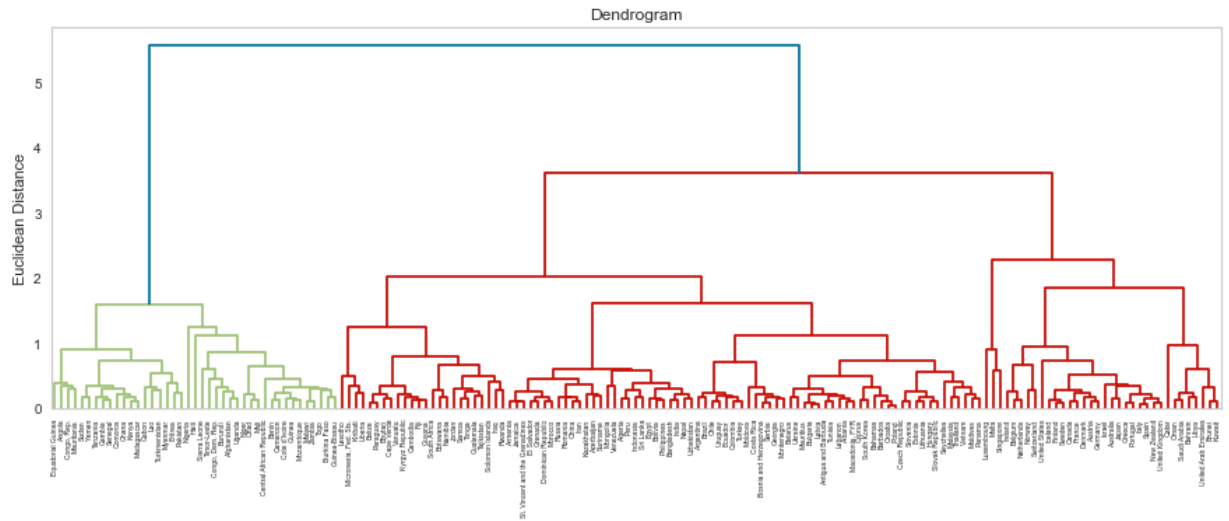
    # The number of observations contained in each cluster level
    no_of_observations = np.arange(2, children.shape[0]+2)

    # Create Linkage matrix and then plot the dendrogram
    linkage_matrix = np.column_stack([children, distance, no_of_observations]).as

    # Plot the corresponding dendrogram
    sch.dendrogram(linkage_matrix, **kwargs)
```

```
In [169]: import scipy.cluster.hierarchy as sch
plt.figure(figsize=(15, 5))
plt.grid(False)
dendrogram = sch.dendrogram(sch.linkage(df_t1, method='ward'), labels=df.index)
plt.title('Dendrogram')
plt.ylabel('Euclidean Distance')
```

```
Out[169]: Text(0, 0.5, 'Euclidean Distance')
```



```
In [ ]: hc_pred = hc.fit_predict(df_t1)
```

```

In [191]: from sklearn.cluster import AgglomerativeClustering
hc = AgglomerativeClustering(n_clusters=3, affinity = "euclidean",
                             linkage = 'ward', compute_distances=True).fit(df_t1)
hc_pred = hc.labels_

plt.figure(figsize=(15, 5))
plt.grid(False)
plot_dendrogram(hc, sch, labels=df.index)
plt.title('Dendrogram')
plt.ylabel('Euclidean Distance')

