



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



Jéssica Otacília Xavier

Melhoria do processo de compras via
simulação computacional: estudo de caso em
uma empresa de locação de equipamentos

Ouro Preto-MG
2026

Jéssica Otacília Xavier

Melhoria do processo de compras via simulação
computacional: estudo de caso em uma empresa
de locação de equipamentos

Monografia de Graduação apresentada ao
Departamento de Engenharia de Produção
da Escola de Minas da Universidade Federal
de Ouro Preto como requisito parcial
para a obtenção do grau de bacharel em
Engenharia de Produção.

Orientador:

Prof. Dr. Aloísio de Castro Gomes Júnior

Ouro Preto-MG

2026



FOLHA DE APROVAÇÃO

Jéssica Otacília Xavier

Melhoria do Processo de Compras via Simulação Computacional: Estudo de Caso em uma empresa de locação de equipamentos

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira de Produção

Aprovada em 05 de março de 2026

Membros da banca

Dr. Aloísio de Castro Gomes Júnior - Orientador (Universidade Federal de Ouro Preto)
Dra. Irce Fernandes Gomes Guimarães (Universidade Federal de Ouro Preto)
Dr. Helton Cristiano Oliveira e Gomes (Universidade Federal de Ouro Preto)

Aloísio de Castro Gomes Júnior, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 05/03/2026.



Documento assinado eletronicamente por **Aloísio de Castro Gomes Junior, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 09/03/2026, às 16:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1071754** e o código CRC **9D264078**.

À minha família, por ser meu alicerce em todos os momentos.

Agradecimentos

Agradeço, primeiramente, aos meus pais, Roberto e Eva, por todo o esforço, dedicação e renúncias ao longo da minha trajetória. Foram eles que me ensinaram o valor do trabalho, da perseverança e da honestidade. Sem o apoio incondicional e o exemplo diário de força e responsabilidade, este momento não seria possível.

À minha irmã, Jade, que sempre acreditou em mim, mesmo nos momentos em que eu duvidei. Sua confiança, incentivo e palavras de encorajamento foram fundamentais para que eu seguisse em frente com determinação e coragem.

Ao meu namorado, Otávio, pelo apoio constante, pela paciência nos dias mais desafiadores e por estar ao meu lado durante todo o processo. Sua compreensão, incentivo e parceria foram essenciais para que eu pudesse concluir esta etapa com serenidade e confiança.

Ao meu orientador, Aloísio, pela orientação cuidadosa, disponibilidade e paciência ao longo do desenvolvimento deste trabalho. Sua contribuição foi essencial para o amadurecimento acadêmico e para a concretização desta pesquisa.

À Universidade Federal de Ouro Preto, pela formação acadêmica e pelas oportunidades proporcionadas ao longo desta trajetória, bem como à educação pública de qualidade, que possibilita a transformação de vidas por meio do conhecimento e do acesso ao ensino superior.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, minha sincera gratidão.

Nossa maior fraqueza está em desistir. O caminho mais certo de vencer é tentar mais uma vez.

Thomas Edison

RESUMO

A busca pela melhoria contínua dos processos internos é essencial para a competitividade organizacional, especialmente em empresas que atuam em setores dinâmicos e complexos, como o de locação de equipamentos. Nesse contexto, o setor de compras desempenha um papel estratégico, sendo responsável pelo fluxo que envolve o recebimento das requisições internas, a solicitação de cotações junto a fornecedores, a análise de propostas, a negociação e a formalização das aquisições necessárias ao funcionamento da empresa. Esse conjunto de atividades impacta diretamente os custos operacionais, o tempo de resposta às demandas e a continuidade das operações. Diante dessa relevância, o presente estudo tem como objetivo analisar o processo de compras de uma empresa do setor de locação de equipamentos e propor alternativas de aprimoramento por meio da modelagem e simulação computacional utilizando o software Arena®. Para isso, foi desenvolvido um modelo de simulação de eventos discretos capaz de representar o fluxo das requisições e o comportamento dos recursos envolvidos no processo. A partir do modelo construído, foram analisados três cenários distintos: o Cenário Atual, que representa o funcionamento real do processo com três compradores; o Cenário com quatro compradores, que avalia o impacto do aumento da capacidade operacional; e o Cenário com tempo de cotação melhorado, que simula a redução do tempo máximo necessário para obtenção de cotações junto aos fornecedores. Os resultados obtidos indicam que, embora as requisições urgentes apresentem melhoria no tempo médio de atendimento nos cenários alternativos, os prazos estabelecidos para as demais prioridades não são plenamente atendidos em nenhuma das configurações simuladas. Além disso, observou-se que a taxa de utilização dos compradores permanece em níveis moderados, indicando que o não atendimento dos prazos não está exclusivamente relacionado à capacidade de recursos, mas também à estrutura do processo e à dinâmica de priorização das requisições. Dessa forma, os resultados evidenciam que intervenções isoladas, como o aumento do número de compradores ou a redução pontual de tempos de cotação, não são suficientes para garantir o atendimento integral dos níveis de serviço estabelecidos. O estudo demonstra, portanto, que a simulação de eventos discretos constitui uma ferramenta eficaz para a análise de processos administrativos complexos, permitindo identificar limitações operacionais e apoiar decisões gerenciais mais embasadas na busca pela melhoria do desempenho organizacional.

Palavras-chave: Simulação de Eventos Discretos. Melhoria de Processos. Setor de Compras.

ABSTRACT

The pursuit of continuous improvement in internal processes is essential for organizational competitiveness, especially in companies operating in dynamic and complex sectors such as equipment rental. In this context, the purchasing department plays a strategic role, being responsible for the workflow involving the receipt of internal requisitions, the request for quotations from suppliers, the analysis of proposals, negotiation, and the formalization of acquisitions necessary for the company's operations. This set of activities directly impacts operating costs, response time to demands, and operational continuity. Given this relevance, the present study aims to analyze the purchasing process of a company in the equipment rental sector and to propose improvement alternatives through computational modeling and simulation using the Arena® software. To this end, a discrete-event simulation model was developed to represent the flow of requisitions and the behavior of the resources involved in the process. Based on the constructed model, three distinct scenarios were analyzed: the Current Scenario, which represents the actual operation of the process with three buyers; the Four-Buyer Scenario, which evaluates the impact of increased operational capacity; and the Improved Quotation Time Scenario, which simulates a reduction in the maximum time required to obtain quotations from suppliers. The results indicate that, although urgent requisitions show improvement in average service time under the alternative scenarios, the deadlines established for the other priority levels are not fully met in any of the simulated configurations. In addition, it was observed that the buyers' utilization rate remains at moderate levels, indicating that failure to meet deadlines is not exclusively related to resource capacity, but also to the process structure and the prioritization dynamics of requisitions. Thus, the results show that isolated interventions, such as increasing the number of buyers or reducing quotation times at specific stages, are not sufficient to ensure full compliance with the established service levels. Therefore, the study demonstrates that discrete-event simulation constitutes an effective tool for the analysis of complex administrative processes, allowing the identification of operational limitations and supporting more informed managerial decisions in the pursuit of improved organizational performance.

Keywords: Discrete-Event Simulation. Process Improvement. Purchasing Department.

Sumário

1	Introdução	p. 9
2	Referencial Teórico	p. 12
2.1	Engenharia de Produção e Otimização de Processos	p. 12
2.2	Simulação de Eventos Discretos	p. 13
2.3	Teoria das Filas	p. 14
2.4	O Software Arena®	p. 16
2.5	Aplicações em Processos de Compras	p. 17
3	Metodologia	p. 19
3.1	Cenário estudado	p. 19
3.2	Coleta e tratamento dos dados	p. 21
3.3	Modelo conceitual	p. 22
3.4	Modelo computacional	p. 24
3.5	Equipamentos	p. 26
4	Resultados e Discussão	p. 27
4.1	Indicadores de desempenho por cenário	p. 27
4.2	Comparação com os níveis de serviço (SLA)	p. 29
4.3	Análise do tempo de espera na fila	p. 31
4.4	Taxa de utilização dos compradores	p. 33
4.5	Discussão dos resultados	p. 34
5	Considerações Finais	p. 36

1 Introdução

A busca pela eficiência nos processos internos das organizações tem se tornado, nas últimas décadas, uma das principais preocupações tanto no meio acadêmico quanto no ambiente empresarial. Em um cenário global cada vez mais competitivo, marcado pela intensa pressão por prazos menores, custos reduzidos e qualidade elevada, a capacidade de estruturar processos organizacionais mais ágeis e eficazes não é apenas desejável, mas constitui-se em um requisito de sobrevivência. Essa preocupação não se restringe a setores industriais de grande escala, mas se estende a diferentes ramos de atividade, inclusive àqueles que lidam com operações complexas e fortemente dependentes da gestão de recursos, como é o caso das empresas de locação de equipamentos.

Nesse setor específico, a complexidade das operações deriva de fatores como a necessidade de manter disponibilidade contínua de máquinas, a atenção rigorosa ao cumprimento dos prazos contratuais previamente estabelecidos com os clientes e a administração de recursos humanos e materiais de forma eficiente. Qualquer falha em um desses pontos pode acarretar não apenas atrasos, mas também prejuízos financeiros significativos e perda de credibilidade no mercado. Diante disso, é possível afirmar que a eficiência operacional nesse ramo não deve ser compreendida como um diferencial competitivo, mas como um fator indispensável para garantir a sustentabilidade e o crescimento da organização.

