



Aplicação de redefinição de layout e simulação computacional em ambiente fabril

Application of layout redefinition and computational simulation in a manufacturing environment

Aplicación de la redefinición de diseño y la simulación computacional en un entorno de fabricación

**Riany Araujo dos Santos¹, André de Mendonça Santos², Óliver Silva Costa Barreto³,
Djoille Denner Damm⁴, Andressa Clara Barbosa de Araujo⁵, & Kalil Figueiredo Almeida⁶**

^{1 2 3 4 6} Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade (CETENS). ⁵ Universidade Federal da Bahia (UFBA), Escola Politécnica.

¹ riany.araujo@aluno.ufrb.edu.br ² andre.mendonca@ufrb.edu.br ³ oliver.barreto@ufrb.edu.br ⁴ djoille@ufrb.edu.br

⁵ andressaaraudo@ufba.br ⁶ kalil@ufrb.edu.br

ARTIGO INFO.

Recebido: 26.08.2025

Aprovado: 12.11.2025

Disponibilizado: 17.11.2025

PALAVRAS-CHAVE: modelagem e simulação; cronoanálise; redefinição de layouts.

KEYWORDS: modeling and simulation; chronoanalysis; layout redefinition.

PALABRAS CLAVE: modelado y simulación; cronoanálisis; redefinición de diseño.

*Autor Correspondente: Santos, R. A. dos.

RESUMO

O arranjo físico de uma planta industrial é um fator determinante para a eficiência dos processos produtivos, impactando diretamente a produtividade, os custos operacionais e a variabilidade operacional. Este artigo apresenta um estudo de otimização de layout utilizando a redefinição de layouts e simulação computacional, aplicado em uma planta de uma empresa de confecção de vestuários, localizada no portal do sertão da Bahia. A metodologia envolveu a análise da situação atual, mapeamento dos fluxos de materiais, elaboração de modelo de simulação proposto e desenvolvimento de uma alternativa de layout. Para avaliação da proposta, foi utilizado o software Tecnomatix Plant Simulation, permitindo a modelagem do fluxo produtivo e a quantificação dos ganhos obtidos. Os resultados indicaram a redução da variabilidade dos tempos de processamento, redução do lead time e melhorias significativas na organização e estabilidade operacional. A aplicação conjunta redefinição de layouts e da simulação computacional mostrou-se eficaz na identificação de gargalos e na racionalização dos espaços produtivos, contribuindo para o aumento da eficiência no chão de fábrica do fluxo produtivo em análise. O estudo reforça a importância da integração entre métodos clássicos de engenharia de produção e tecnologias computacionais de apoio à decisão.

ABSTRACT

The physical layout of an industrial plant is a determining factor for the efficiency of production processes, directly impacting productivity, operating costs, and operational variability. This article presents a layout optimization study

using layout redefinition and computer simulation, applied to a garment manufacturing plant located in the gateway to the Bahia backlands. The methodology involved analyzing the current situation, mapping material flows, developing a proposed simulation model, and developing a layout alternative. Tecnomatix Plant Simulation software was used to evaluate the proposal, enabling modeling of the production flow and quantification of the gains obtained. The results indicated reduced variability in processing times, reduced lead time, and significant improvements in organization and operational comfort. The combined application of layout redefinition and computer simulation proved effective in identifying bottlenecks and streamlining production spaces, contributing to increased shop floor efficiency in the production flow under analysis. The study reinforces the importance of integrating classical production engineering methods with computer decision-making technologies.

RESUMEN

La disposición física de una planta industrial es un factor determinante para la eficiencia de los procesos de producción, impactando directamente la productividad, los costos y la variabilidad operativos. Este artículo presenta un estudio de optimización de la disposición mediante redefinición de la disposición y simulación computacional, aplicado a una planta de confección ubicada en la entrada al sertão bahiano. La metodología implicó analizar la situación actual, mapear los flujos de materiales, desarrollar un modelo de simulación propuesto y desarrollar una alternativa de disposición. Se utilizó el software Tecnomatix Plant Simulation para evaluar la propuesta, lo que permitió modelar el flujo de producción y cuantificar las ganancias obtenidas. Los resultados indicaron una menor variabilidad en los tiempos de procesamiento, una reducción del plazo de entrega y mejoras significativas en la organización y la comodidad operativa. La aplicación combinada de la redefinición de la disposición y la simulación computacional resultó eficaz para identificar cuellos de botella y optimizar los espacios de producción, contribuyendo a una mayor eficiencia en la planta de producción en el flujo de producción analizado. El estudio reforza la importancia de integrar los métodos clásicos de ingeniería de producción con las tecnologías computacionales de toma de decisiones.



INTRODUÇÃO

A complexidade dos sistemas produtivos e a pressão por maior competitividade têm impulsionado as organizações a adotarem ferramentas da Pesquisa Operacional (PO) para tomada de decisões mais eficientes e baseadas em dados. Entre essas ferramentas, destaca-se a simulação de processos produtivos como uma abordagem que permite testar diferentes cenários e configurações sem a necessidade de intervenções físicas na planta, reduzindo riscos e custos operacionais (Santos, 1999; Monostori et al., 2010). Nesse contexto, o uso do software *Tecnomatix® Plant Simulation* tem se consolidado como uma solução robusta para modelar, simular e otimizar sistemas de manufatura, contribuindo significativamente para a análise de desempenho, balanceamento de linha e gestão do fluxo de materiais (Siemens, 2010).

