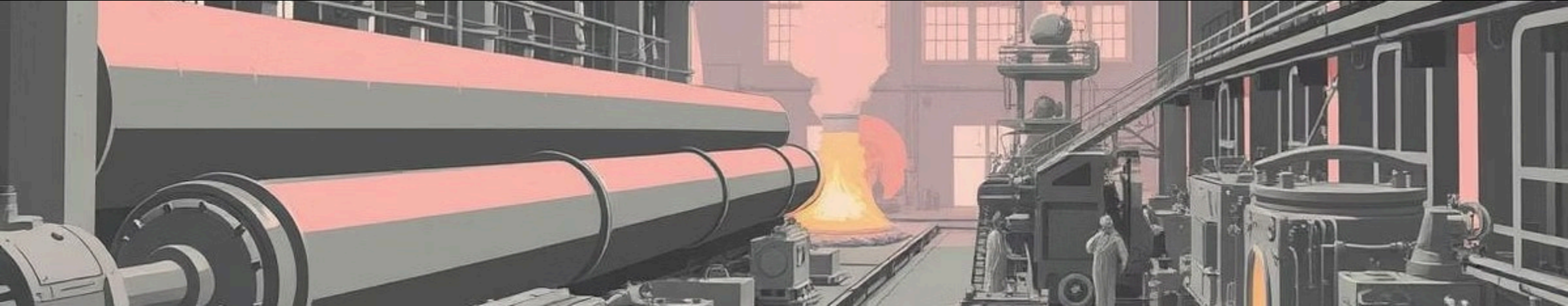


# Otimização na Indústria Siderúrgica

Uma Resolução de Variable Neighborhood Search Para Carros Torpedos na Indústria da Aciaria.



