

DANYELLE ANDRADE MOTA
(Organizadora)

ENGENHARIAS:

Criação e repasse de tecnologias 3



DANYELLE ANDRADE MOTA
(Organizadora)

ENGENHARIAS:

Criação e repasse de tecnologias 3



Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Engenharias: criação e repasse de tecnologias 3

Diagramação: Camila Alves de Cremona
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadora: Danyelle Andrade Mota

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia: criação e repasse de tecnologias 3 /
Organizadora Danyelle Andrade Mota. – Ponta Grossa -
PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0506-1

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.061220509>

1. Engenharia. 2. Tecnologia. I. Mota, Danyelle Andrade
(Organizadora). II. Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

A engenharia é uma ciência que utiliza de conhecimentos e estudos técnicos e científicos com o intuito de criar e otimizar novas ferramentas, métodos, processos, desenvolver novas tecnologias, corrigir falhas nos procedimentos ou produtos. Sua abrangência envolve todas as áreas de atuação humana, e é um dos pilares do desenvolvimento tecnológico, social e econômico da sociedade.

Pode-se dizer que a engenharia é um sinônimo de desenvolvimento e um dos principais pilares para o setor industrial. Logo, entender os campos de atuação, bem como pontos de inserção e melhoria dessa desta área é de grande importância, buscando desenvolver novos métodos e ferramentas para melhoria continua de processos.

A coleção “ENGENHARIAS: CRIAÇÃO E REPASSE DE TECNOLOGIAS 3” é uma obra que tem como foco principal a discussão científica de forma interdisciplinar com trabalhos, pesquisas, relatos de casos e/ou revisões que transitam nos vários caminhos das Engenharias e áreas afins. O objetivo central foi apresentar de forma categorizada e clara estudos desenvolvidos em diversas instituições de ensino e pesquisa.

Na presente obra são apresentados 15 trabalhos teóricos e práticos, relacionados as áreas de engenharia, como civil, materiais, mecânica, química, ambiental, dentre outras, dando um viés onde se faz necessária a melhoria continua em processos, projetos e na gestão geral no setor fabril e empreendedor. Destaca-se ainda a busca da redução de custos, sustentabilidade, melhoria continua e otimização de processos.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais. Sendo hoje que utilizar dos conhecimentos científicos de uma maneira eficaz e eficiente é um dos desafios dos novos engenheiros. Agradeço aos autores pelas contribuições que tornaram essa edição possível, e juntos, convidamos os leitores para desfrutarem as publicações.

Tenham uma ótima leitura!

Danyelle Andrade Mota

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

A BIOMASSA COMO FONTE RENOVÁVEL DE ENERGIA ELÉTRICA: UMA REVISÃO CONTEXTUAL

Brenda Leal Mota Santos
Renato Santos Freire Ferraz
Patrick Laurient Cardoso Silva
Fábio Vincenzi Romualdo da Silva
Adjeferson Custódio Gomes
Rafael Rodrigues de Queiroz Freitas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0612205091>

CAPÍTULO 2..... 13

REMOÇÃO DE COR E TOXICIDADE DE EFLUENTE TÊXTIL A PARTIR DE CIANOBACTÉRIAS

Sílvia Mariana da Silva Barbosa
Marcella Vianna Cabral Paiva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0612205092>

CAPÍTULO 3..... 21

A APLICAÇÃO DE *ANALYTIC NETWORK PROCESS* - ANP EM LOGÍSTICA REVERSA: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Jovani Patias
Leoni Pentiado Godoy
Murilo Sagrillo Pereira
Bruno Miranda dos Santos
Cyro Rei Prato Neto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0612205093>

CAPÍTULO 4..... 34

UMA AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE PERDA DE ÁGUA NUM PERÍODO DE ESCASSEZ HÍDRICA NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Diênifer Calegari Leopoldino Guimarães

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0612205094>

CAPÍTULO 5..... 51

DESENVOLVIMENTO DE SURFACTANTE COM VISCOSIDADE ADAPTÁVEL PARA AUMENTAR A EXTRAÇÃO DE ÓLEO NA RECUPERAÇÃO AVANÇADA DE PETRÓLEO

Laura Procópio Maia Furbino
Edilailsa Januário de Melo
Rogério Alexandre Alves de Melo
José Izaquiel Santos da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0612205095>

CAPÍTULO 6.....	62
USO DE SENSOR PIEZOELÉTRICO NA DETERMINAÇÃO DO ATRASO DE IGNIÇÃO EM UM MOTOR DE COMBUSTÃO DO CICLO DIESEL	
Márcio Andrade Rocha Lesso Benedito dos Santos Carlos A. Cabral Santos Jefferson W. de M. Mendonça	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.0612205096	
CAPÍTULO 7.....	68
APLICAÇÕES E LIMITAÇÕES DO GESSO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	
Augusto Cury Braff	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.0612205097	
CAPÍTULO 8.....	82
REVISÃO DOS MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DE VIGAS MISTAS CONCRETO/MADEIRA	
Guilherme Barbosa Vieira Thyago Camelo Pereira da Silva	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.0612205098	
CAPÍTULO 9.....	105
DESENVOLVIMENTO DE TEAR PLANO MODULAR IMPRESSO EM 3D PARA PRODUÇÃO DE TECIDOS DE PEQUENA LARGURA	
Matheus da Silva Rodrigues Fabia Regina Gomes Ribeiro Daniel Perdigão Lobato Liliana de Luca Xavier Augusto Leandro da Silva Pereira	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.0612205099	
CAPÍTULO 10.....	111
FATIGUE PROPERTIES OF COMBINED FRICTION STIR AND ADHESIVELY BONDED AA6082-T6 OVERLAP JOINTS	
Ricardo Maciel Tiago Bento Daniel F.O. Braga Lucas F.M. da Silva Pedro M.G.P. Moreira Virgínia Infante	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.06122050910	
CAPÍTULO 11.....	128
MINIMIZAÇÃO DE DESLOCAMENTO DE OPERADORES POR MEIO DE AGRUPAMENTO DE FERRAMENTAIS EM ARRANJOS FÍSICOS POSICIONAIS	
Chin Yung Shih	

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.06122050911>

CAPÍTULO 12..... 149

MÓDULO ELETRÔNICO SINTETIZADO SEM FIO, PARA BATERIA ELETRÔNICA, ATRAVÉS DA COMUNICAÇÃO WI-FI DO ESP32

Paulo César do Nascimento Cunha

Afonso Pereira Barros

Gabriel Vinícius de Souza Bispo

José Irineu Ferreira Júnior

Jarlisson José de Lira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.06122050912>

CAPÍTULO 13..... 158

APLICAÇÕES DO DESIGN INSTRUCIONAL NA DISCIPLINA DE DESENHO: MÉTODOS DE ENSINO CONTEXTUALIZADOS PARA O ENSINO MÉDIO

José Rodolfo Ribeiro Tavares

Giselle Aparecida de Sousa Araujo

Isabel Barros Fiaux dos Santos

Luciene Maria de Souza Zanardi

Maria Cecília da Silva Barbosa

Paulo Roberto Boldarini Regini

Yasmim Carolino Bora Marinho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.06122050913>

CAPÍTULO 14..... 173

QUESTÕES NORTEADORAS PARA ESTUDO DE USABILIDADE EM POLÍTICAS DE SEGURANÇA DA INFORMAÇÃO EM VSEs

André Rivas

Ivanir Costa

Nilson Salvetti

Marcos Vinícius da Silva Messias

Osmair Mendes Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.06122050914>

CAPÍTULO 15..... 185

O EMPREENDEDORISMO FEMININO E SUAS PRINCIPAIS VERTENTES

Isadora dos Santos Raposo

Maurício Guerreiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.06122050915>

SOBRE A ORGANIZADORA..... 190

ÍNDICE REMISSIVO..... 191

MINIMIZAÇÃO DE DESLOCAMENTO DE OPERADORES POR MEIO DE AGRUPAMENTO DE FERRAMENTAIS EM ARRANJOS FÍSICOS POSICIONAIS

Data de aceite: 01/09/2022

Chin Yung Shih

Department of Production Engineering
Federal University of Technology of Paraná/
Brazil
Ponta Grossa - PR

