Controle Fuzzy

Autor: Jorge Vitor Gonçalves de Souza

O objetivo deste trabalho é desenvolver um controlador fuzzy para o sistema apresentado. O controlador deve manter a água em um limiar pré definido. Para isso temos o controle da válvula de saída R, que possui uma vazão q_0 sendo que: $0 \leq q_0 \leq 15l/s$. A entrada possui um fluxo contínuo q_i sendo que: $0 > q_i \leq 15l/s$. A altura h do tanque é de $100cm$ e o limiar L pode assumir qualquer valor maior que 0 e menor que 80.

Bibliotecas Utilizadas

In [1]:
```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import skfuzzy as fuzz
import random as rd
import statistics
```

Função de Pertinencia

A função de pertinência utilizada foi a trapezoidal.

In [2]:
```
def trapezoidal(i, a, m, n, b):
    y = list()
    for x in i:
        y.append(max(min((x - a)/(m - a), 1,(b - x)/(b - n)), 0))
    return y
```

Simulação da Vazão de Entrada

A fim de simular a vazão da válvula de entrada no tanque foi sorteado um valor aleatório entre 0 e 15 por meio da função **random.randint()**.

In [3]:
```
def valvEntrada():
    return  rd.randint(1, 15) # um número para simular a vazão de entrada
```

Antecedentes

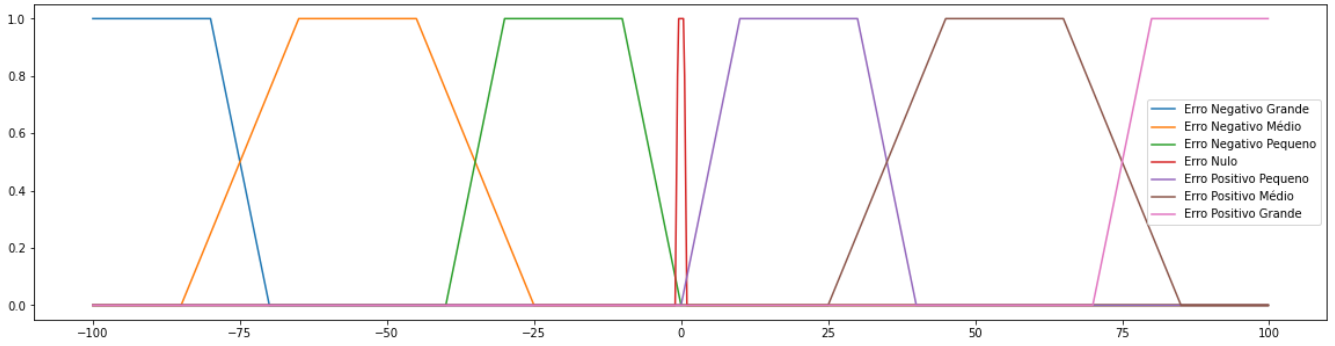
Antecedentes utilizados:

- Erro Negativo Grande
- Erro Negativo Médio
- Erro Negativo Pequeno
- Erro Nulo
- Erro Positivo Pequeno
- Erro Positivo Médio
- Erro Positivo Grande

In [4]:
```
erro = np.linspace(-100, 100, 1000, False) # declara o intervalo do antecedente

ante = list()
```

```
ante.append(trapezoidal(erro, -110, -100, -80, -70)) # negativo grande
ante.append(trapezoidal(erro, -85, -65, -45, -25))   # negativo médio
ante.append(trapezoidal(erro, -40, -30, -10, 0))     # negativo pequeno
ante.append(trapezoidal(erro, -1, -0.5, 0.5, 1))     # nulo
ante.append(trapezoidal(erro, 0, 10, 30, 40))        # positivo pequeno
ante.append(trapezoidal(erro, 25, 45, 65, 85))       # positivo médio
ante.append(trapezoidal(erro, 70, 80, 100, 110))     # positivo grande

plt.figure(1,figsize=((20,5)))
plt.plot(erro, ante[0], label="Erro Negativo Grande")
plt.plot(erro, ante[1], label="Erro Negativo Médio")
plt.plot(erro, ante[2], label="Erro Negativo Pequeno")
plt.plot(erro, ante[3], label="Erro Nulo")
plt.plot(erro, ante[4], label="Erro Positivo Pequeno")
plt.plot(erro, ante[5], label="Erro Positivo Médio")
plt.plot(erro, ante[6], label="Erro Positivo Grande")
plt.legend(loc="center right")
```

Out[4]: `<matplotlib.legend.Legend at 0x7f474b6b5610>`



Consequentes

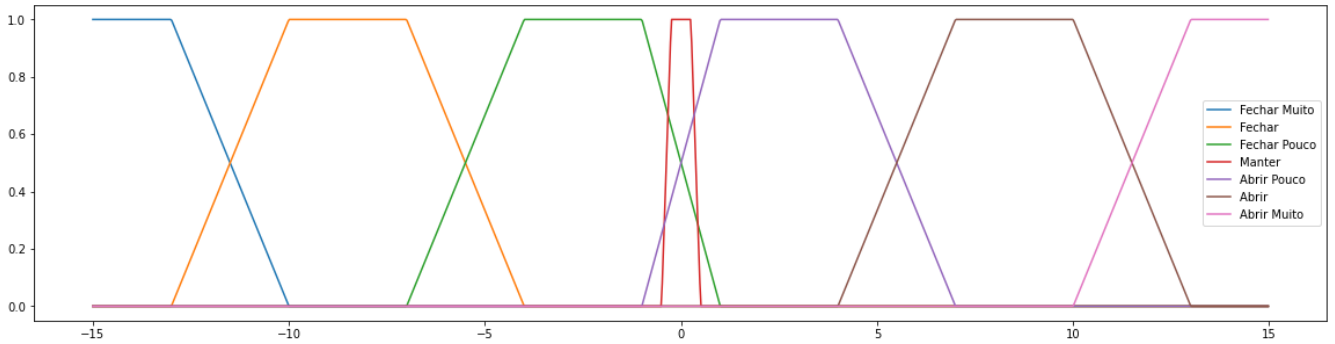
Consequentes utilizados:

