Trabalho VI - Caixeiro Viajante (Simulated Annealing)

Gabriel Victor Carvalho Rocha - 2018054907

In [1]:
```python
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
```

In [2]:
```python
def distancia_euclidiana(xi, yi, xj, yj):
    return np.sqrt(np.square(xi - xj) + np.square(yi - yj))
```

In [3]:
```python
def gera_distancias(x, y, N):
    dist = np.zeros((N, N))
    for i in range(N):
        for j in range(N):
            dist[i, j] = distancia_euclidiana(x[i], y[i], x[j], y[j])
    return dist
```

In [4]:
```python
def custo_caminho(cam, dist, N):
    ener = 0
    for i in range(N - 1):
        ener += dist[cam[i], cam[i + 1]]
    ener += dist[cam[0], cam[N - 1]]
    return ener
```

In [5]:
```python
def inicio(N):
    x = [np.random.uniform(0, 1) for _ in range(N)]
    y = [np.random.uniform(0, 1) for _ in range(N)]
    cam = np.arange(N)
    np.random.shuffle(cam)
    return x, y, cam
```

In [6]:
```python
def novo_caminho(cam, dist, N, T):
    ncam = np.zeros(N, dtype=np.int16)
    i = np.random.randint(N)
    j = i
    while i == j:
        j = np.random.randint(N)
    if i > j:
        ini = j
        fim = i
    else:
        ini = i
        fim = j

    for k in range(N):
        if k >= ini and k <= fim:
            ncam[k] = cam[fim - k + ini]
        else:
            ncam[k] = cam[k]

    esq = ini - 1
    if esq < 0: esq = N - 1
    dire = fim + 1
    if dire > (N - 1): dire = 0
    de = - dist[cam[esq], cam[ini]] - dist[cam[dire], cam[fim]] + dist[ncam[esq], ncam[ini]] + dist[ncam[dire],

    if de < 0:
        return ncam
    elif np.random.uniform(0, 1) < np.exp(- de / T):
        return ncam
    return cam
```

In [7]:
```python
def monte_carlo(cam, dist, Ti, Tf, dt, N):
    T = Ti
    custos = np.array([])
    caminhos = []
    count = 0
    while T > Tf:
        for _ in range(100):
            cam = novo_caminho(cam, dist, N, T)
        T = T * dt
        custos = np.append(custos, custo_caminho(cam, dist, N))
        if count % 25 == 0:
            caminhos.append(cam)
        count += 1
    caminhos.append(cam)
    return custos, caminhos
```

In [8]:
```python
def grafo_caminho(x, y, cam, N):
    caminho_x = np.zeros(N, dtype=np.float32)
    caminho_y = np.zeros(N, dtype=np.float32)
    for i in range(N):
        caminho_x[i] = x[cam[i]]
        caminho_y[i] = y[cam[i]]
    return caminho_x, caminho_y
```

In [9]:
```python
def gera_todos_caminhos(caminhos, x, y, N):
    c_x, c_y = [], []

    for i in range(len(caminhos)):
        n_x, n_y = grafo_caminho(x, y, caminhos[i], N)
        c_x.append(n_x)
        c_y.append(n_y)
    return c_x, c_y
```

In [10]:
```python
def plota_cidades(x, y, title, c="steelblue"):
    plt.plot(x, y, color=c)
    plt.scatter(x, y, color='black')
    plt.title(title)
    plt.show()
```

In [11]:
```python
def gera_todos_grafos_cidades(caminhos, x, y, N):
    c_x, c_y = gera_todos_caminhos(caminhos, x, y, N)
    for i in range(len(caminhos)):
        if i == len(caminhos) - 1:
            plota_cidades(c_x[i], c_y[i], "Final")
        elif i != 0:
            plota_cidades(c_x[i], c_y[i], f"{i * 25}º variação de temperatura")
        else:
            plota_cidades(c_x[i], c_y[i], "Inicio")
```

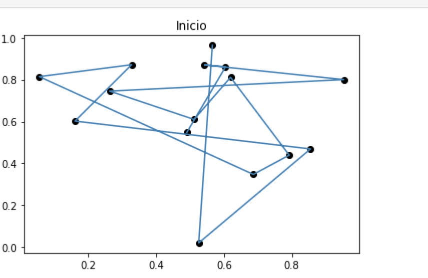
In [12]:
```python
def gera_grafico_custo_temperatura(custos):
    plt.title("Simulted Annealing")
    plt.xlabel("Iterações por variação de temperatura")
    plt.ylabel("Custo (Energia)")
    plt.plot(custos, color="steelblue")
    plt.show()
```