RESUMO: O objetivo desse trabalho é desenvolver e simular um modelo computacional para estudar o desempenho em deslocamento e custo de treinamento de colaboradores que trabalham com diferentes ferramentas. O modelo é executado em três fases. A primeira é simular a situação em que não há agrupamento de ferramentas, onde cada carrinho transporta somente um tipo de ferramenta. A segunda fase consiste em determinar a melhor quantidade de tipos de ferramentas em cada carrinho que otimize o custo de treinamento. E a última fase é determinar os tipos de ferramentas a serem agrupadas e transportadas por cada carrinho que minimize o deslocamento. Analisou-se o desempenho para produtos de pequeno, médio e grande porte, formatos regulares e irregulares, e variedade de centros de trabalho. Os resultados mostram que é vantajoso realizar agrupamentos de diferentes tipos de ferramentas em carrinhos, pois além de reduzir o deslocamento, também reduz o custo de treinamento dos colaboradores. O desempenho para os produtos de formato irregular tende a sobrepujar os de formato regular. Não há evidência quanto ao aumento de custo de treinamento conforme aumenta o número de

componentes a serem agregados ao produto, tanto para o de formato regular e irregular. Observa-se que a quantidade de componentes exerce influência negativa no deslocamento de pessoal em arranjos físicos posicionais.

PALAVRAS-CHAVE: Arranjo físico posicional, agrupamento de ferramentais, modelagem e simulação, carrinhos, otimização.

1 | INTRODUÇÃO

Os arranjos físicos posicionais são aquelas configurações recomendadas de planta de fábrica em que o produto é de difícil movimentação. Como não há movimentação do produto, os centros de trabalho é que devem ser posicionados em torno dele, facilitando assim o acesso dos operadores de cada centro de trabalho ao produto.

A literatura para o desenvolvimento de arranjo físico posicional é bastante precária. A grande maioria trata de discussão teórica acerca de vantagens e desvantagens, descrição das diferentes características entre os tipos existentes de arranjo físico etc.

Pode-se dizer que há um procedimento conhecido, desenvolvido por Slack et al. (1995), que auxilie os projetistas na alocação dos centros de trabalho em cada local disponível. Este é um método subjetivo, pois para usar tal procedimento, deve-se adotar uma série de ranks que pode variar conforme o julgamento e percepção de pessoa para pessoa. Nesse

procedimento não há especificamente um medidor de desempenho capaz de avaliar o desempenho de arranjo físico posicional, pois assume-se que, se os centros de trabalho estão criteriosamente alocados em torno do produto, o arranjo físico já estaria operando nas melhores condições. No entanto essa análise é bastante limitada, pois há a questão do deslocamento de colaboradores que é totalmente ignorada, principalmente quando o produto é de grande porte. Além disso, há também a utilização de carrinhos no transporte de máquinas e de ferramentas ao produto.

O objetivo deste trabalho é desenvolver e simular um modelo computacional, para definir a quantidade de ferramentas de cada centro de trabalho, em cada carrinho, que otimize o custo de treinamento de operadores; e com o auxílio de algoritmo de recozimento simulado, definir os tipos de ferramentas que devem estar em cada carrinho que minimize o deslocamento dos colaboradores.

O presente artigo é dividido em sete seções. A segunda refere-se a metodologia usada neste estudo, discutindo como foi feita a revisão bibliográfica, a base de dados usada na pesquisa, a abordagem utilizada dos artigos publicados sobre este tipo de arranjo físico. A seção 3 apresenta duas funções objetivo, usadas em momentos distintos. A primeira é para minimizar o custo de treinamento através de agrupamento de ferramenta, e a segunda função objetivo é usada na seção 4, quando o objetivo é determinar o tipo de ferramenta a ser transportada por cada carrinho que minimize o deslocamento. Em seguida, a seção 5 apresenta os dados de entrada, os resultados da simulação e a discussão de resultados. A seção 6 é apresentada para testar se os resultados obtidos do modelo apresentam normalidade (distribuição normal), servindo para verificar o melhor tipo de comparação estatística a ser usada na seção 7. A comparação estatística entre “sem agrupamento” e “com agrupamento” é apresentada na seção 7. E por fim, conclusão.

2 | METODOLOGIA DE PESQUISA

A metodologia utilizada neste trabalho é do tipo bibliográfica (Fonseca, 2002), buscando analisar os artigos publicados acerca dos algoritmos desenvolvidos para o arranjo físico posicional, e do tipo experimental, porque variáveis são consideradas e os efeitos, verificados (Gil, 1999). As variáveis consideradas no modelo são peso dos carrinhos, peso de cada caixa de ferramenta, formato do produto, complexidade do produto, número de colaboradores, número de carrinhos etc. A modelagem computacional foi o procedimento técnico escolhido para conduzir os experimentos, e os dados quantitativos a serem obtidos do modelo de simulação são custo de treinamento e deslocamento realizado pelos colaboradores.

As bases de dados utilizadas na pesquisa bibliográfica bem como a quantidade de artigos localizados podem ser vistas na Tabela 01. Nelas foram inseridas algumas das palavras chaves como “positional layout”, “fixed-position layout” etc. e os resultados, no

tocante ao número de artigos recuperados, podem ser vistos a seguir:

Base de dados	Palavras-chaves usadas na busca	Número de artigos
Scielo	a) Positional layout b) Fixed position layout	a) Nenhum b) Nenhum
JSTOR	c) Positional layout, algorithms and manufacturing	c) Haviam duas páginas que listavam artigos, mas nenhum artigo era referente a este tipo de arranjo físico.
EBSCO (Research databases & Archives)	d) Positional layout	d) Nenhum
EBSCO host	e) Positional layout	e) Nenhum
Engineering Village (Ei compendex)	f) Positional layout or fixed position layout	f) Haviam três páginas que listavam artigos (ao todo foram 64 registros), mas somente três artigos eram referentes ao arranjo físico posicional: Huang et al. (2007), Qin & Huang (2010) and Guo et al. (2019)
DOAJ	g) Fixed position layout h) Positional layout	g) Nenhum registro para o título buscado. h) Nenhum registro para o título buscado..
Google and Google Scholar	i) Position layout, Fixed-position layout, fixed position layout algorithms	i) Haviam 11 artigos: Moon et al. (2018), Okpala & Chukwumuanya (2016), Saravanan & Arulkumar (2013), D'Souza (1959), Singh(2012), Dixit & Dave (2015), Wang (2005), Hartl & Preusser (2009), Du Toit (2016), Lin & Liao (2013) and Abdel-Shafi & Soltan (1997).

Tabela 01. Base de dados e o número localizado de artigos sobre arranjo físico posicional. A busca em base de dados foi feita até 03/02/2022. Embora sejam bases bastante limitadas utilizadas neste artigo, já podemos ter uma ideia da situação em que se encontra a pesquisa nesta área.

Dos artigos pesquisados, a maioria aborda superficialmente o arranjo físico posicional sob aspecto teórico, discutindo sobre as características já conhecidas deste tipo de arranjo, as vantagens e desvantagens. Entre os trabalhos, podemos citar Okpala & Chukwumuanya (2016), Saravanan & Arulkumar (2013), D'Souza (1959), Singh (2012), Dixit & Dave (2015), Singh & Khanduja (2019), Hartl & Preusser (2009). As diferenças entre os tipos clássicos de arranjos físicos podem ser vistas em Tompkins et al. (2010).

Os artigos seguintes são aqueles que foram localizados, conforme a Tabela 01, e que apresentam alguma proposta de melhoria para o arranjo físico posicional.

Guo et al. (2019) declaram que em ambiente fabril, muitas situações inesperadas ocorrem com frequência, como quebras de maquinário, ausencia de operadores etc. Desse modo, parece ser apropriado desenvolver um meio simples e eficiente de gestão. Eles então propuseram um modo de manufatura chamado de Graduação de Sistema de Manufatura (Graduation Manufacturing System) operando sob o context de indústria 4.0.

No tocante a algoritmos, são poucos para este tipo de layout. Entre os trabalhos,

estão Huang et al. (2007). Os autores alegam que nos arranjos físicos posicionais, há intensa movimentação de ferramental, de pessoal, de máquinas já que o produto não se move. Em cada ilha de montagem geralmente há muito pouco espaço gerando-se muitas inconveniências de falta de espaço para movimentação. No trabalho desses autores então busca estudar as vantagens de se utilizar dispositivos sem fio, emissores de ondas de frequência, que auxiliem a melhor coordenar as atividades em arranjos físicos posicionais que minimize os inconvenientes provocados pela falta de espaço.