Entre os diversos setores que compõem a estrutura organizacional de empresas desse porte, o setor de compras desempenha papel estratégico. É ele que conecta as necessidades da operação diária às soluções disponíveis no mercado, garantindo o fornecimento de insumos, peças e serviços indispensáveis à continuidade do funcionamento da atividade-fim. Dessa forma, qualquer ineficiência nesse setor tem impacto direto em toda a cadeia de suprimentos, afetando desde o tempo de resposta às requisições internas até a capacidade de atendimento das demandas externas.

Problemas recorrentes nesse processo, como atrasos na aquisição de peças e insumos, falhas na comunicação entre setores, ausência de padronização das rotinas de compras e até mesmo a dependência excessiva de determinados fornecedores, configuram-se como barreiras

significativas à eficiência organizacional (Baily et al., 2013). Tais obstáculos geram uma série de consequências negativas, incluindo aumento do tempo de inatividade de equipamentos — que permanecem parados à espera de manutenção —, perda de produtividade e, em alguns casos, até cancelamento de contratos por descumprimento de prazos. Além dos impactos operacionais, essas falhas podem ocasionar também efeitos financeiros, como elevação de custos de aquisição emergencial e diminuição da margem de lucro.

No caso da empresa objeto deste estudo, um dos principais desafios identificados refere-se ao cumprimento dos prazos de atendimento às requisições internas. Atualmente, a organização utiliza como parâmetro de eficiência um conjunto de limites temporais previamente definidos, estabelecendo que ordens de serviço urgentes devem ser atendidas em até 6 horas, solicitações de alta prioridade em até 72 horas, demandas de prioridade média em até 5 dias e solicitações de baixa prioridade em até 8 dias. No entanto, a análise do tempo médio de execução do processo demonstra que tais metas não vêm sendo plenamente atendidas, evidenciando a existência de gargalos e reforçando a necessidade de reestruturação do fluxo de compras. Diante desse contexto, este trabalho propõe a modelagem e simulação do processo de compras de uma empresa de locação de equipamentos, com o intuito de compreender detalhadamente as etapas envolvidas na solicitação, cotação, aprovação e aquisição de materiais, bem como identificar gargalos que impactam a eficiência do fluxo operacional. O estudo busca, por meio do uso do software Arena®, representar o processo real em um ambiente de simulação computacional e avaliar o comportamento do sistema sob diferentes condições operacionais. Para isso, foram desenvolvidos e comparados três cenários distintos: o cenário atual, que reflete a estrutura vigente; um cenário com aumento de recursos humanos no setor de compras; e um cenário com redução dos tempos médios de cotação. Essa abordagem permite analisar o desempenho do processo por meio de indicadores de eficiência e propor alternativas de melhoria fundamentadas em evidências quantitativas. Para tanto, foi utilizado o software Arena®, ferramenta amplamente reconhecida na área de simulação de eventos discretos, que possibilita a representação gráfica de processos reais, a inserção de variáveis de decisão e a análise comparativa de diferentes cenários operacionais (Kelton; Sadowski; Zupick, 2015).

Ao empregar essa abordagem, busca-se não apenas descrever o processo vigente, mas também propor cenários alternativos que possam mitigar gargalos e elevar a eficiência do setor de compras. A avaliação das alternativas será realizada com base em indicadores-chave de desempenho, como tempo médio no sistema, tempo médio na fila e taxa de utilização dos compradores, de forma a fornecer subsídios técnicos à tomada de decisão gerencial. Espera-se, com isso, contribuir para a melhoria da cadeia de suprimentos da empresa, potencializando sua capacidade de resposta, reduzindo custos operacionais e ampliando sua competitividade no

mercado de locação de equipamentos.

Diante das dificuldades observadas na gestão do processo de compras, especialmente relacionadas à demora no atendimento das requisições e à sobrecarga de tarefas dos compradores, torna-se essencial buscar ferramentas que auxiliem na análise e no aprimoramento da eficiência operacional. Nesse contexto, a simulação computacional surge como um método eficaz para compreender o comportamento de sistemas complexos, permitindo testar diferentes alternativas de melhoria sem a necessidade de intervenções diretas no ambiente real.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo principal avaliar o desempenho do processo do setor de compras, por meio de modelagem e simulação computacional, buscando identificar gargalos operacionais e testar possíveis alternativas de melhoria. Especificamente, pretende-se construir um modelo representativo do processo, identificar gargalos operacionais, avaliar o impacto de diferentes cenários de alteração de recursos e tempos de execução, e, por fim, propor ações que contribuam para a redução do tempo total de processamento das requisições e aumento da eficiência do setor.

O estudo justifica-se pela relevância do processo de compras na gestão empresarial, uma vez que este influencia diretamente os custos, os prazos de entrega e a disponibilidade de materiais e equipamentos necessários às operações da empresa. Ao empregar técnicas de simulação, busca-se oferecer uma base sólida para a tomada de decisão, permitindo que gestores visualizem e quantifiquem os benefícios potenciais de cada alternativa antes de sua implementação prática. Dessa forma, a pesquisa busca não apenas propor soluções pontuais, mas também reforçar a importância do uso de ferramentas analíticas no aperfeiçoamento contínuo dos processos organizacionais.

2 Referencial Teórico

Neste capítulo, são apresentados os fundamentos teóricos que embasam o desenvolvimento desta pesquisa. A revisão de literatura é essencial em qualquer trabalho acadêmico, pois oferece a sustentação conceitual necessária para compreender o objeto de estudo e situá-lo dentro do estado da arte. Além disso, possibilita identificar lacunas de pesquisa, estabelecer relações com investigações anteriores e justificar a escolha metodológica adotada. No presente trabalho, a fundamentação concentra-se em cinco eixos principais: Engenharia de Produção e Otimização de Processos; Simulação de Eventos Discretos; Arena; Teoria das Filas; e Análise Estatística de Resultados de Simulação, além de uma seção dedicada às aplicações em processos de compras. Cada um desses eixos contribui de forma distinta para estruturar a análise do problema, seja fornecendo a base conceitual, seja oferecendo métodos para avaliação de desempenho e tomada de decisão.

2.1 Engenharia de Produção e Otimização de Processos

A Engenharia de Produção é um campo multidisciplinar que integra conhecimentos das áreas de administração, economia, estatística, matemática e engenharia, com o objetivo de projetar, operar e aprimorar sistemas produtivos e administrativos. Seu foco está em tornar os processos mais eficientes, reduzindo custos, aumentando a qualidade dos produtos e serviços e promovendo maior satisfação dos clientes (Tubino, 2017).

Entre as diversas áreas de atuação da Engenharia de Produção, destaca-se a otimização de processos, prática voltada à eliminação de desperdícios, aumento da produtividade e aprimoramento contínuo da eficiência organizacional. Essa otimização pode envolver diferentes abordagens, como a reestruturação de fluxos de trabalho, a eliminação de atividades redundantes ou que não agregam valor, a automação de etapas e a adoção de indicadores de desempenho para monitorar e aperfeiçoar as operações.

Na literatura, autores como Slack, Brandon-Jones e Johnston (2022) ressaltam que a otimização deve ser compreendida como um processo contínuo de melhoria, e não como uma

intervenção pontual. Isso implica que as organizações precisam revisar constantemente seus métodos de trabalho, adaptando-se às mudanças do mercado e às novas demandas dos clientes.

Estudos recentes reforçam essa perspectiva, mostrando que práticas de otimização podem ser aplicadas a diferentes contextos produtivos e administrativos. Por exemplo, Adeodu et al. (2022) aplicaram a metodologia Lean Six Sigma em uma empresa de papel e obtiveram ganhos significativos em produtividade e redução de desperdícios. De forma semelhante, Law (2015) e Kelton, Sadowski e Zupick (2015) destacam o uso de simulação de eventos discretos como ferramenta para testar alternativas de processos sem interferir na operação real, permitindo decisões baseadas em evidências quantitativas.

No contexto específico de empresas de locação de equipamentos, a otimização de processos é essencial para garantir a disponibilidade de máquinas em tempo hábil, reduzir a ociosidade de ativos e assegurar que as demandas dos clientes sejam atendidas dentro dos prazos estipulados. Pesquisas recentes, como as de Zhao et al. (2025) e Li et al. (2022), analisam sistemas de leasing de equipamentos sob incertezas de demanda e mostram que práticas de otimização na cadeia de suprimentos — como o planejamento de capacidade e a gestão de manutenção — têm impacto direto na eficiência operacional e na competitividade do setor.

Dessa forma, a Engenharia de Produção oferece um conjunto de ferramentas e técnicas capazes de estruturar melhorias significativas na cadeia de suprimentos e no processo de compras, foco deste trabalho.

2.2 Simulação de Eventos Discretos

A simulação de eventos discretos (SED) é uma técnica de modelagem computacional amplamente utilizada para representar sistemas reais por meio da reprodução de eventos que ocorrem em momentos específicos no tempo. Cada evento provoca mudanças no estado do sistema, o que permite observar seu comportamento de forma dinâmica e detalhada (Banks et al., 2010; Kelton; Sadowski; Zupick, 2015; Law, 2015).