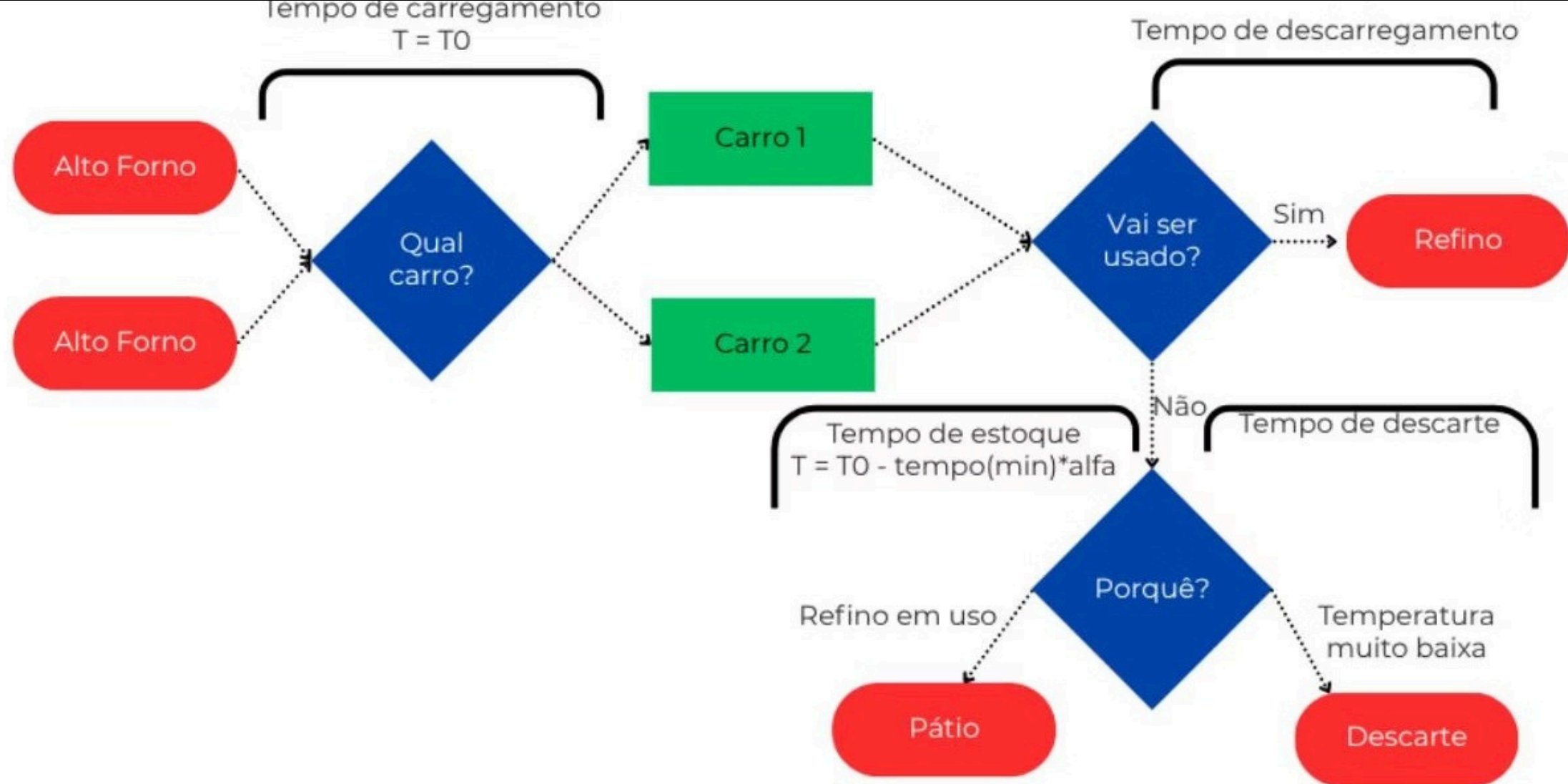
# O Problema do Carro Torpedo

O sequenciamento de carros torpedo é um problema complexo na indústria siderúrgica. O objetivo é minimizar o makespan do processo, permitindo o descarte de "jobs" que não cumprem restrições de tempo, com uma punição na função objetivo.

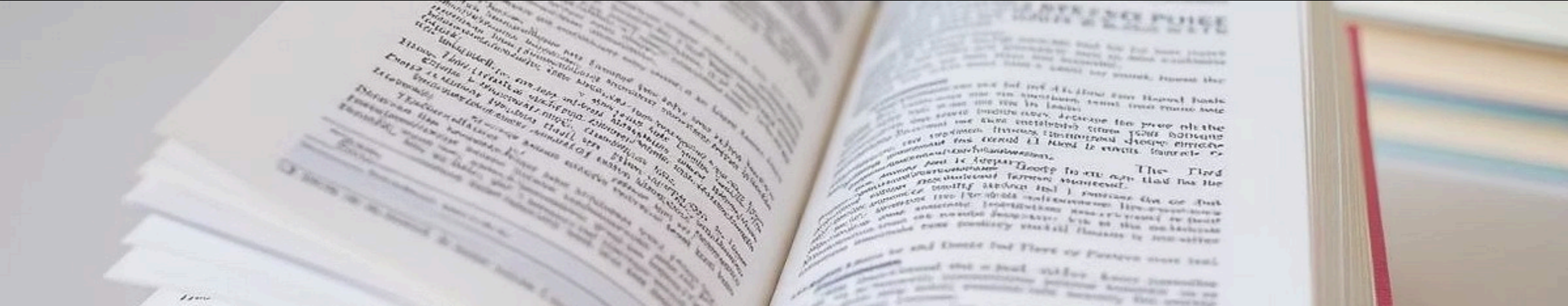
# Contexto Industrial

Carros torpedos transportam gusa líquida do alto forno para o forno panela. Eles não são isolantes perfeitos, perdendo  $1^{\circ}\text{C}$  por minuto.

A diferença entre produção e demanda, além dos tempos de carga/descarga e transporte, torna o sequenciamento um desafio computacional.



ÁRVORE DE DECISÃO  
PARA UM INSTANTE  $T$



# Revisão Bibliográfica

RUIZ, Rubén (2009)

AbordaoFlow ShopHíbrido, com múltiplos centros de máquinas, compatível com o cenário de carros torpedado.

C. Almeder e R. F. Hartl (2012)

Propõe uma abordagem estocástica, onde o "job" é o processo completo de derretimento e tratamento, e carros torpedado são um estoque único.

