

**FACULDADE DE TECNOLOGIA ASSESSORITEC
DEPARTAMENTO DE CURSOS SUPERIORES
TECNOLOGIA EM GESTÃO DA QUALIDADE**

EDUARDA LOPES DE ALBUQUERQUE

**SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL COMO FERRAMENTA DE MELHORIA NO
DESEMPENHO INDUSTRIAL: ANÁLISE COM O FLEXSIM**

JOINVILLE

2025

EDUARDA LOPES DE ALBUQUERQUE

**SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL COMO FERRAMENTA DE MELHORIA NO
DESEMPENHO INDUSTRIAL: ANÁLISE COM O FLEXSIM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Cursos Superiores da Faculdade de Tecnologia Assessoritec como requisito para a obtenção do grau de Tecnólogo em Qualidade.

Orientador: Prof. Osvaldo Tadeu Rodrigues Junior

JOINVILLE

2025

EDUARDA LOPES DE ALBUQUERQUE

**SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL COMO FERRAMENTA DE MELHORIA NO
DESEMPENHO INDUSTRIAL: ANÁLISE COM O FLEXSIM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Cursos Superiores da Faculdade de Tecnologia Assessoritec como requisito para a obtenção do grau de Tecnólogo em Qualidade.

Joinville, 28 de julho de 2025.

Prof. Osvaldo Tadeu Rodrigues Junior (Orientador)
Faculdade de Tecnologia Assessoritec (FTA)

Prof. Me. Katiana da Silva Estevam
Faculdade de Tecnologia Assessoritec (FTA)

Prof. Me. Vilmar da Silva
Faculdade de Tecnologia Assessoritec (FTA)

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste trabalho marca não apenas o fim de uma etapa acadêmica, mas também a realização de um sonho que só se tornou possível graças ao apoio e à presença de pessoas muito especiais ao longo dessa caminhada.

Em primeiro lugar, agradeço à minha mãe Maria, pelo amor incondicional e pelo apoio constante. Sua dedicação, força e exemplo foram fundamentais para que eu continuasse mesmo diante dos desafios.

Ao meu pai Celeste, in memoriam, deixo minha mais profunda gratidão. Os valores que me transmitiu e a sua memória seguem vivos em cada escolha e conquista da minha vida. Este trabalho é também uma homenagem à sua história e ao legado que deixou.

À minha filha Helena minha maior motivação agradeço por ser minha inspiração diária. Que este trabalho possa um dia mostrar a você que o esforço e a dedicação sempre valem a pena.

Aos meus professores, muito obrigada por compartilharem seus conhecimentos, pela orientação ao longo do curso e pelo incentivo constante. Cada aprendizado teve um papel essencial na construção deste trabalho.

Aos amigos que estiveram ao meu lado nos momentos de cansaço, dúvida e superação, minha gratidão sincera pela amizade, pelo apoio e pelas palavras que me deram força quando eu mais precisei.

E a todos que de alguma forma contribuíram para que este trabalho se tornasse realidade, meu muito obrigada.

” Não se gerencia o que não se mede, não se mede o que não se define, não se define o que não se entende e não há sucesso no que não se gerencia.”

William Edwards Deming (1986)

RESUMO

A constante busca por melhorias no desempenho industrial impulsiona o uso de ferramentas tecnológicas capazes de simular, prever e otimizar processos. Este trabalho apresenta a aplicação do software FlexSim como meio de análise e melhoria de projetos industriais, por meio da criação de modelos virtuais que representam o funcionamento real de uma linha de produção. A partir de um estudo de caso em uma fábrica de componentes plásticos, foram simulados diferentes cenários operacionais, visando reduzir gargalos e aumentar a eficiência. Os resultados obtidos evidenciam ganhos significativos na produtividade e na organização do fluxo produtivo, demonstrando que a simulação é uma alternativa eficaz para apoiar decisões estratégicas sem interromper as operações reais. O estudo reforça o papel da simulação como aliada na inovação industrial, principalmente quando aplicada com ferramentas que integram visualização gráfica e análise de desempenho.

Palavras-chave: Simulação Industrial; FlexSim; Otimização de Processos; Engenharia de Produção; Melhoria Contínua.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Recursos da ferramenta

Figura 2 – Ferramentas de análise de modelos

Figura 3 – Fluxo da fábrica antes da simulação moldagem - fosqueamento

Figura 4 – Fluxo da fábrica antes da simulação fosqueamento – pintura

Figura 5 – Fluxo da fábrica após a simulação moldagem - fosqueamento

Figura 6 – Fluxo da fábrica após a simulação fosqueamento - pintura

SUMÁRIO

1. OBJETIVOS	11
1.1. OBJETIVO GERAL.....	11
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
2. INTRODUÇÃO	12
3. REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1. A Evolução da Indústria e a Necessidade de Otimização.....	13
3.2. Fundamentos da Simulação Computacional	14
3.3. Características do FlexSim.....	16
3.4. Estudos recentes e aplicações na indústria.....	19
4. MATERIAIS E MÉTODOS	21
4.1. FlexSim e sua capacidade de resolução em simulações	21
4.2. Construção do Modelo no FlexSim	22
4.3. Simulações de Cenários: Redução de deslocamentos com alteração de Layout.....	23
5. RESULTADOS	26
5.1. 1º Cenário: Redução de Deslocamentos com Alteração de Layout	26
5.2. 2º Cenário: Alteração do Posto de Fosqueamento.....	26
5.3. Ganhos Gerais Proporcionados pela Simulação.....	27
6. CONCLUSÕES	30
7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	31
8. REFERÊNCIAS	32

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar de que forma o uso do software FlexSim pode melhorar projetos industriais, criando simulações computacionais que possibilitam examinar o desempenho dos processos produtivos e sugerir melhorias com base em dados reais, com foco neste estudo na análise da distância entre os setores de moldagem e acabamento.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Compreender os fundamentos da simulação computacional aplicada ao ambiente industrial, destacando suas vantagens frente a métodos tradicionais de análise;
- Estudar as funcionalidades do FlexSim e sua aplicabilidade na modelagem de processos produtivos;
- Coletar dados reais de um processo industrial para servir de base à construção de um modelo virtual representativo no FlexSim;
- Simular diferentes cenários operacionais com o objetivo de identificar gargalos, desperdícios ou pontos críticos no fluxo produtivo;
- Comparar os resultados obtidos em cada cenário e propor soluções viáveis que melhorem o desempenho geral do sistema;
- Sugestões futuras sobre os benefícios da simulação como apoio à tomada de decisão e planejamento industrial.

