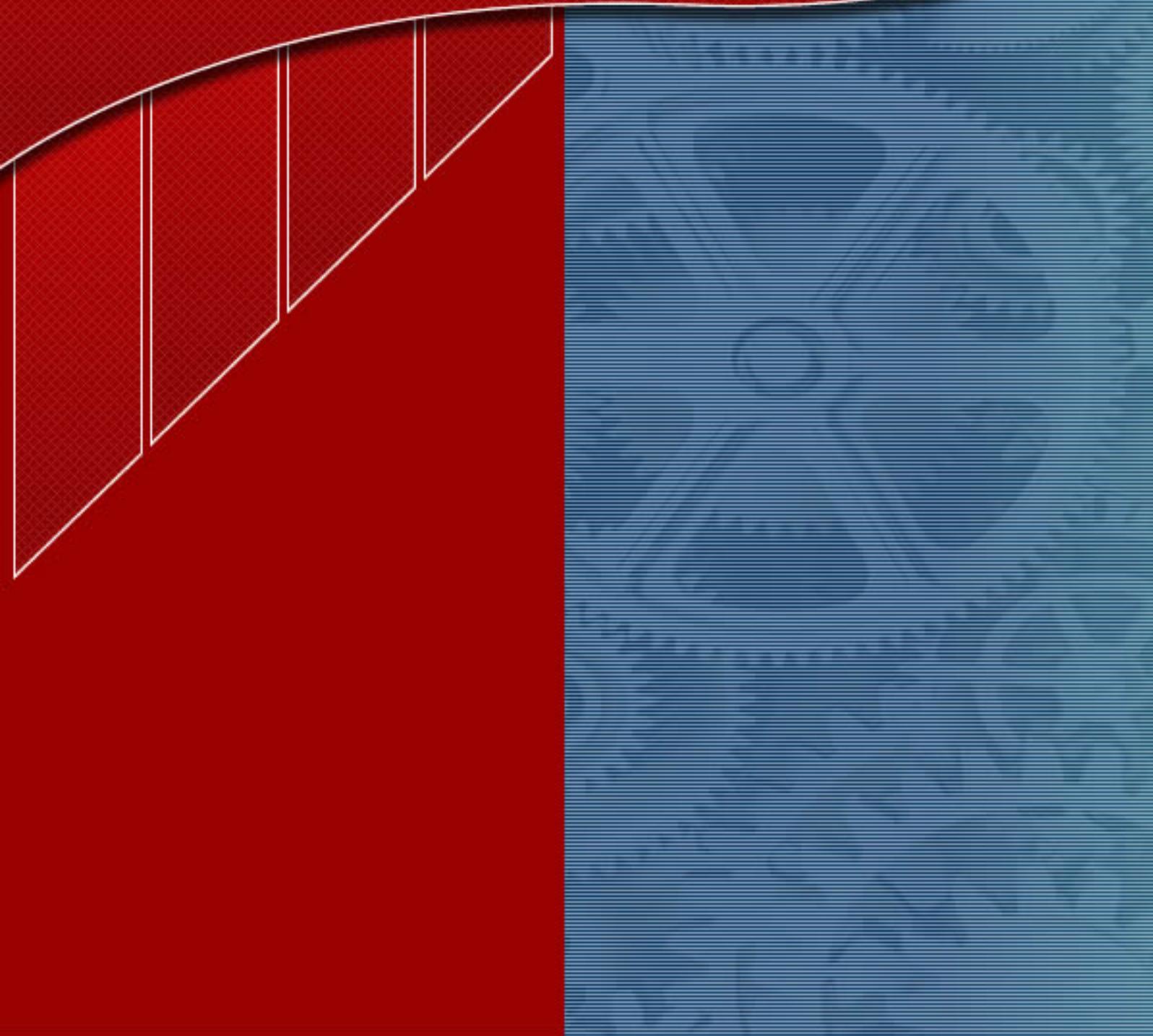


# Coletânea Nacional sobre Engenharia de Produção 2

Pauline Balabuch  
(Organizadora)





## COLETÂNEA NACIONAL SOBRE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO 2

---

Pauline Balabuch  
(Organizadora)

**Editora Chefe**  
Antonella Carvalho de Oliveira

**Conselho Editorial**  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho  
Universidade de Brasília

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior  
Universidade Federal de Alfenas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto  
Universidade Federal de Pelotas

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Deusilene Souza Vieira Dall'Acqua  
Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior  
Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves  
Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Takeshy Tachizawa  
Faculdade de Campo Limpo Paulista

2016 by Pauline Balabuch

© Direitos de Publicação  
ATENA EDITORA  
Avenida Marechal Floriano Peixoto, 8430  
81.650-010, Curitiba, PR  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto: contato@atenaeditora.com.br)  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

Revisão  
*Os autores*

Edição de Arte  
*Geraldo Alves*

Ilustração de Capa  
*Geraldo Alves*

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil**

Coletânea nacional sobre engenharia de produção, 2  
[livro eletrônico] / Pauline Balabuch,  
(organizadora). – Curitiba, PR : Atena  
Editora, 2016  
6.588 Kb ; PDF ; 255 p.

Vários autores.

ISBN 978-85-93243-04-2

Engenharia de produção 2. Gestão do  
conhecimento 3. Inovação 4. Logística I. Balabuch,  
Pauline.

16-08793

CDD – 658-5036

**Índices para catálogo sistemático:**

1. Coletânea nacional : Engenharia de produção :  
Organizações : Administração 658.5036

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-93243-04-2



9 788593 243042

## **Apresentação**

O presente e-book reúne artigos científicos baseados em trabalhos e pesquisas realizadas na área de Engenharia de Produção. Trata-se do volume 2 da coletânea, visto o quanto producente e dinâmica essa área encontra-se. Como é percebido pela sociedade contemporânea, técnicas, oportunidades de negócios, padrões, têm se tornado obsoletos numa alta rotação. Destarte, as mudanças organizacionais estão ocorrendo em tal constância, que rotinas locais estão tornando-se cada vez mais globais. Fazendo com que a preocupação com a inovação, o layout, a melhoria contínua e a sustentabilidade, em sua tríplice vertente – social, econômica e ambiental, não sejam mais ‘pano de fundo’ para as mudanças, e sim um dos principais aspectos discutidos, uma vez que a abrangência desses assuntos engloba desde a cultura organizacional até os processos operacionais. E ao reunir estudos sobre produção nessa coletânea, a intenção é contribuir para a contínua capacitação e desenvolvimento do pensar científico na indústria, tanto em seu viés acadêmico como profissional. Além de demonstrar o mérito dos pesquisadores presentes nessa obra.

Desejo uma ótima leitura a todos!