De acordo com Qin & Huang (2010), não há na literatura em se tratando de programação da produção. Desse modo, os autores propuseram abordar a questão da programação da produção para uma situação em que não se considera o estoque do tipo “amortecedor”. Lin & Liao (2013) desenvolveram uma pesquisa estudando a programação de lotes em dois estágios de produção, um em linha de produção e outro em arranjo físico posicional. Eles desenvolveram um modelo baseado em programação inteira-mista visando minimizar o tempo total de produção. Ao aplicar o modelo em problemas de grande porte, os autores puderam verificar que as duas heurísticas desenvolvidas para o modelo parecem ser apropriadas para serem aplicadas em problemas reais.

No estudo de Wang (2005) foi verificado que o desempenho como um todo melhora se o emprego dos operadores é do tipo móvel, ao invés de estacionados.

Abdel-Shafi & Soltan (1997) estudaram a alocação de tarefas, cujas máquinas têm a capacidade de executar as mesmas operações. O objetivo é balancear os tempos de quebras e de ociosidades de máquinas que minimize o custo total de produção. Eles propuseram uma abordagem baseada limite-inferior (lower bound) para minimizar o custo total de produção.

Moon et al. (2018) conduziram um estudo de simulação usando dados reais de uma fábrica de montagem de veículo ferroviário. O estudo apresenta uma comparação de desempenho entre uma linha de produção e um arranjo físico posicional. Alguns dos fatores considerados estão a variação da duração de cada operação, a taxa de falha de peça e o período de carência. Os autores concluíram que o arranjo físico posicional é mais robusto, por ser mais insensível a flutuações de fatores.

Du Toit (2016) conduziu um estudo de desempenho de arranjo físico posicional para a montagem de aeronaves com auxílio de modelo de simulação computacional.

Em procedimento de Slack *et al.* (1995), a alocação dos centros de trabalho em cada local disponível é analisada basicamente sob duas perspectivas: a) localização dos locais disponíveis em relação aos pontos de acesso; b) necessidade do setor de estar alocado nos pontos de acesso. Fazendo-se os devidos cálculos, pode-se então obter o arranjo físico posicional.

Pode-se perceber que a literatura sobre o arranjo físico posicional é ainda muito precária. Além desse procedimento, apresentado em Slack *et al.* (1995), não há evidência na literatura para contribuir na melhoria deste tipo de arranjo físico. Nesse sentido, este

artigo propõe abordar a questão de agrupamento e definição de tipos de ferramentas a serem transportados por cada carrinho, sendo portanto uma grande contribuição na área de arranjo físico.

3 | AS FUNÇÕES OBJETIVO DE MINIMIZAÇÃO

Para a formulação das funções objetivo, definiu-se as seguintes hipóteses:

- O espaço de cada ilha de montagem (neste trabalho será chamada de seção) é suficientemente grande para o estacionamento de qualquer quantidade de carrinhos durante a operação;
- Não há chance de o colaborador de um centro de trabalho executar operação de outro centro de trabalho;
- Qualquer colaborador do mesmo centro de trabalho é capaz, conforme o treinamento, de executar operações de montagem usando diferentes ferramentas;
- O produto, independente do número de componentes, é alcançável pela face da ilha. Neste trabalho o produto tem somente uma divisão central, seja na horizontal ou na vertical. Desse modo, se houver 10 seções no produto, por exemplo, além dessa divisão central, na perpendicular dessa divisão central haverá 4 divisões.
- Os componentes do produto sempre requerem operações de todos os centros de trabalho;
- Cada colaborador só controla um carrinho;
- Cada caixa comporta somente um tipo de ferramenta. As ferramentas de cada carrinho não necessitam ser repostas.
- As operações de transformação nos componentes são realizadas em cada centro de trabalho. Assim, as ferramentas transportadas pelos carrinhos são para realizar a montagem de componentes no produto. Pode-se também realizar alguma operação local de transformação do produto.
- Os componentes ou a matéria prima dos componentes não necessitam ser transportados ou manufaturados, pois já estão localizados na seção.
- Cada componente requisita somente um tipo de ferramenta, e somente de um centro de trabalho.
- Os componentes a serem incorporados ao produto apresentam tamanhos iguais ou aproximadamente iguais.

As funções a serem apresentadas nesta seção visam determinar a melhor quantidade de caixas de ferramentas a serem transportadas por cada carrinho, bem como determinar o tipo de ferramenta para minimizar o custo de treinamento e deslocamento dos colaboradores. Desse modo, são duas funções objetivo de minimização, independentes

entre si, usadas em momentos diferentes.

A equação (1) mostra a função objetivo que minimiza o custo de treinamento de pessoal.

$$\min\{C \times \sum_{i=1}^I f_i\} \quad (1)$$

Sujeita a:

$$f = K \times (q + 1) \quad (2)$$

$$\forall q_i \geq 0 \quad (3)$$

$$\forall W_{tool} > 0 \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^I q_i \leq n_{\max} \quad (5)$$

$$0 \leq q_j, \dots, q_{n_{\max}} \leq 1 \quad (6)$$

$$W \times n_{bins} \leq C_{\max} \quad (7)$$

A variável C representa o custo base de treinamento, que varia conforme o centro de trabalho. A variável I representa a quantidade efetivamente formada de carrinhos. Na equação 2, a variável f representa um fator de correção de custo de treinamento base (que depende dos tipos de ferramentas constantes em cada carrinho), a variável K é uma constante e a variável q representa a quantidade de caixa de ferramentas por carrinho. As equações 3 e 4 representam a não negatividade da quantidade de caixa de ferramentas a serem alocadas em cada carrinho e a não negatividade de peso de cada caixa de ferramenta, respectivamente. A equação 5 estabelece que a soma da quantidade de caixa de ferramentas de todos os carrinhos usados deve ser menor que o número máximo de tipos de ferramentas. Dependendo do tipo de produto, nem todos os tipos de ferramentas são utilizadas, tal como mostrada na equação 6, onde a variável j representa o tipo de ferramenta. Além disso, essa expressão garante que há somente uma unidade de cada tipo de ferramenta. A equação 7 garante que o peso das caixas em cada carrinho não ultrapasse a capacidade de transporte.

A segunda função objetivo (8) consiste em minimizar o deslocamento dos colaboradores.

$$\min\{\sum_{j=1}^n (f_{s_L-s_M}) \cdot (d_{s_L-s_M})\} \quad (8)$$

onde:

n representa a quantidade de carrinhos efetivamente formados, por CT

S representa seção do produto.

L representa a operação anterior

M representa a operação posterior

$f \geq 0$ representa o fluxo entre a seção S do produto, onde a operação L é executada, e a seção S onde a operação M é executada.

d representa a distância entre os centróides, da seção S_L e da seção S_M .

A construção do modelo computacional segue os seguintes passos:

1. Definir o número de centros de trabalho; 2. Definir o número de componentes do produto, qual centro de trabalho requisitado e o tipo de ferramental requisitado de cada CT;
3. Definir o formato do produto; 4. Partilhar o produto em ilhas de montagem; 5. Calcular o centróide de cada ilha, seguido de cálculo da distância entre uma ilha e outra; Definir a posição de partida de todos os carrinhos, e a distância até cada ilha.
6. Simular o uso de apenas um carrinho transportando apenas uma caixa de ferramenta; Calcule o custo de treinamento e o deslocamento do colaborador;
7. Definir o melhor agrupamento de caixas de ferramentas em cada carrinho, que respeite a capacidade máxima deste e que resulte no menor custo de treinamento;
8. Definir o tipo de ferramental a ser transportado por cada carrinho. Para isso, construiu-se um algoritmo de recozimento simulado que minimize o deslocamento percorrido por cada carrinho.