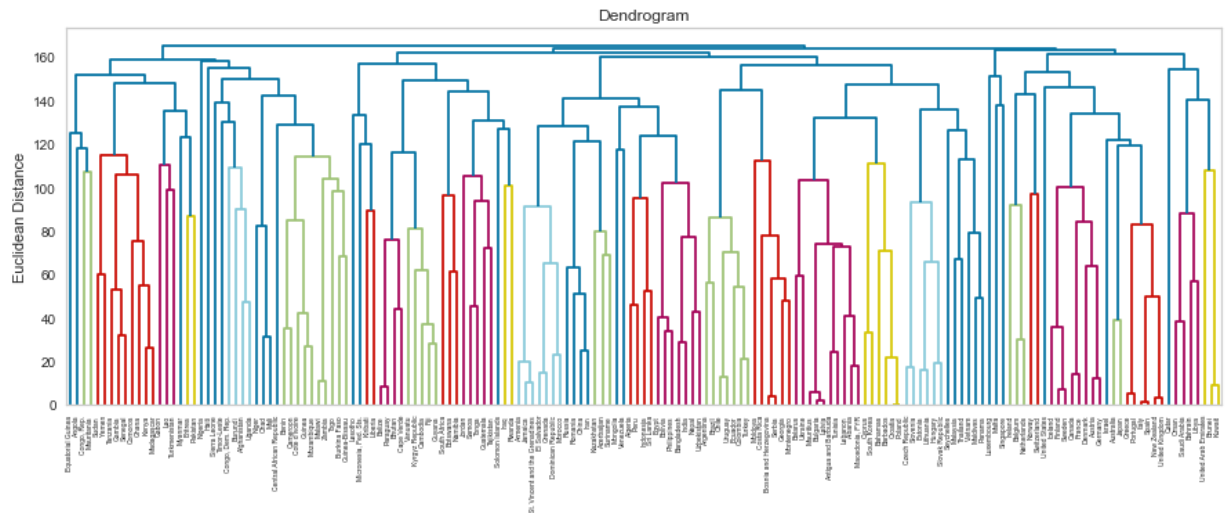
df_results2=df.copy()
df_results2['Clusters_hc']=hc_pred
df_results2['Clusters_hc'].value_counts(normalize=True)

```

```

Out[191]: 2    0.550898
          1    0.245509
          0    0.203593
Name: Clusters_hc, dtype: float64

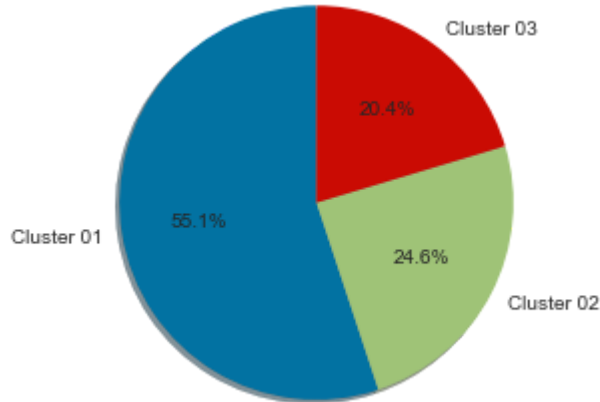
```




```
In [181]: import matplotlib.pyplot as plt

# Pie chart, where the slices will be ordered and plotted counter-clockwise:
labels = 'Cluster 01', 'Cluster 02', 'Cluster 03'
sizes = df_results2['Clusters_hc'].value_counts(normalize=True)
fig1, ax1 = plt.subplots()
ax1.pie(sizes, labels=labels, autopct='%1.1f%%',
        shadow=True, startangle=90)
ax1.axis('equal') # Equal aspect ratio ensures that pie is drawn as a circle.