Paralelamente, o método de Redefinição de *Layout*, surge como uma estratégia fundamental para aumentar a eficiência produtiva, reduzir tempos de transporte, eliminar desperdícios e melhorar o fluxo de trabalho (Kamaruddin et al., 2013, *apud* Cândido; Ferreira; Barbosa, 2014). Na indústria de confecção, por exemplo, o arranjo físico inadequado pode gerar altos níveis de ociosidade e retrabalho, comprometendo o desempenho do sistema como um todo (Frigotto et al., 2020). Diferentes configurações de layout como funcional, celular e por produto apresentam impactos distintos sobre a produtividade e o *lead time*, e sua escolha deve ser pautada em análises criteriosas que considerem os objetivos operacionais da organização (Moreira, 2014).

A integração entre simulação computacional embasada pela cronoanálise e a redefinição de layout permite uma análise robusta do comportamento dos sistemas produtivos frente a mudanças estruturais. Estudos dos autores de Costa (2022) e Rodrigues et al. (2022) evidenciam os ganhos obtidos com essa combinação, destacando melhorias no balanceamento de linha, redução de movimentações desnecessárias e aumento da produtividade. Ao simular o impacto de diferentes configurações de *layout*, gestores podem visualizar cenários antes da implementação real, otimizando a alocação de recursos e mitigando falhas operacionais com a redução do risco de incerteza com a tomada de decisão.

O presente trabalho investiga os impactos do método de redefinição de layout combinada à simulação computacional com o *Tecnomatix® Plant Simulation*, em uma linha de produção da indústria de confecção de tecidos. A proposta metodológica contempla o mapeamento do processo atual, modelagem e simulação de uma alternativa de otimização, avaliação dos ganhos em termos de tempo de ciclo, eficiência de linha e produtividade. O objetivo do estudo é otimizar o processo de fabricação de camisas para melhorar a produtividade, atingir estabilidade operacional e reduzir o tempo total de produção com aplicação da redefinição de *layouts*, através de um cenário proposto otimizado pelo software *Tecnomatix® Plant Simulation*.

REFERENCIAL TEÓRICO

Cronoanálise

A cronoanálise visa conhecer detalhadamente cada etapa do processo identificando falhas a serem corrigidas, minimizando fadigas e tempos de ociosidade tanto em máquinas quanto em operadores (Oliveira, 2009). De acordo com Silva et al. (2018), a análise do tempo é uma ferramenta essencial para identificar problemas e impulsionar a melhoria contínua no sistema



produtivo. Dessa forma, a análise de redefinição de *layout* possibilita estabelecer um arranjo equilibrado para a realização das atividades, considerando fatores como a layout, equipamentos utilizados, quadro operacional e atividades praticadas durante o processo produtivo.

A ausência de ferramentas para gestão de duração nos processos, pode resultar em problemas como desperdícios, redução da produtividade e investimentos desnecessários. No entanto, muitos desses problemas podem ser mitigados com a utilização da cronoanálise (Lima et al., 2020).

Para todo levantamento de dados, a coleta está sujeita a valores não usuais conhecidos como *outliers*. Segundo Montgomery (2021), uma das técnicas de retirada dos *outliers* é a utilização da “distância interquartílica”, quanto à amplitude de cobertura dos dados, ou seja, efetuando-se a diferença entre os quartis de primeira e terceira ordem ($A = Q3 - Q1$). E, considera-se *outliers* os valores acima do resultado do quartil de terceira ordem ($Q3 + 1,5A$) e abaixo do quartil de primeira ($Q1 - 1,5A$), sendo estes valores encontrados fora da faixa do intervalo de 95% de confiança, no intuito em atribuir mais fidedignidade ao tratamento estatístico adotado (Silva et al., 2023).

Redefinição de Layout

Estudos recentes demonstram a eficácia do método de redefinição de *layout* em diversos contextos industriais. Por exemplo, Marques e Salgado (2021) aplicaram a Redefinição de *Layouts* na produção de joias, resultando em melhorias significativas no layout e na eficiência do processo. Da mesma forma, Alencar (2024) realizou uma revisão sistemática da literatura, identificando que a aplicação do método em indústrias resulta principalmente na redução de movimentações e distâncias (64,71%), seguida pela diminuição de custos (23,53%) e do tempo de produção (17,65%).

Na indústria de confecção de tecidos, especialmente na fabricação de camisas, desafios como a variabilidade da demanda, a diversidade de modelos e a necessidade de entregas rápidas tornam a gestão do *layout* ainda mais crítica. Entretanto, especialmente na fabricação de camisas, a escolha do tipo de *layout* adequado é essencial para lidar com variações de demanda, múltiplos modelos e a busca constante por flexibilidade e gestão ágil no chão de fábrica (Moreira, 2014).

Segundo Moreira (2014), os principais tipos de *layout* observados neste setor incluem:

- *Layout Funcional* ou por Processo: É caracterizado pelo agrupamento de máquinas ou estações de trabalho por função ou tipo de operação. Por exemplo, todas as máquinas de corte ficam em uma área, todas as máquinas de costura em outra, e assim por diante. É comum em indústrias tradicionais e pode favorecer uma organização que permite adequação de menor complexidade das operações na divisão de tarefas;
- *Layout Celular*: O *layout* celular organiza os recursos em células de produção, onde todos os processos necessários para fabricar um determinado grupo de produtos estão concentrados em uma mesma área. Essa abordagem reduz deslocamentos, permite melhor fluxo de materiais e maior integração entre as etapas. Essa forma de organização foi aplicada por Costa (2022) e Borges (2022), demonstrou por meio de simulação no *Tecnomatix® Plant Simulation*, ganhos significativos na produtividade e redução de lead time pode ser alcançado com a adoção de células de manufatura;

- Layout por Produto ou em Linha: Neste arranjo, as máquinas são dispostas na sequência das operações necessárias à produção de um item específico. É comum em linhas de montagem padronizadas com grande volume de produção. Embora menos flexível, pode ser eficaz em confecções de grande volume.