**Pauline Balabuch**  
Organizadora

## **Sumário**

Apresentação.....	04
<b><u>Capítulo I</u></b>	
PRÓ-INOVA: PROJETO PARA IMPLANTAÇÃO DE GESTÃO DA INOVAÇÃO EM MPE'S INDUSTRIAIS - RIO GRANDE DO NORTE, BRASIL	
Karla Sousa da Motta e Mônica Maria Mendes Luna.....	08
<b><u>Capítulo II</u></b>	
MODELO DE ARRANJO FÍSICO FUNCIONAL PARA UMA MARMORARIA – ESTUDO DE CASO E PROPOSTA DE MELHORIA	
Thaíres Naiara dos Reis, Vitor Hugo dos Santos Filho e Luciana Resende da Silva.....	22
<b><u>Capítulo III</u></b>	
MODELOS DE SÉRIES TEMPORAIS PARA PREVISÃO DE DEMANDA: ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA ELETROELETRÔNICA	
Wagner Wilson Bortoletto, Marcelo Petrelli, Paulo Sérgio de Arruda Ignácio, Antônio Carlos Pacagnella Júnior e Alessandro Lucas da Silva.....	43
<b><u>Capítulo IV</u></b>	
LOGÍSTICA REVERSA DA ÁGUA NA INDÚSTRIA DE LOUÇAS SANITÁRIAS NO BRASIL	
Bernardo Avellar e Sousa, Marcus Vinicius Faria de Araújo, Fernando Augusto Silva Marins, Antonio Henrique de Araujo Junior e Romir Almeida dos Reis.....	64
<b><u>Capítulo V</u></b>	
DIAGNÓSTICO DAS NORMAS REGULAMENTADORAS EM UMA MARCENARIA DE PEQUENO PORTE DE CAMPINA GRANDE	
Antonio Carlos de Queiroz Santos, Suelyn Fabiana Aciole Morais, Simone Danielle Aciole Morais, Sidney Aciole Rodrigues e Vanessa Nóbrega da Silva.....	79
<b><u>Capítulo VI</u></b>	
INDICADORES DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE LOGÍSTICA HUMANITÁRIA: UMA ANÁLISE A PARTIR DA BASE DE DADOS WEB OF SCIENCE	
Luana Santos Vieira, Railane Oliveira, Thainá Daltro, Vitória Carvalho Lopes e Meire Ramalho.....	99

## Capítulo VII

MATRIZ DE RISCO DA CONTAMINAÇÃO DE EFLUENTE DE ESGOTO  
CONTAMINADO POR FÁRMACOS

Kelly Cristina dos Prazeres, Amanda Carvalho Miranda, Silverio Catureba da  
Silva Filho e Jose Carlos Curvelo Santana.....113

## Capítulo VIII

USO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE VISANDO A REDUÇÃO DOS  
ÍNDICES DE REFUGO DE PEÇAS: PESQUISA-AÇÃO EM UMA EMPRESA DO  
SETOR DE AUTOPEÇAS

Ivan Correr, Lucas Scavariello Franciscato, Thais Cristina Duppre e Renata  
Schenoor Corbine.....131

## Capítulo IX

IDENTIFICAÇÃO DOS CUSTOS PELO MÉTODO DE CUSTEIO BASEADO EM  
ATIVIDADES – ABC. ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DO RAMO  
CALÇADISTA DO SERTÃO PARAIBANO

Augusto Pereira Brito, José Bruno Maciel Nunes, Filipe Emmanuel P. Correia,  
Pablo Veronese de Lima Rocha e Mirelle Sampaio  
Pereira.....152

## Capítulo X

PLANEJAMENTO E CONTROLE DE SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO: UM  
ESTUDO DE CASO EM UMA ORGANIZAÇÃO INDUSTRIAL PÚBLICA

Maria Clara Lippi, Raquel Gonçalves Coimbra Flexa e Guido Vaz Silva.....169

## Capítulo XI

ESTUDO SOBRE MÉTODOS DE PREVISÃO DE DEMANDA EM UMA  
INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS DA CIDADE DE SOUSA - PB

Francy Hallyson Lopes da Silva, Marcos Macri Olivera, Rosimery Alves de  
Almeida Lima, Luma Michelly Soares Rodrigues Macri e Lilian Figueirôa de  
Assis.....183

## Capítulo XII

IMPLANTAÇÃO DO MÉTODO QFD PARA ANÁLISE DA SATISFAÇÃO  
PERCEBIDA PELO CLIENTE: UM ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA  
DO SETOR METALOMECÂNICO

Juan Pablo Silva Moreira, Igor Caetano Silva e Janaína Aparecida  
Pereira.....198

### Capítulo XIII

ESTUDO DO PROBLEMA DO LAYOUT DINÂMICO COM ALGORITIMO GENÉTICO PARA SITUAÇÃO DE DEMANDA VARIÁVEL E DIFERENTES PRODUTOS NO MIX

Victor Godoi Cipelli, Lucas Antonio Risso, Alessandro Lucas da Silva, Paulo Sergio de Arruda Ignacio e Antônio Carlos Pacagnella Junior.....211

### Capítulo XIV

PREVISÃO DE DEMANDA E GESTÃO DA CAPACIDADE E ESTOQUE DE UM FRANQUIA DE MASSAS

Carolina Prado Crisóstomo, Amanda Veloso Mainel, Ana Flávia Costa, Juliana Ribeiro Padrão e Sanderson César Macedo Barbalho.....225

Sobre a organizadora.....243

Sobre os autores.....244

## **Capítulo XIII**

# **ESTUDO DO PROBLEMA DO LAYOUT DINÂMICO COM ALGORITIMO GENÉTICO PARA SITUAÇÃO DE DEMANDA VARIÁVEL E DIFERENTES PRODUTOS NO MIX**

---

**Victor Godoi Cipelli,  
Lucas Antonio Risso  
Alessandro Lucas da Silva  
Paulo Sergio de Arruda Ignacio  
Antônio Carlos Pacagnella Junior**

# **ESTUDO DO PROBLEMA DO LAYOUT DINÂMICO COM ALGORITIMO GENÉTICO PARA SITUAÇÃO DE DEMANDA VARIÁVEL E DIFERENTES PRODUTOS NO MIX**

**Victor Godoi Cipelli**

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Aplicadas  
Limeira - SP

**Lucas Antonio Rissó**

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Aplicadas  
Limeira - SP

**Alessandro Lucas da Silva**

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Aplicadas  
Limeira - SP

**Paulo Sergio de Arruda Ignacio**

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Aplicadas  
Limeira - SP

**Antônio Carlos Pacagnella Junior.**

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Aplicadas  
Limeira - SP

**Resumo:** Este artigo consiste em uma pesquisa experimental, com revisão da literatura sobre o tema, e o desenvolvimento de uma solução para um problema simulado através da programação em SCILAB. O objetivo deste trabalho é avaliar a validade, relevância e eficiência do modelo proposto, bem como definir uma metodologia de abordagem ao problema de layout dinâmico. Para tanto, o trabalho concatena diferentes abordagens conceituais presentes na literatura, por meio de um modelo matemático no qual a posição das máquinas é tratada de maneira discreta. Os resultados apresentados comprovam a eficiência do uso de algoritmos genéticos para a resolução de problemas de layout dinâmico, pois mostram que soluções satisfatórias podem ser obtidas com custo computacional aceitável mesmo quando considerada uma maior quantidade de variáveis pertinentes à produção, tal como a demanda prevista para um mix de produtos.