4 | O ALGORITMO DE RECOZIMENTO SIMULADO

De acordo com Ferreira & de Queiroz (2015), entre os passos típicos de um recozimento simulado estão:

- a) Solução inicial
- b) Busca local através de operadores de vizinhança
- c) Perturbação

Para este trabalho, o recozimento simulado foi aplicado para cada centro de trabalho e somente para determinar o tipo de ferramental a ser transportado por cada carrinho. Não foi utilizado o recozimento simulado para realizar o agrupamento para determinar a quantidade de caixas a serem transportadas por cada carrinho.

Para cada centro de trabalho:

- a) De modo a obter a solução inicial, para cada carrinho, escolhe-se aleatoriamente os tipos de ferramentas. Importante observar que há somente uma caixa de cada tipo de ferramenta. Repetir o processo de seleção de ferramentas para os carrinhos remanescentes. Essa é a solução inicial. A distância percorrida por cada um dos carrinhos é feita da seguinte forma: identificar a ilha onde o componente está localizado, bem como a ferramenta requisitada; identificar o centróide dessa ilha. Realizar o deslocamento de cada carrinho para a obtenção da distância percorrida. Repetir o procedimento para os demais carrinhos. A distância obtida de todos os carrinhos é, portanto, o resultado da solução inicial;
- b) A busca local consiste em utilizar um operador de busca para efetuar a troca. Neste trabalho, seleciona-se aleatoriamente um par de caixas de ferramentas, que pode ser de carrinhos diferentes, ou até mesmo de mesmo carrinho. Efetua-se a troca. Essa é a nova solução, e a distância de percurso de todos os carrinhos do mesmo centro

de trabalho é o resultado da nova solução. Calcula-se Δ (que é a diferença entre a solução atual e a anterior) e define-se x , sendo este último escolhido aleatoriamente entre 0 e 1. Se $\Delta \leq 0$ então a troca é mantida. A troca também é mantida caso $\Delta > 0$ e $x \leq \frac{-\Delta}{Temperature}$. A troca é desfeita se $\Delta > 0$ e $x > \frac{-\Delta}{Temperature}$.

d) Continue as possíveis trocas até que atinja um determinado número de iterações. Após isso, fazer $Temperature \leftarrow Temperature \cdot \alpha$ e repita as trocas até que a temperatura final atinja um valor mínimo;

e) Repetir os passos a até d para todos os centros de trabalho.

51 PARÂMETROS DE ENTRADA AO MODELO DESENVOLVIDO E RESULTADOS DA SIMULAÇÃO

O modelo computacional foi desenvolvido em código Pascal e simulado em hardware de configuração Dual Core (2 CPUs), 3.1 GHz e memória 4.1 GB. Os dados de entrada usados na simulação foram: $\$1 \leq C \leq \10 ; $10\text{kg} \leq q \leq 50\text{kg}$; $C_{\text{máx}} = 150\text{kg}$; A temperatura inicial $T_0 = 20000$ e o critério de parada é a temperatura final alcançar menos que 25 ($T_f \leq 25$); $\beta = 0.8$, $K = 0.5$. O nível adotado (da árvore de produtos) é 100.

O ponto de partida de todos os carrinhos de todos os centros de trabalho é $X+10$ u.d. e $Y+10$ u.d. O número adotado de ilhas foi igual a Y . Assim, se o produto apresentar a configuração $Y=100$, indica que haverão 200 seções no produto, e o ponto de partida é $X=110$ u.d. e $Y=110$ u.d. A posição final dos carrinhos é onde ocorreu a última operação.

São considerados dois tipos de formatos de produto, o de formato regular e irregular. Para 1000 componentes, adotou-se a configuração de produto $X=25$ u.d. e $Y=40$ u.d.; para 5000 componentes, $X=50$ u.d. e $Y=100$ u.d.; e para 10000 componentes, $X=100$ u.d. e $Y=100$ u.d. Por questões de limitação de software, optou-se por considerar que a distância entre os centróides de cada ilha é a mesma, tanto de formato regular quanto de formato irregular.

O modelo computacional é executado em três fases. A primeira é a simulação considerando 15 colaboradores por CT, cada um deles controlando um carrinho apenas, e cada carrinho transportando somente uma caixa de um tipo ferramenta. São, portanto, 15 tipos de ferramentas possíveis para cada CT. Os resultados desta fase são os que estão denominados de “sem agrupamento”, ou *no clustering*.

A segunda fase é a definição de quantidade de caixas em cada carrinho que minimize o custo de treinamento. Essa etapa é independente de deslocamento, já que o que interfere no custo de treinamento é a quantidade de caixas de ferramentas por carrinho. Uma vez que o agrupamento foi definido, a terceira fase do modelo é iniciado, determinando o tipo de ferramenta que deve estar presente em cada caixa que resulte no menor deslocamento percorrido pelos colaboradores. Foi desenvolvido um algoritmo baseado em recozimento simulado, e com 40 iterações por cada decréscimo de temperatura, os resultados obtidos são denominados de “agrupamento”, ou *clustering*.

Para a obtenção dos resultados, as variáveis de controle são: 1) formato do produto (regular ou irregular); 2) número de componentes que compõem cada produto, seja 1000, 5000 e 10000; 3) número de centros de trabalho (5, 10 e 15).

Realizou-se 30 experimentos (instâncias), sendo que cada instância corresponde a um tipo de produto. A Figura 01 mostra os resultados da simulação, cujo número de componentes é 1000. Outros resultados, para 5000 e 10000 componentes podem ser vistos na Tabela 04 e no anexo 01.

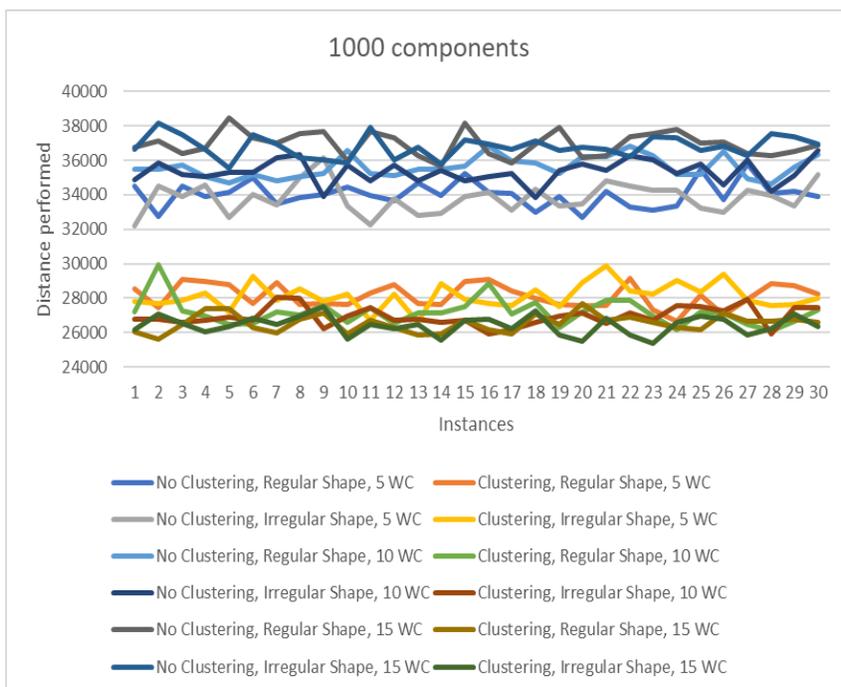
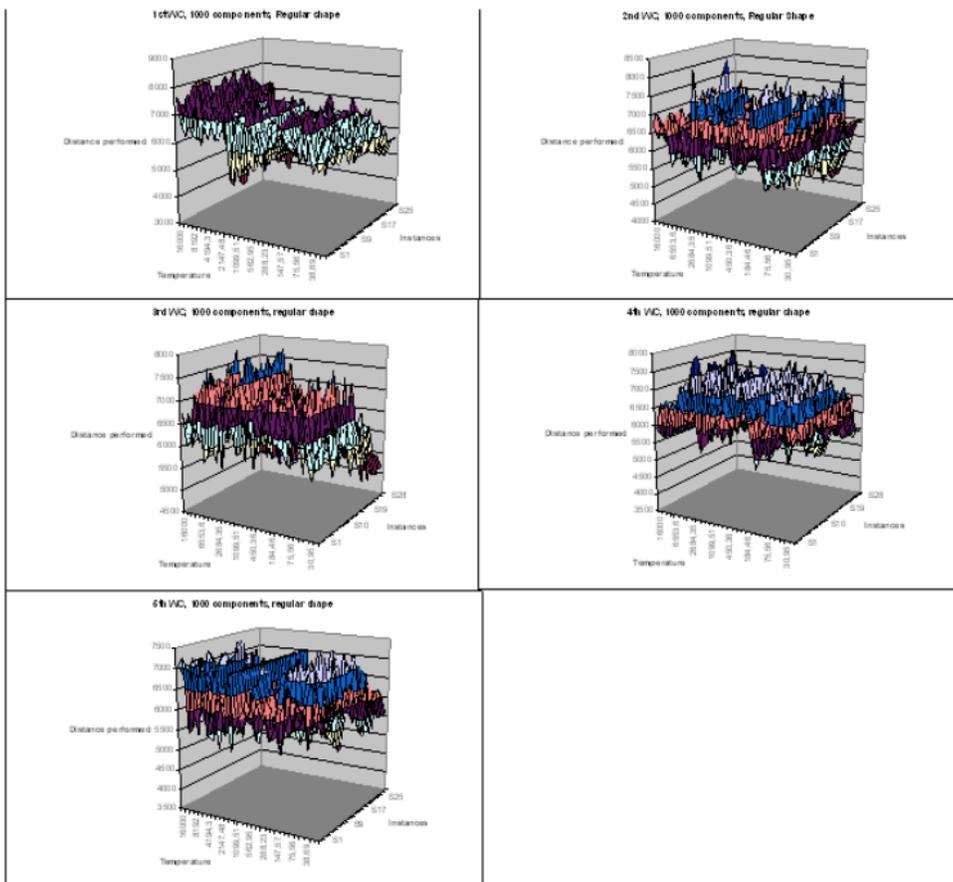