plt.show()
```



```
In [182]: df_results2.groupby('Clusters_hc').mean()
```

```
Out[182]:
```

	child_mort	exports	health	imports	income	inflation	life_expec	total
Clusters_hc								
0	5.961765	58.508824	8.501176	48.902941	47588.235294	4.115500	79.982353	1.888
1	97.102439	29.349244	5.551220	37.969900	3569.097561	12.807195	59.675610	5.129
2	23.991304	39.919348	6.756304	50.121739	11943.804348	6.897217	71.920652	2.367

Observando os resultados da clusterização hierárquica, o cluster 01 é o Cluster com os piores indicadores, o cluster 2 é o com resultados médios e o Cluster 0 é o com melhores indicadores.

Compare os dois resultados, aponte as semelhanças e diferenças e interprete.

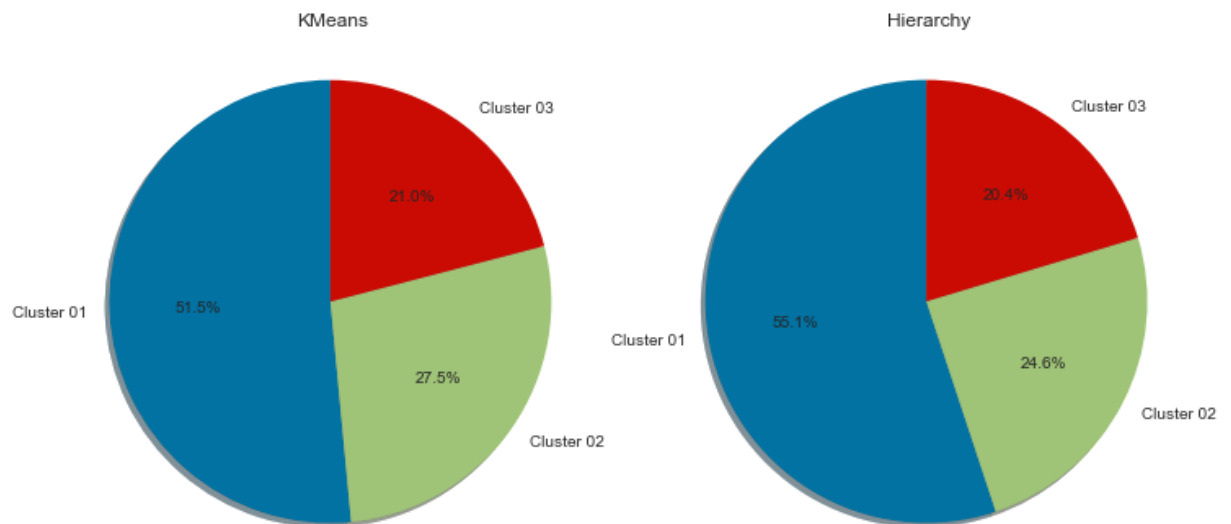
Observando o gráfico com os tamanhos dos clusters é possível identificar pequenas variações nos tamanhos dos clusters.

```
In [165]: import matplotlib.pyplot as plt

fig, (ax0, ax1) = plt.subplots(nrows=1, ncols=2, sharex=True,
                               figsize=(12, 6))

# Pie chart, where the slices will be ordered and plotted counter-clockwise:
labels = 'Cluster 01', 'Cluster 02', 'Cluster 03'
sizes0 = df_results['Clusters'].value_counts(normalize=True)
sizes1 = df_results['Clusters_hc'].value_counts(normalize=True)
#fig1, ax1 = plt.subplots()
ax0.set_title('KMeans')
ax0.pie(sizes0, labels=labels, autopct='%1.1f%%',
        shadow=True, startangle=90)
ax0.axis('equal') # Equal aspect ratio ensures that pie is drawn as a circle.
ax1.set_title('Hierarchy')
ax1.pie(sizes1, labels=labels, autopct='%1.1f%%',
        shadow=True, startangle=90)
ax1.axis('equal') # Equal aspect ratio ensures that pie is drawn as a circle.

plt.show()
```



Semelhanças e Diferenças

Os clusters ficaram com nomes diferentes em cada algoritmo.

No kmeans o Cluster 0 - Piores indicadores, 1 Indicadores Médios, 2 - Melhores indicadores No Hierarchy o Cluster 1 - Piores indicadores, o 2 Indicadores Médios, 0 - Melhores indicadores

```
In [198]: dict= {1: 0, 2: 1, 0: 2}
df_results['Clusters_hc']=df_results['Clusters_hc'].replace(dict)
```

As semelhanças foram em 149 dos 167 países, o que representa 89% dos países.