# O Modelo Proposto

O modelo busca minimizar o makespan e evitar o descarte de gusa. As decisões incluem o sequenciamento dos carros torpedoe a decisão de descartar ou gusa.

$$z = \min C_{max} + \sum_j^J My_j$$

# Resolução VNS

O método Variable Neighborhood Search (VNS) é uma meta-heurística que explora vizinhanças distantes para otimização combinatória. Foi usado um modelo de primeira melhoria com heurística construtiva baseada no algoritmo de Johnson.

# Testes Computacionais

Simulação com tempos estimados de carregamento, fusão, transporte e descarregamento.

Para 7 "jobs" (4 horas de operação), o descarte de material foi inevitável.

Com forno panela de 60t, dois carros torpedo de 300t e alto forno de 300t, a solução final foi de 840 minutos.



Diagrama de Gantt (Hybrid FlowShop Johnson, 3 passagens)

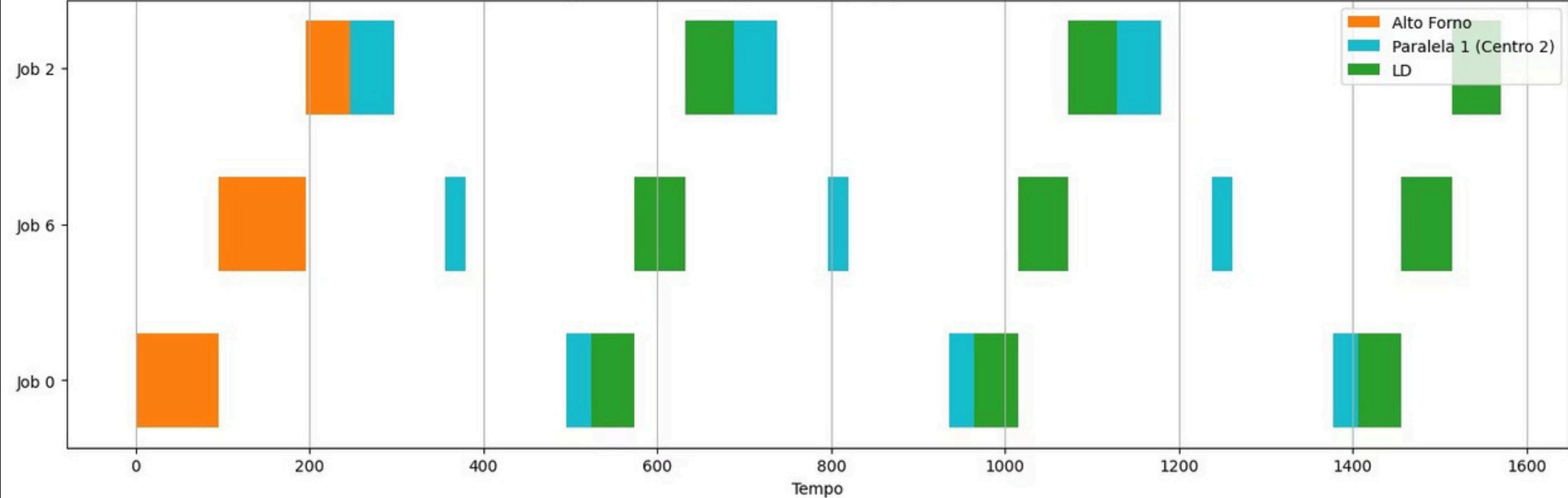


Diagrama de Gantt (Hybrid FlowShop Johnson, 3 passagens)