**Palavras chave:** flexibilidade de layout; layout reconfigurável; Algoritmo genético; layout dinâmico;

## **1. INTRODUÇÃO**

Devido à diminuição do ciclo de vida dos produtos, ao aumento da complexidade das operações e ao surgimento de novas tecnologias de produção cresce a importância da implementação de métodos de produção que proporcionem maior flexibilidade de produção, sobretudo em cadeias de concorrência global.

Neste sentido, Corrêa e Slack (1994) argumentam que existem dois fatores relevantes a capacidade de lidar com as flutuações imprevistas na produção através da flexibilidade sendo estes a entrada de novos produtos e o *mix* já existente.

Benjaafar et. al. (2002) reconhecem a flexibilização dos meios de produção como umas das principais tendências para o projeto de fábrica, tendo em vista o aumento da diversificação dos produtos e a diminuição de seu ciclo de vida. Argumentam ainda que isso acaba gerando uma necessidade de ferramentas adequadas apropriadas para o processo de readequação do posicionamento dos recursos produtivos e que esta conjuntura de fatores fundamenta que o processo de concepção do arranjo fabril possa ser considerado não mais como uma decisão estratégica com implicações de longo prazo, mas como uma questão operacional, possibilitando à redução de custos inerentes as decisões sobre o arranjo.

Neumann et. al. (2013) definem a flexibilização como de duas dimensões complementares: a flexibilidade de manufatura, e a flexibilidade de *layout*. A primeira consiste em empregar equipamentos com tecnologias capazes de produzir um nível suficientemente variado de peças a baixos custos sem impactos significativos a capacidade produtiva.

Segundo Bi et. al. (2008), a flexibilidade de manufatura é facilitada por sistemas de manufatura reconfiguráveis (do inglês, *Reconfigurable Manufacturing Systems* ou RMS), os quais empregam equipamentos para a produção de uma família de peças, em contraste a sistemas de linha de produção dedicados a produtos específicos (do inglês, *Dedicated Manufacturing Systems* ou DMS). Além disso, os equipamentos RMS podem ser mais adequados que os equipamentos de manufatura flexíveis (do inglês, *Flexible Manufacturing Systems* ou FMS). Isso ocorre porque enquanto os primeiros são projetados e concebidos para serem capazes de produzir uma família de peças, os últimos são máquinas de aplicação genérica cujo projeto prevê a produção de uma ampla gama de sem padrões necessariamente bem definidos ou características comuns entre si.

A consequência é que equipamentos FMS podem acumular uma série de ferramentas e funções que não são efetivamente necessárias para as empresas, pois estas utilizam equipamentos do gênero para a produção de uma família de peças, ou seja, produtos com alguma similaridade dentro de um *mix* como previsto nos sistemas RMS.

Dessa forma, verifica-se que as novas tecnologias de manufatura fornecem maior flexibilidade ao ambiente produtivo e aproveitam da organização modular da produção para conduzir a um novo paradigma de planejamento e tomada de decisões dentro da indústria.

Na medida em que as decisões relacionadas ao *layout* passam a contemplar questões pautáveis à gestão operacional da atividade aumenta a importância da aplicação de modelos matemáticos versáteis e robustos o suficiente para orientar as escolhas a serem realizadas.

O objetivo deste trabalho é avaliar a validade, relevância e eficiência do modelo proposto, bem como definir uma metodologia de abordagem ao problema de *layout* dinâmico. Para tanto, o trabalho concatena diferentes abordagens conceituais presentes na literatura, por meio de um modelo matemático no qual a posição das máquinas é tratada de maneira discreta.

## 2. ESTUDOS DO PROBLEMA DO LAYOUT DINÂMICO

O problema de *layout* tradicional visa o estudo e a determinação de um único plano de *layout* a ser calculado com base na demanda de um único período produtivo. Quando a determinação do arranjo leva em consideração dados referentes à previsão de demanda para períodos subsequentes, mas não prevê a alteração do *layout*, a curto ou médio prazo, o problema é considerado como problema do *layout* robusto.

Essa abordagem se torna insuficiente para situações em que predomina a incerteza para com a produção, onde há a necessidade de se trabalhar com previsões de demanda e de se expandir o horizonte de planejamento para vários períodos (MENG et. al., 2004).

Surge, portanto, a abordagem do problema de *layout* dinâmico (em inglês, *Dynamic Facility Layout Problem* ou DFLP), o qual incorpora essas as variáveis pertinentes à produção, permitindo que em uma situação de flutuação da demanda, os equipamentos possam ser realocados ao longo de diferentes períodos produtivos.

O problema visa determinar a sequência de *layouts* que minimiza o custo de transporte de materiais (em inglês *material handling cost* ou MHP), considerando também o custo de reorganizar o *layout* de um período para outro. (ULUTAS, 2015)

Logo, verifica-se que a tendência ao aumento da flexibilidade da manufatura com sistemas mais leves e reconfiguráveis em um ambiente dinâmico de produção tem fundamentado a elaboração de diferentes modelos de estudo e análise do DFLP. (PIERREVAL, 2003)

Balakrishnan e Cheng (1997) apresentam uma revisão de todos os métodos empregados na abordagem do DFLP disponíveis na literatura, sendo os métodos de programação dinâmica, abordados por meio de heurísticas como *Pair-wise Interchange Heuristics*, *Tabu-search* e algoritmos genéticos. Já Baykasoglu e Gindy (2001) propõem também que a otimização do problema de *layout* seja realizada por *simulated annealing*.

Pierrevval et. al. (2003) e Drira et. al. (2007) apontam a importância que algoritmos genéticos têm adquirido para a resolução do problema do *layout* dinâmico. Venkataraman e Conway (1994) realizam a solução de um problema do tipo DFLP, com teste por meio de um algoritmo genético e avaliam seu desempenho. El-Baz (2004) descreve um algoritmo genético a ser aplicado

em diferentes ambientes de produção a partir de formas de arranjo tradicionais, como em linha ou em formato circular.