```
In [201]: se= df_results[df_results['Clusters']==df_results['Clusters_hc']]
se
```

```
Out[201]:
```

	country	child_mort	exports	health	imports	income	inflation	life_expec	total_fer	gdp
0	Afghanistan	90.2	10.0	7.58	44.9	1610	9.44	56.2	5.82	55
1	Albania	16.6	28.0	6.55	48.6	9930	4.49	76.3	1.65	409
2	Algeria	27.3	38.4	4.17	31.4	12900	16.10	76.5	2.89	446
3	Angola	119.0	62.3	2.85	42.9	5900	22.40	60.1	6.16	353
4	Antigua and Barbuda	10.3	45.5	6.03	58.9	19100	1.44	76.8	2.13	1220
...
162	Vanuatu	29.2	46.6	5.25	52.7	2950	2.62	63.0	3.50	297
163	Venezuela	17.1	28.5	4.91	17.6	16500	45.90	75.4	2.47	1350
164	Vietnam	23.3	72.0	6.84	80.2	4490	12.10	73.1	1.95	131
165	Yemen	56.3	30.0	5.18	34.4	4480	23.60	67.5	4.67	131
166	Zambia	83.1	37.0	5.89	30.9	3280	14.00	52.0	5.40	146

149 rows × 15 columns

Os valores de exports, income, life_expec, total_fer e gdp ficaram com médias muito próximas em relação aos dois algoritmos. o health, child_mort, imports, inflation tiveram maiores diferenças.

```
In [209]: df_results.groupby('Clusters').mean()
```

```
Out[209]:
```

	child_mort	exports	health	imports	income	inflation	life_expec	total_fer
Clusters								
0	93.284783	29.287174	6.338478	43.297826	3516.804348	12.097065	59.393478	5.090217
1	22.425581	40.382430	6.215581	46.932162	12770.813953	7.609023	72.582558	2.293256
2	4.897143	58.431429	8.917429	51.508571	45802.857143	2.535000	80.245714	1.741143

```
In [210]: df_results.groupby('Clusters_hc').mean()
```

```
Out[210]:
```

	child_mort	exports	health	imports	income	inflation	life_expec	total
Clusters_hc								
0	97.102439	29.349244	5.551220	37.969900	3569.097561	12.807195	59.675610	5.129
1	23.991304	39.919348	6.756304	50.121739	11943.804348	6.897217	71.920652	2.367
2	5.961765	58.508824	8.501176	48.902941	47588.235294	4.115500	79.982353	1.888



Os 18 casos abaixo, houve diferença na do kmeans para o HC. Alguns até no proprio KMeans estavam com diferença pequena entre dois Clusters, como Bahrain (Cluster 1 e 2 com distância próxima). Outros não, como Cyprus.

```
In [203]: di= df_results[df_results['Clusters']!=df_results['Clusters_hc']]
di
```

Out[203]:

	country	child_mort	exports	health	imports	income	inflation	life_expec	total_fer	g
11	Bahrain	8.6	69.500	4.97	50.9000	41100	7.440	76.0	2.16	20
42	Cyprus	3.6	50.200	5.97	57.5000	33900	2.010	79.9	1.42	30
43	Czech Republic	3.4	66.000	7.88	62.9000	28300	-1.430	77.5	1.51	19
72	Iraq	36.9	39.400	8.41	34.1000	12700	16.600	67.2	4.56	4
81	Kiribati	62.7	13.300	11.30	79.9000	1730	1.520	60.7	3.84	7
87	Lesotho	99.7	39.400	11.10	101.0000	2380	4.150	46.5	3.30	1
88	Liberia	89.3	19.100	11.80	92.6000	700	5.470	60.8	5.02	2
89	Libya	16.6	65.600	3.88	42.1000	29600	14.200	76.1	2.41	12
107	Myanmar	64.4	0.109	1.97	0.0659	3720	7.040	66.8	2.41	1
108	Namibia	56.0	47.800	6.78	60.7000	8460	3.560	58.6	3.60	1
115	Oman	11.7	65.700	2.77	41.2000	45300	15.600	76.1	2.90	19
126	Rwanda	63.6	12.000	10.50	30.0000	1350	2.610	64.6	4.51	1
128	Saudi Arabia	15.7	49.600	4.29	33.0000	45400	17.200	75.1	2.96	19
134	Slovak Republic	7.0	76.300	8.79	77.8000	25200	0.485	75.5	1.43	16
135	Slovenia	3.2	64.300	9.41	62.9000	28700	-0.987	79.5	1.57	20
136	Solomon Islands	28.1	49.300	8.55	81.2000	1780	6.810	61.7	4.24	7
138	South Korea	4.1	49.400	6.93	46.2000	30400	3.160	80.1	1.23	20
154	Turkmenistan	62.0	76.300	2.50	44.5000	9940	2.310	67.9	2.83	4

Escolha de algoritmos

1. Escreva em tópicos as etapas do algoritmo de K-médias até sua convergência.

O kmeans possui dois tipos de inicialização 'k-means++' e 'random'

'k-means++': seleciona os centróides iniciais do cluster usando amostragem baseada em uma distribuição de probabilidade empírica da contribuição dos pontos para a inércia geral. Esta técnica acelera a convergência e está teoricamente comprovada como-ótimo. Veja a descrição de `n_init` para mais detalhes.

'Random': Escolhe de forma pseudo-aleatória.

1. Definição dos centróides (k-means++ ou Random).
2. Cálculo das distancias entre pontos e centroides.
3. Associa os pontos aos clusters correspondentes.
4. Calcula a média dos pontos associados ao centróides.

5. Reajusta o centróides para o centro do cluster.
6. Repete o processo a partir do 2.
7. Para o processo por uma tolerância de variação do centroides no passo 5, ou número máximo de interações.

2. O algoritmo de K-médias converge até encontrar os centróides que melhor descrevem os clusters encontrados (até o deslocamento entre as interações dos centróides ser mínimo). Lembrando que o centróide é o baricentro do cluster em questão e não representa, em via de regra, um dado existente na base. Refaça o algoritmo apresentado na questão 1 a fim de garantir que o cluster seja representado pelo dado mais próximo ao seu baricentro em todas as iterações do algoritmo.