Diferentemente de outras técnicas de análise, que trabalham com modelos estáticos e determinísticos, a simulação de eventos discretos permite lidar com sistemas complexos e dinâmicos, nos quais há incertezas, variações estocásticas e múltiplas interações entre recursos. Essa característica torna a SED uma ferramenta poderosa para avaliação de cenários alternativos, permitindo que gestores testem hipóteses e estratégias sem correr riscos de interferir diretamente no ambiente real (Chwif; Medina, 2014).

Entre as vantagens dessa abordagem, destacam-se (Law, 2015; Kelton et al., 2015):

- a possibilidade de testar diferentes políticas de operação antes de sua implementação prática;
- a capacidade de identificar gargalos e pontos críticos em sistemas produtivos e administrativos;
- a oportunidade de comparar alternativas de melhoria em termos de custos, tempos e utilização de recursos;
- e a chance de reduzir riscos e custos ao evitar que mudanças ineficientes sejam aplicadas diretamente no processo real.

A simulação de eventos discretos tem sido amplamente aplicada em diferentes setores, incluindo logística, manufatura, saúde e serviços. Por exemplo, Haleem et al. (2022) utilizaram a SED para otimizar processos hospitalares, reduzindo o tempo de espera de pacientes e melhorando a alocação de recursos humanos. Já Baines et al. (2019) aplicaram a técnica para melhorar o desempenho de linhas de montagem industriais, alcançando maior produtividade com menor tempo de ciclo. Esses exemplos demonstram a flexibilidade e aplicabilidade da técnica em contextos distintos.

No contexto deste trabalho, a simulação de eventos discretos mostrou-se adequada para analisar o processo de compras de uma empresa de locação de equipamentos, uma vez que esse processo é composto por atividades sequenciais (requisição, fila, cotação e compra) e recursos limitados (compradores). A modelagem do processo permitiu representar de forma fiel o comportamento real do sistema e testar cenários alternativos com diferentes tempos de cotação e quantidades de recursos, analisando o impacto direto dessas variações sobre o desempenho operacional e o tempo de resposta do setor.

2.3 Teoria das Filas

A teoria das filas é um ramo da pesquisa operacional que estuda matematicamente sistemas nos quais entidades — como pessoas, produtos ou requisições — chegam a um ponto de atendimento, aguardam em fila (caso não haja recursos disponíveis) e posteriormente recebem o serviço. Essa teoria fornece modelos que permitem compreender e prever o comportamento de sistemas sujeitos à espera e à limitação de capacidade (Gross et al., 2018).

A aplicação da teoria das filas estende-se a diversos contextos, como bancos, hospitais, centrais de atendimento, linhas de produção, serviços públicos e processos administrativos. Em empresas de serviços e de locação de equipamentos, por exemplo, a teoria pode ser utilizada

para analisar o tempo de atendimento de requisições internas, otimizar o número de funcionários no setor de compras e reduzir gargalos na aprovação de pedidos. Em sistemas organizacionais modernos, especialmente aqueles apoiados por sistemas computacionais, as filas podem ser representadas por fluxos de informações, nos quais as entidades são processadas sem a necessidade de formação de filas físicas, mantendo-se, contudo, os mesmos princípios de chegada, espera e atendimento, conforme os princípios de modelagem de sistemas de eventos discretos apresentados por Banks et al. (2014). Estudos recentes mostram que modelos de filas auxiliam na tomada de decisão gerencial, permitindo equilibrar o nível de serviço e a utilização dos recursos (Nanda; Dhanalakshmi, 2021; Carvalho; Nascimento, 2020).

Os principais indicadores utilizados nesse campo de análise são (Gross et al., 2018; Nanda; Dhanalakshmi, 2021):

- **Tempo médio na fila:** intervalo médio de espera antes do início do atendimento.
- **Tempo médio no sistema:** tempo total decorrido desde a chegada até a saída da entidade.
- **Utilização dos recursos:** proporção do tempo em que o servidor permanece ocupado.

Esses conceitos são fundamentais porque permitem compreender a relação entre capacidade de atendimento e nível de demanda. Quando a demanda é maior do que a capacidade instalada, os tempos de fila aumentam consideravelmente, afetando a eficiência do sistema. Já em situações de ociosidade, há risco de custos desnecessários.

Além dos indicadores de desempenho, a caracterização estrutural dos sistemas de filas pode ser realizada por meio da notação de Kendall, proposta por David George Kendall, que descreve os principais parâmetros do sistema por meio da estrutura $A/B/c/K/N/D$. Nessa notação, A representa a distribuição do tempo entre chegadas, B a distribuição do tempo de serviço, c o número de servidores, K a capacidade máxima do sistema, N o tamanho da população de clientes e D a disciplina da fila.

No contexto deste estudo, o sistema analisado pode ser representado pela notação $G/G/3/\infty/\infty/\text{prioridad}$ na qual tanto os tempos de chegada quanto os tempos de atendimento seguem distribuições gerais (G), há três servidores (compradores), capacidade ilimitada do sistema e da população, e a disciplina de atendimento é baseada em prioridades, refletindo os diferentes níveis de urgência das requisições.

A aplicação da teoria das filas neste estudo é especialmente relevante porque o setor de compras da empresa analisada apresenta variação na demanda de requisições que aguardam atendimento por parte dos compradores. Assim, os indicadores derivados desse modelo teórico

foram utilizados como critérios centrais na comparação entre os cenários simulados, permitindo avaliar de forma quantitativa o impacto das mudanças propostas no desempenho do processo. Nesse contexto, o sistema analisado pode ser representado como um sistema de filas em ambiente informacional, no qual as requisições são gerenciadas digitalmente e distribuídas entre os recursos disponíveis, conforme a abordagem de simulação de eventos discretos descrita por Banks et al. (2014).

2.4 O Software Arena®

O Arena, desenvolvido pela Rockwell Automation, é uma das ferramentas mais utilizadas para aplicação prática da simulação de eventos discretos. Seu diferencial está na combinação entre interface gráfica intuitiva e capacidade de processamento estatístico robusto, o que possibilita ao usuário tanto visualizar o funcionamento de um processo quanto obter relatórios detalhados de desempenho (Kelton; Sadowski; Zupick, 2015; Law, 2015).

O software permite a construção de modelos por meio de blocos pré-programados que representam elementos típicos de processos, como entidades, filas, servidores e recursos. Essas características tornam a modelagem mais acessível e flexível, permitindo que diferentes tipos de sistemas sejam representados — desde linhas de produção industriais até fluxos administrativos, como é o caso do setor de compras (Chwif; Medina, 2014; Banks et al., 2010).

Além disso, o Arena possibilita a incorporação de variabilidade estocástica, o que é essencial para representar fenômenos reais como tempos de espera, tempos de serviço ou taxas de chegada que não são fixos, mas sim sujeitos a distribuições de probabilidade. Outra vantagem é a capacidade de realizar múltiplas replicações da simulação, garantindo que os resultados obtidos tenham significância estatística (Kelton et al., 2015; Law, 2015).

O uso do Arena é amplamente documentado em estudos acadêmicos. Nascimento et al. (2021) aplicaram o software para otimizar o fluxo de pacientes em um pronto atendimento, reduzindo o tempo médio de espera em 27%. Barbosa e Lima (2019) utilizaram o Arena para analisar gargalos em uma linha de produção de autopeças, identificando que a redistribuição de recursos aumentou a produtividade em 15%. Já Cunha e Moraes (2020) empregaram a ferramenta para modelar o processo de recebimento e inspeção de materiais em um almoxarifado industrial, alcançando redução significativa nos tempos de processamento.

No presente estudo, o Arena foi utilizado para desenvolver três cenários distintos — Cenário Atual, Cenário com 4 Compradores e Cenário com Tempo de Cotação Melhorado. A comparação entre os resultados permitiu identificar qual configuração apresenta maior eficiência no processo

de compras, fornecendo subsídios quantitativos para a tomada de decisão gerencial.

2.5 Aplicações em Processos de Compras

O processo de compras, também denominado processo de suprimentos, é responsável pela aquisição de todos os bens e serviços necessários ao funcionamento de uma organização. A literatura aponta que sua eficiência está diretamente associada à agilidade no atendimento das requisições internas, à capacidade de negociação com fornecedores e à otimização dos recursos humanos envolvidos (Baily et al., 2013; Ballou, 2006).

Em muitas empresas, falhas nesse processo podem gerar consequências severas, como paralisação de atividades produtivas por falta de insumos, descumprimento de contratos, aumento de custos emergenciais e perda de competitividade (Arnold; Chapman; Clive, 2012). A ausência de um controle sistemático no setor de compras também pode comprometer o planejamento da produção, causar retrabalho e elevar o tempo médio de resposta às demandas internas. Dessa forma, a melhoria desse setor deve ser vista como uma prioridade estratégica, pois impacta diretamente na eficiência operacional e na rentabilidade organizacional (Tubino, 2017).

A simulação computacional aplicada ao processo de compras tem se mostrado uma ferramenta eficaz para identificar gargalos, testar diferentes políticas de alocação de recursos e avaliar os efeitos de mudanças organizacionais antes de sua implementação. Segundo Kelton, Sadowski e Zupick (2015), a simulação permite modelar fluxos de requisições, cotações e aprovações, possibilitando avaliar o impacto de variações no número de compradores, no tempo de processamento e nas políticas de atendimento.