2. INTRODUÇÃO

A evolução constante da indústria moderna exige que os processos produtivos sejam cada vez mais eficientes, ágeis e flexíveis. Em meio a esse cenário, a simulação computacional torna-se uma ferramenta essencial para identificar oportunidades de melhoria sem a necessidade de intervenções físicas arriscadas ou dispendiosas.

Entre as ferramentas de simulação disponíveis no mercado, destaca-se o FlexSim, um software especializado na modelagem de sistemas produtivos e logísticos, que permite a construção de ambientes virtuais próximos à realidade. Através dessa tecnologia, é possível testar diferentes configurações de processos, analisar cenários futuros e propor alterações que otimizem o desempenho industrial.

De acordo com Law (2015), a simulação é indispensável quando se busca compreender o comportamento de sistemas dinâmicos sem interromper operações reais. Neste contexto, o presente estudo propõe a aplicação prática do FlexSim para aprimorar o desempenho de um processo industrial, validando sua eficácia como ferramenta de apoio à tomada de decisão.

A utilização da simulação ajuda na identificação de gargalos, o dimensionamento adequado de recursos e também a previsão de impactos decorrentes de mudanças estruturais. Isso possibilita que gestores tomem decisões mais fundamentadas, com base em dados e cenários simulados, reduzindo incertezas e riscos operacionais.

Por fim, a adoção de ferramentas como o FlexSim alinha-se aos princípios da Indústria 4.0, ao integrar tecnologias digitais aos sistemas produtivos. Essa abordagem contribui não apenas para ganhos de eficiência, mas também para a construção de uma cultura de melhoria contínua, essencial para a competitividade no cenário industrial contemporâneo.

3. REVISÃO DE LITERATURA

A busca por processos produtivos mais eficientes, seguros e competitivos tem impulsionado a adoção de tecnologias digitais nas operações industriais. Nesse contexto, a simulação computacional emerge como um recurso estratégico para apoiar o planejamento, a análise e a otimização de sistemas complexos. Em vez de depender exclusivamente de experimentações físicas, que podem ser caras e arriscadas, as empresas passam a contar com modelos virtuais capazes de reproduzir o comportamento real do processo, permitindo o estudo de diferentes cenários e a avaliação de melhorias de forma controlada.

A literatura especializada destaca que a evolução de ferramentas de simulação, especialmente aquelas orientadas a eventos discretos, tornou esse tipo de análise mais acessível e robusta para diferentes setores industriais. Além de representar graficamente o fluxo de trabalho, essas soluções possibilitam mensurar indicadores de desempenho, identificar gargalos e embasar decisões com maior segurança. Nos tópicos a seguir, serão discutidos o contexto histórico dessa prática, seus conceitos fundamentais, os benefícios para o ambiente industrial e exemplos concretos de aplicação.

3.1. A Evolução da Indústria e a Necessidade de Otimização

Nas últimas décadas, os ambientes industriais passaram por transformações significativas impulsionadas pela busca constante por eficiência, produtividade e competitividade. O conceito de Indústria 4.0, que incorpora tecnologias digitais aos processos fabris, evidenciou ainda mais a importância do uso de ferramentas inteligentes para tomada de decisão.

Autores como Kagermann et al. (2013) destacam que a digitalização da produção exige soluções que permitam visualizar, simular e prever comportamentos operacionais antes da implementação física de mudanças.

Segundo Kagermann et al. (2013),

A Indústria 4.0 transformará radicalmente os perfis de trabalho e de competências dos trabalhadores. Por isso, será necessário implementar estratégias de capacitação adequadas e organizar o trabalho de forma a

promover a aprendizagem, possibilitando o aprendizado ao longo da vida e o desenvolvimento profissional contínuo no ambiente de trabalho. Para alcançar esse objetivo, projetos modelo e redes de “boas práticas” devem ser incentivados, e as técnicas de aprendizagem digital devem ser exploradas. (Kagermann et al., 2013, p. 6)

Segundo o autor, será necessária uma reestruturação profunda na organização do trabalho. A digitalização dos processos exige que as empresas adotem novos modelos de cooperação, gestão e qualificação de seus colaboradores. Isso inclui o desenvolvimento de ambientes de aprendizagem contínua, com foco na capacitação prática e interdisciplinar, buscando integrar áreas como engenharia, automação e TI.

Além disso, a Indústria 4.0 impulsiona a criação de redes colaborativas entre empresas, fornecedores e clientes, apoiadas por plataformas digitais e sistemas ciberfísicos em tempo real. Esse ecossistema inteligente permite configurar processos produtivos mais flexíveis, personalizados e otimizados, inclusive com volumes de produção baixos — como unidades únicas — de forma economicamente viável. Com isso, surgem novos modelos de negócios baseados na customização em massa e na integração horizontal e vertical dos sistemas produtivos, promovendo vantagens competitivas para empresas que adotam essa abordagem estratégica (Kagermann et al., 2013, p. 14).