Figura 01. Resultados dos experimentos do modelo de simulação, em que WC é working center, ou centro de trabalho.

A distância representada na Figura 01 corresponde a soma das distâncias percorridas por todos os colaboradores do mesmo centro de trabalho. Observe que a redução de deslocamento é evidente ao aplicarmos o algoritmo de recozimento simulado.

A Figura 02 mostra o comportamento do recozimento simulado. Para fins de ilustração, escolheu-se que o arranjo físico tem cinco centros de trabalho operando 1000 componentes, para formatos regulares e irregulares. A temperatura inicial, conforme os dados de entrada ao modelo, é 20000, e após 40 interações, ocorre redução para 80% da última temperatura, passando a ser 16000, sucedido por 12800 e assim sucessivamente até a temperatura menor que ≤ 25 . Como o recozimento simulado é aplicado para cada centro de trabalho, optou-se por representar a soma das distâncias percorridas por todos

os carrinhos. Portanto, era de se esperar que a distância registrada oscile para cima e para baixo. De qualquer forma, quando o algoritmo aproximar da temperatura final, a distância tende a diminuir.



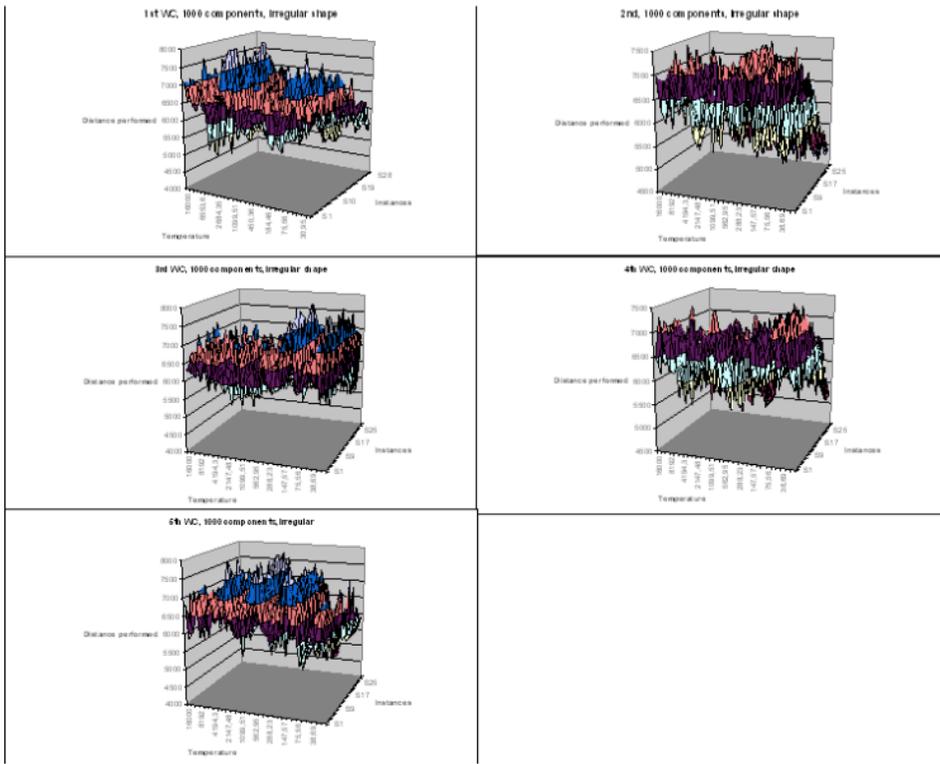


Figura 02: Evolução do algoritmo de recozimento simulado para 5 centros de trabalho, 1000 componentes e produto de formato regular e irregular.

As informações contidas nas tabelas 02 e 03 são também provenientes do modelo de simulação. Elas estão separadas em dois grupos, o primeiro referente *no clustering*, que indica que foram usados 15 carrinhos por cada CT, e cada carrinho transportando somente uma caixa de apenas um tipo de ferramenta.

O segundo grupo é referente aos resultados com o agrupamento de ferramentas nos carrinhos. Em virtude do agrupamento, o colaborador não somente trabalha com um tipo de ferramenta, que agora necessita de mais treinamento (maior custo por colaborador).

Tomemos como ilustração a Tabela 02, pois a análise desta para a Tabela 03 é a mesma. Ainda, tomemos como ilustração o primeiro centro de trabalho. Neste, o custo de treinamento para todos os 15 colaboradores foi de \$60, e a distância percorrida por eles foi de 7614 u.d. A soma das distâncias dos 5 centros de trabalho envolvidos é 33477, que corresponde a apenas um ponto do gráfico *no clustering* da Figura 01 (7ª instância).

O algoritmo sugere que, para o primeiro centro de trabalho, as caixas de ferramentas sejam distribuídas em 3 carrinhos, sendo o primeiro carrinho (1) transportando as caixas de ferramentas tipo {11 10 8 12 3}, o segundo carrinho (2) transportando {2 4 1 13 9}, e assim sucessivamente. Com o agrupamento das caixas de ferramentas em 3 carrinhos,

o deslocamento total para o primeiro centro de trabalho é 6532 u. d. Importante salientar que a caixa de ferramenta tipo 1, por exemplo, não é o mesmo que a ferramenta do tipo 1 de outro centro de trabalho. O mesmo se aplica a demais codificações das ferramentas. Conforme o carrinho é movimentado, operações são executadas. Por isso, a sequência listada de ferramentas em cada carrinho não indica que elas devem ser utilizadas nessa sequência.

A distância total obtida com o agrupamento é 28933 u.d., que corresponde a um ponto no gráfico da Figura 01, na 7ª instância (curva *clustering*).

No todo, há redução de custo de treinamento por conta da redução de número necessário de colaboradores. O custo de treinamento total, que era de 435 unidades monetárias, agora passa a ser de 269 unidades monetárias.

5 CT	Sem agrupamento		Recozimento simulado (Agrupamento)			
	Custo de treinamento	Distância percorrida	Custo de treinamento	Distância percorrida	Número de carrinhos	Ferramentas
1°	60	7614	36	6532	3	1={11 10 8 12 3 } 2={2 4 1 13 9} 3={7 14 15 6 5}
2°	120	6441	80	4858	5	1={5 7 10} 2={6 13 11} 3={3 1 12} 4={8 2 15} 5={14 4 9}
3°	90	7603	63	6352	6	1={8 11 6} 2={9 3 12} 3={1 10 15} 4={13 7} 5={5} 6={2 14 4}
4°	150	6479	80	6442	1	1={3 14 4 15 8 11 6 7 9 5 10 13 12 2 1}
5°	15	5340	10	4749	5	1={5 12 11} 2={4 1 3} 3={7 14 15} 4={8 13 10} 5={2 9 6}
Total	435	33477	269	28933	20	

Tabela 02: Formato regular, 5 CT, 1000 componentes, instância 7.