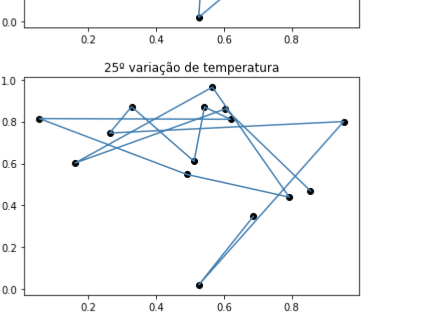
In [13]:
```python
def simulated_annealing(N, Ti, dt, Tf):
    x, y, cam = inicio(N)

    dist = gera_distancias(x, y, N)

    custos, caminhos = monte_carlo(cam, dist, Ti, Tf, dt, N)

    return caminhos, custos, x, y, N
```

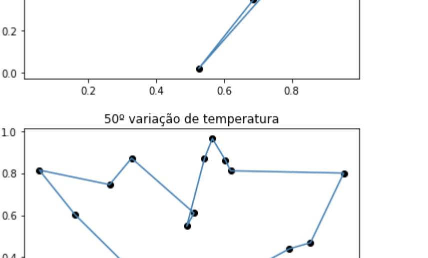
Para 15 cidades:

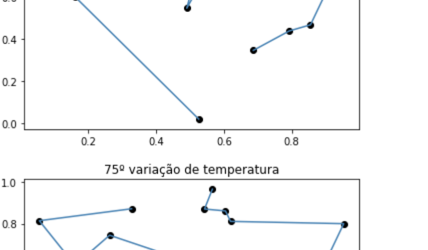
In [14]:
```python
caminhos, custos, x, y, N = simulated_annealing(N=15, Ti=10, dt=0.9, Tf=0.001)
```

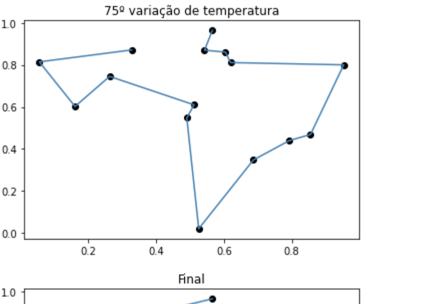
In [15]:
```python
gera_todos_grafos_cidades(caminhos, x, y, N)
```



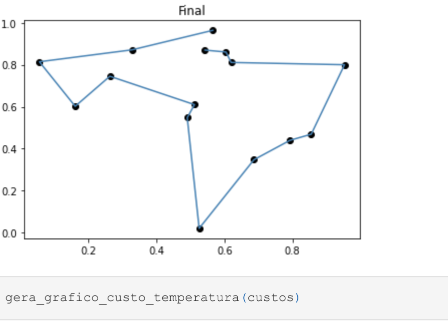








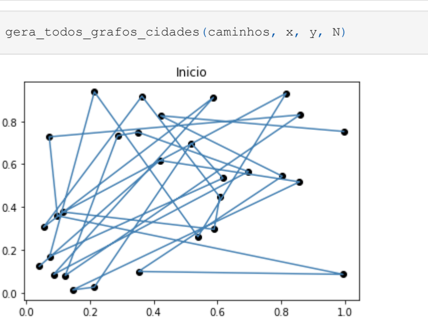
In [16]:
```python
gera_grafico_custo_temperatura(custos)
```

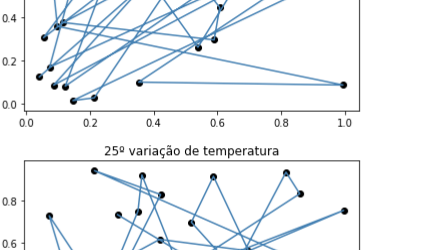


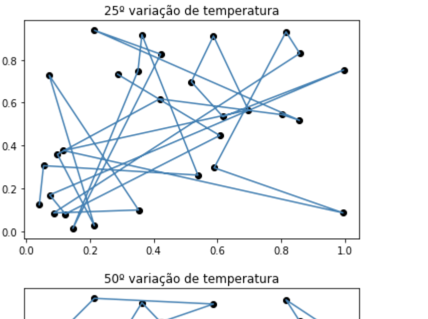
Para 30 cidades:

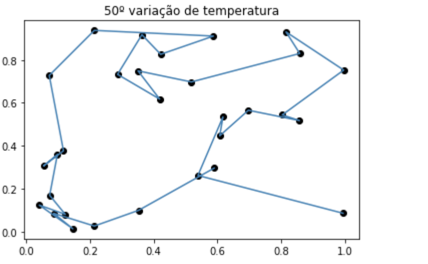
In [17]:
```python
caminhos, custos, x, y, N = simulated_annealing(N=30, Ti=10, dt=0.9, Tf=0.001)
```

In [18]:
```python
gera_todos_grafos_cidades(caminhos, x, y, N)
```

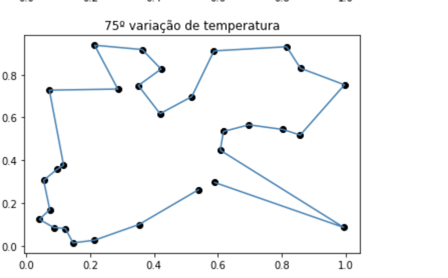








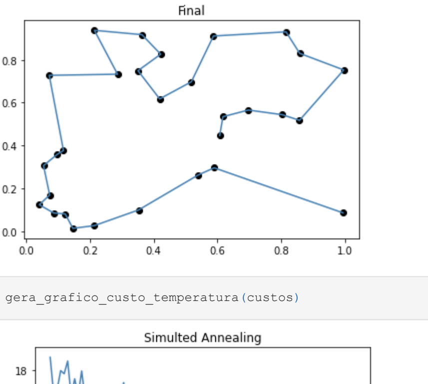
In [19]:
```python
gera_grafico_custo_temperatura(custos)
```

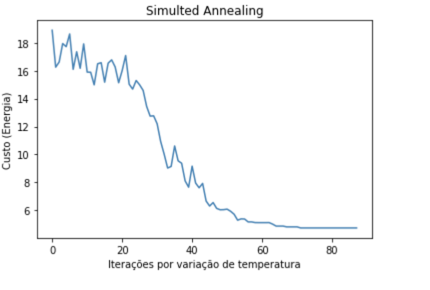


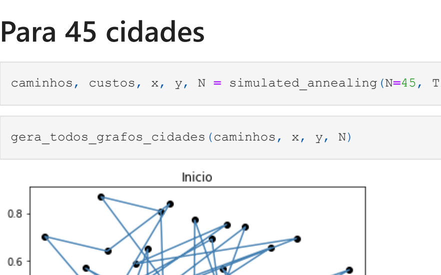
Para 45 cidades

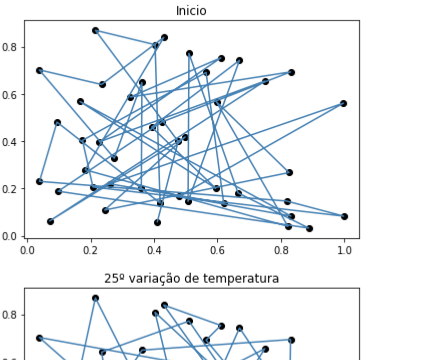
In [20]:
```python
caminhos, custos, x, y, N = simulated_annealing(N=45, Ti=10, dt=0.9, Tf=0.001)
```

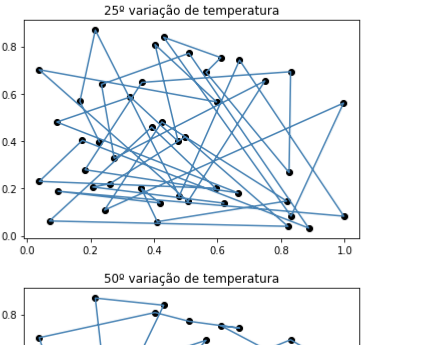
In [21]:
```python
gera_todos_grafos_cidades(caminhos, x, y, N)
```