3.2. Fundamentos da Simulação Computacional

Simular consiste em representar virtualmente o comportamento de um sistema real, permitindo analisar sua dinâmica ao longo do tempo. Essa abordagem é particularmente útil em ambientes industriais, onde testar alterações diretamente no chão de fábrica pode gerar elevados custos ou impactos indesejáveis.

Segundo Banks et al. (2010), a simulação auxilia no entendimento de sistemas complexos, proporcionando uma base sólida para decisões estratégicas.

Para Freitas (2008),

"A simulação consiste na construção de um modelo computacional que representa o funcionamento de um sistema real, possibilitando a análise do seu comportamento ao longo do tempo. Essa técnica é especialmente útil para sistemas complexos, nos quais os métodos analíticos tradicionais são insuficientes ou inviáveis. Através da simulação, é possível realizar experimentos virtuais, testar hipóteses, avaliar diferentes cenários e apoiar a tomada de decisão, tudo isso sem a necessidade de interromper ou modificar

a operação real do sistema. Além disso, a simulação pode integrar variáveis estocásticas e dinâmicas, refletindo de maneira mais precisa a incerteza e variabilidade presentes nos processos reais." (Freitas, 2008, p. 35)

Segundo Chwif e Medina (2015), a simulação de eventos discretos permite construir ambientes virtuais que refletem o comportamento real de sistemas industriais, oferecendo suporte à avaliação de mudanças operacionais com segurança e precisão. De acordo com Chwif e Medina (2015), a simulação computacional é particularmente indicada para sistemas industriais complexos, dinâmicos e estocásticos, onde métodos tradicionais se mostram insuficientes. Além disso, os autores enfatizam que os modelos visuais facilitam a comunicação entre a equipe técnica e a gestão, garantindo maior clareza no entendimento das operações. A simulação permite substituir testes físicos inviáveis por simulações digitais seguras, desde que o modelo seja fiel ao sistema real. Por fim, os autores destacam que diferentes técnicas – como eventos discretos, Monte Carlo, simulação contínua e baseada em agentes – devem ser escolhidas com base nos objetivos e nas características do sistema em estudo. (Chwif e Medina, 2015, p. 6)

Também é destacado que a simulação computacional, executada por software, substitui testes físicos inviáveis e é essencial quando o sistema em estudo é muito complexo para ser tratado por métodos tradicionais.

Para Chwif e Medina (2015),

"A simulação computacional possibilita a experimentação em ambientes virtuais, permitindo que os gestores testem cenários variados sem interferir na operação real, reduzindo riscos e custos associados a mudanças. Além disso, a representação visual dos modelos contribui para uma melhor compreensão e alinhamento entre os diversos atores envolvidos no processo decisório." (Chwif e Medina, 2015, p. 12)

A partir da análise dos autores citados, observa-se que a simulação computacional se tornou uma ferramenta indispensável na indústria moderna, especialmente em cenários onde a imprevisibilidade e a variabilidade são presentes. Ao permitir a antecipação de comportamentos operacionais, essa abordagem oferece condições favoráveis para decisões mais assertivas, reduzindo riscos e custos associados à experimentação real. Com isso, organizações ganham não apenas agilidade, mas também confiança ao implementar mudanças estruturais em seus processos produtivos.

Outro ponto importante se refere à capacidade da simulação de promover o entendimento colaborativo entre os diferentes setores de uma empresa. Como os modelos visuais permitem uma representação acessível do funcionamento do sistema, há uma melhora significativa na comunicação entre áreas técnicas e de gestão. Essa integração é fundamental para o sucesso de projetos de melhoria contínua, pois evita interpretações equivocadas e facilita o alinhamento das decisões com os objetivos estratégicos do negócio.

Portanto, a simulação computacional não apenas representa um avanço tecnológico, mas sim um recurso estratégico para enfrentar os desafios operacionais das indústrias atuais. Sua aplicação, contudo, demanda critérios rigorosos na construção dos modelos e na definição das variáveis de entrada. Caso contrário, mesmo com ferramentas sofisticadas, os resultados obtidos podem conduzir a diagnósticos errados, comprometendo a eficácia da solução adotada. Assim, o uso consciente e fundamentado da simulação torna-se um diferencial competitivo relevante.

3.3. Características do FlexSim

O FlexSim é um software de simulação baseado em eventos discretos que oferece recursos avançados de visualização 3D, personalização de lógicas e análise estatística de dados. Algumas de suas principais vantagens incluem:

- Facilidade de construção de modelos visuais e funcionais;
- Geração automática de gráficos e relatórios de desempenho;
- Integração com sistemas de dados externos (ERP, MES);
- Flexibilidade para simular tanto ambientes de manufatura quanto operações logísticas.

Como afirmam Zülch e Vetter (2004), o uso de ferramentas de simulação com visualização gráfica favorece a comunicação entre engenheiros, gestores e operadores, facilitando a aceitação das propostas de melhoria.

Segundo a FlexSim An Autodesk Company (2025), a ferramenta é capaz criar modelos computacionais dinâmicos de qualquer sistema e realizar testes de cenários hipotéticos para ver o que funciona no mundo real. O FlexSim ainda pode considerar

tempo, espaço, variabilidade e as relações complexas inseridas dentro do sistema e criar ambientes 3D que possibilitam um segundo nível crítico de validação.

Segundo o site oficial da empresa criadora do software:

“Projetamos o FlexSim para ser o software de construção de modelos mais rápido que existe. Aplicativos de planilhas e linguagens de programação não são projetados *especificamente* para modelar um sistema, portanto, levam muito mais tempo do que um produto dedicado à modelagem de simulação. E embora existam muitos pacotes de simulação de qualidade no mercado, todos eles carecem de alguns recursos cruciais que podem fazer a diferença entre um projeto de duas semanas e um de um mês. Somente o FlexSim possui todos estes recursos de construção de modelos: biblioteca de objetos padrão, listas suspensas e propriedades, fluxos de processos.” (FLEXSIM SOFTWARE PRODUCTS, INC., [s.d.])