```
In [223]: from sklearn_extra.cluster import KMedoids
kmedoids = KMedoids(n_clusters=3, random_state=0).fit(df_t1)
df_results['Medoïdes']=kmedoids.labels_
```

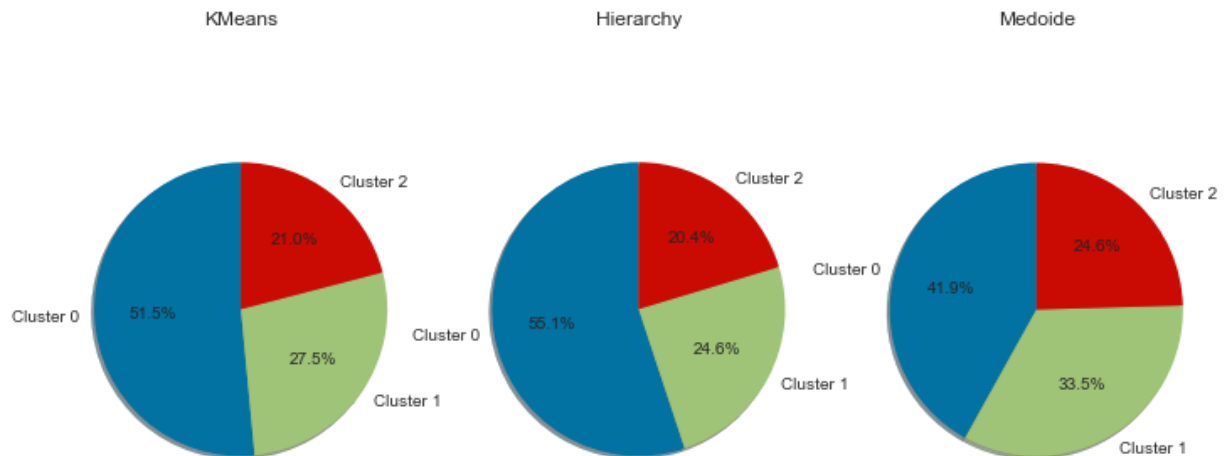
```
In [226]: import matplotlib.pyplot as plt

fig, (ax0, ax1, ax2) = plt.subplots(nrows=1, ncols=3, sharex=True,
                                    figsize=(12, 6))