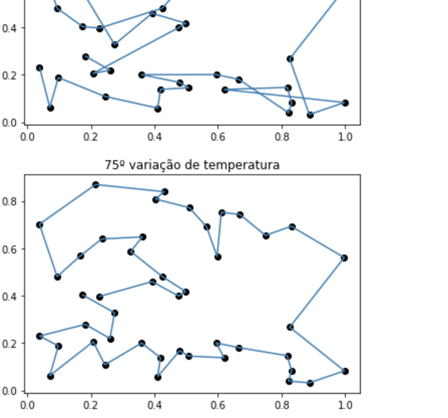








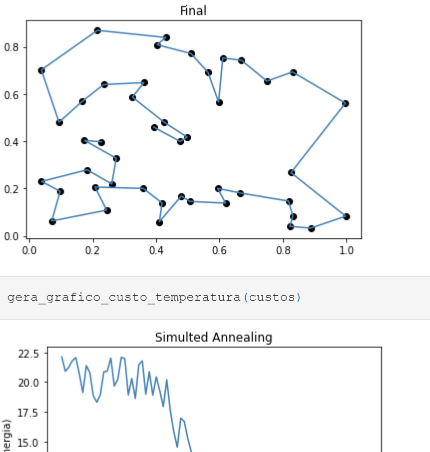
In [22]:
```python
gera_grafico_custo_temperatura(custos)
```

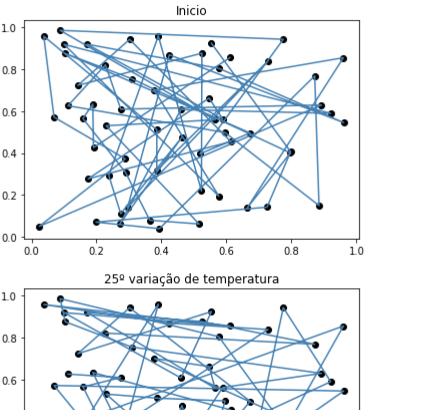


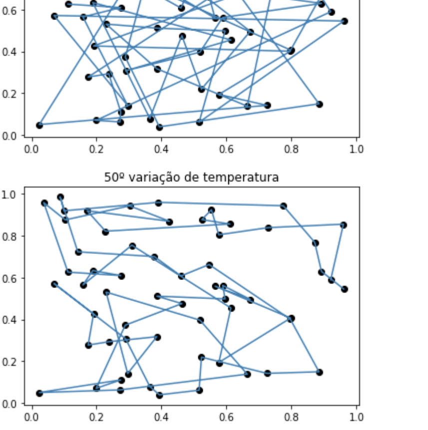
Para 60 cidades

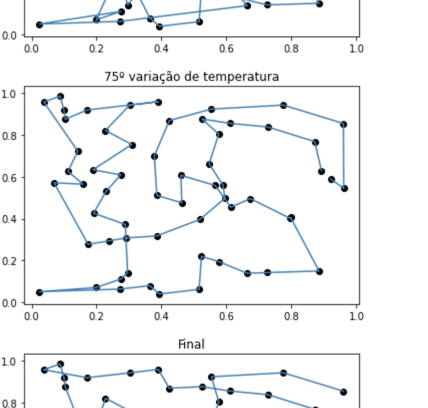
In [23]:
```python
caminhos, custos, x, y, N = simulated_annealing(N=60, Ti=10, dt=0.9, Tf=0.001)
```

In [24]:
```python
gera_todos_grafos_cidades(caminhos, x, y, N)
```

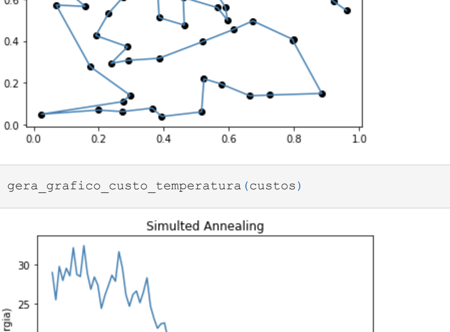








In [25]:
```python
gera_grafico_custo_temperatura(custos)
```



Analisando os gráficos de Custos (Energia) em função do número de Iterações por variação de temperatura, podemos perceber que quanto maior o número de cidades, mais devagar é a convergência para o valor ótimo (ou quase ótimo para um número de cidades maior). Apesar disso, para 60 cidades ainda se mantem uma convergência relativamente rápida, além do algoritmo ser executado bem rapidamente.

Já utilizei o seu "concorrente", os algoritmos genéticos, porém sua implementação foi bem mais custosa, pois precisa ter uma forma onde mutações e crossovers ocorram satisfatoriamente e com um custo computacional baixo, já que essas operações serão executadas a todo momento, porém em todas minhas experiências foram algoritmos lentos e bem demorados, dificilmente chegando em ótimos globais.

O algoritmo foi bem legal de ser implementado, ver o caminho gerando entre as variações de temperaturas foi bastante interessante.