Balakrishnan *et. al.* (2002) propõem o uso de um algoritmo genético híbrido que combina mutações pareadas de forma heurística para a resolução do problema.

Ulutas (2015) aborda o DFLP em um estudo de caso para a indústria de sapatos por meio de um algoritmo de seleção de clones, elaborado a partir de um modelo matemático que possibilita sua aplicação em outros contextos.

Além das considerações matemáticas pertinentes aos problemas de *layout* de fábrica Smith (2006) salienta que os modelos matemáticos são métodos necessários, mas insuficientes devido à impossibilidade de incluir todas as variáveis e parâmetros pertinentes, cabendo ao projetista, portanto, reconhecer as limitações de seus modelos e métodos.

### 3. MÉTODO

O método de pesquisa realizado neste trabalho foi experimental, com revisão da literatura sobre o tema, e o desenvolvimento de uma solução para um problema simulado através da programação em SCILAB.

Segundo Gil (2002) os procedimentos desta pesquisa se caracterizam como experimentais uma vez que esta consiste em um estudo no qual as variáveis pertinentes ao problema são alteradas e analisadas a fim de permitir uma compreensão mais precisa do tema abordado.

#### 3.1 MODELAGEM DO PROBLEMA

A modelagem de problemas de *layout* dinâmico é mais usualmente realizada como um Problema de Alocação Quadrática (do inglês, *Quadratic Assingment Problem*, ou QAP), no qual os espaços que uma máquina pode ocupar são divididos com a mesma forma e tamanho. Essa simplificação, embora não represente exatamente a situação real, ocorre, pois, o resultado de interesse que é a alocação dos equipamentos em suas posições e não sua orientação, ou a característica de sua divisão espacial. Desta forma o estudo proposto visa tratar a posição das máquinas de maneira discreta.

O plano de *layouts* resultante do estudo é uma relação entre as posições que cada máquina deverá ocupar em cada período. Um exemplo de plano de *layout* é apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Exemplo de plano de *layout* associado a vários períodos

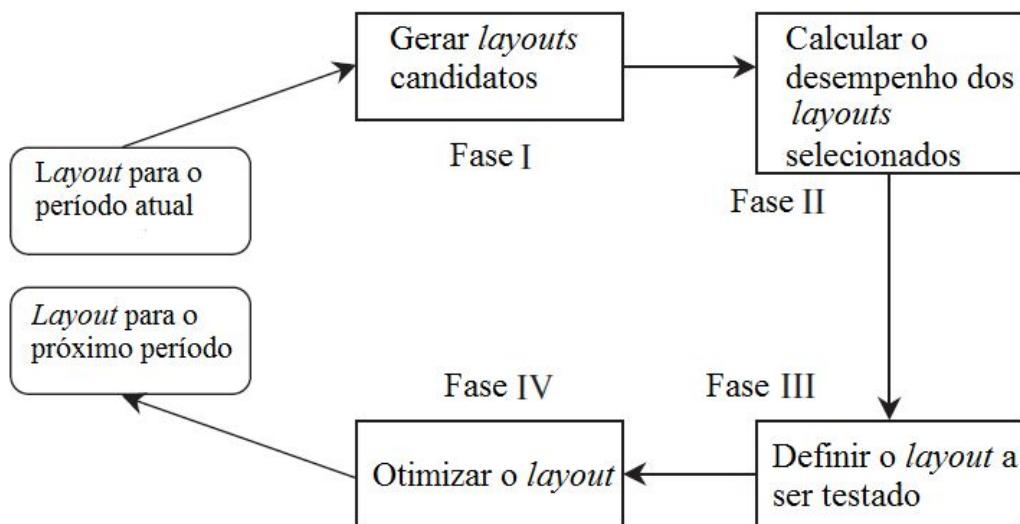
Periodo 1		Periodo 2		Periodo 3	
M1	M3	M2	M4	M1	M2
M2	M4	M3	M1	M3	M4

Fonte: Elaborado pelos autores

Onde os índices M1, M2, M3, M4 representam as máquinas e sua posição na tabela suas posições.

A estrutura utilizada pelos métodos para resolução do problema de *layout* foi proposta por Meng (2004), como ilustrado na Figura 2.

Figura 2 - Método para resolução de problemas do *layout* reconfigurável



Fonte: Adaptado de Meng (2004)

### 3.2 MODELO MATEMÁTICO USADO NA RESOLUÇÃO DO PROBLEMA

As experiências computacionais do problema de *layout* dinâmico realizadas neste estudo se deram por meio de um modelo apresentado pelas equações (1) a (4), adaptado da versão apresentada por Balakrishnan *et. al.* (1992):

$$\begin{aligned}
 F(x) = & \min \left[ \sum_{t=2}^T \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \sum_{l=1}^N a * d_{jl} * x_{(t-1)ij} * x_{til} \right. \\
 & + \left. \sum_{t=1}^T \sum_{p=1}^N \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N D_{tp} * f_{ptik} * d_{jl} * x_{tij} * x_{tkl} \right] \quad (1)
 \end{aligned}$$

Sujeito às restrições contidas nas equações 2, 3 e 4:

$$\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N x_{tij} = 1 \quad t = 1, 2, \dots, T \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (2)$$

$$\sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^N x_{tij} = 1 \quad t = 1, 2, \dots, T \quad j = 1, 2, \dots, N \quad (3)$$

$$x_{tij} \in \{0,1\} \quad \forall t, i, j \quad (4)$$

Onde cada termo denota os seguintes parâmetros:

- D: a demanda;
- f: o fluxo;
- d: a distância;
- x: a posição da máquina no *layout*;
- a: valor constante que representa o custo por distância de deslocamento da máquina

O primeiro conjunto de somatórios na equação (1) corresponde ao custo de readequação do *layout* de um período  $t-1$  para  $t$ , sendo este proporcional à distância da máquina deslocada multiplicada pela constante “a” que representa o custo de deslocamento de uma máquina por unidade da distância.

Quando não houver alteração do *layout* entre um período  $t$  e outro  $t-1$ , o valor do primeiro conjunto de somatórios de (1) assume valor nulo. Sendo assim, um *layout* só é reconfigurado se o custo para fazê-lo é compensado por um decréscimo no MHC devido à nova situação de demanda no período considerado.

A variável D é a demanda em número de peças do produto p no tempo t; f é o MHC por distância de uma máquina para outra máquina k, relativo a um produto p; d é a distância no qual as partes percorrem de uma posição j para uma posição l.

Utilizando a notação matricial, x representaria os diferentes conjuntos de *layout* assumidos nos t períodos analisados. Sendo que cada elemento da matriz seria um número binário que assume valor unitário quando no período  $t$  a máquina  $i$  foi alocada na posição  $j$  e zero quando se esta alocação não ocorreu para estes valores.