O uso de técnicas de simulação computacional tem permitido modelar e comparar esses diferentes tipos de *layout*. Softwares como o *Tecnomatix® Plant Simulation* permitem a criação de cenários virtuais com métricas de desempenho como tempo de ciclo, taxa de ocupação de recursos e número de itens em processo, sendo ferramenta fundamental para apoiar decisões de *redesign* (Rodrigues et al., 2022).

Dessa forma, a aplicação de técnicas de Pesquisa Operacional (PO), como a Simulação de Eventos Discretos (SED), tem se mostrado eficaz na análise e melhoria de *layouts* produtivos (Silva et al., 2023). A simulação permite a criação de modelos virtuais que replicam o ambiente fabril, possibilitando a avaliação de diferentes cenários sem interferir na produção real. Essa abordagem facilita a identificação de gargalos, o balanceamento de linhas e a otimização do uso de recursos (Siemens, 2010).

Estudos recentes demonstram os benefícios da integração entre a redefinição de layouts e a simulação computacional. Por exemplo, Costa (2022) utilizou o *Tecnomatix® Plant Simulation* para propor melhorias no *layout* de uma indústria náutica, resultando em significativa redução de custos de movimentação. Da mesma forma, Borges (2022) aplicou a simulação de fluxos para otimizar a linha de produção de peças automotivas, alcançando um aumento de 8,8% na capacidade produtiva.

Modelagem e simulação de processos

A modelagem é a demonstração de algum processo, que se faz uso de uma ferramenta computacional, na busca por resolução de algum problema. Nessa perspectiva, um conjunto de entrada (*input*) é processado por um código, baseado em um algoritmo previamente definido, gerando os dados de saída (*output*) (Silva et al, 2025). Já a simulação possibilita a criação de diferentes configurações de cenários em variadas situações, incluindo a adição de tempos reais, interrupções e outras parametrizações (Oliveira, 2024). Pinheiro (2024) acrescenta, que os simuladores desempenham um papel fundamental em diversas aplicações, seja na otimização de processos, na redução de custos e na validação de projetos.

Terceiro, Hercules e Marcos (2024), destacam que a simulação computacional surge como uma alternativa eficiente para análise de processos na indústria, quando há necessidade modificações físicas na produção, permitindo a redução de custos. Existe uma vasta gama de softwares para simulação computacional, os quais dispõe de diversas ferramentas que permitem a simulação de mudanças no layout e a automação de processos, fator preponderante para incremento de eficiência operacional no fluxo produtivo em diversas áreas da indústria.

METODOLOGIA

O presente estudo adota uma abordagem de pesquisa quantitativa e qualitativa, caracterizando-se como um estudo de caso. A pesquisa é simultaneamente quantitativa porque envolve a inferência estatística e o tratamento de dados cronometrados, mensurando numericamente os ganhos de produtividade e a redução do *lead time*; e qualitativa por abordar a prática de um estudo de caso em uma empresa de confecção, permitindo uma

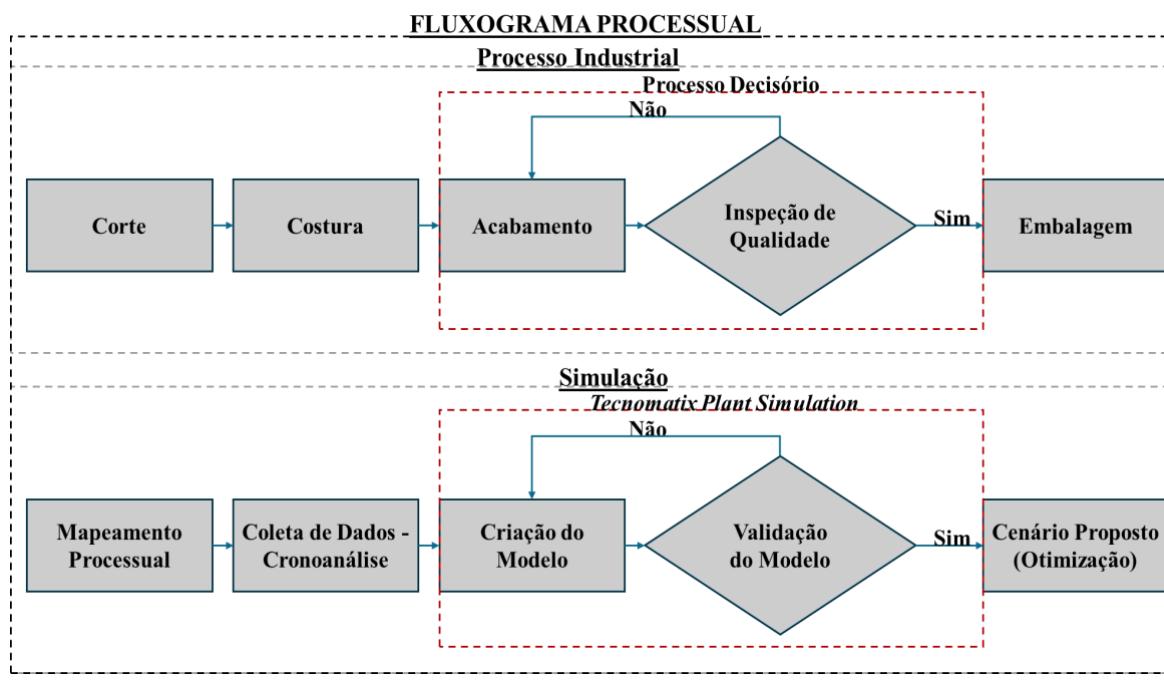
classificação de observação mais precisa. Os objetivos centrais foram investigar os impactos da redefinição de *layout* em conjunto com a simulação computacional no *software Tecnomatix® Plant Simulation* e, a partir disso, equilibrar o processo de fabricação para melhorar a eficiência produtiva, atingir estabilidade operacional e reduzir o tempo total de produção (Soares, 2022).