Diversos estudos comprovam a aplicabilidade dessa abordagem. Souza e Andrade (2020) aplicaram a simulação de eventos discretos para otimizar o processo de requisição de materiais em uma empresa de engenharia, obtendo redução de 25% no tempo médio de atendimento. Costa e Pereira (2021) utilizaram o software Arena® para avaliar o fluxo de compras de uma indústria alimentícia, concluindo que a reestruturação do processo de aprovação reduziu gargalos e aumentou a eficiência do setor em 18%. Já Vieira et al. (2019) simularam o processo de aquisição de insumos hospitalares, mostrando que a centralização das cotações permitiu reduzir o tempo de resposta às solicitações internas em 22%.

No contexto deste estudo, a simulação foi empregada para compreender e aprimorar o processo de compras de uma empresa de locação de equipamentos, representando as etapas de requisição, fila de atendimento, cotação e compra, bem como a atuação dos compradores e os tempos médios de cada atividade. Essa modelagem possibilitou testar dois tipos de melhorias: a

adição de um novo comprador e a redução dos tempos médios de cotação, permitindo identificar qual alternativa apresenta melhor desempenho no atendimento das requisições e na utilização dos recursos humanos do setor.

3 Metodologia

Este capítulo descreve as etapas metodológicas adotadas no desenvolvimento do estudo, contemplando a caracterização do cenário analisado, o processo de coleta e tratamento dos dados, o modelo conceitual elaborado para representar o processo de compras, o modelo computacional desenvolvido no software Arena® e, por fim, as especificações dos equipamentos utilizados. A metodologia foi estruturada de forma a garantir a fidedignidade da representação do sistema real e permitir a comparação entre diferentes cenários de melhoria.

3.1 Cenário estudado

O estudo foi realizado no setor de compras de uma empresa do ramo de locação de equipamentos. Esse setor é responsável por atender às requisições de materiais e serviços provenientes das áreas operacionais e administrativas, realizando atividades de cotação, negociação, análise comparativa e emissão de pedidos de compra no sistema SAP.

O SAP (Systems, Applications and Products in Data Processing) é um sistema integrado de gestão empresarial (ERP) amplamente utilizado para o gerenciamento de processos organizacionais, permitindo o controle e a integração das informações relacionadas às áreas de compras, estoque, financeiro e demais setores da empresa.

As requisições são criadas no SAP por analistas de manutenção, que também definem a prioridade associada a cada demanda. Essa prioridade estabelece o prazo máximo (SLA) para conclusão do processo de compras, contado do momento da criação da requisição até a emissão do pedido no SAP. Os SLAs utilizados pela empresa são:

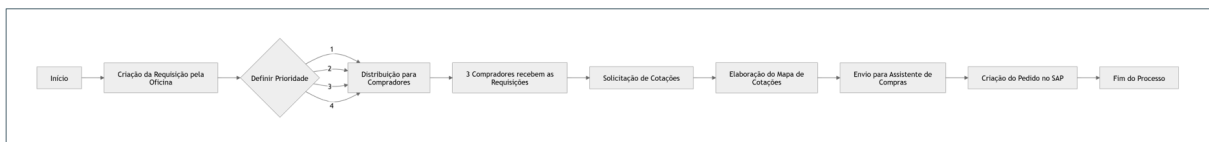
- **Prioridade 1 — Urgente:** até 6 horas. Refere-se a situações críticas em que o material solicitado é indispensável para liberar uma máquina em operação contínua (24 horas), sem possibilidade de substituição. Enquadram-se nesse nível casos como contratos spot e operações com equipamento único, nos quais a indisponibilidade impacta diretamente a continuidade das atividades.

- **Prioridade 2 — Alta:** até 72 horas (3 dias). Aplicada quando a máquina encontra-se parada, porém existe equipamento reserva disponível no contrato de locação. Apesar de haver uma alternativa temporária, a situação ainda apresenta risco operacional, uma vez que a indisponibilidade do equipamento reserva pode comprometer a operação.
- **Prioridade 3 — Média:** até 120 horas (5 dias). Relacionada a demandas em que, além da aquisição de peças, existem outros serviços de manutenção a serem realizados. Nesse caso, o prazo permite que as peças sejam adquiridas enquanto outras atividades são executadas, reduzindo o impacto operacional.
- **Prioridade 4 — Baixa:** até 192 horas (8 dias). Associada a equipamentos que retornaram de locações ou ao término de contratos spot, não possuindo demanda imediata. Essas requisições visam a realização de manutenções preventivas, preparando os equipamentos para compor o estoque disponível para futuras negociações comerciais.

Com o objetivo de representar de forma clara o funcionamento do processo de compras analisado, foi elaborado um fluxograma das atividades envolvidas.

A Figura 1 apresenta o fluxo do processo, desde a criação da requisição até a emissão do pedido no sistema SAP, evidenciando as etapas operacionais, os responsáveis por cada atividade e a sequência das operações.

Figura 1: Fluxograma do processo de compras



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Conforme ilustrado no fluxograma, as demandas atendidas pelo setor de compras são originadas principalmente na oficina de manutenção, onde surgem as necessidades de materiais e serviços para suporte às operações. A partir dessas demandas, o analista de manutenção é responsável pela criação da requisição no sistema SAP, atribuindo a cada solicitação uma prioridade de atendimento.

Após sua criação, as requisições são encaminhadas para o setor de compras e distribuídas de forma uniforme entre os três compradores disponíveis no processo. O atendimento das requisições segue uma lógica baseada em prioridade, sendo processadas preferencialmente aquelas

classificadas como Prioridade 1 (Urgente), seguidas pelas de Prioridade 2 (Alta), Prioridade 3 (Média) e, por fim, Prioridade 4 (Baixa).

O processamento das requisições pelos compradores ocorre em etapas sequenciais. Inicialmente, é realizada a solicitação de cotação junto aos fornecedores, etapa na qual são levantadas as condições comerciais e prazos de fornecimento. Em seguida, o comprador elabora o mapa de cotações, consolidando as informações obtidas e permitindo a análise comparativa para tomada de decisão.

Após a conclusão dessas etapas, a requisição é encaminhada ao assistente de compras, responsável pela criação do pedido no sistema SAP. Com a emissão do pedido de compra, o ciclo do processo é finalizado.

O processo de compras apresenta elevado volume de requisições e grande variação nos tempos de processamento, resultando na formação de filas ao longo do sistema, principalmente na etapa de cotação. Essa característica evidencia a complexidade operacional do processo, no qual a limitação de recursos e a priorização das demandas influenciam diretamente o desempenho do sistema.

Os dados utilizados para a análise deste processo foram coletados ao longo dos meses de fevereiro, março, abril e maio, período que não corresponde a uma fase de baixa demanda operacional. Dessa forma, buscou-se garantir que o comportamento observado fosse representativo da rotina típica do sistema, aumentando a confiabilidade dos resultados obtidos.

Nesse contexto, o uso da simulação torna-se adequado para analisar o comportamento do sistema nas condições atuais e permitir a comparação entre diferentes alternativas de melhoria.

3.2 Coleta e tratamento dos dados

Os dados utilizados na modelagem foram fornecidos pela empresa e obtidos diretamente no setor de compras. Foram levantados os tempos médios e a variabilidade das principais atividades do processo: solicitação de cotação, criação do mapa comparativo e emissão do pedido no SAP. Os tempos foram medidos em minutos, seguindo o padrão utilizado pelo software Arena®.

No total, foram coletados mais de 300 registros referentes à chegada das requisições. Para as demais etapas do processo — tempo de cotação, criação do mapa comparativo de preços e criação do pedido no SAP — foram coletadas 30 observações para cada atividade. A quantidade de dados foi considerada suficiente para a etapa de ajuste das distribuições estatísticas no contexto do estudo.

Após a coleta, os dados foram tratados utilizando a ferramenta *Input Analyzer*, disponível no Arena. Essa ferramenta permite ajustar distribuições de probabilidade às amostras coletadas, fornecendo os parâmetros mais aderentes ao comportamento real das atividades. As distribuições finais utilizadas no modelo são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Distribuições de tempo utilizadas no modelo computacional

Etapa do processo	Distribuição de tempo (min)
Chegada das requisições	Exponencial(113,2)
Tempo de cotação	Triangular(95,20; 157,36; 438,32)
Criação do mapa comparativo de preços	Triangular(3,20; 6,18; 23,08)
Criação do pedido no SAP	Triangular(2,133; 4,095; 6,50)

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Os resultados da simulação, entretanto, são apresentados em horas para facilitar a visualização e a comparação com os SLAs definidos pela empresa.

3.3 Modelo conceitual

O modelo conceitual foi elaborado com o objetivo de representar de forma lógica e simplificada o funcionamento do processo de compras da empresa antes da implementação computacional. Essa etapa permite compreender a dinâmica do sistema real, identificar gargalos e estruturar o fluxo de atividades de forma clara.

O processo é composto pelas seguintes etapas principais: chegada das requisições no sistema SAP, análise inicial pelos compradores, realização da cotação com fornecedores, elaboração do mapa comparativo e emissão do pedido no SAP. Como parte fundamental da dinâmica do processo, as requisições são tratadas de acordo com a prioridade definida pelo analista de manutenção, que determina seu prazo máximo de atendimento (SLA).