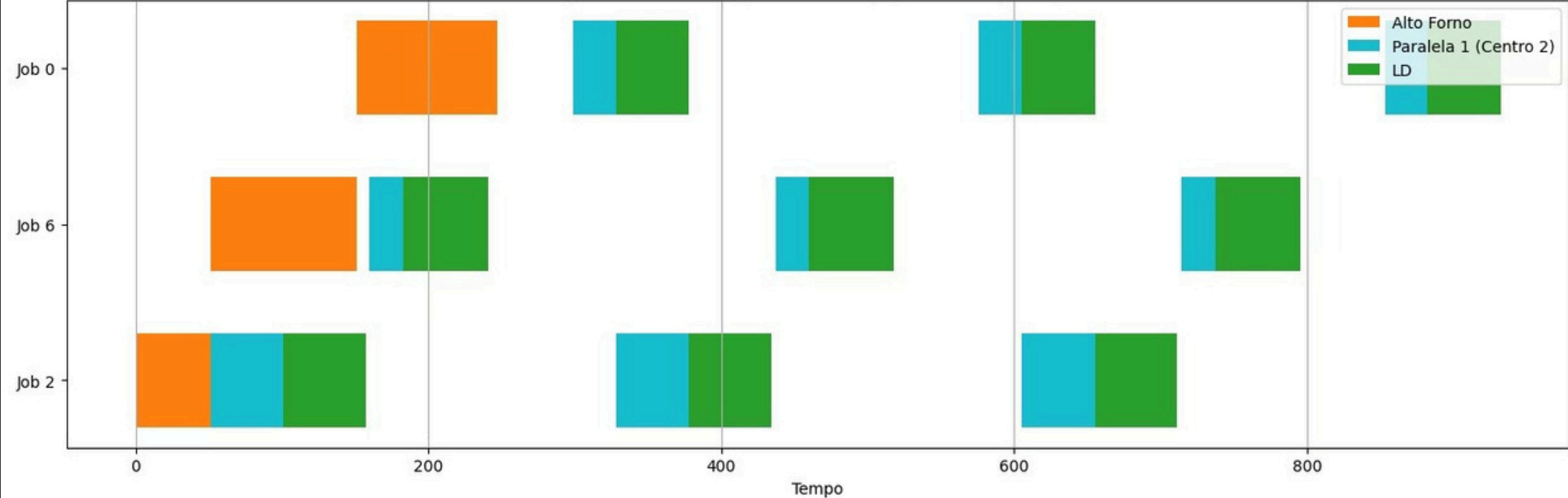
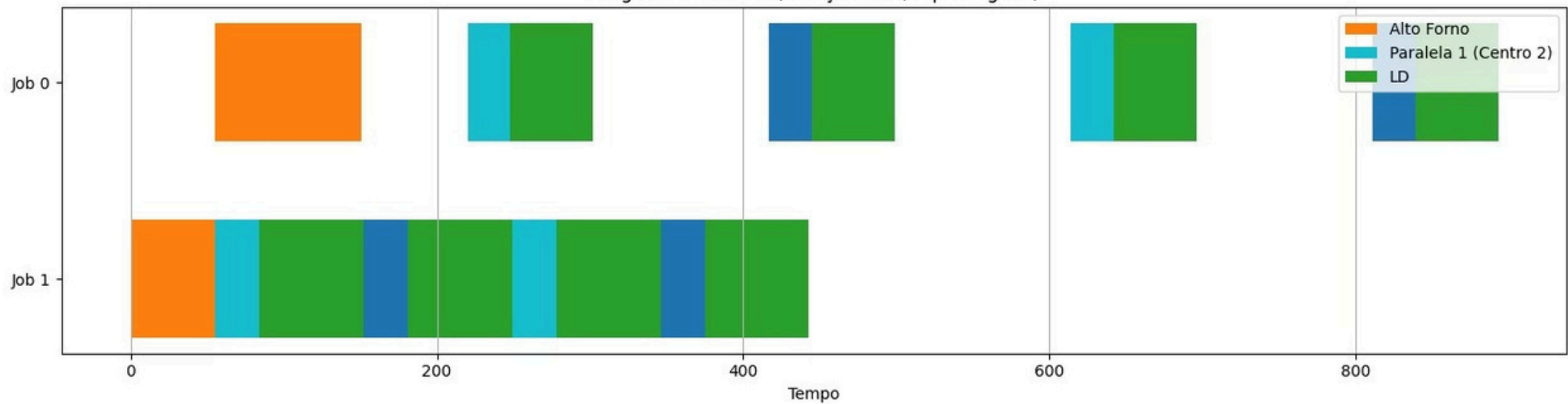


Diagrama de Gantt (Solução VNS, 4 passagens)



# Considerações Finais

A resolução não atendeu às expectativas devido a um modelo pouco enriquecido, falta de instâncias testáveis e falhas na implementação.

Foi obtido um GAP de 63,11% entre a solução ótima e a final.