Desta forma, o modelo proposto difere-se do modelo original justamente por levar em consideração um *mix* de produtos, e definir a função que determina o custo de readequação de *layout* como dependente da distância percorrida pelo equipamento de um período para o seu período anterior vezes uma constante.

### 3.3 APLICAÇÕES DO ALGORITIMO GENÉTICO PARA RESOLUÇÃO DO PROBLEMA

Dado todas variáveis envolvidas no problema do *layout* dinâmico o número de soluções possíveis para o problema é determinado conforme estabelece a equação (5).

$$S = (m!)^p \quad (5)$$

Onde m é o número de máquinas e p o número de períodos de produção no qual a determinação do plano de *layouts* ocorre. Verifica-se, portanto, a necessidade de se trabalhar com métodos de otimização dado o grande número de possibilidades mesmo para problemas relativamente pequenos. Um *layout* de 4 máquinas para 3 períodos já resultaria em 13.824 soluções possíveis e no estudo proposto neste trabalho onde trata-se de 6 máquinas em 3 períodos o campo de soluções factíveis totaliza 373.248.000 alternativas.

Nota-se que o fato do problema envolver o cálculo para vários períodos, aumenta exponencialmente o número de soluções possíveis. Além disso, outro fator complicador no modelo é a presença de vários produtos no *mix*, onde, cada novo produto representa que o custo do *layout* avaliado deve ser calculado novamente para o produto em questão e somado ao custo resultante dos demais produtos.

O elevado número de possíveis soluções justifica a necessidade de implantação de um método de otimização que oriente a geração de uma solução satisfatória e suficiente para o problema. Devido ao uso de um método de otimização não há garantia de encontro de uma solução mínima global, logo a qualidade da solução ótima local encontrada está condicionada a dimensão da região factível analisada a partir de um tamanho da amostra considerada para implementação do algoritmo genético.

## 4. DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

Esta secção visa definir a abordagem usada para implementar o problema e sua resolução através da programação em SCILAB.

### 4.1 PARÂMETROS USADOS PARA TESTAR A RESOLUÇÃO DO PROBLEMA

O algoritmo genético construído para o estudo experimental aqui analisado foi baseado para uma fábrica de dimensões 3 x 2, ou seja, com 6 máquinas e leva em consideração três produtos diferentes, cuja demanda é prevista para três períodos de produção.

A partir destes dados, foram definidos parâmetros que possibilitam a busca por uma solução satisfatória por meio de um algoritmo genético, sem que o custo computacional da análise se torne alto o bastante para tornar o tempo de rodagem do programa muito elevado.

Inicialmente, determinou-se um total de 25 alternativas de *layouts* de modo aleatórios, a serem alocadas também de maneira aleatória aos três períodos considerados, gerando ao todo uma base de soluções com 25 elementos. Devido ao grande número de soluções possíveis, considera-se que sua distribuição segue uma distribuição normal. A amostra foi selecionada através da equação 6 para um erro máximo (E) de 25 % para um índice de significância de 21%.

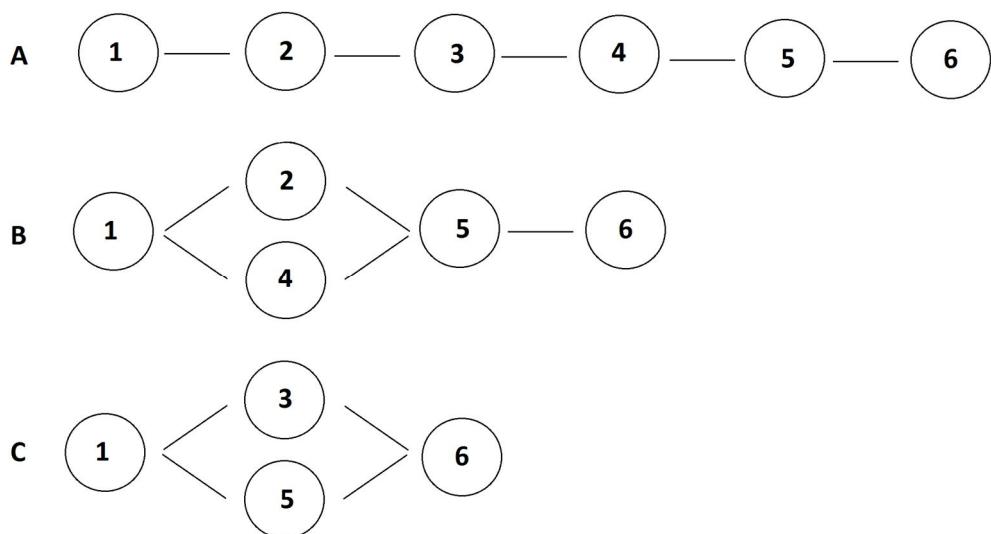
$$n = \left( \frac{Z_{\alpha/2} \cdot \sigma}{E} \right)^2 \quad (6)$$

Destas 25 soluções aleatórias, foram eleitas as melhores cinco para serem as progenitoras de novas soluções no algoritmo genético. O critério para o estabelecimento de cromossomos neste caso é o custo parcial que a posição de cada máquina representa para o custo total da solução. A semelhança à combinação genética em organismos vivos, 50% da informação da solução é mantida, de forma que apenas metade das máquinas com os maiores custos tem suas posições alteradas de maneira aleatória. Delimitou-se o número de interações no qual o programa realiza esse procedimento como 15, pois de acordo com os testes realizados, este número é grande o suficiente para possibilitar que a combinação aleatória dos cromossomos selecionados gere uma melhoria na solução testada.

Uma vez avaliadas as novas combinações genéticas, as novas soluções melhoradas são transformadas em progenitoras e passam pelo mesmo procedimento, gerando uma segunda filiação de soluções otimizadas. Se nenhuma melhora na solução for encontrada na primeira geração, o sistema mantém as soluções presentes como progenitoras e a segunda geração representa uma nova tentativa de melhoria das soluções aleatórias geradas a princípio.

Por fim, todo o procedimento descrito foi repetido para as 10 bases de soluções diferentes criadas de maneira aleatória. O fluxo dos processos dos produtos, tal como foi implementado no modelo, está apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Representação esquemática dos processos de cada produto nas seis máquinas



Fonte: Elaborado pelos autores

Este fluxo foi avaliado sob uma demanda variável de produtos, como disposto na Tabela 1.

Outra condição pertinente ao problema refere-se os custos relativos ao fluxo de recursos ao longo da fábrica, neste caso consideram-se estes valores como sendo de uma unidade monetária por peça por fluxo para o caso de existir fluxo de materiais entre as máquinas consideradas e zero quando não houver.