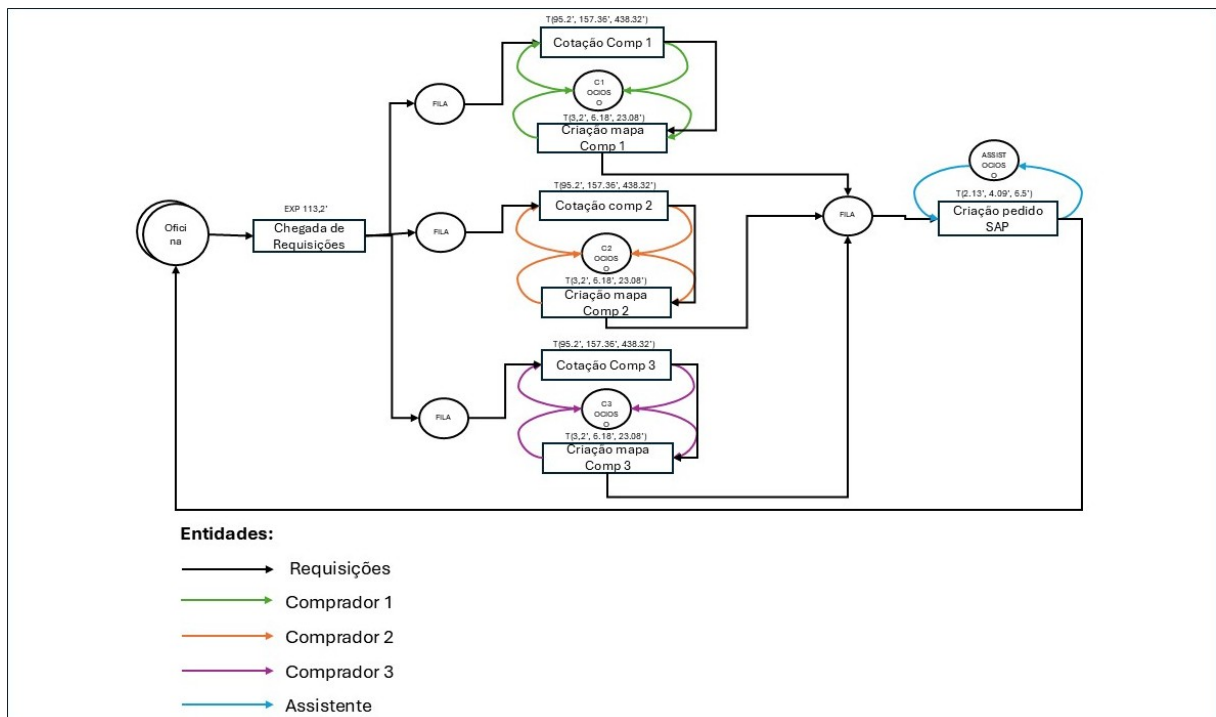
O Diagrama de Ciclo de Atividades (DCA), apresentado na Figura 2, representa graficamente o fluxo do processo. O diagrama foi construído a partir dos dados fornecidos pela empresa e das observações realizadas no setor, servindo como base para a construção do modelo computacional.

No DCA, os retângulos representam as atividades do processo (como cotação, criação do mapa comparativo e criação do pedido no SAP), os círculos indicam estados de espera ou filas, e as linhas direcionais (setas) representam o fluxo das entidades ao longo do sistema. As entidades

modeladas correspondem às requisições de compra, que percorrem as etapas conduzidas pelos compradores e pelo assistente até a finalização do pedido no sistema.

Além disso, o diagrama utiliza diferenciação por cores para facilitar a visualização e interpretação do fluxo: a linha preta representa o fluxo geral das requisições ao longo do sistema; a linha verde indica as atividades executadas pelo Comprador 1; a linha laranja, pelo Comprador 2; a linha roxa, pelo Comprador 3; e a linha azul representa as etapas conduzidas pelo Assistente, especialmente na criação do pedido no SAP.

Figura 2: Diagrama de Ciclo de Atividades (DCA) do processo de compras



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

O DCA evidencia a interação entre entidades (requisições), filas e recursos (compradores). As requisições são recebidas, classificadas por prioridade e encaminhadas para as atividades subsequentes. Caso todos os compradores estejam ocupados, as requisições aguardam em filas até o início do atendimento.

No que se refere à disciplina de atendimento das filas, o processo apresenta comportamentos distintos ao longo de suas etapas. Na atividade de solicitação de cotação, as requisições são atendidas conforme a prioridade definida pela empresa, sendo processadas preferencialmente aquelas classificadas como Urgentes, seguidas pelas prioridades Alta, Média e Baixa. Essa lógica assegura que as demandas mais críticas sejam tratadas com maior rapidez, em conformidade

com os prazos estabelecidos pelos SLAs.

Por outro lado, nas etapas subsequentes — como a elaboração do mapa comparativo de preços e a criação do pedido de compra no sistema SAP — o atendimento ocorre conforme a ordem de chegada das requisições, caracterizando uma disciplina do tipo FIFO (First In, First Out). Essa diferenciação na lógica de atendimento contribui para representar de forma mais fiel o funcionamento real do sistema e influencia diretamente o comportamento das filas e o desempenho global do processo.

3.4 Modelo computacional

O modelo computacional foi desenvolvido no software Arena®, versão 16.2.0. Ele foi estruturado de acordo com o modelo conceitual anteriormente apresentado, representando as atividades do processo de compras por meio de módulos específicos: Create, Assign, Process, Queue e Dispose.

As requisições são geradas pelo módulo Create, seguindo uma distribuição Exponencial com média de 113,2 minutos. Em seguida, as requisições recebem sua prioridade por meio do bloco Assign, no qual foram atribuídas as prioridades reais observadas na empresa: Urgente (Prioridade 1 – 54,16%), Alta (Prioridade 2 – 29,49%), Média (Prioridade 3 – 13,40%) e Baixa (Prioridade 4 – 2,95%). Nesse mesmo módulo, foi utilizado o comando TNOW para iniciar a contagem do tempo de permanência no sistema, que posteriormente é registrada ao final do fluxo por meio de módulos Record.

A fila da etapa de solicitação de cotação foi configurada utilizando a regra Lowest Attribute First (menor valor atendido primeiro), de forma que requisições com menor valor de prioridade — especialmente as urgentes — sejam atendidas antes das demais. Para a etapa de criação do mapa comparativo de preços, foi mantida a política FIFO, uma vez que essa atividade não segue critério de priorização.

A atividade de criação do mapa comparativo foi desmembrada em três fluxos, correspondentes a cada comprador, pois cada responsável elabora o mapa logo após a etapa de solicitação de cotação. Para essa modelagem, foi utilizada a lógica Seize–Delay–Release, garantindo que o comprador permaneça ocupado durante a criação do mapa e não possa assumir novas requisições de cotação até que essa atividade seja concluída. Já a etapa de criação do pedido no SAP foi modelada com fila em ordem de chegada, visto que o assistente realiza o atendimento sequencialmente, conforme a entrada das solicitações.

Ao final do processo, foi utilizado um módulo de decisão para separar as requisições

conforme as prioridades atribuídas (1: Urgente; 2: Alta; 3: Média; 4: Baixa), permitindo que a contagem e a análise sejam realizadas de forma independente para cada classe. Para isso, foi implementado um bloco Record específico para cada prioridade, possibilitando que os resultados do Arena® apresentem os tempos segregados por categoria e viabilizando uma análise mais aprofundada, considerando que cada prioridade possui um tempo de resposta definido.

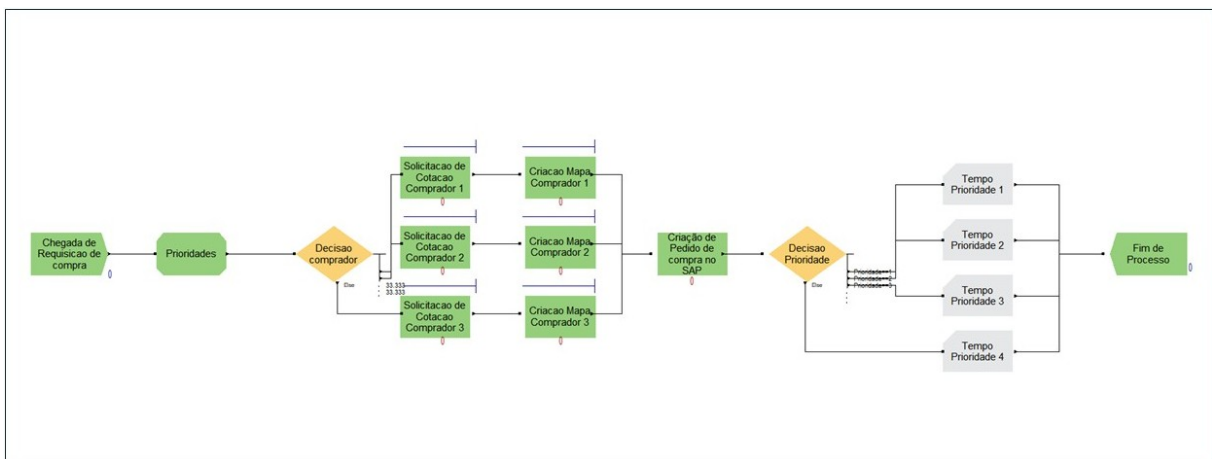
Os tempos das atividades foram parametrizados em minutos, conforme a Tabela 1, e representam o comportamento real do setor. O modelo foi configurado para 500 horas, com 10 replicações para cada cenário simulado. As principais métricas monitoradas foram: tempo de permanência no sistema, tempo de espera na fila antes do início do atendimento e taxa de utilização dos compradores, além dos tempos segregados por prioridade por meio de módulos adicionais.