# Pie chart, where the slices will be ordered and plotted counter-clockwise:
labels = 'Cluster 0', 'Cluster 1', 'Cluster 2'
sizes0 = df_results['Clusters'].value_counts(normalize=True)
sizes1 = df_results['Clusters_hc'].value_counts(normalize=True)
sizes2 = df_results['Medoides'].value_counts(normalize=True)
#fig1, ax1 = plt.subplots()
ax0.set_title('KMeans')
ax0.pie(sizes0, labels=labels, autopct='%1.1f%%',
        shadow=True, startangle=90)
ax0.axis('equal') # Equal aspect ratio ensures that pie is drawn as a circle.
ax1.set_title('Hierarchy')
ax1.pie(sizes1, labels=labels, autopct='%1.1f%%',
        shadow=True, startangle=90)
ax1.axis('equal') # Equal aspect ratio ensures that pie is drawn as a circle.

ax2.set_title('Medoide')
ax2.pie(sizes2, labels=labels, autopct='%1.1f%%',
        shadow=True, startangle=90)
ax2.axis('equal') # Equal aspect ratio ensures that pie is drawn as a circle.

plt.show()
```



Com a inclusão do Medoide do sklearn, o Cluster 0 ficou menor, e o Cluster 1 ficou maior, assim como o cluster 2. Diferença maior que o Kmeans e o Hierarchy. O Kmeans parece ter ficado como intermediário entre Hierarchy e medoide.

```
In [258]: dict= {1: 0, 2: 1, 0: 2}
df_results['Medooides']=df_results['Medooides'].replace(dict)
df_results['Alg2']='Medoide'
df_grupo_med=df_results.groupby(['Medooides', 'Alg2']).mean()
df_grupo_med
```

```
Out[258]:
```

		child_mort	exports	health	imports	income	inflation	life_expe
Medooides	Alg2							
0	Medoide	98.256098	28.341707	6.147805	41.134146	3246.902439	12.653049	59.02682
1	Medoide	27.974286	42.701271	5.813571	50.710941	10903.000000	8.336871	71.05285
2	Medoide	7.221429	48.466071	8.557321	46.328571	35121.964286	3.521607	78.37500

```
In [264]: df_results['Alg0']='Kmeans'
df_results['Alg1']='Hierarchy'
df_grupo_km=df_results.groupby(['Clusters', 'Alg0']).mean()
df_grupo_hc=df_results.groupby(['Clusters_hc', 'Alg1']).mean()
df_grupo=pd.concat([df_grupo_km, df_grupo_med], axis=0)
df_grupo=pd.concat([df_grupo, df_grupo_hc], axis=0)
df_grupo_v=df_grupo[['child_mort', 'exports', 'health', 'imports', 'income', 'inflation', 'life_expe']]
df_grupo_v
```