5 CT	Sem agrupamento		Recozimento simulado (Agrupamento)			
	Custo de treinamento	Distância percorrida	Custo de treinamento	Distância percorrida	Custo de treinamento	Distância percorrida
1°	120	6682	68	5902	2	1={10 15 14 3 11 12 13 } 2={4 9 6 2 5 7 1 8}
2°	135	7281	90	5677	5	1={6 9 1 } 2={14 4 13 } 3={3 5 10 } 4={12 8 7 } 5={11 2 15 }
3°	75	7025	47.50	5707	4	1={11 7 10 } 2={8 13 14 6 } 3={2 4 12 5 } 4={9 15 3 1 }
4°	90	6967	57	5742	4	1={6 15 11 8 } 2={3 1 12 } 3={4 9 13 10 } 4={14 2 7 5 }
5°	30	6601	18	5282	3	1={4 14 7 2 5 } 2={8 12 13 6 } 3={11 9 15 10 1 3 }
Total	450	34556	280.50	28310	18	

Tabela 03: Formato irregular, 5 CT, 1000 componentes, instância 4.

6 | TESTE DE NORMALIDADE

Neste estudo foram utilizados dois tipos de testes estatísticos. O primeiro é o qui-quadrado para verificar se os resultados dos experimentos apresentam comportamento de uma distribuição normal. Se a distribuição normal é identificada, testes estatísticos mais eficientes podem ser usados para fins de comparação de desempenho, entre *no clustering* e *clustering*. O segundo teste é discutido mais adiante.

A Figura 03 mostra os resultados das distâncias percorridas e custos de treinamento baseado no número de observações, para arranjo físico trabalhando com 1000 componentes.



Figure 03: Observações de distância percorrida e custo de treinamento obtidas de 30 instâncias, e os testes Qui-quadrados.

Aplicando-se o teste de Qui-quadrado, pode-se observar que em ambos, a Ho foi rejeitada, indicando que a variação é significativa, isto é, os resultados não têm comportamento de distribuição normal.

Como mencionado, a simulação do modelo foi estendida para maior número de componentes. Como os resultados também não apresentam normalidade, e como o comportamento do algoritmo de recozimento simulado é similar ao apresentado na Figura 02, optou-se por registrar na Tabela 04 apenas a mediana e a amplitude (maior menos o menor). Devido ao fato de o número de instâncias ser par (30 instâncias), a mediana foi calculada selecionando-se as instâncias 15 e 16, e então calculou-se a média.

A tabela 04 mostra claramente que é vantajoso realizar agrupamentos de ferramentas diferentes em cada carrinho, pois além de diminuir o custo de treinamento, também reduz o deslocamento percorrido pelos colaboradores.

Formato do produto			5 CT			10 CT			15 CT		
			Número de componentes			Número de componentes			Número de componentes		
			1000	5000	10000	1000	5000	10000	1000	5000	10000
Regular	Sem agrupamento	Custos de treinamento	450	420	*420	817.50	815.50	802.50	1212	1290	1282.5
		Amplitude	420	345	375	555	435	540	758	690	825
		Distância percorrida (u.d.)	34007.50	393740.50	916413	35495	394593.50	918751.5	36957.50	395320	915349
		Amplitude (u.d.)	3113.00	21205.00	27250	2236	10379	23141	2764	14484	28824
	Agrupamento	Custos de treinamento	270.25	261	249.75	501	504.75	497.50	751.50	817	799.5
		Amplitude	268.50	211.50	242	358.50	274	327.50	457.50	442	491.5
		Distância percorrida (u.d.)	28089.50	364949.50	866078.50	27143	355588	845232	26593.50	346365	833778
		Amplitude (u.d.)	2485.00	21700	18302	3862	15207	25913	2079	16958	28483
Irregular	Sem agrupamento	Custos de treinamento	420	405	427.50	801	832.50	832.5	1231.50	1200	1282.5
		Amplitude	330	390	390	615	495	540	769	660	600
		Distância percorrida (u.d.)	33891.50	394095.50	913664.5	35282.50	393336.50	914888.5	36750.50	397612	916054
		Amplitude (u.d.)	3932	14500	31122	2736	11391	24518	2637	21098	30842
	Agrupamento	Custos de treinamento	259	252.75	256.50	489	520	510	753.75	758.50	790.5
		Amplitude	195	255	250	357.50	265.50	352.5	489.50	391.50	384.5
		Distância percorrida (u.d.)	27968.50	363833.50	864410.5	26802	353710.50	845767.5	26475.50	345507	828993
		Amplitude (u.d.)	3278	20490	20677	2153	16081	32518	2108	18221	31654

Tabela 04: Síntese dos resultados de 30 instâncias para todas as situações abordadas neste estudo, com registro da mediana e da amplitude.

Os resultados desta tabela mostram que os formatos dos produtos influenciam no deslocamento dos colaboradores. Importante observar que o desempenho de deslocamento para produto de formato irregular tende a sobrepujar (menor) que o de formato regular, pois as ferramentas do carrinho podem ser executadas em muitas operações de uma mesma ilha

sem a necessidade de realizar o deslocamento.

Embora a redução de número de ilhas resulte na otimização de deslocamento entre as ilhas, acarretaria em aumento da distância a ser percorrida dentro da ilha. Dessa forma, não é apropriado otimizar o deslocamento de colaboradores simplesmente reduzindo o número de ilhas.

Considerando o produto de formato regular e irregular, os custos de treinamentos tendem a variar, sejam para mais ou para menos. De uma forma geral, o custo de treinamento permanece praticamente inalterado quando para formatos diferentes do produto. De fato, isto também era esperado, porque o custo de treinamento está atrelado a maneira de como se realiza o agrupamento, sem importar com o formato. No entanto, comparando os desempenhos de custo entre “agrupamento” e “sem agrupamento”, a diferença é evidente.

Os resultados da Tabela 04 mostram, inclusive, que é até mesmo possível reduzir o deslocamento quando houverem mais centros de trabalho participantes, quando realizado o agrupamento. Observa-se que quanto maior o número de centros de trabalho, maior o custo de treinamento. Isso porque serão mais colaboradores participando na execução das operações dos componentes ao produto.

O aumento do número de componentes para a mesma quantidade de centros de trabalhos não tem impacto no custo de treinamento. As variações ocorridas são devido ao fato de que dependendo da instância, o produto pode não requisitar todos os tipos de ferramentas. Por isso é de se esperar que haja variação no custo de treinamento, mas não devido ao número de componentes.

Interessante notar que para a mesma quantidade de componentes, para diferentes centros de trabalho, a influência é pífia no deslocamento percorrido. Isto indica que o aumento de deslocamento está mais atrelado ao aumento número de componentes (já que ocupa mais espaço), do que ao centro de trabalho.

7 | COMPARAÇÃO ESTATÍSTICA DE DESEMPENHO (DISTÂNCIA PERCORRIDA E CUSTO DE TREINAMENTO) ENTRE “SEM AGRUPAMENTO” E “COM AGRUPAMENTO”

Como os resultados não apresentam normalidade, o segundo teste a ser utilizado deve ser do tipo não paramétrico. Este teste tem por finalidade comparar estatisticamente se a redução de deslocamento e de custo foi significativa.