No site da empresa criadora do software, um estudo de caso evidencia resultados destacáveis alcançados através da implementação da ferramenta. Segundo Matt Thibodeau, Engenheiro de Vendas da Skarnes, Inc.,

“A empresa queria aumentar a produtividade de um dos processos de armazenagem de seu cliente. O cliente utilizava um Sistema Automatizado de Armazenagem e Recuperação (AS/RS) que se conectava a um circuito transportador, transportando paletes para uma estação de separação e, em seguida, de volta para o AS/RS. Esse sistema era capaz de separar 70 paletes por hora e foi estudado pela Skarnes para possíveis melhorias. A FlexSim desenvolveu um modelo de simulação 3D preciso para confirmar a proposta da Skarnes. Com a adição deste transportador principal de nível superior, o modelo de simulação mostrou que o número de paletes coletados aumentaria de **70 para 100 paletes por hora, um aumento de 43%**. A animação 3D do sistema também confirmou visualmente que o congestionamento do transportador foi bastante reduzido, adicionando outro nível de validação para o cliente.” (FLEXSIM SOFTWARE PRODUCTS, INC., [s.d.])

Como representado na figura abaixo, a FlexSim promete:

Figura 1. Recursos da ferramenta

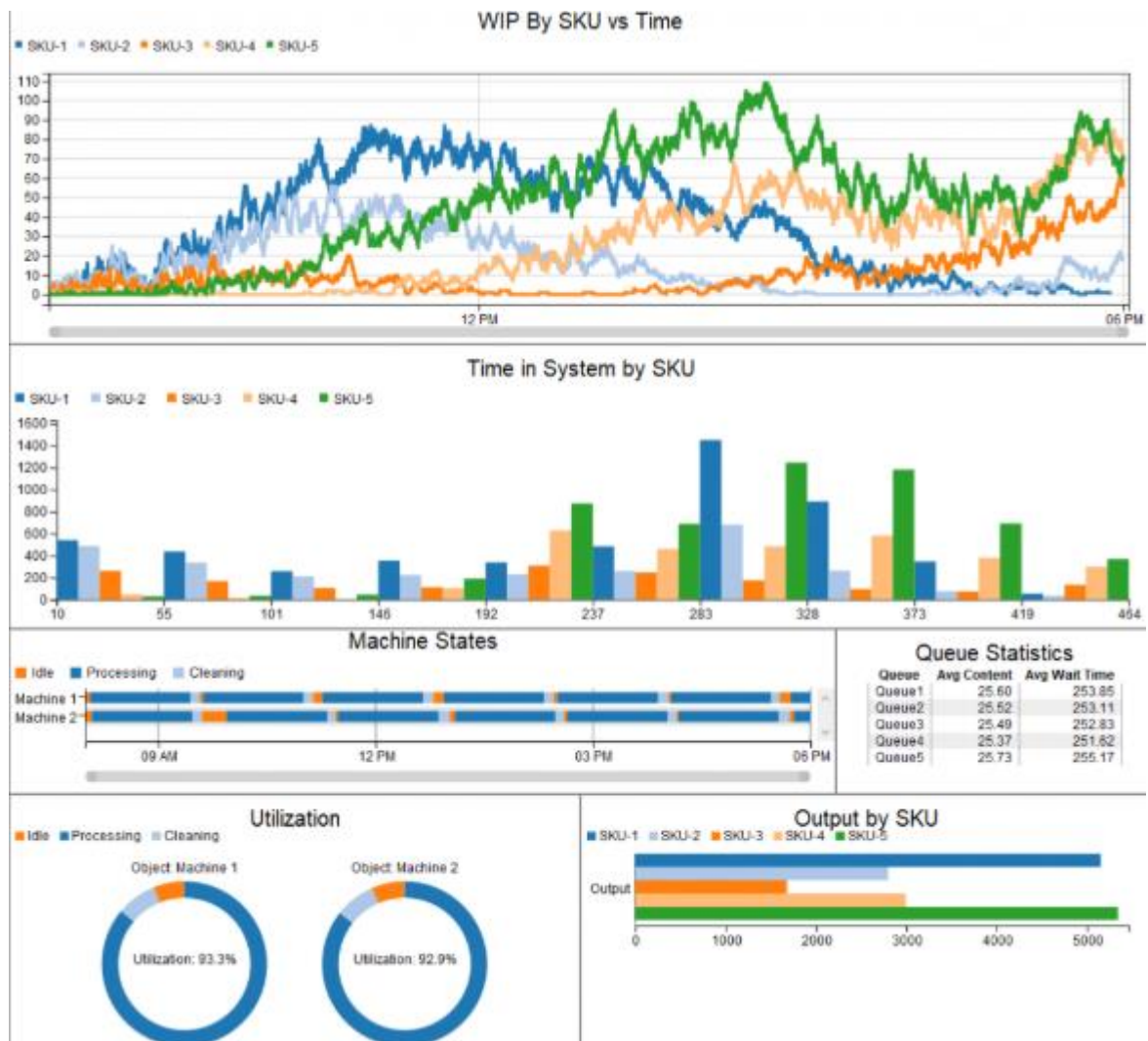


Fonte: FlexSim An Autodesk Company (2025)

Na ferramenta portanto é possível criar modelos 3D que irão auxiliar a emular a aparência do sistema real, tornando mais fácil ver e entender o que está acontecendo. A ferramenta proporciona ainda em termos de análises, como mostra a figura 2:

- Uma lista detalhada de gráficos e tabelas para ajudar a visualizar dados de uma execução de simulação;
- A capacidade de rastrear uma ampla variedade de pontos de dados e depois exportar para seu aplicativo de planilha favorito;
- Maior flexibilidade para coleta de dados por meio de ferramentas poderosas como o objeto *Stats Collector* e a atividade zone.