Três cenários foram simulados:

- Cenário 1 — Configuração atual do setor, com três compradores;
- Cenário 2 — Adição de um quarto comprador;
- Cenário 3 — Redução dos tempos de cotação, simulando melhoria operacional.

A Figura 3 apresenta o modelo computacional desenvolvido no Arena.

Figura 3: Modelo computacional do processo de compras no Arena®



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

3.5 Equipamentos

As simulações foram desenvolvidas e executadas utilizando o software Arena®, versão 16.20, da Rockwell Automation. A versão acadêmica do software oferece recursos avançados para modelagem e análise de sistemas de eventos discretos, possibilitando a representação gráfica do processo, o ajuste das distribuições de probabilidade e a análise detalhada dos indicadores de desempenho.

A execução do modelo foi realizada em notebook equipado com processador Intel® Core™ i5 (plataforma Intel Evo™) e 16 GB de memória RAM, configuração suficiente para a realização das simulações e análise dos cenários propostos.

4 Resultados e Discussão

Este capítulo apresenta os resultados obtidos a partir da simulação do processo de compras da empresa estudada, considerando três cenários distintos: (i) cenário atual, com três compradores; (ii) cenário com quatro compradores; e (iii) cenário com melhoria no tempo de cotação. No terceiro cenário, foi considerada a possibilidade de firmar contratos com fornecedores estratégicos, garantindo prioridade de atendimento e estabelecendo um tempo máximo de resposta para as solicitações de cotação. Essa prática é característica do setor de compras da empresa e representa uma estratégia viável para aumento da eficiência operacional. Para fins de simulação, foi adotado um tempo máximo de resposta de cotação de 120 minutos (3 horas). Essa alteração impacta diretamente o tempo de processamento da etapa de cotação, reduzindo o tempo total de permanência das requisições no sistema.

Os indicadores analisados foram o tempo médio de permanência das requisições no sistema, o tempo médio de espera na fila e a taxa média de utilização dos compradores. Além disso, os resultados foram comparados com os prazos definidos nos níveis de serviço (SLA) da empresa para cada prioridade de atendimento.

4.1 Indicadores de desempenho por cenário

A Tabela 2 apresenta os principais indicadores de desempenho obtidos nos três cenários simulados.

Tabela 2: Indicadores de desempenho por cenário e prioridade

Cenário	Prioridade	Tempo médio no sistema (h)	Tempo médio na fila (h)	Utilização dos compradores (%)
Atual	1 - Urgente	11,61	5,97	71,38
	2 - Alta	247,62		
	3 - Média	266,39		
	4 - Baixa	234,60		
4 compradores	1 - Urgente	4,32	0,65	35,64
	2 - Alta	249,30		
	3 - Média	258,66		
	4 - Baixa	257,86		
Tempo de cotação melhorado	1 - Urgente	4,76	0,88	44,81
	2 - Alta	245,60		
	3 - Média	247,08		
	4 - Baixa	255,06		

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Observa-se que, no cenário atual, os maiores tempos médios no sistema concentram-se nas prioridades Alta (247,62 horas), Média (266,39 horas) e Baixa (234,60 horas), enquanto as requisições Urgentes apresentam tempo médio significativamente inferior (11,61 horas), em função da política de priorização adotada no modelo. Esse comportamento evidencia que o sistema privilegia o atendimento das demandas críticas, ainda que isso implique aumento do tempo de permanência das demais classes.

Ressalta-se que o tempo médio de fila apresentado na tabela refere-se à etapa anterior ao atendimento pelo comprador, ou seja, ao período em que a requisição permanece aguardando antes do início da solicitação de cotação. Os resultados indicam que o tempo de espera nessa fila é relativamente baixo quando comparado ao tempo total de permanência no sistema, o que sugere que a maior parcela do tempo está associada às etapas subsequentes do processo, especialmente à fase de cotação e às atividades dependentes de retorno externo.

No cenário com quatro compradores, verifica-se redução expressiva no tempo médio das requisições Urgentes, que passam a apresentar média de 4,32 horas, representando melhoria substancial em relação ao cenário atual. Entretanto, as variações observadas nas demais prioridades permanecem discretas, indicando que a ampliação da capacidade interna impacta principalmente as demandas urgentes, sem promover alteração estrutural significativa no desempenho global do sistema.

Já no cenário com melhoria no tempo de cotação, observa-se comportamento mais equilibrado entre as prioridades, com tempo médio de 4,76 horas para requisições Urgentes e reduções

moderadas nas prioridades Alta (245,60 horas) e Média (247,08 horas). Esses resultados sugerem que intervenções na etapa de cotação possuem impacto mais abrangente sobre o fluxo do sistema.

4.2 Comparação com os níveis de serviço (SLA)

Os níveis de serviço estabelecidos pela empresa para o tempo máximo entre a criação da requisição e a emissão do pedido no sistema SAP são:

- **Prioridade Urgente:** até 6 horas;
- **Prioridade Alta:** até 72 horas (3 dias);
- **Prioridade Média:** até 120 horas (5 dias);
- **Prioridade Baixa:** até 192 horas (8 dias).

Com o objetivo de comparar o desempenho do sistema em relação aos níveis de serviço estabelecidos, a Tabela 3 apresenta os resultados obtidos para os diferentes cenários simulados, considerando o tempo médio no sistema, o tempo médio em fila e a taxa de utilização dos compradores.

Tabela 3: Comparação dos cenários em relação aos níveis de serviço (SLA)

Cenário	Prioridade	SLA (h)	Tempo médio no sistema (h)	Tempo médio na fila (h)	Utilização dos compradores (%)
Atual	1 - Urgente	6	11,61	5,97	71,38
	2 - Alta	72	247,62		
	3 - Média	120	266,39		
	4 - Baixa	192	234,60		
4 compradores	1 - Urgente	6	4,32	0,65	35,64
	2 - Alta	72	249,30		
	3 - Média	120	258,66		
	4 - Baixa	192	257,86		
Tempo de cotação melhorado	1 - Urgente	6	4,76	0,88	44,81
	2 - Alta	72	245,60		
	3 - Média	120	247,08		
	4 - Baixa	192	255,06		

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

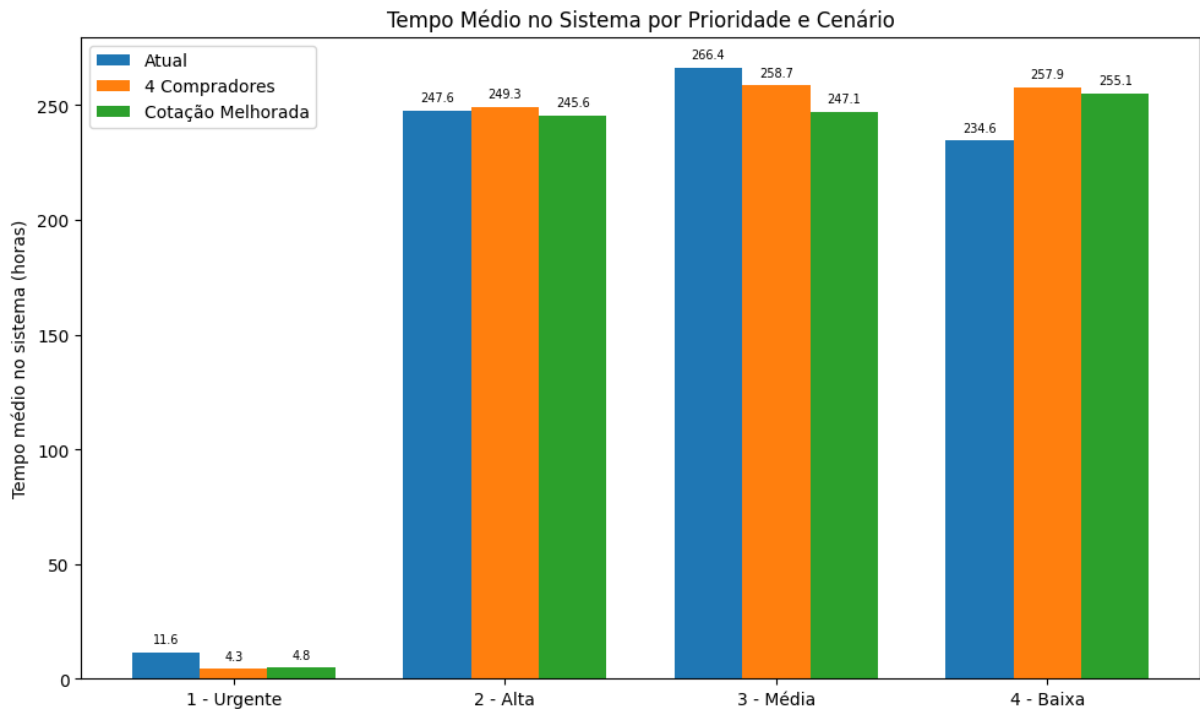
A análise dos resultados apresentados na Tabela 3 evidencia que, no cenário atual, nenhuma das classes atende integralmente aos prazos definidos. As requisições classificadas como Urgentes apresentam tempo médio de 11,61 horas, superando o limite estabelecido de 6 horas. Para as demais prioridades, os desvios são ainda mais expressivos, com tempos médios de 247,62 horas para prioridade Alta, 266,39 horas para prioridade Média e 234,60 horas para prioridade Baixa.