Tabela 1 – Demanda parcial por produto

	A	B	C	Total
Período 1	50%	17%	33%	100%
Período 2	17%	33%	50%	100%
Período 3	33%	50%	17%	100%

Fonte: Elaborado pelos autores

## 4.2 RESULTADO EXPERIMENTAL

Devido à característica aleatória, tanto na geração de soluções base, quanto na combinação genética, espera-se que as soluções geradas pelo programa sejam diferentes toda vez que um teste for realizado, contudo como o objetivo deste trabalho é analisar o modelo empregado, através das análises experimentais esta variabilidade não compromete o estudo.

Ao todo foram geradas 150 soluções para o problema, as primeiras 50 foram de forma aleatórias e as outras 100 foram através de tentativas de melhoria genética, em 50% dos casos o programa conseguiu pelo menos uma melhoria genética entre as 15 tentativas realizadas, mostrando a efetividade do processo.

Para os dados considerados, a melhor solução foi encontrada na primeira tentativa para otimização do algoritmo genético. O algoritmo define a melhor solução aleatória na primeira posição da matriz de soluções a serem melhoradas por algoritmo genético. Dessa forma confirma-se também a tendência de que um bom embrião se mantém como uma boa fonte de soluções a medida que sucessivas tentativas de otimização são realizadas. Contudo, é necessário que a formulação sempre lide com uma ampla amostra de soluções devido à dificuldade de prever o ganho obtido em cada melhoria, tornando sempre possível que uma solução inicialmente pior que a melhor solução aleatória a ultrapasse na medida que as melhorias genéticas são testadas.

A análise dos dados permite observar a tendência de convergência da solução para um ponto que melhor atende a função objetivo como mostra a Figura 4.

Figura 4 – Solução média por interação



Fonte: Elaborado pelos autores

Além disso, foi calculado o desvio relativo médio que corresponde à média dos desvios obtidos entre a solução mínima em cada uma das 10 tentativas de otimização e a solução ótima encontrada, o qual apresenta o valor de 2,9% com um desvio relativo máximo de 5,6%.

Para a solução do problema testado, o custo mínimo encontrado foi de 100.483,91 unidades monetárias e corresponde ao plano de arranjo por período exibido na figura 5.

Figura 5 – Solução gerada pela amostra experimental

Período 1		Período 2		Período 3	
M2	M1	M6	M5	M1	M2
M3	M5	M2	M4	M4	M5
M4	M6	M3	M1	M3	M6
-		-		-	

Fonte: Elaborado pelos autores

## 5. CONCLUSÃO

Os resultados apresentados neste trabalho comprovam a eficiência do uso de algoritmos genéticos para a resolução de problemas de *dynamic facility layout problem*, pois mostram que soluções satisfatórias podem ser obtidas com custo computacional aceitável mesmo quando considerada uma maior quantidade de variáveis pertinentes a produção, tal como a demanda prevista para um mix de produtos.

Os parâmetros usados para o algoritmo são ligeiramente diferentes dos ideais a serem usados em um caso prático, tem por objetivo estatisticamente que o método tende a convergir para uma solução satisfatória. Dessa forma usou-se um grande número de bases aleatórias com um número reduzido de elementos tendo sido otimizados em cada base.

Para fins de implementação, deve ser levada em consideração o tamanho do problema a ser envolvido e os padrão de qualidade de solução aceitáveis para que está seja considerada satisfatória. Deve ser levado em consideração o fato de que o ganho marginal de cada geração tende a diminuir, enquanto que o custo computacional e consequentemente o tempo para a resolução do problema aumenta.

Como sugestões para pesquisas futuras visando o aprimoramento da formulação proposta recomendam-se: a integração de ferramentas de controle estatístico na medida em que as soluções são geradas, um estudo para determinar a sequência de processamento quando diferentes processos podem ocorrer simultaneamente para a fabricação de um produto e a simulação de processos para avaliar variáveis reais que influenciam no desempenho de uma solução selecionada.

## REFERÊNCIAS

- BALAKRISHNAN J., CHENG C.H., CONWAY D.G. **A hybrid genetic algorithm for the dynamic plant layout problem.** International Journal of Production Economics, v. 86, n. 2, 2003.
- BALAKRISHNAN, J.; CHENG, C. H. **Dynamic layout algorithms: a state-of-the-art survey.** Omega, v. 26, n. 4, p. 507–521, 1998.
- BALAKRISHNAN, J.; JACOBS, F. R.; VENKATARAMANAN, M. A. **Solutions for the constrained dynamic facility layout problem.** European Journal of Operational Research, v. 57, n. 2, 1992.
- BAYKASOĞLU, A.; GINDY, N. N. Z. **A simulated annealing algorithm for dynamic layout problem.** Computers & Operations Research, 2001, v. 28, n. 14, p. 1403–1426.
- BENJAAFAR, S.; HERAGU, S. S.; IRANI, S. A. **Next Generation Factory Layouts: Research Challenges and Recent Progress.** Interfaces, v. 32, n. 6, 2002.
- Bi, Z. M.; Lang, S. Y. T.; Shen, W.; Wang, L. **Reconfigurable manufacturing systems: the state of the art.** International Journal of Production Research, v. 46, n. 4, 2008.
- CORRÊA, H. L.; SLACK, N. D. C. **Flexibilidade estratégica na manufatura: incertezas e variabilidade de saídas.** Revista de Administração, v. 29, n. 1, 1994.

DRIRA, A.; PIERREVAL, H.; HAJRI-GABOUJ, S. **Facility layout problems: A survey.** Annual Reviews in Control, v. 31, n. 2, 2007.

EL-BAZ, M. A. **A genetic algorithm for facility layout problems of different manufacturing environments.** Computers and Industrial Engineering, v. 47, n. 2-3, p. 233–246, 2004.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** 4 ed., Editora Atlas S.A: São Paulo, 2002.

MENG, G.; HERAGU, S. S.; ZIJM, H. **Reconfigurable layout problem.** International Journal of Production Research, v. 42, n. 22, 2004

NEUMANN, C.; FOGLIATTO, F. S. **Sistemática para avaliação e melhoria da flexibilidade de layout em ambientes dinâmicos.** Gestão da Produção, v. 20, n. 2, 2013.

PIERREVAL, H.; CAUX, C.; PARIS, J. C. ; VIGUIER, F. **Evolutionary approaches to the design and organization of manufacturing systems.** Computers & Industrial Engineering, v. 44, n. 3, 2003.

SMITH, J. M. **Dilemmas in factory design: Paradox and paradigm.** Stochastic Modeling of Manufacturing Systems: Advances in Design, Performance Evaluation, and Control Issues, p. 3–25, 2006.

ULUTAS, B.; ISLIER, A. A. **Dynamic facility layout problem in footwear industry.** Journal of Manufacturing Systems, v. 36, 2015.