- Fechar Muito
- Fechar
- Fechar Pouco
- Manter
- Abrir Pouco
- Abrir
- Abrir Muito

In [5]:
```
saida = np.linspace(-15, 15, 1000, False)  # declara o intervalo do consequente

cons = list()

cons.append(trapezoidal(saida, -19, -15, -13, -10))     # fechar muito
cons.append(trapezoidal(saida, -13, -10, -7, -4))       # fechar
cons.append(trapezoidal(saida, -7, -4, -1, 1))          # fechar pouco
cons.append(trapezoidal(saida, -0.5, -0.25, 0.25, 0.5)) # manter
cons.append(trapezoidal(saida, -1, 1, 4, 7))            # abrir pouco
cons.append(trapezoidal(saida, 4, 7, 10, 13))           # abrir
cons.append(trapezoidal(saida, 10, 13, 15, 19))         # abrir muito

plt.figure(2, figsize=((20, 5)))
plt.plot(saida, cons[0], label="Fechar Muito")
plt.plot(saida, cons[1], label="Fechar ")
plt.plot(saida, cons[2], label="Fechar Pouco")
plt.plot(saida, cons[3], label="Manter")
plt.plot(saida, cons[4], label="Abrir Pouco")
plt.plot(saida, cons[5], label="Abrir ")
plt.plot(saida, cons[6], label="Abrir Muito")
```

```
plt.legend(loc="center right")
```

Out[5]: <matplotlib.legend.Legend at 0x7f474ae13670>



Declaração de Variáveis Utilizadas

In [6]:
```
limiar = 70       # define o limiar
deff_out = 0      # variável que guarda o valor defuzificado
nivel_at = 0      # nível atual
out_val = 0       # vazão da válvula de saída
corr = list()     # lista que armazena o nível após cada iteração
erro_at = 0       # variável que guarda o erro atualizado
```

Mamdani

Regras Fuzzy Utilizadas:

- Se A é Negativo Grande, então C é Fechar Muito
- Se A é Negativo Médio, então C é Fechar
- Se A é Negativo Pequeno, então C é Fechar Pouco
- Se A é Nulo, então C é Manter
- Se A é Positivo Pequeno, então C é Abrir Pouco
- Se A é Positivo Médio, então C é Abrir
- Se A é Positivo Grande, então C é Abrir Muito

In [7]:
```
for i in range(len(erro)):

    if i < 500:                        # recebe o valor da vazão na válvula de entr
        in_val= valvEntrada()
    else:
        in_val = 8

    nivel_at = nivel_at + in_val      # atualiza o nível atual de acordo com os v
    erro_at = int((nivel_at - limiar) - 500) # atualiza o erro atual

    b1 = list()
    b2 = list()
    b3 = list()
    b4 = list()
    b5 = list()
    b6 = list()
    b7 = list()
    out = list()

    for j in range(len(saida)):
        b1.append(min(ante[0][erro_at] , cons[0][j]))
        b2.append(min(ante[1][erro_at] , cons[1][j]))
        b3.append(min(ante[2][erro_at] , cons[2][j]))
        b4.append(min(ante[3][erro_at] , cons[3][j]))
        b5.append(min(ante[4][erro_at] , cons[4][j]))
```

```
        b6.append(min(ante[5][erro_at] , cons[5][j]))
        b7.append(min(ante[6][erro_at] , cons[6][j]))
        out.append(max(b1[j], b2[j], b3[j], b4[j], b5[j], b6[j], b7[j]))

    deff_out = fuzz.defuzz(saida, np.array(out), 'centroid')

    if(out_val + deff_out > 15):        # verificação da vazão de saída
        out_val = 15
    elif(out_val + deff_out < 0):
        out_val = 0
    else:
        out_val = out_val + deff_out

    corr.append(nivel_at)
    nivel_at = nivel_at - out_val       # atualiza o nível de acordo com a vazão
```

Resultado Gráfico

In [8]:
```
x = list()
y_lim = list()

for i in range(1000):
    x.append(i)
    y_lim.append(70)

desv_padrao = statistics.pstdev(corr)
media = statistics.mean(corr)
print("Média: " + str(media))
print("Desvio Padrão: " + str(desv_padrao))

plt.figure(3, figsize = ((20, 5)))
plt.yticks(np.arange(0, 100, 10))
plt.xticks(np.arange(0, 1000, 100))
plt.ylim(0,100)
plt.xlim(0, 1000)
plt.plot(x, corr, color='m', label="Nível")
plt.plot(x, y_lim, color = 'b', label="Limiar")
plt.legend(loc="center right")
```

```
Média: 69.50413375715222
Desvio Padrão: 9.519667619090162
```

Out[8]:
```
<matplotlib.legend.Legend at 0x7f474ad22850>
```