No cenário com quatro compradores, observa-se redução significativa apenas nas requisições Urgentes, cujo tempo médio cai para 4,32 horas, passando a atender ao SLA estabelecido. Entretanto, as prioridades Alta (249,30 horas), Média (258,66 horas) e Baixa (257,86 horas) permanecem muito acima dos respectivos limites, indicando que a ampliação da capacidade interna beneficia prioritariamente as demandas críticas, sem produzir melhoria sistêmica suficiente para as demais categorias.

Já no cenário com melhoria no tempo de cotação, fundamentado na definição de prazo máximo de resposta dos fornecedores, as requisições Urgentes apresentam tempo médio de 4,76 horas, também dentro do SLA. Observa-se ainda leve redução nas prioridades Alta (245,60 horas) e Média (247,08 horas), embora os valores permaneçam significativamente superiores aos prazos estabelecidos. A prioridade Baixa registra 255,06 horas, igualmente acima do limite.

A Figura 4 apresenta a comparação gráfica do tempo médio de permanência no sistema para os três cenários simulados.

Figura 4: Tempo médio de permanência no sistema por cenário



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A análise por meio do gráfico de barras agrupadas permite visualizar com maior clareza o impacto diferenciado das intervenções. Enquanto a inclusão de um quarto comprador reduz substancialmente o tempo das requisições Urgentes, a melhoria no tempo de cotação apresenta efeito mais distribuído entre as prioridades intermediárias. Contudo, nenhuma das estratégias isoladas foi suficiente para enquadrar todas as classes de requisição nos níveis de serviço definidos pela empresa.

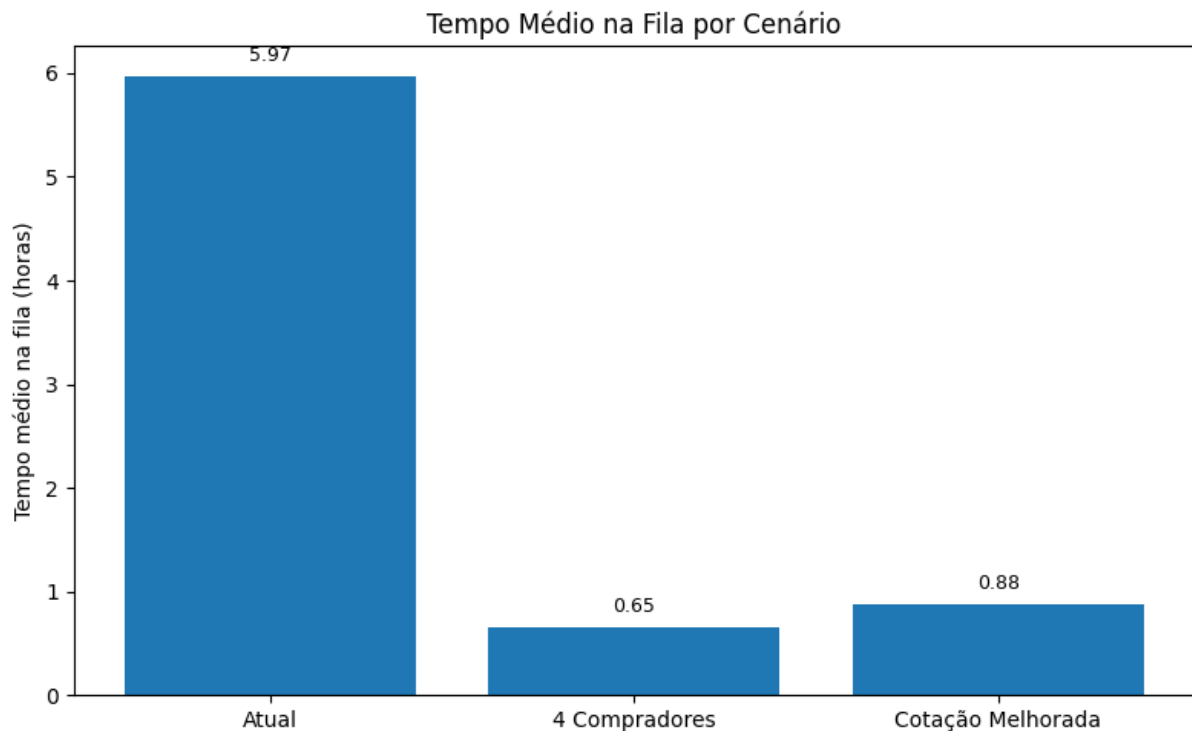
4.3 Análise do tempo de espera na fila

O tempo médio de espera na fila corresponde ao período em que as requisições permanecem aguardando atendimento antes do início da etapa de solicitação de cotação pelos compradores. Ressalta-se que esta é a fila específica analisada nesta seção — a fila anterior ao atendimento interno — embora o modelo contenha outras filas associadas a etapas subsequentes do processo. O indicador apresentado não contempla o tempo efetivo de execução das atividades nem o período relacionado ao retorno dos fornecedores, limitando-se exclusivamente ao intervalo de espera antes da alocação do recurso comprador. Assim, sua análise permite avaliar se há retenção significativa das demandas na etapa inicial do fluxo e verificar a existência de eventual sobrecarga

operacional nesse ponto do processo.

A Figura 5 apresenta a comparação deste indicador entre os três cenários simulados.

Figura 5: Tempo médio de espera na fila por cenário



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

No cenário atual, o tempo médio de espera na fila é de 5,97 horas. Embora superior aos demais cenários, esse valor é significativamente inferior aos tempos médios totais observados no sistema, que ultrapassam 200 horas para algumas prioridades. Isso indica que a maior parcela do tempo de permanência das requisições não está concentrada na espera por atendimento interno.

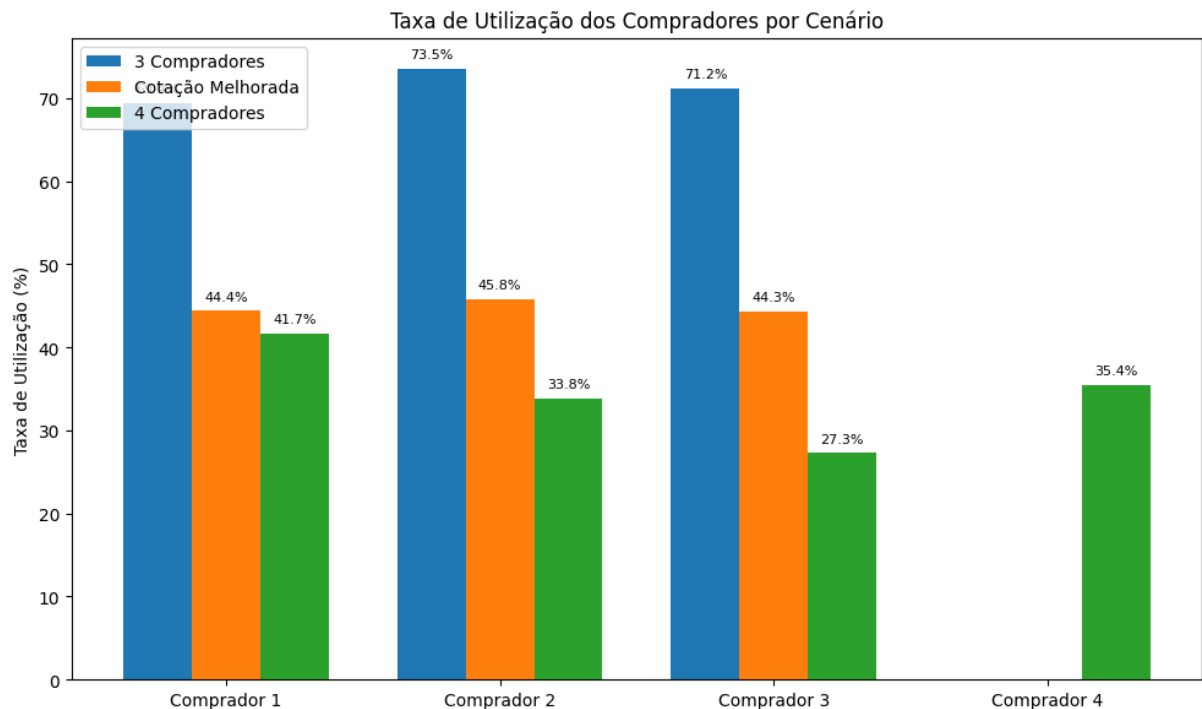
Com a inclusão de um quarto comprador, o tempo médio de fila é reduzido para 0,65 horas, representando diminuição expressiva em termos relativos. De forma semelhante, no cenário com melhoria no tempo de cotação, o tempo médio de fila é de 0,88 horas. Ambos os cenários demonstram redução na espera antes do atendimento, porém os valores absolutos já eram relativamente baixos no cenário inicial.

Dessa forma, observa-se que o tempo de fila não constitui o principal fator responsável pelos elevados tempos médios no sistema. A análise sugere que o desempenho global do processo está mais relacionado às etapas subsequentes, especialmente à dinâmica da cotação e à dependência de respostas externas, do que à espera interna por disponibilidade dos compradores.

4.4 Taxa de utilização dos compradores

A Figura 6 apresenta a taxa média de utilização dos compradores em cada cenário.