De acordo com Samejima & Taddeo (data não informada) existem cinco tipos de testes não paramétricos mais utilizados. Estes testes podem ser vistos na Tabela 06. Para utilizá-los, deve-se satisfazer algumas condições:

Tipo de Teste	Condição
Correlação de Spearman	Este teste mede a relação entre duas variáveis. Basicamente avalia se uma variável aumenta, a outra aumenta (correlação positiva) ou diminui (correlação negativa) (Miot, 2018).
Teste de Wilcoxon	Para (da Silva & Bogoni, 2015), deve ser usado em amostras dependentes (mesmos elementos submetidos a duas condições diferentes, ou amostras pareadas), população com a mesma distribuição (Wilcoxon (1945).
Teste de Mann-Whitney	Regra (2010) relata que o teste deve ser usado quando as amostras forem independentes e amostras de tamanhos diferentes. O teste tem a finalidade de verificar se dois grupos pertencem a mesma população.
Teste de Kruskal-Wallis	Para Mantovani et al. (2009), este teste serve para verificar se dois grupos pertencem a mesma população. Pode ser usado para amostras de tamanhos iguais ou diferentes. É utilizado para comparar mais de três grupos.
Teste de Friedman	Para Guimarães (2014), este teste serve para verificar se dois grupos pertencem a mesma população. Ou então utilizado quando um elemento é medido mais de uma vez. De acordo com Firmino (2015), também é utilizado para comparar o mesmo grupo submetido a k condições diferentes.
Teste de sinais	Este teste é usado para amostras dependentes e a distribuição da variável deve ser contínua. Serve para comparar se há diferença nos resultados se um mesmo grupo submetido a duas condições é diferente (FGV).

Tabela 6: Tipos de testes não paramétricos.

Neste artigo, os resultados da simulação são dependentes (por se tratarem de um grupo de instâncias submetido a duas condições diferentes, “agrupamento” e “sem agrupamento”), pareados e de distribuição desconhecida. Dessa forma, o teste de sinais é o mais apropriado.

Conforme FGV (data não informada), os passos para utilizar o teste de sinais são:

- Definir hipóteses, H_0 e H_1 , sendo o primeiro quando não há diferença significativa, e o segundo, quando a diferença é significativa;
- Definição da estatística de teste: $X \sim \text{Binomial}(N; 1/2)$;
- Introdução dos dados do problema: São ao todo 30 experimentos para cada situação analisada. Como não houve empate (mesma distância de deslocamento ou mesmo custo) entre “sem agrupamento” e “agrupamento”, ver Figura A.01, N continua sendo 30. De acordo com FGV, quando n é maior ou igual a 30, pode-se aproximar a distribuição binomial pela distribuição normal.

Sendo assim, o valor de z é:

$$z = \frac{(v \pm 0.5) - \left(\frac{N}{2}\right)}{\frac{\sqrt{N}}{2}} \approx \text{Normality}(0,1)$$

Se $v < 0.5n$ então $(v+0.5)$, caso contrário $(v-0.5)$

v - corresponde ao número de vezes que o sinal menos frequente aparece.

N – tamanho da amostra descontando os empates.

No presente estudo, o sinal positivo não aparece nenhuma vez. Isso porque a diferença obtida de cada instância é sempre negativa, isto é, distância percorrida (com agrupamento) menos distância percorrida (sem agrupamento). Portanto, $x=0$. De acordo com os cálculos, $z=2.74$. Este número z também se aplica ao custo de treinamento.

- Definição do nível de significância

Adotando $\alpha=0.05$, o z_{critico} da região de rejeição de H_0 (para bilateral) é 1.96. Este valor calculado de z se aplica aos demais experimentos conduzidos neste estudo. Sendo $z>1.96$, rejeita-se H_0 indicando que a redução de deslocamento percorrido bem como custo de treinamento, quando realiza-se agrupamento de caixas em carrinho, foi significativa.

8 | CONCLUSÃO

Este artigo apresenta um modelo, com aplicação de um algoritmo de recozimento simulado, para definir o tipo de ferramenta mais apropriada em cada carrinho que minimiza o custo de treinamento e distância percorrida. Portanto, o modelo desenvolvido foi capaz de auxiliar na definição da melhor configuração de ferramentas e de quantidade de carrinhos, simulando sob diversas situações. Também mostra que, embora não haja deslocamento do produto, não se pode omitir o deslocamento de colaboradores.

Os resultados mostram que o uso de colaboradores multi funcionais (capazes de manipular vários tipos de ferramentas) foi crucial para reduzir o deslocamento. Embora com o incremento de custo de treinamento ao executar várias operações com ferramentas distintas, no geral, o custo de treinamento tende a ser menor pois há redução no número de colaboradores como um todo.

O formato do produto tem forte influência sobre o deslocamento. Pelos resultados, mostra-se que o de formato irregular apresenta redução significativa nos deslocamentos que os de formato regular.

Observa-se que quanto maior o número de componentes, maior é o espaço ocupado pelo produto, aumentando assim a distância percorrida. Não há evidências de aumento de custo de treinamento para diferentes quantidades de componentes. No entanto, o aumento de centros de trabalho aumenta o custo de treinamento, e isso se deve ao fato de haver mais colaboradores participando na operação.

A modelagem e simulação foi apropriada para analisar diversos cenários, com um tempo computacional diretamente proporcional a quantidade de componentes. Isso porque o produto, ao conter mais componentes, necessita de mais cálculo de distâncias. O tempo computacional não sofre influência quanto ao aumento de número de centros de trabalho e nem com relação ao formato do produto.

REFERÊNCIAS

Abdel-Shafi, A. A. A. & Soltan, H. A. (1997) – An Approach to assembling on fixed position layout. *Mansoura Engineering Journal*, vol. 22, n. 02, pp. M.36-M.48.

Da Silva, P. G. & Bogoni, J. A. (2015) – Introdução à estatística básica. <http://www.liaaq.ccb.ufsc.br/files/2013/10/Aula-4.pdf>, accessed in 03/11/2022 (in portuguese).

D'Souza, F. X. A. (1959) – Plant layout – Its meaning and significance. *The Indian Journal of Social Work*, vol. 20, n. 3, pp. 173-178.

Dixit, A. & Dave, V. (2015) – An approach towards plant location and plant layout. Vol. 2, n. 6, pp. 65-68.

Du Toit, J. H. (2016) - Designing the Final assembly line concept for a Small African Regional Aircraft. University of Pretoria. https://repository.up.ac.za/duToit_Designing_2016, accessed in 02/27/2022.

Ferreira, K. M. & de Queiroz, T. A. (2015) – Uma abordagem de recozimento simulado com busca local para o problema integrado de localização e roteamento. XLVII SBPO, Porto de Galinhas, Pernambuco.

FGV. <https://epge.fgv.br/we/Graduacao/Estatistica1/2009/2?action=AttachFile&do=get&target=teste-dos-sinais-wilcoxon-e-mann-whitney.pdf> (in portuguese). Accessed in 03/02/2022.

Firmino, M. J. A. C. S. (2015) - Testes de hipóteses: uma abordagem não paramétrica. Dissertação de mestrado: Departamento de Estatística e Investigação Operacional, Universidade de Lisboa.

Fonseca, J. J. S. (2002) - Metodologia da pesquisa científica. Fortaleza: UEC. de Almeida, A. A. B. & Leite, L. B. (2016) – Manual de metodologia da pesquisa aplicada à educação, Faculdade Porto Feliz.

Gil, A. C. (1999) - Métodos e técnicas de pesquisa social. São Paulo: Atlas, 1999.

Guimarães, P. R. B. (2014) – Estatística não paramétrica. https://docs.ufpr.br/~prbg/public_html/ce050/aluno%202014%20np.pdf accesses in 03/11/2022 (in portuguese) .

Guo, D.; Lin, P.; Lyu, Z.; Ling, S.; Li, M.; Huang, G. Q. & Rong, Y. (2019) - Towards Assembly 4.0: Graduation Intelligent Manufacturing System for Fixed-position Assembly Islands. *IFAC*, vol. 52(13), pp. 1513-1518.

Hartl, R. F. & Preusser, M. (2009) – Modul: Layout and Design, Produktion and Logistik. https://prolog.univie.ac.at/teaching/LVAs/Layout_und_Design/SS09/Layout-Skriptum%20extended.pdf, accessed in 02/27/2022.

Huang, G. Q.; Zhang, Y. F. & Jiang, P. Y. (2007) - RFID-based wireless manufacturing for walking-worker assembly islands with fixed-position layouts. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 23, pp. 469-477.

Lin, R. & Liao, C. J. (2013) - Batch scheduling problem for a machinery factory with fixed-position layout, *International Journal of Production Research*, vol. 51, n. 3, pp. 910-926.