```
Out[264]:
```

		child_mort	exports	health	imports	income	inflation	life_expe
Clusters	Alg0							
0	Kmeans	93.284783	29.287174	6.338478	43.297826	3516.804348	12.097065	59.39347
1	Kmeans	22.425581	40.382430	6.215581	46.932162	12770.813953	7.609023	72.58255
2	Kmeans	4.897143	58.431429	8.917429	51.508571	45802.857143	2.535000	80.24571
0	Medoide	98.256098	28.341707	6.147805	41.134146	3246.902439	12.653049	59.02682
1	Medoide	27.974286	42.701271	5.813571	50.710941	10903.000000	8.336871	71.05285
2	Medoide	7.221429	48.466071	8.557321	46.328571	35121.964286	3.521607	78.37500
0	Hierarchy	97.102439	29.349244	5.551220	37.969900	3569.097561	12.807195	59.67561
1	Hierarchy	23.991304	39.919348	6.756304	50.121739	11943.804348	6.897217	71.92065
2	Hierarchy	5.961765	58.508824	8.501176	48.902941	47588.235294	4.115500	79.98235

3. O algoritmo de K-médias é sensível a outliers nos dados. Explique.

É sensível a outliers, porque os centroides são ajustados pela distância dos pontos até os centróides, os outliers podem deslocar os centróides porque eles teriam uma influência por gerar distância maiores até o centróides. As vezes pode ser uma feature com valor muito alto e com isso influenciar a distância do ponto ao centróide, e consequentemente na média e no ajuste do centróide.

4. Por que o algoritmo de DBScan é mais robusto à presença de outliers?

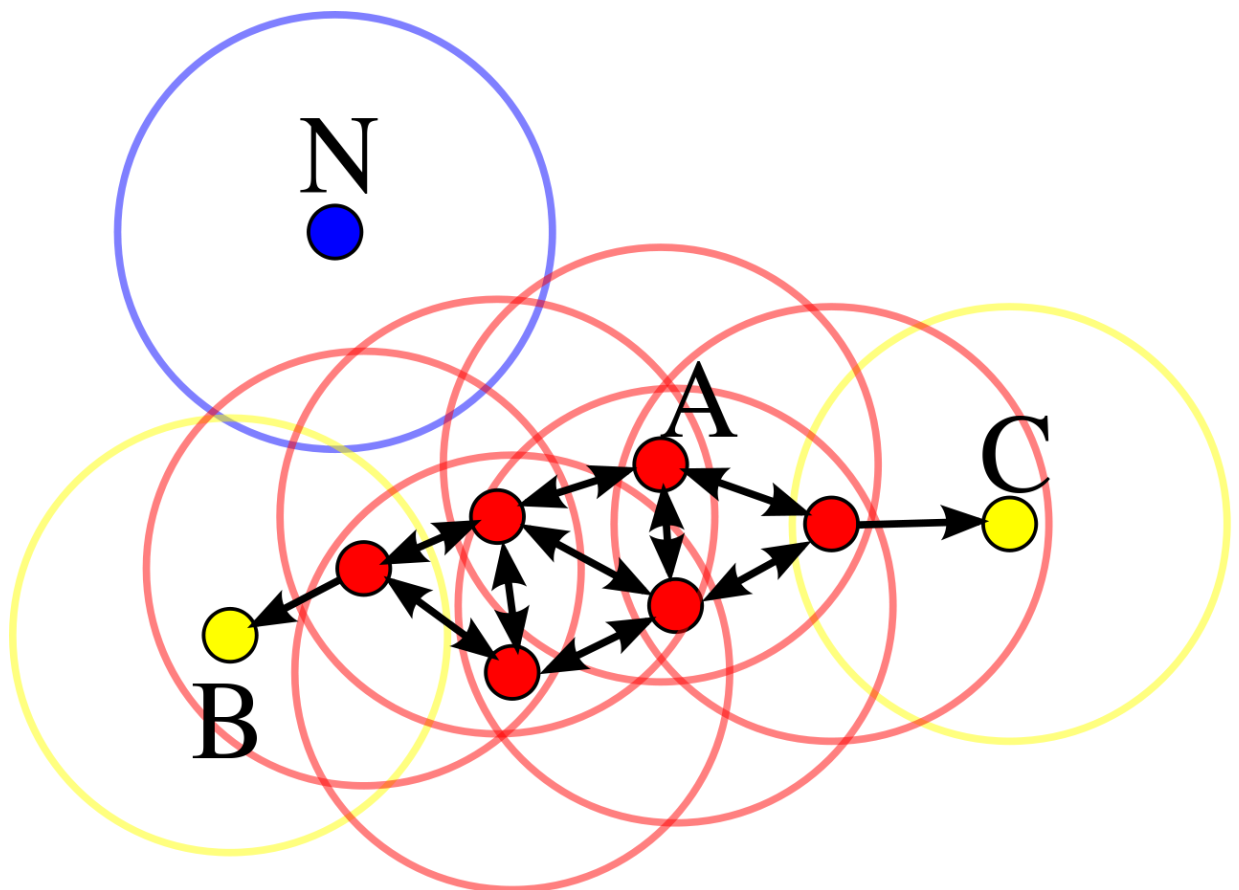
O DBScan é um algoritmo baseado em densidade. Dado um conjunto de pontos em algum espaço, ele agrupa pontos que estão próximos (pontos com muitos vizinhos próximos), marcando como outliers pontos que estão sozinhos em regiões de baixa densidade (cujos vizinhos mais próximos estão muito distantes).

O algoritmo trabalha com o conceito de Acessibilidade de Conectividade. Um ponto é acessível de um outro ponto se tem uma distância menor ou igual a um valor epsilon. A conectividade é um ponto que está conectável a outro ponto que seja acessível através de um ponto acessível do primeiro ponto. Ou seja A e B são acessíveis, B e C são acessíveis, então A e C são conectáveis.

Os pontos são então classificados como core, quando possuem um número mínimo de vizinhos, dentro do raio epsilon. Os pontos conectáveis a partir dos pontos core, são pontos acessíveis.

Os pontos são rotulados como core (mínimo de vizinhos), e os demais são rotulados como ruído. Os pontos core são propagados através dos pontos acessíveis. Dessa forma os pontos isolados acabam ficando de fora do cluster e não tendo nenhuma influência sobre eles. Os pontos isolados não vão ter pontos dentro do raio de distância epsilon e não serão acessíveis a partir dos pontos core.

Exemplo: Ponto A é um ponto core, possui 3 pontos dentro do raio epsilon. B e C são pontos acessíveis e pertencem ao mesmo cluster. O ponto N não é acessível e nem possui pontos dentro do raio epsilon. N não influencia em nada no cluster de A, porque se N não existisse o cluster de A seria definido da mesma forma.



