

```

import time
import random
import string
import heapq
import bisect
import matplotlib.pyplot as plt
import sys

# Segurança para evitar erro de recursão em listas gigantes
sys.setrecursionlimit(2000)

# =====
# 1. IMPLEMENTAÇÃO DO ALGORITMO (Patience Sort)
# =====

def patience_sort(seq: list, key=None, reverse: bool=False) -> list:
    """
    Implementação Robusta do Patience Sort.
    Estratégia: Ordena crescentemente e inverte o final se necessário.
    Isso garante estabilidade e corretude absoluta.
    """
    if key is None:
        def key(x): return x

    piles = []
    # 'tops' armazena apenas as CHAVES dos topos para a busca binária funcionar
    tops = []

    # --- Fase 1: Distribuição nas Pilhas ---
    for x in seq:
        k = key(x)
        # Busca binária na lista de chaves (tops)
        # Encontra a pilha mais à esquerda onde k >= topo
        idx = bisect.bisect_left(tops, k)

        if idx == len(tops):
            piles.append([x])
            tops.append(k)
        else:
            piles[idx].append(x)
            tops[idx] = k

    # --- Fase 2: Merge das Pilhas (O(N log P)) ---
    heap = []
    # O contador serve como critério de desempate seguro para o Heap
    counter = 0

    # Inicializa o heap com o topo de cada pilha
    # Estrutura do Heap: (chave, indice_pilha, valor_original)
    # Usamos o indice_pilha 'i' para garantir que nunca comparamos objetos sem suporte a '>'
    for i, p in enumerate(piles):
        if p:
            val = p.pop()
            heapq.heappush(heap, (key(val), i, val))

    result = []
    while heap:
        # Extraí o menor elemento disponível (Min-Heap)
        _, i, val = heapq.heappop(heap)
        result.append(val)

        # Se ainda houver itens na pilha de onde tiramos o valor, colocamos o próximo no heap
        if piles[i]:
            prox_val = piles[i].pop()
            heapq.heappush(heap, (key(prox_val), i, prox_val))

    # REQUISITO: Ordenação Decrescente
    # Se reverse=True, apenas invertemos a lista ordenada.
    if reverse:
        return result[::-1]

    return result

# =====
# 2. VALIDAÇÃO DE CORRETUDE (Rigorous Check)
# =====

def validar_implementacao():
    print("\n" + "="*60)
    print(" [PASSO 1] VALIDAÇÃO DE CORRETUDE (CRESCENTE E DECRESCENTE)")
    print("-"*60)

```

```

print("-" * 60)

# Testa vários tamanhos e cenários aleatórios
testes = [
    [random.randint(0, 100) for _ in range(15)],
    [random.randint(0, 1000) for _ in range(100)],
    [random.randint(0, 10000) for _ in range(1000)],
    [5, 4, 3, 2, 1], # Lista já invertida
    [1, 2, 3, 4, 5], # Lista já ordenada
    [1, 1, 1, 1, 1] # Lista com iguais
]

for i, lista in enumerate(testes):
    tam = len(lista)

    # Teste 1: Crescente
    meu_res = patience_sort(lista[:], reverse=False)
    py_res = sorted(lista[:], reverse=False)
    assert meu_res == py_res, f"ERRO Crescente no tamanho {tam}. \nEsperado: {py_res}\nObtido: {meu_res}"

    # Teste 2: Decrescente
    meu_res_desc = patience_sort(lista[:], reverse=True)
    py_res_desc = sorted(lista[:], reverse=True)
    assert meu_res_desc == py_res_desc, f"ERRO Decrescente no tamanho {tam}. \nEsperado: {py_res_desc}\nObtido: {meu_res_desc}"

    print(f"✅ Tamanho {tam}<5} | Crescente: OK | Decrescente: OK")

print("-" * 60)
print("RESULTADO: O algoritmo passou em TODOS os testes de lógica.")

# =====
# 3. MEDIÇÃO DE TEMPO (Output no Terminal)
# =====

def gerar_dados(tamanho, tipo='int'):
    if tipo == 'int':
        return [random.randint(0, 1000000) for _ in range(tamanho)]
    elif tipo == 'str':
        return [''.join(random.choices(string.ascii_letters, k=10)) for _ in range(tamanho)]

def medir_tempo_ms(algoritmo, lista):
    inicio = time.perf_counter()
    algoritmo(lista)
    fim = time.perf_counter()
    return (fim - inicio) * 1000.0

def executar_experimentos():
    print("\n" + "="*60)
    print(" [PASSO 2] MEDIÇÃO DE TEMPO (GERANDO DADOS...)")
    print("="*60)

    tamanhos = [100, 1000, 10000, 100000]

    res_int = []
    res_str = []

    print(f"{'N (ITENS)':<12} | {'INTEIROS (ms)':<15} | {'STRINGS (ms)':<15}")
    print("-" * 60)

    for n in tamanhos:
        l_int = gerar_dados(n, 'int')
        l_str = gerar_dados(n, 'str')

        # Mede Inteiros
        t_int = medir_tempo_ms(patience_sort, l_int[:])
        res_int.append(t_int)

        # Mede Strings
        t_str = medir_tempo_ms(patience_sort, l_str[:])
        res_str.append(t_str)

    print(f"{'n':<12} | {'t_int:<15.4f'} | {'t_str:<15.4f}")

    print("="*60)
    return tamanhos, res_int, res_str

# =====
# 4. GERAÇÃO DE GRÁFICOS
# =====

def gerar_graficos(tamanhos, r_int, r_str):
    print("\n[PASSO 3] Gerando e salvando gráficos...")
    plt.style.use('bmh')

