



# Simpósio de Integração Acadêmica

“Das Montanhas de Minas ao Oceano: Os Caminhos da  
Ciência para um Futuro Sustentável”

SIA UFV 2025



## O PROBLEMA DE SEQUENCIAMENTO EM CENTROS DE DISTRIBUIÇÃO COM MÚLTIPLAS ENTRADAS COM APLICAÇÃO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Helen Vitaline de Castro Santos, Thiago Henrique Nogueira.  
ODS 9 - Indústria, Inovação e Infraestrutura

### Introdução

A eficiência operacional está diretamente ligada à competitividade e desempenho financeiro das empresas. O Planejamento e Controle da Produção (PCP), aliado à logística, é essencial para otimizar recursos, reduzir custos e melhorar o atendimento ao cliente. O sequenciamento da produção é um fator chave nesse processo. Diante disso, este estudo propõe a aplicação de técnicas de Inteligência Artificial, com foco no algoritmo de aprendizado por reforço Proximal Policy Optimization (PPO), para solucionar o problema de sequenciamento em máquina única, classificado como NP-Hard.

### Objetivos

Comparar a eficiência do algoritmo PPO com a metaheurística Greedy Randomized Adaptive Search Procedure (GRASP) no problema de sequenciamento de máquina única, avaliando a qualidade das soluções, tempo de conclusão das tarefas e desempenho em diferentes tamanhos de instância.

### Material e Métodos

Utilizou-se um modelo matemático baseado nos estudos de Araújo et al. (2022), Nogueira et al. (2020) e Wang et al. (2023), formulado como um problema de programação inteira mista. Foram criadas instâncias com 15, 20, 25 e 30 tarefas. O PPO foi implementado com técnicas como mascaramento de ações inválidas e funções de refinamento e perturbação, enquanto o GRASP foi usado como comparativo. Os algoritmos foram executados em 50 instâncias, e os resultados foram analisados por meio de métricas estatísticas, curvas de aprendizado e testes de hipótese.

### Apoio Financeiro



### Resultados e/ou Ações Desenvolvidas

O algoritmo PPO superou o GRASP em todos os tamanhos testados, apresentando menores tempos de conclusão e menores gaps em relação ao melhor resultado possível. Os gráficos demonstraram que, quanto maior a instância, mais tempo o PPO leva para estabilizar o aprendizado. O Teste T evidenciou diferença estatística significativa entre os métodos, favorecendo o PPO. As funções de refinamento e perturbação contribuíram para evitar mínimos locais e ampliar a busca por soluções. Apesar disso, para instâncias maiores, é necessário mais episódios de treinamento para alcançar bons resultados.

**Tabela 1** - Média dos resultados obtidos

Tamanho	FO best	GRASP
15	171,75	184,97
20	224,63	243,2
25	274,95	292,19
30	340,74	354,54

### Conclusões

O estudo demonstrou que o PPO é uma abordagem promissora para o problema de sequenciamento de máquina única, apresentando melhor desempenho que a heurística GRASP. A aprendizagem por reforço mostrou-se eficaz, especialmente quando associada ao mascaramento de ações inválidas e estratégias de otimização local. A escolha adequada dos hiperparâmetros e o número de treinamentos influenciam significativamente os resultados. Como proposta futura, sugere-se expandir o número de treinamentos e ajustar penalizações para melhorar ainda mais a performance em problemas maiores.

### Bibliografia

ARAUJO, Matheus de Freitas; ARROYO, José Elias Claudio; NOGUEIRA, Thiago Henrique. Heuristics Assisted by Machine Learning for the Integrated Production Planning and Distribution Problem. In: International Conference on Intelligent Systems Design and Applications. Cham: Springer Nature Switzerland, 2022. p. 120-131.

BERTAGLIA, P. R. "Logistics and supply chain management". Saraiva Educação SA, 2017.

NOGUEIRA, T. H., et al. "A hybrid VNS-Lagrangean heuristic framework applied on single machine scheduling problem with sequence-dependent setup times, release dates and due dates". Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2020. <https://doi.org/10.1007/s11590-019-01525-7>.

WANG, Z., et al., "Solving non-permutation flow-shop scheduling problem via a novel deep reinforcement learning approach". Computers & Operations Research, Volume 151. 2023.