Otimização do gasto energético em um galpão de bobinas quentes de aço:

Uma abordagem de programação linear

Curso: Engenharia de sistemas

Aluno(a): Everson Elias & Josoe S. Queiroz & Valentim

Belo Horizonte, 06 de 05 de 2025

UFMG

Agenda

UFMG

Introdução - Motivação

- Em 2023, estima-se que foram produzidas 1,9 bilhão de toneladas de aço no mundo. (**??**)
- Todas as etapas do processo produtivo de ação são extremamente intensas em gasto energético. O custo de produção de todo esse metal é de aproximadamente 20.99 GJ/ton o que resulta em $39,88 \times 10^{15} J(Peta)$ no total.
- Reduzir o custo energético da produção de metais é essencial para o crescimento sustentável da sociedade global.

Introdução - Armazenamento de bobinas quentes

Figura: Bobinas diferentes em armazenamento

UFMG

Introdução - Objetivos

- Organizar as bobinas em um depósito de forma a minimizar os movimentos futuros e, consequentemente, os gastos energéticos, visando a uma distribuição (*layout*) ótima para atender às demandas previstas.
  - Assumimos que conhecemos com antecedência as demandas que devem ser atendidas.
  - Assumimos plena disponibilidade de maquinário e de pessoal para realizar as movimentações necessárias.

Variáveis de decisão

- x_{ijkt} indica se a bobina k está na posição (i, j) do espaço disponível no momento t
  - $i \in \{1..I\}$ - Índices longitudinal do espaço
  - $j \in \{1..J\}$ - Índices latitudinal do espaço
  - $k \in \{1..K\}$ - Índices das bobinas produzidas
  - $t \in \{1..T\}$ - Índices dos intervalos para execução de tarefas
- m_{kt} indica a maquina m move a bobina k na unidade de tempo t
- $C_{movimento}$ custo de movimento da bobina k no intervalo t

Função objetivo

- Desejamos minimizar o custo de movimentar a bobina k no tempo t, considerando a prioridade de movimento p_k.

$$min \sum_{k} \sum_{t} C_{movimento}(t,k).p_k$$

Restrições

1. Cada bobina ocupa exatamente uma posição

$$\sum_{i,j} x_k = 1$$

$$\forall i, j, k \in \{1..I\},\ j \in \{1..J\},\ k \in \{1..K\}$$

2. Uma maquina só pode mover uma bobina por vez

$$\sum_{t=1}^{T} \sum_{k=1}^{K} m_{kt} \leq 1$$

Restrições

3. O custo de movimentação é calculado proporcionalmente ao movimento do guindaste

$$C_{movimento} = (i + j)\, E\ \forall i, j \in \{1..I\}, \{j..J\}$$

4. Cada bobina tem que ficar parada por 3 dias no armazém

$$\sum x_{i,j,k,t} = 1\ \forall\ t \geq t_{ko} + 72$$

Onde t_{ko} é o tempo em que a bobina chega no armazém.

Próximos passos

- Os próximos passos consistem na implementação computacional do modelo de Programação Linear. Inicialmente, será utilizada uma ferramenta de modelagem (como Python com o pacote PuLP ou Gurobi) para codificar o problema. Em seguida, realizaremos testes com dados simulados que representem o cenário real do armazenamento de bobinas, a fim de validar o modelo e analisar sua performance. Após essa etapa, o foco será em refinar os parâmetros e explorar variações do modelo, caso necessário, com o objetivo de garantir soluções robustas e energeticamente eficientes.

UFMG