Figura 2. Ferramentas de análises de modelos



Fonte: FlexSim An Autodesk Company (2025)

Diante do exposto, observa-se que o FlexSim se destaca como uma solução robusta e eficaz para a simulação de processos produtivos e logísticos, oferecendo aos profissionais uma plataforma completa para modelagem, análise e tomada de decisão. Sua interface amigável, aliada à capacidade de representar graficamente sistemas complexos, favorece a compreensão dos fluxos operacionais e a identificação de melhorias de forma visual e intuitiva.

Além disso, as funcionalidades avançadas de coleta e análise de dados fazem do FlexSim um recurso estratégico para empresas que buscam otimizar processos, eliminar gargalos e elevar a produtividade por meio de simulações realistas e confiáveis. Dessa forma, o uso do FlexSim não só melhora a eficiência operacional, como também reforça a cultura de inovação e aprimoramento contínuo nas indústrias.

3.4. Estudos recentes e aplicações na indústria

A aplicação de simulação computacional em ambientes industriais tem se consolidado como prática relevante para aprimorar o desempenho operacional e reduzir ineficiências. Um exemplo recente desse tipo de abordagem pode ser observado no trabalho de Frigotto, Corso e Vacaro (2022), que estudaram o balanceamento de uma linha de produção no setor metal-mecânico.

Nesse estudo de caso, os autores utilizaram a simulação para analisar o fluxo de trabalho e identificar gargalos que impediam o ritmo desejado de produção. Com base em dados reais, construíram um modelo que representava as etapas de montagem e processamento, permitindo testar diferentes cenários de alocação de recursos.

Os resultados obtidos demonstraram que, ao redistribuir operadores e reconfigurar o sequenciamento das tarefas, foi possível reduzir o tempo de ciclo total da linha, equilibrar a utilização dos postos de trabalho e diminuir o acúmulo de peças em fila. A simulação serviu como ferramenta para validar essas alternativas antes de implementá-las fisicamente, garantindo maior segurança na tomada de decisão.

Esse caso evidencia como a simulação computacional vai além de análises teóricas, atuando como suporte direto para resolver problemas práticos em ambientes produtivos reais. Ao permitir experimentação virtual, reduz custos, riscos e tempo de

implementação. Assim, sua aplicação se alinha a estratégias de melhoria contínua, promovendo ganhos de eficiência e competitividade no setor industrial.

A crescente adoção da simulação computacional na indústria reflete a busca por soluções inovadoras que combinam tecnologia e gestão para otimizar processos produtivos. Estudos recentes têm mostrado que a capacidade de testar múltiplos cenários de forma segura e rápida é um diferencial estratégico, especialmente em contextos onde mudanças físicas são dispendiosas ou inviáveis. Além disso, a simulação facilita a integração de variáveis complexas e a análise de sistemas dinâmicos, permitindo que as decisões sejam baseadas em evidências concretas e não apenas em conjecturas.

Por fim, a aplicação da simulação contribui para a transformação digital das indústrias, promovendo uma cultura de análise contínua e aprendizado organizacional. À medida que as tecnologias evoluem, a simulação torna-se ferramenta imprescindível para enfrentar desafios crescentes, desde o gerenciamento de cadeias produtivas até a adaptação a mercados voláteis. Portanto, seu uso não só aprimora a eficiência operacional, mas também fortalece a resiliência e a capacidade de inovação das empresas industriais.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido a partir de uma abordagem aplicada e qualitativa, utilizando a técnica do estudo de caso. A metodologia seguiu as seguintes etapas:

- Pesquisa bibliográfica sobre simulação computacional, suas aplicações industriais e sobre o FlexSim;
- Levantamento de dados operacionais de uma linha de produção automotiva;
- Modelagem do processo utilizando o FlexSim;
- Execução de simulações para análise de cenários distintos;
- Interpretação dos resultados e proposição de melhorias.

Os dados foram obtidos por meio de observação direta e consulta a registros internos da empresa estudada, buscando garantir a fidelidade do modelo construído.

4.1. FlexSim e sua capacidade de resolução em simulações

O FlexSim foi escolhido como ferramenta de simulação por permitir a representação de sistemas produtivos com lógica discreta, além de oferecer integração com dados reais e visualização em 3D. Além disso sua interface permite configurar parâmetros de forma intuitiva e realizar análises gráficas com base nos resultados gerados.

A aplicação prática da simulação computacional foi realizada em uma linha de produção de componentes plásticos destinados ao setor automotivo, em uma planta fabril de médio porte. O processo estudado compreendia as etapas de moldagem das peças, resfriamento, acabamento manual, inspeção visual e, por fim, o encaminhamento para embalagem e expedição.

Durante o levantamento inicial, foram identificados diversos pontos críticos no fluxo produtivo. Entre os principais problemas observados, destacaram-se:

- a) Filas excessivas entre as estações de trabalho, especialmente nas etapas de acabamento e inspeção;
- b) Atrasos na liberação das peças para o setor de expedição se tornaram frequentes e acabam comprometendo prazos de entrega;
- c) Altos volumes de estoque intermediário, que ocupavam espaço físico e geravam dificuldades logísticas internas;

- d) Desbalanceamento entre as etapas produtivas, com setores superdimensionados e outros operando com capacidade insuficiente.