```
In [ ]: from sklearn.cluster import DBSCAN  
        from sklearn.datasets import make_blobs  
        from sklearn.preprocessing import StandardScaler
```

```
In [74]: from unicodedata import normalize
import pycaret.clustering as pc
```

```
pc.setup(df, normalize=True, remove_outliers = True)
kmeanspc = pc.create_model('kmeans', n_clusters=3)
```

```
C:\Users\Erik\AppData\Roaming\Python\Python39\site-packages\sklearn\base.py:45
0: UserWarning: X does not have valid feature names, but IsolationForest was fi
tted with feature names
warnings.warn(
C:\Users\Erik\AppData\Roaming\Python\Python39\site-packages\sklearn\base.py:45
0: UserWarning: X does not have valid feature names, but IsolationForest was fi
tted with feature names
warnings.warn(
```

	Description	Value
0	Session id	4245
1	Original data shape	(167, 9)
2	Transformed data shape	(158, 9)
3	Numeric features	9
4	Preprocess	True
5	Imputation type	simple
6	Numeric imputation	mean
7	Categorical imputation	constant
8	Low variance threshold	0
9	Remove outliers	True
10	Outliers threshold	0.050000
11	Normalize	True
12	Normalize method	zscore
13	CPU Jobs	-1
14	Use GPU	False
15	Log Experiment	False
16	Experiment Name	cluster-default-name
17	USI	6d86

	Silhouette	Calinski-Harabasz	Davies-Bouldin	Homogeneity	Rand Index	Completeness
0	0.2496	61.7712	1.3302	0	0	0

```
Processing: 0%|          | 0/3 [00:00<?, ?it/s]
```

```
C:\Users\Erik\AppData\Roaming\Python\Python39\site-packages\sklearn\base.py:45
0: UserWarning: X does not have valid feature names, but IsolationForest was fi
tted with feature names
warnings.warn(
```

In []:

```
In [75]: kmean_results = pc.assign_model(kmeans)
kmean_results['Cluster'].value_counts(normalize=True)
```

```
Out[75]: Cluster 1    0.514970
Cluster 0    0.275449
Cluster 2    0.209581
Name: Cluster, dtype: float64
```

Clusterização Hierárquica Para os resultados, do K-Médias: Interprete cada um dos clusters obtidos citando: Qual a distribuição das dimensões em cada grupo O país, de acordo com o algoritmo, melhor representa o seu agrupamento. Justifique Para os resultados da Clusterização Hierárquica, apresente o dendograma e interprete os resultados Compare os dois resultados, aponte as semelhanças e diferenças e interprete.

Type *Markdown* and LaTeX: α^2