Para a análise, modelagem e simulação, com o software *Tecnomatix® Plant Simulation*, avaliou-se como a integração com o método de Redefinição de *Layouts* pode contribuir para uma melhor eficiência produtiva. O estudo foi realizado na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), especificamente no Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade (CETENS), localizado no município de Feira de Santana, Bahia. A disponibilidade do *software* vinculado ao curso de Engenharia de Produção, tornou-se objeto de estudo em um projeto de pesquisa e iniciação científica.

A fábrica de camisas não será citada devido a um acordo firmado com a universidade por manutenção de sigilo industrial. O quadro operacional do fluxo produtivo avaliado possui 20 operadores e 16 máquinas (3 máquinas de corte, 8 máquinas de costura e 5 máquinas de acabamento), sendo 1 operador por máquina, 2 inspetores de qualidade e 2 operadores na embalagem. O processo funciona de forma contínua em 2 turnos de 8 horas, e o escopo do presente trabalho avalia o turno das 06h00 às 15h00, incluindo 1 hora de almoço.

O processo é subdividido em preparação do tecido (corte), costura das camisas, acabamento, inspeção de qualidade e embalagem. Primeiramente, realizar-se-á o mapeamento, coleta de dados e cronoanálise do processo industrial, após, será executado o modelo conceitual para criação dos modelos de simulação para captura da realidade fabril, no intuito de constituir uma alternativa de otimização, utilizando a simulação e a redefinição de *layouts* (Figura 1).

Figura 1. Fluxograma da metodologia utilizada no trabalho



Fonte: Autores.

A empresa fabrica em torno de 450 camisas por turno de 8 horas de trabalho, e almeja aumentar sua produtividade em torno de 150 unidades por turno, e 300 unidades por dia, com melhorias e intervenções no processo.

Para a cronometragem dos tempos de processamento, adotou-se o rigor estatístico preconizado por Barnes (2004). Este autor define que o estudo de tempos é um processo amostral e que a representatividade dos resultados é diretamente proporcional ao volume de tempos coletados. Assim, a fim de garantir a validade estatística das medições, o tratamento dos elementos de trabalho e o cálculo do número de amostras foram conduzidos pela aplicação da fórmula de Barnes (2004) (Equação 1).

$$N' = \left[\frac{40 \sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X} \right]^2 \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

N' = o número necessário de observações para prever o tempo verdadeiro com erro relativo de 95 % de confiança;

X = a leitura do cronômetro ou observação individual;

N = ao número efetivo de observações do elemento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes da intervenção no layout, foi realizada uma reciclagem operacional no processo, visando aumentar a estabilidade. As ações preliminares incluíram a identificação e a eliminação de acúmulo de material nas estações de corte e a remoção da etapa de inspeção visual antes da embalagem, sendo esta última uma iniciativa do setor de engenharia da empresa. Documentos de ajuda visual (folhas de processo) foram gerados para padronizar a execução das atividades e minimizar a necessidade de retrabalho. Ressalta-se que a documentação detalhada é omitida do artigo devido ao sigilo industrial. Após essa estabilização, foram coletados dados para a cronoanálise, abrangendo os cinco principais processos (preparação/corte, costura, acabamento, inspeção e embalagem). Para cada processo, foram consideradas 5 amostras de tempo, com 15 dados por amostra. A fórmula de Barnes (2004) foi aplicada para validar o tamanho amostral, indicando que a variabilidade estava controlada e que não havia necessidade de dados adicionais e facilitar a reprodução em outras linhas de fabricação da unidade industrial em estudo.

Com os dados de tempo validados, aplicou-se a inferência estatística para a análise descritiva inicial. Posteriormente, o software *Stat:Fit* foi utilizado para realizar o ajuste de curvas estatísticas, determinando a distribuição de probabilidade que melhor representa a cobertura dos dados, assumindo a ausência de correlação entre os processos. Este procedimento de ajuste de distribuição é crucial para a validação do modelo de simulação, garantindo que ele represente de forma fidedigna a realidade operacional da fábrica.

A validação da produtividade real no turno de 8 horas (6h00 às 15h00) confirmou a captura da realidade operacional do fluxo produtivo. Com base nestes dados, foi constatado que o processo demandava ajustes significativos para a redução da variabilidade entre as operações. Especificamente, as atividades de setup (configuração da máquina), costura e inspeção visual apresentaram instabilidades que justificaram a implementação do conceito de redefinição de layout (Tabela 1). O redesenho do arranjo físico foi, portanto, adotado como estratégia para alcançar a estabilidade processual desejada.

Tabela 1. Dados da Cronometragem sem tratamento estatístico

Cronometragens					
Tempos (s)	Preparação	Costura	Acabamento	Inspeção	Embalagem
1	15	60	20	15	40

2	18	65	25	18	41
3	14	92	22	35	48
4	20	58	50	14	45
5	16	68	30	18	38
6	17	62	23	16	70
7	32	35	25	20	39
8	19	66	25	19	42
9	21	64	12	9	45
10	15	68	21	22	41
11	56	60	25	18	45
12	16	35	23	17	82
13	20	68	25	20	37
14	20	62	27	18	45
15	19	71	29	21	52

Fonte: Autores.

Para a validação estatística dos dados cronometrados, empregou-se o software *Stat:Fit*. O tratamento inicial envolveu a remoção dos outliers com o uso da Distância Interquartílica (IQR), seguindo a abordagem de Montgomery (2021). A IQR é definida pela diferença entre os quartis de terceira e primeira ordem ($A = Q_3 - Q_1$) e serve como critério para estabelecer os limites de detecção de valores atípicos. A exclusão desses pontos discrepantes foi realizada com o objetivo de diminuir a variabilidade do intervalo de dados, assegurando que a amostra apresentasse a máxima aderência ao tempo real do processo produtivo (Tabela 2).