O modelo desenvolvido no FlexSim possibilitou reproduzir o funcionamento real do processo em diferentes condições operacionais. Com a ajuda da simulação, foi possível identificar com maior precisão os gargalos no sistema e testar soluções viáveis, como:

- a) Alterações no layout para reduzir deslocamentos desnecessários;
- b) Redistribuição de operadores conforme a demanda real de cada etapa;
- c) Ajustes nos tempos de ciclo por meio de pequenas melhorias operacionais;
- d) Introdução de buffers controlados para equilibrar o fluxo entre setores.

Os resultados das simulações comparativas mostraram redução de até 28% no tempo médio de ciclo total, além de uma diminuição significativa nos níveis de estoque intermediário, o que contribuiu para a liberação de espaço físico e para uma logística interna mais eficaz. A taxa de utilização dos recursos humanos e equipamentos também apresentou melhor distribuição após os ajustes simulados.

Esses resultados reforçam o potencial da simulação como ferramenta de apoio à tomada de decisão industrial, permitindo antecipar problemas e validar melhorias antes de sua implementação no chão de fábrica.

4.2. Construção do Modelo no FlexSim

Com as ferramentas do FlexSim, foi criado um modelo computacional que representa de forma precisa a linha de produção projetada. Durante a modelagem, foram respeitados criteriosamente o fluxo real das operações, o quantitativo e características dos recursos disponíveis, bem como os tempos de processamento observados no ambiente produtivo.

O modelo incorporou diversos elementos essenciais, como máquinas, operadores, transportadores e estações de trabalho, cada um configurado com suas respectivas restrições operacionais, capacidades específicas e sequências de atividades, a fim de reproduzir com precisão a dinâmica do sistema produtivo.

Além disso, o ambiente virtual possibilitou a parametrização detalhada dos recursos, incluindo tempos de setup, tempos de espera, e eventuais tempos ociosos, permitindo simular diferentes cenários e identificar possíveis gargalos ou

desperdícios. A construção cuidadosa do modelo também considerou a interação entre os elementos do sistema, garantindo que os fluxos de materiais e informações fossem representados de maneira realista.

A validação do modelo foi realizada comparando os dados simulados com os resultados reais de produção, garantindo a credibilidade das análises subsequentes. Assim, o modelo criado no FlexSim serviu como uma ferramenta eficiente para simulações virtuais, possibilitando avaliar diferentes alternativas de melhoria sem impactar diretamente a produção, diminuindo riscos e otimizando o uso de recursos.

4.3. Simulações de Cenários: Redução de deslocamentos com alteração de Layout

Durante a etapa de modelagem, foi identificado que uma das atividades mais críticas da linha de produção era o deslocamento frequente do operador responsável pelo transporte de peças entre o fluxo de moldagem até a área de acabamento. No layout original, essa estação encontrava-se a uma distância significativa da etapa de acabamento, forçando o operador a percorrer cerca de 87 metros por ciclo para buscar cada peça.

Figura 3. Fluxo da fábrica antes da simulação moldagem - fosqueamento



Fonte: FlexSim An Autodesk Company (2025)

No modelo criado no FlexSim, a posição dos blocos que representam as estações de trabalho foi ajustada, e as configurações de deslocamento do operador

foram atualizadas de acordo com a nova localização no ambiente 3D. Os resultados foram observados após a execução de um ciclo completo de simulação com o novo layout.

Esse deslocamento constante, além de aumentar o tempo total de ciclo, contribuía para a fadiga do operador e gerava acúmulo de peças entre os setores. Diante disso, foi elaborada uma proposta de reconfiguração de layout, aproximando a estação de moldagem da etapa de acabamento, reduzindo o deslocamento para aproximadamente 39 metros por ciclo

A simulação demonstrou que a simples realocação física de uma estação resultou em ganhos significativos de produtividade, além de maior aproveitamento da força de trabalho. O novo layout favoreceu um fluxo mais contínuo entre as etapas e reduziu o tempo ocioso causado por deslocamentos desnecessários.

Além desse primeiro cenário, foi simulado um segundo caso envolvendo a alteração do posto de fosqueamento. No layout original, o deslocamento do operador entre o fosqueamento e a etapa seguinte que é a pintura era de aproximadamente 62 metros por ciclo. Com a nova proposta de layout, essa distância foi reduzida para cerca de 12 metros. A simulação evidenciou que essa mudança adicional gerou benefícios similares, como redução de tempo de ciclo, menor fadiga do operador e maior fluidez no fluxo produtivo entre as etapas, demonstrando o potencial cumulativo das melhorias quando avaliadas em conjunto.

Figura 4. Fluxo da fábrica antes da simulação fosqueamento - pintura



Fonte: FlexSim An Autodesk Company (2025)

Esse tipo de ajuste, embora aparentemente simples, é difícil de validar sem o apoio de ferramentas como a simulação. O modelo computacional permitiu observar os impactos antes de implementar a mudança no ambiente real, reforçando a importância de ferramentas digitais no redesenho de processos industriais.

5. RESULTADOS

Nesta seção, são apresentados os principais resultados obtidos a partir da aplicação do modelo de simulação desenvolvido no FlexSim para a linha de produção em estudo. As análises focaram em identificar e propor melhorias operacionais que impactassem positivamente o desempenho produtivo, com ênfase na redução de tempos ociosos, otimização de deslocamentos e aumento da eficiência dos recursos humanos e físicos.

Por meio da experimentação virtual, foi possível avaliar diferentes cenários e quantificar os ganhos potenciais antes da implementação física, garantindo decisões mais seguras e embasadas em dados concretos.

5.1. 1º Cenário: Redução de Deslocamentos com Alteração de Layout

No primeiro cenário, o problema identificado estava relacionado ao layout original, que exigia que o operador responsável pelo acabamento percorresse longas distâncias para buscar peças vindas da moldagem. Isso gerava atrasos no ciclo produtivo, acúmulo de peças em fila e cansaço físico do colaborador.