**Abstract:** This study consists in an experimental research with literature review and the development of a method for solving a simulated problem using SCILAB programming. It aims to evaluate the efficiency and meaningfulness of a proposed model as well as defining a method to tackle the Dynamic Facility Layout problem(DFLP).In order to achieve such goals different approaches found in the literature were combined in resulting a mathematical model which uses discrete representation of the equipments' positions. The results obtained managed to prove the efficiency of the usage of genetic algorithms for solving DFLP as satisfactory solutions could be found with relatively low computer processing time,even when more variables are taken into account such as the demand forecast for a certain product mix.

**Key words:** Reconfigurable Layout; Genetic Algorithm; Dynamic Layout;

## **SOBRE A ORGANIZADORA**

**PAULINE BALABUCH** Doutoranda em Ensino de Ciência e Tecnologia (UTFPR) e bolsista CAPES. Mestre em Engenharia da Produção (UTFPR). Graduada em Administração (UEPG). Tem experiência em Coordenação de Equipes; Estágio Curricular Obrigatório; Gestão da Qualidade; Organização, Sistemas e Métodos; Planejamento de Negócios; Recrutamento e Seleção; Relações de Trabalho; Responsabilidade Social; Sustentabilidade; Treinamento e Desenvolvimento. Endereço eletrônico: [pauline7@ymail.com](mailto:pauline7@ymail.com)

## **SOBRE OS AUTORES**

**ALESSANDRO LUCAS DA SILVA** Possui graduação em Engenharia de Produção Mecânica pela Universidade de São Paulo (2001) e mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade de São Paulo (2004). Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade de São Paulo. Atuou como engenheiro de desenvolvimento de processos na Embraer. Foi professor assistente doutor na Universidade Estadual Paulista - UNESP no período de 2010 a 2012. Atualmente é professor assistente doutor na Universidade de Campinas - UNICAMP no curso de Engenharia de Produção. E-mail: alessandro.silva@fca.unicamp.br

**AMANDA CARVALHO MIRANDA** Doutoranda do Programa de Engenharia de Produção -Universidade Nove de Julho (em andamento). Mestre em Engenharia de Produção (Universidade Nove de Julho, 2013), pós-graduada em Docência Universitária pelo Programa PFFP (Programa Formação do Futuro Professor - Universidade Nove de Julho, 2013), Pós Graduada em Gestão Industrial Farmacêutica (Faculdades Oswaldo Cruz, 2010). Graduada em Farmácia e Bioquímica (Universidade Nove de Julho, 2007). Áreas de atuação: Controle de Qualidade, Desenvolvimento de Métodos Analíticos, Garantia da Qualidade, Auditorias de Processos Industriais, Gerenciamento de Resíduos e Sustentabilidade. Experiência em empresas Nacionais e Multinacionais do ramo Farmacêutico e Cosmético. Atualmente, Docente Universitária no curso de Farmácia

**AMANDA VELOSO MAINEL** Estudante de Engenharia de Produção na Universidade de Brasília (UnB), com previsão de formatura no segundo semestre de 2017. Participou desde março de 2013 à dezembro de 2014 da Empresa Júnior de Engenharia de Produção da UnB – Grupo Gestão. Assumiu gerência em projetos de mapeamento de processos. Entre janeiro de 2014 à dezembro de 2014 atuou como diretora da área de Gestão de Pessoas da empresa júnior. Estagiou na APEX – Brasil (Agência de Promoção de Exportação e Investimentos) na área de Inteligência Comercial entre outubro de 2014 à setembro de 2015, realizando análises e manipulação de dados para fornecer informações aos gestores dos projetos da empresa.

**ANA FLÁVIA COSTA** Possui graduação em Engenharia de Produção pela Universidade de Brasília. Iniciou sua carreira profissional em 2012, como analista de RH na empresa júnior Grupo Gestão Consultoria, locada dentro da Universidade de Brasília. No mesmo ano, estagiou na Escola de Empreendedores (Empreend CDT - UnB), no Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico - UnB, onde era facilitadora da criação de novas empresas juniores e cuidava de processos de extensão da universidade, além de dar apoio ao professor das disciplinas ofertadas pela Empreend. Em 2013 fez graduação sanduíche na National University of Ireland, na área de Industrial Engineering, onde apoiou um projeto de construção de indicadores para as facilidades de tratamento de esgoto junto ao Departamento de

Engenharia Civil. Em 2015 ingressou na Votorantim Cimentos como estagiária de Execução Integrada (PCP) da Regional Centro Norte e atualmente é analista de logística financeira e gestão na mesma Regional.

**ANTONIO CARLOS DE QUEIROZ SANTOS** Professor da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), no curso de Engenharia de Produção (Campus Sumé) e Professor da Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas (FACISA) no curso de Administração. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Faculdade Anglo Americano. Possui graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Campina Grande.

**ANTÔNIO CARLOS PACAGNELLA JÚNIOR** Possui graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas (2002), mestrado em Administração de Organizações pela Faculdade de Economia Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo (2006) e doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de São Carlos (2011). Atualmente atua como professor na Faculdade de Ciências Aplicadas - FCA da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. Suas principais áreas de docência e pesquisa são o Gerenciamento de Projetos e a Gestão de Operações. E-mail: antonio.junior@fca.unicamp.br

**ANTONIO HENRIQUES DE ARAUJO JUNIOR** Atuou na indústria automotiva e aeronáutica (EMBRAER). É editor da Revista Journal of Aerospace and Management Technology, e revisor de revistas científicas nacionais e internacionais; professor da UERJ, graduado em Engenharia de Transportes (Universität Wuppertal, Alemanha, 1976), Mestre em Economia (FEA/USP, 1985), doutor em Engenharia - Poli/USP (2004), com pós-doutorado em Mecânica Aeronáutica - ITA (2006-2007) e na Universidade do Minho, Portugal (2014/2015). É autor de livros nas áreas de produtividade Industrial, Pesquisa Operacional e Metodologia Científica.

**AUGUSTO PEREIRA BRITO** Graduando em engenharia de produção, estagiário da Incoplast Embalagens do Nordeste LTDA. De 06/2016 à 08/2016, estagiário da Isis Sorvetes executando tarefas de Organização, melhoria do processo produtivo e redução de custos dos produtos. De 2013 à 2016, Coordenador Operacional e líder de equipe do SIMEP (Simpósio de Engenharia de Produção). E-mail: augustobriito@hotmail.com.

**BERNARDO AVELLAR E SOUSA** Graduado em Engenharia de Produção pela Universidade Cândido Mendes (2016). Analista ambiental da empresa VWA Serviços e Consultoria Ambiental Ltda há 3 anos, onde atua no desenvolvimento, manutenção e operação de sistemas de abatimento de poluição em diversas indústrias no Estado do Rio de Janeiro. Ganhador do prêmio 5 S, por dois anos consecutivos, como melhor área do site da DURATEX S/A em Queimados/RJ.