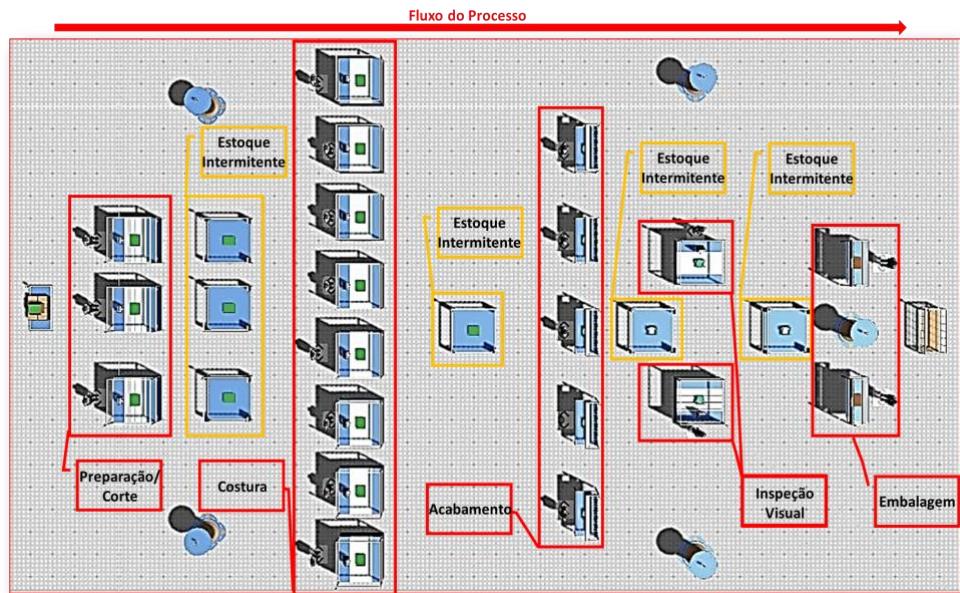
Tabela 2. Dados da Cronometragem com tratamento estatístico

Tempos (s)	Cronometragens				
	Preparação	Costura	Acabamento	Inspeção	Embalagem
1	15	60	20	15	40
2	18	65	25	18	41
3	14	58	22	14	48
4	20	70	30	18	45
5	16	62	23	16	38
6	17	66	25	17	39
7	19	64	25	19	42
8	21	68	21	22	45
9	15	60	25	18	41
10	16	69	23	17	45
11	20	62	25	20	37
12	20	71	27	18	45
13	19	-	29	21	52
Moda	20	68	25	18	45
Lead Time				176	

Fonte: Autores.

A validação do modelo de simulação do fluxo produtivo foi realizada utilizando-se o tempo representativo de cada processo. Para tal, após a remoção dos *outliers*, a moda — ou seja, o tempo mais frequente dentro das amostras cronometradas — foi estabelecida como a medida central para os processos de preparação, costura, acabamento, inspeção e embalagem (Tabela 2). O *lead time* foi identificado através da soma das modas entre os processos do cenário atual (Tabela 2). Este valor de tempo modal representou a realidade operacional para a configuração do *layout* real no software *Tecnomatix® Plant Simulation* (Figura 2).

Figura 2. Modelo de Simulação com a representação da realidade fabril

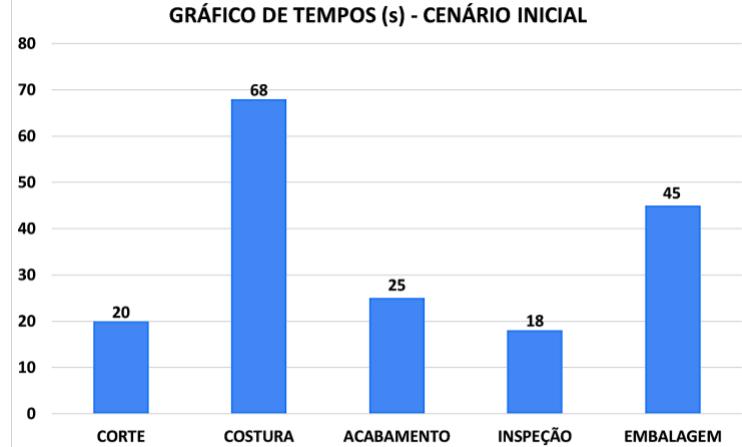


Fonte: Adaptado do Tecnomatix Plant Simulation da Siemens (2022).

O layout inicial da etapa de costura (personalização das camisas) foi identificado como ineficiente, resultando em significativo desperdício de espera e desbalanceamento operacional. A configuração utilizava 8 máquinas de costura e 3 bancadas para o fluxo de insumos de tecido, o que ocasionava acúmulo excessivo de material proveniente do setor de corte. A análise da operação demonstrou que a principal causa dessa ineficiência era a agregação de tarefas. Propôs-se, então, o desmembramento operacional por classificação de costura, separando as atividades em grupos específicos ("corpo e mangas", "colarinho e punhos", e "costura lateral e barras"). Esta reestruturação inicial da força de trabalho foi considerada crucial para atingir a estabilidade processual futura.

Com a validação do modelo de simulação, o cenário inicial foi quantificado, revelando um volume de produção de 450 camisas por turno. A etapa de costura foi claramente identificada como o gargalo do processo, apresentando um tempo de ciclo elevado de 68 segundos por camisa (Tabela 2). Adicionalmente, a ineficiência do fluxo era agravada pela presença de atividades de inspeção redundantes antes da embalagem e pela alta variabilidade dos tempos de processamento. A soma das modas determinava em um tempo total de produção (*lead time*) de 176 segundos para a fabricação de uma única camisa, reforçando a necessidade urgente de intervenção no layout e no fluxo de trabalho.