Solução simulada:

Reposicionamento da estação de acabamento próximo à saída da etapa de moldagem, encurtando o deslocamento de aproximadamente 87 metros para cerca de 39 metros por ciclo.

Resultados alcançados com o FlexSim:

- a) Redução de 55% no tempo médio gasto pelo operador em deslocamentos.
- b) Diminuição de 13,3% no tempo total de ciclo de produção.
- c) Queda de 45% no número médio de peças em espera.
- d) Aumento de 84,5% na utilização do operador.

5.2. 2º Cenário: Alteração do Posto de Fosqueamento

No segundo cenário, o problema era o posicionamento entre o posto de fosqueamento e a etapa de pintura. O layout original exigia que o operador

percorresse aproximadamente 62 metros por ciclo, o que também causava atrasos, filas e esforço físico excessivo.

Solução simulada:

Reposicionamento do posto de fosqueamento mais próximo à área de pintura, reduzindo o deslocamento de cerca de 62 metros para aproximadamente 12 metros por ciclo.

Resultados esperados com o FlexSim:

- a) Redução significativa de 80,6% no tempo de deslocamento do operador.
- b) Maior fluidez no fluxo entre as etapas de fosqueamento e pintura.
- c) Aumento de 124% na utilização do operador.
- d) Diminuição no tempo total de ciclo de 19,5%.

Assim como no primeiro cenário, o uso da simulação permitiu validar previamente os benefícios dessa mudança de layout, garantindo tomadas de decisão mais seguras e eficientes para o processo produtivo.

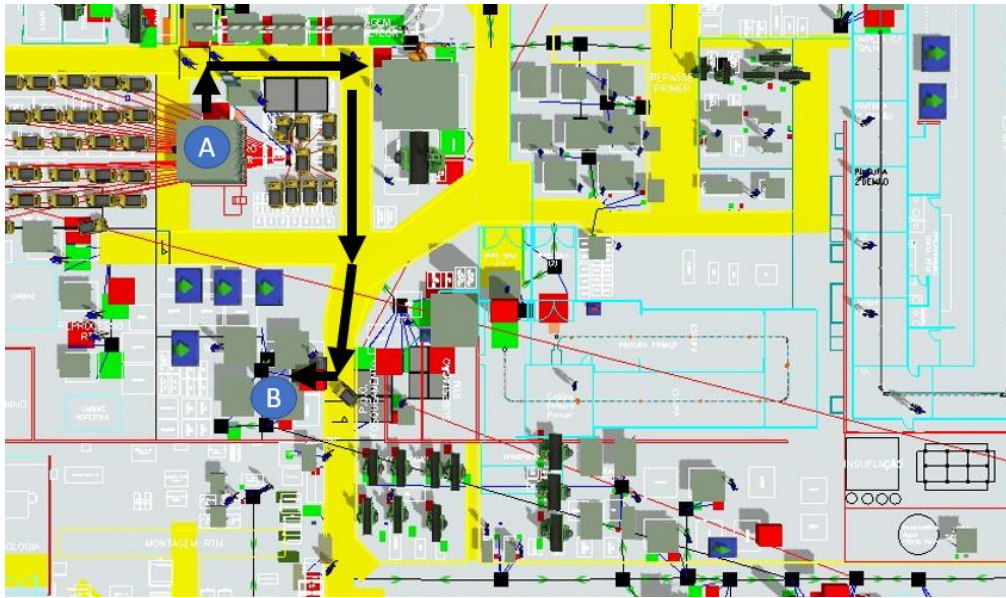
5.3. Ganhos Gerais Proporcionados pela Simulação

A simulação demonstrou o potencial do FlexSim em apoiar decisões de engenharia e gestão industrial com:

- a) Identificação clara de gargalos e desperdícios de tempo.
- b) Visualização gráfica das propostas de melhoria, facilitando o alinhamento entre equipes.
- c) Quantificação precisa dos benefícios esperados antes de qualquer intervenção real.
- d) Redução de riscos e custos provocados por mudanças físicas sem planejamento adequado.

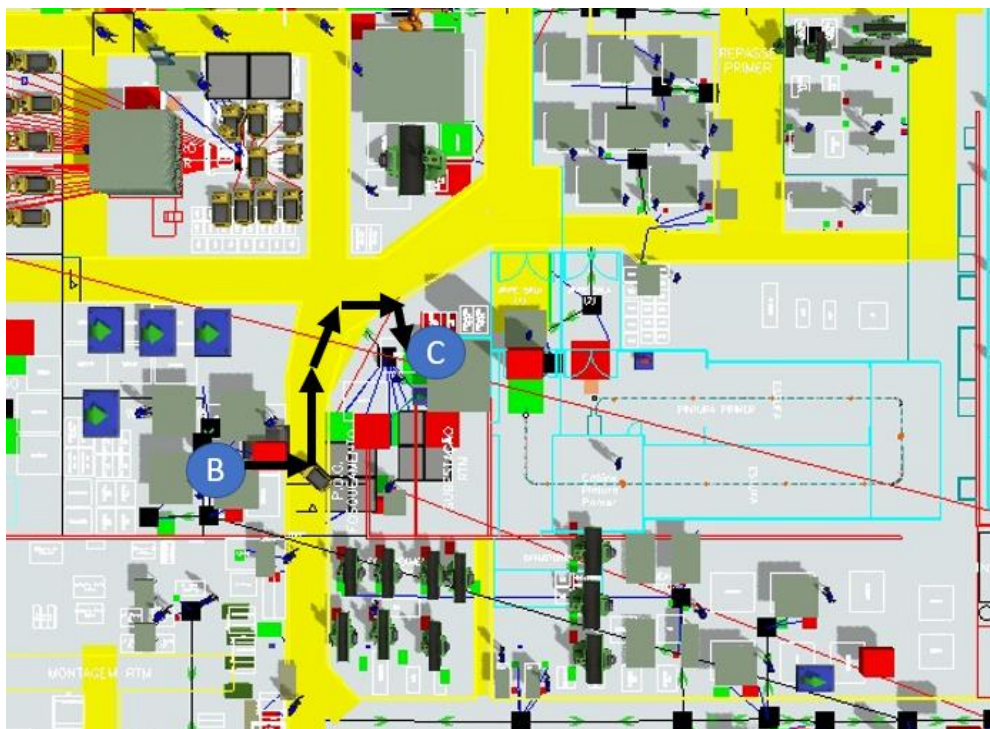
Em síntese, a aplicação da simulação computacional possibilitou transformar hipóteses de melhoria em estratégias embasadas por dados, gerando segurança para implantação das alterações e contribuindo para maior produtividade e competitividade da planta industrial.