Mantovani, D. M. N.; Leite, M. F. B.; Shiraiishi, G. F. & Viana, A. B. N. (2009) - Atitudes dos Alunos dos Cursos de Ciências Sociais Aplicadas em Relação à Estatística. *Revista de Ciências da Administração* • v. 11, n. 25, p. 36-67 (in portuguese).

Miot, H. A. (2018) – Análise de correlação em estudos clínicos e experimentais. *Jornal Vascular Brasileiro*, vol. 17, n. 4, pp. 275-279.

Moon, D. H.; Son, D. S.; Lee, Y. H. & Shin, Y. W. (2018) – Comparison of flow line layout and fixed-position layout in a rail vehicle assembly factory. *Journal of the Korea Society for Simulation*, vol. 27, n. 3, pp. 117-129.

Qin, W. & Huang, G. Q. (2010) - A two-level genetic algorithm for scheduling in assembly islands with fixed-position layouts. *J Syst Sci Syst Eng (Jun 2010)* 19(2): 150-161.

Okpala, C. C. & Chukwumanya, O. (2016) – Plant layouts’ analysis and design. *International Journal of Advanced Engineering Technology*, vol. 7, n. 3, pp. 201-206.

Regra, C. M. F. (2010) - Análise Estatística do Processo de Reconhecimento, Validação e Certificação de Competências no CNO dos CTT. Dissertação de mestrado: universidade aberta. <https://repositorioaberto.uab.pt/bitstream/10400.2/1438/4/TESE.Carlos%20Regra.pdf> . accesses in 03/11/2022 (in portuguese).

Samejima, K. & Taddeo, M. (not informed)- Estatística não paramétrica. <https://est.ufba.br/sites/est.ufba.br/files/kim/matd49-aula01.pdf> accessed in 03/11/2022 (in portuguese).

Saravanan, M. & Arulkumar, P. V. (2013) - Design and optimisation for fixed area cellular layout problems using GA and SAA. *International Journal of Innovation and Sustainable Development*. vol. 7, n. 1, pp. 91-109.

Singh, M. (2012) – Innovative practices in facility layout planning, vol. 1, n. 12, pp. 126-139.

Singh, S. & Khanduja, D. (2019) - Improvement in Manufacturing System by Rearrangement in Layout Design – A Case Study. *Journal of Physics: Conference Series*. **1240** 012023.

Slack, N.; Chambers, S.; Harland, C.; Harrison, A. & Johnston, R. (1995) – *Operations Management*. Pitman Publishing London.

Tompkins, J. A.; White, J. A.; Bozer, Y. A. & Tanchoco, J. M. A. (2010) – *Facilities planning*, 4th edition, John Wiley & Sons, pp. 1-854.

Wang, Q. (2005). Comparison between fixed- and walking-worker assembly lines. *Proc IMechE Part B: J. Engineering Manufacturing*, 219: 845-848.

Wilcoxon, F. (1945). Individual comparisons by ranking methods. *Biometrics Bulletin*, 1(6), 80-83.

ANEXO 01

A figura A.01 mostra o desempenho para o produto, cuja quantidade de componentes é 5000 e 10000 componentes. A contribuição do algoritmo de recozimento simulado é ainda mais evidente, principalmente quanto maior o numero de centros de trabalho.

Quanto maior o número de componentes, maior o porte de produto. Portanto é de esperar maior a distância percorrida, fato que é confirmado nos resultados.

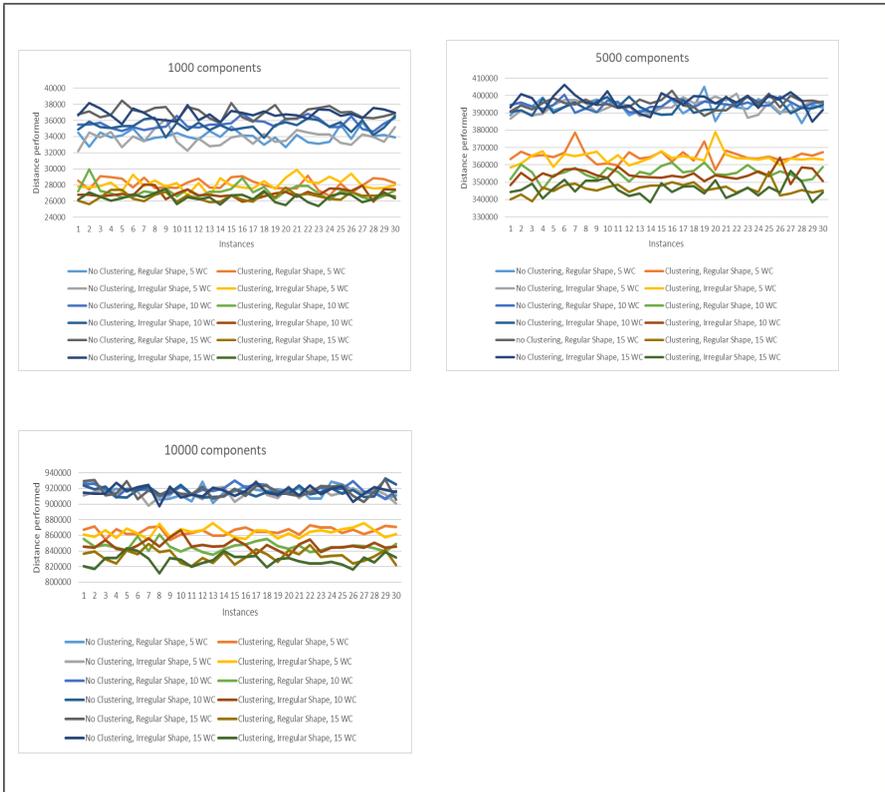


Figura A.01. Resultados dos experimentos do modelo de simulação, para 1000, 5000 e 10000 componentes.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Ácido polilático 105, 106
Adhesive joints 111, 124, 125, 127
Análise de vibração 62
Arranjo físico posicional 128, 129, 130, 131
Atraso de ignição 62, 63, 64, 65, 66, 67

B

Bateria eletrônica 149, 150, 151, 152, 155, 157
Biomassa 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 19

C

Cianobactérias 13, 14, 15, 16, 17, 19
Concreto 68, 69, 73, 82, 83, 84, 85, 86, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 99, 100, 103, 104
Construção civil 68, 69, 73, 78, 80, 81, 82, 104

D

Desenho geométrico 158, 159, 160, 162, 163, 172
Distribuição de água 34, 35, 36, 37, 39, 40, 42, 43, 47, 48, 49, 50

E

Economia 34, 59, 78, 163, 180, 183, 185, 188
Educação 146, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 171, 172, 185, 187
Efluente sintético 13, 16
Empreendedorismo 185, 186, 187, 188, 189
Estruturas mistas 82, 83, 84, 86, 88, 94, 103, 104

F

Fluido 51, 53, 55, 60
Friction stir welding 111, 115, 122, 126, 127

G

Gesso 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81

I

Impressora 3D 105, 106, 108, 110

L

Logística reversa 21, 22, 23, 26, 30, 31, 32

M

Macromedição 36

Madeira 6, 8, 69, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104

Matriz energética 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10

Micromedição 36

Música 149, 150, 151, 157

O

Otimização 128, 143

P

Planejamento estratégico 2, 185

Plano de negócio 179

Proteção 4, 72, 77, 85, 174, 175, 176

R

Reaproveitamento 78, 80

Recuperação avançada de petróleo 51, 52

Reservatório 18, 51, 52, 55

S

Segurança da informação 173, 174, 175, 176, 181, 182, 183, 184

Segurança estrutural 82

Sensor piezoelétrico 62, 63, 64, 65, 66

Sistema de ligação 82, 83, 85, 86, 90, 92, 94, 101, 103

Sustentabilidade 11, 21, 22, 68, 78, 80

T

Tear modular 107, 110

Tecnologia 7, 19, 68, 69, 81, 105, 106, 110, 125, 149, 150, 151, 152, 158, 159, 160, 162, 164, 170, 171, 175, 176, 177, 182, 183, 184, 190

Tensoativo 51, 53

Toxicidade 13, 14, 15, 17, 106

Tratamento de efluente 13

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

@atenaeditora 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

ENGENHARIAS:

Criação e repasse de tecnologias 3



www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

@atenaeditora 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

ENGENHARIAS:

Criação e repasse de tecnologias 3