Figura 3. Tempo (s) de Processamento do Cenário Inicial
GRÁFICO DE TEMPOS (s) - CENÁRIO INICIAL



Fonte: Adaptado pelos autores.

O arranjo físico da fábrica é tipicamente classificado como layout "por processo". Esta configuração é, tecnicamente, adequada para a fabricação de camisas, pois agrupa máquinas semiautomáticas por função (costura, corte), suportando processos distintos e sequenciais. No entanto, a limitação da produtividade não residia no tipo de layout, mas sim na organização de trabalho empregada nas etapas do fluxo produtivo. Dessa forma, a estratégia de melhoria focou na redefinição do layout operacional para solucionar as ineficiências identificadas. As principais intervenções sugeridas foram:

- Desmembramento dos tempos de processamento da etapa de costura para o balanceamento de linha; e
- A homologação dos tempos de processamento da embalagem, precedida por uma reciclagem operacional que visou a eliminação da inspeção visual redundante na finalização do produto acabado.

No cenário inicial da etapa de costura, oito máquinas e oito costureiras eram responsáveis pela totalidade das operações, que incluíam sequencialmente: costura do corpo e mangas, costura do colarinho e punhos, e finalização lateral e barras. Apesar dos esforços de treinamento e reciclagem operacional, a concentração de tarefas complexas em um único posto de trabalho, aliada à variabilidade inerente a oito operadores distintos, dificultava significativamente o controle dos tempos de processamento.

Para mitigar essa variabilidade e reduzir a complexidade operacional, propôs-se o desmembramento da etapa de costura em três fases sequenciais, por classificação de costura:

- Costura 1: "Corpo" e "Mangas" (3 máquinas e 3 costureiras).
- Costura 2: "Colarinho" e "Punhos" (3 máquinas e 3 costureiras).
- Costura 3: "Costura Lateral" e "Barras" (2 máquinas e 2 costureiras).

Essa divisão racionalizou o fluxo de trabalho, especializando as operações e, consequentemente, diminuindo a variabilidade, o que facilita o balanceamento da linha e otimiza o desempenho individual das costureiras.

Com a etapa final de embalagem sendo as operações de dobra, embalagem, identificação e armazenamento, notou-se que havia um desperdício de tempo significativo, variando entre 15 e 25 segundos, devido à inspeção visual realizada pelo operador imediatamente antes desta etapa. Para eliminar este retrabalho, foi proposta uma reciclagem operacional que integrou o treinamento *in loco* durante todo o fluxo produtivo, com o auxílio de ajuda visual através de folhas de processo. Essa abordagem garantiu a precisão da execução e a eliminação da inspeção desnecessária na fase de embalagem. Como resultado, o fluxo de trabalho foi otimizado, possibilitando redução do quadro de pessoal de 20 para 18 operadores.

O layout produtivo redefinido manteve a caracterização de arranjo físico por processo, mas obedeceu à desfragmentação da costura. Estabeleceu-se o novo fluxo sequencial como: Corte, Costuras 1, 2, 3, Acabamento e Embalagem. Após uma semana de testes *in loco*, com o processo de confecção reestruturado, os novos tempos de processamento foram determinados por meio de cronoanálise, aplicando-se a remoção de *outliers* e utilizando a moda dos dados para representatividade. Os dados obtidos com o treinamento *in loco* da equipe na semana de testes foram homologados por nota de engenharia da empresa como os novos tempos padrão em segundos para o fluxo produtivo em análise. Os detalhes sobre alocação de máquinas, número de operadores e desmembramento dos tempos estão nas Tabela 3 e 4 e Figura 4.

Tabela 3. Dados por processo da redefinição do layout produtivo

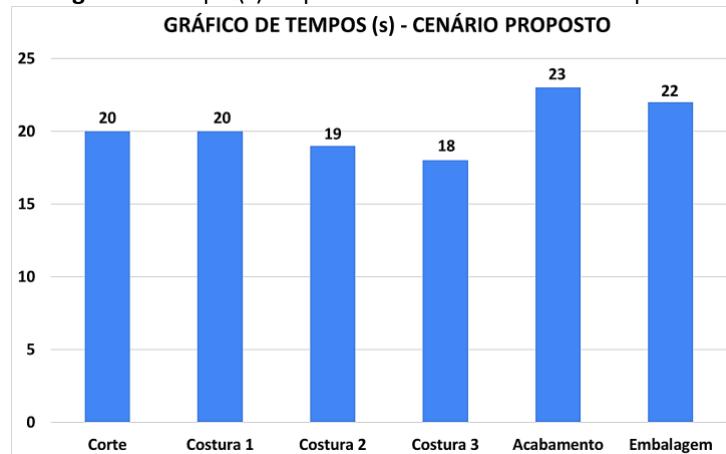
Dados	Redefinição de Layout – tempo (s)					
	Corte	Costura 1	Costura 2	Costura 3	Acabamento	Embalagem
Moda	20	20	19	18	23	22
<i>Lead time</i>	122					

Fonte: Adaptado pelos autores.