Figura 5. Fluxo da fábrica depois da simulação moldagem - fosqueamento



Fonte: FlexSim An Autodesk Company (2025)

Figura 6. Fluxo da fábrica depois da simulação fosqueamento - pintura



Fonte: FlexSim An Autodesk Company (2025)

Os resultados obtidos evidenciam que a simulação computacional é uma ferramenta estratégica indispensável para a tomada de decisões em ambientes

produtivos. A possibilidade de testar mudanças de layout e de alocação de recursos em um ambiente virtual reduziu consideravelmente os riscos associados às intervenções físicas, permitindo uma análise precisa dos impactos operacionais antes da sua execução. Essa abordagem, baseada em dados, contribui diretamente para a elevação da confiabilidade e da assertividade na gestão dos processos industriais.

Além disso, a visualização gráfica dos modelos no FlexSim facilitou o entendimento das propostas por diferentes setores da organização, promovendo o alinhamento entre áreas técnicas, operacionais e gerenciais.

A simulação se mostrou eficiente como ferramenta de análise e como instrumento de comunicação e integração entre equipes. Dessa forma, conclui-se que a utilização da simulação computacional, por meio do FlexSim, viabilizou um processo decisório mais econômico e eficaz.

As melhorias implementadas com base nos cenários simulados resultaram em ganhos operacionais significativos, como redução de tempos de ciclo, aumento da produtividade e melhor aproveitamento dos recursos humanos. Tais benefícios demonstram o valor da simulação como um diferencial competitivo para empresas que buscam excelência operacional em um mercado cada vez mais exigente.

6. CONCLUSÕES

O presente trabalho demonstrou a relevância do uso da simulação computacional como ferramenta de apoio à tomada de decisão em projetos industriais, com ênfase na aplicação prática do software FlexSim. Por meio do estudo de caso em uma linha de produção de componentes plásticos, foi possível analisar cenários reais, identificar gargalos, propor mudanças de layout e balanceamento de operações com embasamento técnico.

Os resultados obtidos nos cenários simulados evidenciaram ganhos significativos. No primeiro cenário, a alteração no layout reduziu deslocamentos desnecessários, diminuiu o tempo de ciclo e melhorou a utilização da mão de obra. Esse benefício comprova o potencial da simulação para antecipar problemas, testar soluções de forma segura e otimizar recursos antes de qualquer intervenção física.

Além dos resultados quantitativos, o uso do FlexSim proporcionou vantagens qualitativas importantes, como maior compreensão do fluxo produtivo por parte da equipe, melhor comunicação entre áreas envolvidas e maior segurança no planejamento de mudanças. Ao representar o sistema de forma visual e interativa, a ferramenta contribuiu para o alinhamento entre operadores, engenheiros e gestores.

Conclui-se que a simulação computacional é uma estratégia indispensável em projetos industriais modernos, especialmente em contextos que exigem redução de custos, aumento de produtividade e mitigação de riscos. Ao permitir experimentação virtual e avaliação de diferentes alternativas, a técnica se alinha às práticas de melhoria contínua e inovação defendidas pelos conceitos de Indústria 4.0.

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

1) Simulação de recursos humanos e ergonomia;

Modelar pausas, fadiga e condições ergonômicas para propor melhorias que aumentem a segurança e conforto dos operadores.

2) Análise de fluxo logístico interno;

Avaliar o transporte interno de materiais utilizando veículos, otimizando o fluxo logístico com a simulação.

3) Ampliação do escopo do modelo;

Incluir mais etapas do processo produtivo ou toda a planta fabril, criando um modelo mais abrangente e permitindo análises sistêmicas.

8. REFERÊNCIAS

BANKS, J.; CARSON, J. S.; NELSON, B. L.; NICOL, D. M. Discrete-Event System Simulation. 5. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2010.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria & Prática. São Paulo: Elsevier, 2015.

FREITAS FILHO, P. J. *Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas: Com aplicações em Arena*. Florianópolis: Visual Books, 2008.

Frigotto, F.; Corso, L. L.; Vacaro, T. Aplicação de simulação computacional para validar o balanceamento de uma linha de produção: estudo de caso em uma empresa do ramo metal-mecânico. *Scientia cum Industria*, v. 8, n. 2, p. 187-206, 2022.

FLEXSIM SOFTWARE PRODUCTS, INC. *Aumento da Capacidade de um Sistema de Manuseio de Materiais*. FlexSim, [s.d.]. Disponível em: <https://www.flexsim.com/case-studies/increased-throughput-material-handling/>.

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

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group. Berlin: acatech, 2013.

PIDD, M. Computer Simulation in Management Science. 5. ed. Chichester: Wiley, 2004.

ZÜLCH, G.; VETTER, C. Simulation in Production and Logistics – New Challenges for Simulation in the 21st Century. Berlin: Springer, 2004.