```

```

# Gráfico 1: Escala Linear
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.plot(tamanhos, r_int, marker='o', linestyle='-', color='blue', label='Inteiros')
plt.title("Tempo de Execução - Escala Linear")
plt.xlabel("Tamanho da Entrada (N)")
plt.ylabel("Tempo (ms)")
plt.legend()
plt.grid(True)
plt.savefig("grafico_1_linear.png")
print("-> Arquivo salvo: grafico_1_linear.png")

# Gráfico 2: Comparativo
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.plot(tamanhos, r_int, marker='o', label='Inteiros', color='blue')
plt.plot(tamanhos, r_str, marker='s', label='Strings', color='red')
plt.title("Comparativo: Inteiros vs Strings")
plt.xlabel("Tamanho da Entrada (N)")
plt.ylabel("Tempo (ms)")
plt.legend()
plt.grid(True)
plt.savefig("grafico_2_comparacao.png")
print("-> Arquivo salvo: grafico_2_comparacao.png")

# Gráfico 3: Log-Log
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.loglog(tamanhos, r_int, marker='o', color='purple')
plt.title("Análise Assintótica (Log-Log)")
plt.xlabel("Log(N)")
plt.ylabel("Log(Tempo)")
plt.grid(True, which="both", ls="--", alpha=0.5)
plt.savefig("grafico_3_log.png")
print("-> Arquivo salvo: grafico_3_log.png")

# =====
# EXECUÇÃO GERAL
# =====
if __name__ == "__main__":
    # 1. Validação
    validar_implementacao()

    # 2. Experimentos
    tam, r_int, r_str = executar_experimentos()

    # 3. Gráficos
    gerar_graficos(tam, r_int, r_str)

    # 4. Teste Visual de Objetos
    class Produto:
        def __init__(self, nome, preco):
            self.nome = nome
            self.preco = preco
        def __repr__(self): return f"{self.nome}: R${self.preco}"

    print("\n[BÔNUS] Teste Visual com Objetos:")
    prods = [Produto("Café", 15), Produto("Arroz", 20), Produto("Balinha", 0.5)]
    print(f"Original: {prods}")
    print(f"Crescente: {patience_sort(prods, key=lambda p: p.preco)}")
    print(f"Decrescente: {patience_sort(prods, key=lambda p: p.preco, reverse=True)}")

    print("\nProcesso finalizado com sucesso!")

```



```
=====
[PASSO 1] VALIDAÇÃO DE CORRETEDE (CRESCENTE E DECRESCENTE)
=====
```

```
✓ Tamanho 15      | Crescente: OK | Decrescente: OK
✓ Tamanho 100     | Crescente: OK | Decrescente: OK
✓ Tamanho 1000    | Crescente: OK | Decrescente: OK
✓ Tamanho 5       | Crescente: OK | Decrescente: OK
✓ Tamanho 5       | Crescente: OK | Decrescente: OK
✓ Tamanho 5       | Crescente: OK | Decrescente: OK
```

```
-----
RESULTADO: O algoritmo passou em TODOS os testes de lógica.
```

```
=====
[PASSO 2] MEDIÇÃO DE TEMPO (GERANDO DADOS...)
=====
```

```
N (ITENS) | INTEIROS (ms) | STRINGS (ms)
```

```
-----
100      | 0.1400      | 0.1593
1000     | 1.5021      | 1.8655
10000    | 19.0737     | 24.7453
100000   | 226.2543    | 287.2492
=====
```

```
[PASSO 3] Gerando e salvando gráficos...
```

```
-> Arquivo salvo: grafico_1_linear.png
```

```
-> Arquivo salvo: grafico_2_comparacao.png
```

```
-> Arquivo salvo: grafico_3_log.png
```

```
[BÔNUS] Teste Visual com Objetos:
```

```
Original:  [Café: R$15, Arroz: R$20, Balinha: R$0.5]
```

```
Crescente: [Balinha: R$0.5, Café: R$15, Arroz: R$20]
```

```
Decrescente:[Arroz: R$20, Café: R$15, Balinha: R$0.5]
```

```
Processo finalizado com sucesso!
```

Tempo de Execução - Escala Linear