Tabela 4. Dados da configuração da redefinição do layout produtivo

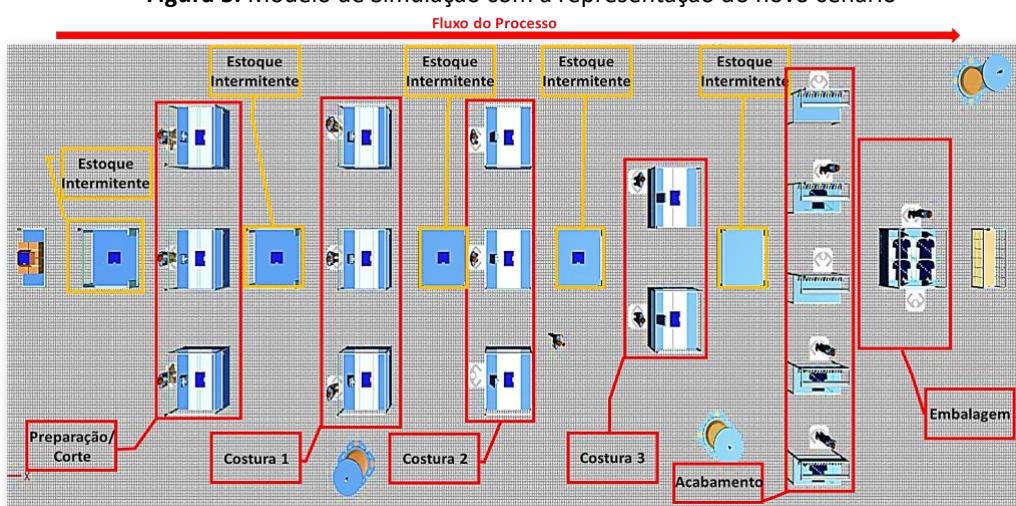
Dados	Redefinição de Layout e Recursos Utilizados					
	Corte	Costura 1	Costura 2	Costura 3	Acabamento	Embalagem
Nº Máquinas	3	3	3	2	5	0
Nº Operadores	3	3	3	2	5	2
Nº Operadores/Máquina	1	1	1	1	1	0

Fonte: Adaptado pelos autores.

Figura 4. Tempo (s) de processamento do cenário Proposto

Fonte: Adaptado pelos autores.

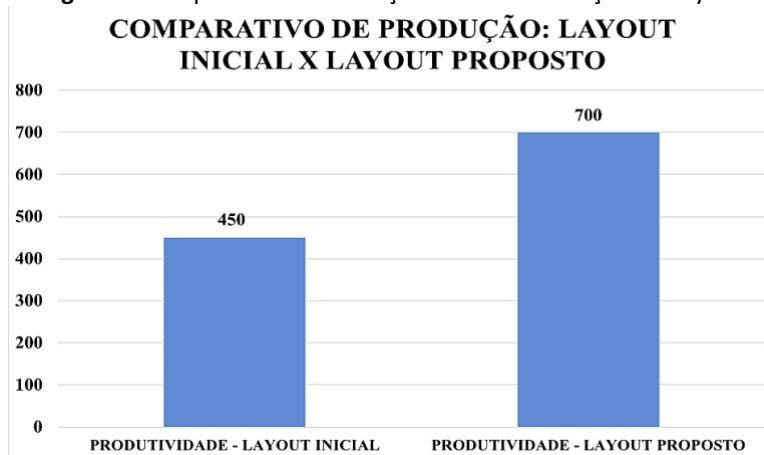
Os resultados da redefinição do layout demonstraram uma melhoria significativa no balanceamento do processo (Figura 4). O modelo de simulação proposto (Figura 5) confirmou a eficácia das intervenções, especialmente na eliminação de desperdícios de tempo.

Figura 5. Modelo de Simulação com a representação do novo cenárioFonte: Adaptado do *Tecnomatix Plant Simulation* da Siemens (2022).

A soma das modas dos novos tempos de processamento resultou na redução do tempo total de produção (*lead time*) para 122 segundos (Tabela 3), uma queda notável em relação ao cenário inicial. Essa redução foi acompanhada pela diminuição da variabilidade do processo, refletindo uma maior estabilidade operacional alcançada com o desmembramento da etapa de costura e a eliminação de atividades desnecessárias.

Em termos de capacidade produtiva, uma semana de testes com o cenário proposto resultou em um aumento de cerca de 250 unidades no turno de trabalho (6h00 às 15h00), validando o modelo de simulação (Figura 6) e confirmando a melhoria da estabilidade processual.

Figura 6. Comparativo de Produção com a Redefinição de Layout



Fonte: Adaptado pelos autores.

Com o novo cenário, testado e validado pela produtividade real atingida no processo durante a semana de teste, houve um aumento considerável da produção com a desfragmentação das atividades da etapa de costura, redução de desperdícios, uma perda que variava de 15 a 25 segundos na execução da inspeção visual executada antes da etapa de embalagem à qual foi eliminada com treinamento *in loco* durante o processo de confecção auxiliado pela equipe de engenharia da empresa, e uma fabricação mais equilibrada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No *layout* inicial, o tempo de processamento da etapa de costura era muito elevado e havia atividades de inspeção desnecessárias na etapa de embalagem, já no *layout* proposto, uma nova configuração com 3 etapas de costura trabalhando com os mesmos operadores, houve um desmembramento dos tempos de processamento e permitiu uma execução de tarefas mais confortável para as costureiras, o que pôde reduzir, com treinamento e reciclagem, a quantidade de falhas e a inspeção desnecessária durante a confecção das camisas. O treinamento, reciclagem do operacional e auxílio de documentos de folhas de processos, torna o processo mais preciso e cria menos dependência de inspeções desnecessárias durante o fluxo operacional, o que garantiu um arranjo físico de fabricação com ausência de 2 inspetores da qualidade e com 18 operadores configurados em um arranjo físico fabril mais enxuto e estável.

Com o layout proposto validado por simulação da situação anterior e executado nos testes operacionais no chão de fábrica, o processo antigo confeccionava, em média, 450 camisas por turno, e com a redefinição de *layout*, atingiu 700 camisas por turno, aumento em torno de 56% da produção com incremento de 250 unidades por turno e redução do *lead time* de 176 para 122 segundos, resultado acima do almejado pela empresa. O resultado demonstra elevação de desempenho e melhor eficiência do processo produtivo com a equivalência das atividades e alterações implementadas com o método de redefinição de *layouts* combinado à simulação computacional.