Figura 6: Taxa média de utilização dos compradores por cenário



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

No cenário atual, com três compradores, a taxa média de utilização é de 71,38%, com variação individual entre 69,43% e 73,55%. Esses valores indicam nível de ocupação moderado, evidenciando que os recursos não operam em condição de saturação.

No cenário com melhoria no tempo de cotação, a taxa média de utilização é reduzida para 44,82%, posicionando-se entre os demais cenários. Esse resultado demonstra que a redução do tempo de processamento da etapa de cotação diminui a carga operacional dos compradores mesmo sem ampliação do número de recursos.

Já no cenário com quatro compradores, a taxa média de utilização cai para 34,56%, com valores individuais entre 27,28% e 41,70%. Esse comportamento evidencia aumento significativo da capacidade ociosa, indicando que a ampliação da equipe reduz substancialmente o nível de ocupação dos recursos.

De forma geral, os resultados demonstram que o sistema não apresenta utilização elevada em nenhum dos cenários analisados, reforçando que o principal fator limitante do desempenho

não está associado à saturação dos compradores, mas à estrutura do processo e à dinâmica da etapa de cotação.

4.5 Discussão dos resultados

Os resultados obtidos evidenciam que a lógica de priorização adotada no modelo, embora eficaz para reduzir o tempo das requisições urgentes (Prioridade 1), acaba impactando negativamente as demais prioridades. A regra de atendimento “menor valor primeiro” garante que as demandas urgentes sejam tratadas com precedência, porém desloca o tempo de espera para as requisições de Prioridade 2 (Alta), 3 (Média) e 4 (Baixa), que passam a concentrar os maiores tempos médios no sistema.

No cenário atual, observa-se que as requisições Urgentes apresentam tempo médio de 11,61 horas, superior ao limite de 6 horas estabelecido no SLA. Para as demais prioridades, os desvios são ainda mais expressivos: 247,62 horas para Prioridade 2 (limite de 72 horas), 266,39 horas para Prioridade 3 (limite de 120 horas) e 234,60 horas para Prioridade 4 (limite de 192 horas). Dessa forma, verifica-se que nenhum dos prazos definidos pela empresa é plenamente atendido no cenário base.

A inclusão de um quarto comprador promove redução significativa no tempo das requisições Urgentes, que passam a 4,32 horas, atendendo ao SLA dessa prioridade. Contudo, as prioridades 2, 3 e 4 continuam muito acima dos limites estabelecidos, indicando que o aumento da capacidade interna resolve parcialmente o problema das urgentes, mas não elimina o desbalanceamento estrutural do fluxo. No cenário com melhoria no tempo de cotação — no qual foi ajustada a distribuição triangular da solicitação de cotação com tempo máximo de 3 horas — observou-se redução nos tempos médios das requisições Urgentes (4,76 horas), também atendendo ao SLA da Prioridade 1. Entretanto, mesmo com a redução do tempo máximo de processamento da cotação, as prioridades Alta, Média e Baixa permaneceram muito acima dos limites definidos, demonstrando que a simples diminuição do tempo máximo da atividade não é suficiente para garantir aderência aos níveis de serviço.

Outro ponto relevante refere-se à taxa de utilização dos compradores. No cenário atual, a utilização média situa-se em torno de 70%, caracterizando ocupação moderada. No cenário com melhoria na cotação, esse valor é reduzido para aproximadamente 45%, e no cenário com quatro compradores, para cerca de 35%. Esses resultados indicam que o sistema não opera em condição de saturação crítica. Ainda assim, os prazos do SLA não são atendidos, evidenciando que o problema não está exclusivamente associado à insuficiência de recursos humanos.

Assim, conclui-se que a principal limitação do sistema não reside apenas na capacidade operacional, mas na própria dinâmica do fluxo e na política de priorização. A priorização das urgentes, embora necessária, acaba funcionando como um fator que amplia os atrasos das demais categorias. A redução pontual do tempo de cotação ou a ampliação da equipe geram melhorias localizadas, porém não suficientes para garantir desempenho aderente aos níveis de serviço estabelecidos.

5 Considerações Finais

A análise realizada por meio da modelagem e simulação permitiu compreender de forma aprofundada a dinâmica do processo de compras, evidenciando seus principais pontos críticos e limitações operacionais. A avaliação dos cenários propostos — incluindo a configuração atual, a ampliação da equipe e a redução do tempo de cotação — possibilitou identificar os efeitos das diferentes estratégias sobre o desempenho do sistema, especialmente no que se refere ao atendimento dos níveis de serviço estabelecidos.

Os resultados indicaram que a política de priorização adotada exerce influência determinante no comportamento do processo. A regra de atendimento que privilegia as requisições urgentes cumpre seu papel ao reduzir significativamente o tempo dessa categoria nos cenários alternativos, possibilitando inclusive o atendimento do SLA da Prioridade 1. Contudo, tal mecanismo transfere o impacto da espera para as demais prioridades, especialmente Alta (2), Média (3) e Baixa (4), que permanecem com tempos médios bastante superiores aos limites estabelecidos pela empresa. Assim, a priorização, embora necessária do ponto de vista estratégico, revela-se também como elemento estruturante do desequilíbrio observado no sistema.

No que se refere à aderência aos níveis de serviço, a simulação demonstrou que, no cenário atual, nenhum dos prazos definidos é atendido. A inclusão de um quarto comprador promove melhoria expressiva nos indicadores e permite o atendimento da Prioridade 1, porém não resolve o desempenho insatisfatório das demais categorias. De forma semelhante, a redução do tempo máximo da atividade de cotação (com ajuste da distribuição triangular para máximo de três horas) gera impacto positivo, mas igualmente insuficiente para garantir conformidade com os SLAs das prioridades Alta, Média e Baixa. Isso evidencia que intervenções pontuais não são capazes de alterar de maneira significativa a estrutura global do processo.

Outro achado relevante diz respeito à taxa de utilização dos compradores. Mesmo no cenário atual, a utilização média situa-se em patamar moderado, não caracterizando sobrecarga extrema. Nos cenários alternativos, observa-se inclusive aumento da capacidade ociosa. Ainda assim, os tempos médios no sistema permanecem elevados. Esse resultado sugere que o problema não está exclusivamente relacionado à quantidade de recursos disponíveis, mas sim à configuração

do fluxo, à dependência de etapas externas e à própria estrutura de metas estabelecida.

Dessa forma, conclui-se que a melhoria do desempenho do processo de compras exige abordagem mais abrangente do que simplesmente ampliar a equipe ou reduzir o tempo máximo de uma atividade isolada. Torna-se necessária a revisão estrutural do fluxo operacional, a análise crítica das métricas adotadas e, possivelmente, a reavaliação dos níveis de serviço definidos, considerando a capacidade real do sistema e as características do setor.

Como continuidade deste estudo, sugerem-se algumas possibilidades de trabalhos futuros. Entre elas, destaca-se a investigação de diferentes políticas de priorização, buscando alternativas que reduzam o impacto negativo sobre as requisições de menor prioridade. Também pode ser explorada a implementação de regras dinâmicas de atendimento, que considerem não apenas a prioridade, mas também o tempo de espera das requisições.

Outra possibilidade consiste na ampliação do modelo de simulação para incluir etapas atualmente não consideradas, como processos de aprovação, dependências externas com fornecedores e restrições logísticas, permitindo uma representação ainda mais fiel do sistema real. Além disso, estudos futuros podem avaliar a adoção de indicadores de desempenho mais abrangentes, bem como a integração do modelo com dados em tempo real, possibilitando sua utilização como ferramenta de apoio à decisão em ambiente operacional.

Por fim, o estudo reforça a importância da simulação como ferramenta de apoio à tomada de decisão, permitindo testar cenários e compreender os efeitos sistêmicos de alterações antes de sua implementação prática. A modelagem desenvolvida demonstrou ser eficaz para evidenciar limitações ocultas do processo e fornecer subsídios técnicos para decisões estratégicas fundamentadas em dados.

6 Referências Bibliográficas

BAILY, Peter; FARMER, David; JESSOP, David; JONES, David. **Compras: princípios e administração**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2013.

BANKS, Jerry; CARSON, John S.; NELSON, Barry L.; NICOL, David M. **Discrete-Event System Simulation**. 5. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2010.

BARROS, Luiz C.; CARVALHO, Mônica M. **Gestão de Processos: melhores práticas para modelagem e análise**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J.; COOPER, M. Bixby. **Gestão da Cadeia de Suprimentos e Logística**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

CHWIF, Leonardo; MEDINA, Afonso Celso. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: teoria e prática**. 5. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2022.

KELTON, W. David; SADOWSKI, Randall P.; ZUPICK, Nancy B. **Simulation with Arena**. 6. ed. New York: McGraw-Hill, 2015.

KENDALL, D. G. **Stochastic processes occurring in the theory of queues and their analysis by the method of the imbedded Markov chain**. *Annals of Mathematical Statistics*, 1953.

KLEINROCK, Leonard. **Queueing Systems. Volume 1: Theory**. New York: Wiley-Interscience, 1975.

LAW, Averill M. **Simulation Modeling and Analysis**. 5. ed. New York: McGraw-Hill, 2015.

MARTINS, Petrônio G.; LAUGENI, Fernando P. **Administração da Produção**. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2019.

MONTGOMERY, Douglas C. **Introduction to Statistical Quality Control**. 8. ed. Hoboken: Wiley, 2020.

SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2022.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Planejamento e Controle da Produção: teoria e prática**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2017.