A combinação das ferramentas permitiu a análise de cenários validados, antigo e proposto, em ambiente computacional visando a redução do risco de incerteza. A associação permitiu eliminar desperdício de tempo de processamento, atividades desnecessárias de inspeção, reduzir a variabilidade com tarefas operacionais mais equilibradas e uma produção mais eficiente, evidenciando a importância da integração entre métodos tradicionais de engenharia de produção e tecnologias computacionais de apoio à decisão.

É importante ressaltar que a modelagem e simulação computacional está limitada a cenários específicos, de modo a demonstrar a aplicabilidade com modelos de simulação característicos à realidade de estudo.

REFERÊNCIAS

- Alencar, I. S. de. (2024). Impacto do Systematic Layout Planning (SLP) nas indústrias (Trabalho de Conclusão de Curso, Bacharelado em Engenharia de Produção). *Universidade Federal de Alagoas*, Delmiro Gouveia, AL, Brasil. Recuperado de <http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/123456789/15178>
- Barnes, R. M. (2004). Estudo de movimentos e de tempos: Projeto e medida do trabalho (6. ed.). São Paulo: *Editora São Paulo*.
- Borges, R. L. (2022). Simulação de fluxos para otimização de linha de produção de peças automotivas (Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia de Produção). *Universidade Tecnológica Federal do Paraná*, Ponta Grossa, PR, Brasil. Recuperado de <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/32832>
- Cândido, C. E., Ferreira, R. S. da., & Barbosa, M. L. (2014). A reorganização do layout como estratégia de otimização da produção. *Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, 9(2), 39-154. Recuperado de <https://revista.feb.unesp.br/gepros/article/download/1126/583/3776>
- Costa, A. S. (2022). Análise e melhoria de layout em uma indústria náutica utilizando simulação computacional (Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia de Produção). *Universidade Federal de Santa Catarina*, Florianópolis, SC, Brasil. Recuperado de <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/237627>
- Frigotto, F., Corso, L. L., & Vacaro, T. (2020). Aplicação de simulação computacional para validar o balanceamento de uma linha de produção: estudo de caso em uma empresa do ramo metalmecânico. *Scientia cum Industria*, 8(2), 187-197.
- Lima, J. F. de., Júnior, J. V. L. de S., Silva, D. R. de S., Ferreira, E. V. G., & Gonçalves, P. A. (2020). Aplicação da cronoanálise em processos industriais. *Revista Mangaio Acadêmico*, 5(1), 81-106.
- Marques, M. A. dos S., & Salgado, C. C. R. (2021). Systematic Layout Planning (SLP) para melhoria do arranjo físico de um ambiente de produção de joias. *Exacta*, 19(2), 1-15. Recuperado de <https://doi.org/10.5585/exactaep.2021.19329>
- Monostori, L., et al. (2010). Digital enterprise solution for integrated production planning and control. *Computers in Industry*, 61(2), 112-126.
- Montgomery, D. C. (2021). Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros. Rio de Janeiro: *LTC*.
- Moreira, D. A. (2014). Administração da produção e operações (2a ed.). São Paulo: *Cengage Learning*.
- Pinheiro, T. R., et al. (2024). Estimativa de parâmetros de modelos não-lineares usando o EMSO, um programa de código aberto para modelagem, simulação, controle e otimização de processos. *Latin American Journal of Energy Research*, 11(1), 37-44. Recuperado de <https://doi.org/10.21712/lajer.2024.v11.n1.p37-44>
- Rodrigues, T. V., Queiroz, L. M. S., Ferreira Jr., J. da S., Sanjulião, L.-R. K. A. F., & Oliveira, N. P. (2020). Simulation layout proposal in a brazilian textile industry : proposta de layout de simulação em uma indústria têxtil brasileira. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 6(5), 10-23. Recuperado de <https://periodicos.ufes.br/bjpe/article/view/31185>
- Santos, M. P. dos. (1999). Introdução à simulação discreta. Rio de Janeiro: *Universidade Federal do Rio de Janeiro*.
- Siemens. (2010). *Plant Simulation Basics, Methods and Strategies* (Version 9.0.1). [S.I.]: [s.n.].
- Siemens. (2022). *Tecnomatix Plant Simulation* (Version 2201). [S.I.]: [s.n.].
- Silva, C. R., et al. (2025). Uso da modelagem baseada em agentes no estudo de sistemas complexos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 47, e20240464. Recuperado de <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2024-0464>
- Silva, G. B., et al. (2018). Cronoanálise em uma confeitaria: aplicação e interpretação de resultados. In *Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP* (38., 2018, Maceió). Maceió: Abepro. Recuperado de <https://d1wqxts1xzle7.cloudfront.net/>
- Silva, R. N. da., Freitas, A. de. O., Martins, L. O. S., Damm, D. D., & Almeida, K. F. (2023). Estudo da simulação de um processo industrial com aplicação de cronoanálise e balanceamento de linha. In *Anais eletrônicos do Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP* (43., 2023, Fortaleza). Rio de Janeiro: Abepro. Recuperado de https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN WG 401 1969_46348.pdf
- Soares, W. D., et al. (2022). Pesquisa qualitativa e quantitativa: um estudo comparativo. In *Revisão bibliográfica: o uso da metodologia para a produção de textos. (vol. 1). Montes Claros: Editora Científica Digital*. ISBN 978-65-5360-137-6.
- Terceiro, M. A., Pontes, H. L. J., & Baltazar, M. C. P. (2024). Aplicação de mapeamento de fluxo de processos e simulação computacional para melhoria de processos em uma empresa do ramo eólico. *Revista Gestão & Tecnologia*, 24(4), 216-242.