**CAROLINA PRADO CRISÓSTOMO** Estudante de Engenharia de Produção na Universidade de Brasília (UnB), com previsão de formatura no segundo semestre de 2017. Atuou em março de 2013 à janeiro de 2014 como consultora na Empresa Júnior de Engenharia de Produção da UnB – Grupo Gestão, em projetos de gestão de estoque com foco na metodologia 5S, e de mapeamento de processos. Entre fevereiro de 2014 à dezembro de 2014 atuou como diretora comercial e de marketing da mesma Empresa Júnior. Estagiou na APEX – Brasil na área de Inteligência Comercial entre julho de 2014 à junho de 2015, trabalhando com base de dados para fornecer informações aos gestores dos projetos. Atualmente é consultora na empresa EloGroup, executando o projeto de Planejamento Estratégico em uma Agência.

**FERNANDO AUGUSTO SILVA MARINS** Possui graduação em Engenharia Mecânica pela UNESP - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, mestrado pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica, doutorado pela Universidade Estadual de Campinas e Pós-doutorado pela Brunel University - Londres - Inglaterra. É Professor Titular no Departamento de Produção da Faculdade de Engenharia - Campus de Guaratinguetá da UNESP e Pesquisador PQ2 do CNPq. Atua na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Pesquisa Operacional e Logística.

**FILIPE EMMANUEL PORFÍRIO CORREIA** Pré-concluinte em Engenharia de Produção (UFCG) 2012 - Monitor da disciplina de Metodologia Científica (UFCG) 2013 - Monitor da disciplina de Planejamento Estratégico (UFCG) Integrante da Comissão Organizadora dos SIMEP's (II e III). E-mail: [emmanuelproducao@gmail.com](mailto:emmanuelproducao@gmail.com).

**FRANCY HALLYSON LOPES DA SILVA** Graduada em Administração pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG/CCJS/UACC. Atua no setor industrial de Laticínios.

**GUIDO VAZ SILVA** Possui graduação em Administração pela Universidade Federal Fluminense (2005), mestrado em Administração de Empresas pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (2008) e doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2013). Atuou em diversas pesquisas e projetos de extensão, principalmente, nas áreas de engenharia de processos, projeto organizacional, gestão de sourcing e desenvolvimento da gestão pública. Atualmente é Professor Adjunto no Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense.

**IGOR CAETANO SILVA** Graduando em Engenharia de Produção pelo Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM (2014 – atual). Possui experiência em pesquisas científicas nas áreas de Engenharia da Qualidade e Gestão por Processos.

**IVAN CORRER** Formado em Engenharia de Controle e Automação pela Universidade Metodista de Piracicaba (2004), Mestrado em Gerência da Produção pela Universidade Metodista de Piracicaba (2006) e MBA em Gestão Empresarial pelo

Instituto de Aperfeiçoamento Tecnológico (2008). Atualmente é coordenador de P&D da empresa GeoTecno Soluções em Automação para o setor industrial. Tem experiência na área de Engenharia de Produção, Engenharia de Controle e Automação e Gestão Empresarial, com ênfase em Automação da Manufatura, Gestão da Produção, Administração, atuando principalmente nos seguintes temas: P&D de Novos Produtos, Controle de Processos, Controle da Produção, Sistemas de Monitoramento, Setup, Empreendedorismo, Liderança.

**JANAINA APARECIDA SILVA** Possui graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Uberlândia (2006). Possui mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Uberlândia (2009). Atualmente é aluna regular do Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia, doutorado.

**JOSÉ BRUNO MACIEL NUNES** Diretor de gestão da qualidade na Produp, estagiário na Prata indústria de alimentos LTDA atuando na área de higiene e segurança no trabalho. Participação como voluntário no projeto de extensão pelo PROPEX intitulado: "implantação do programa de vida no trabalho (QVT) dos catadores de resíduos sólidos da cidade de Sumé PB para valorização humana". E-mail: [bruno.jbmn@gmail.com](mailto:bruno.jbmn@gmail.com).

**JOSÉ CARLOS CURVELO SANTANA** Possui graduação em Química Industrial pela Universidade Federal de Sergipe (1999), mestrado em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas (2003) e doutorado em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas (2006). Atualmente é professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Nove de Julho, atuando também nos cursos de graduação em Engenharia da Diretoria de Ciências Exatas. Tem experiência na área das Engenharias de Produção e Química, com ênfase em Processos Bioquímicos e Químicos, Tratamento de Efluentes, Desenvolvimento Sustentável, Modelagem, Simulação e Otimização de Processos, Controle Estatístico da Qualidade, Validação de Métodos, Garantia da Qualidade, Planejamento Fatorial, Projeto e Desenvolvimento de Novos Produtos.

**JOSÉ DA SILVA FERREIRA JUNIOR** Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Itajubá, Especialista em Gestão da Logística e Engenharia Industrial pela Universidade de Franca e Graduado em Engenharia de Produção pela Universidade de Franca, natural de Passos/MG. Docente designado nível IV da Universidade do Estado de Minas Gerais unidade Passos e atual coordenador do curso de Engenharia de Produção da mesma. Atua nas áreas de Gestão de processos produtivos, Tempos, métodos e ergonomia, simulação computacional e gestão da aprendizagem. Consultor e Assessor de empresas de pequeno e médio porte focadas em produção industrial por lotes.

**JUAN PABLO SILVA MOREIRA** Graduando em Engenharia de Produção pelo Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM (2014 – atual). Possui experiência em pesquisas científicas nas áreas de Engenharia da Qualidade, Gestão por Processos e Gestão Ambiental com ênfase em Certificações Ambientais e Gerenciamento de Resíduos Sólidos.

**JULIANA RIBEIRO PADRÃO** Estudante de Engenharia de Produção na Universidade de Brasília (UnB), com previsão de formatura no primeiro semestre de 2017. Participou do Programa Ciência Sem Fronteiras no ano de 2013/2014 em Roterdão, Holanda, onde cursou Logística e International Business. Atua desde de março de 2015 como consultora na Accenture, empresa de consultoria, em projetos de mapeamento de processos, implantação de Escritório de Projetos.

**KARLA SOUSA DA MOTTA** Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (1992), graduação tecnológica em Logística pelo Centro Universitário FACEX (2012), mestrado em Engenharia Mecânica na Área de Gerência da Produção pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (1988) e é doutoranda em Engenharia de Produção na Área de Logística pela Universidade Federal de Santa Catarina. Fundadora da Sociedade Brasileira de Logística (2001). Atualmente é professora do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Possui experiência nas áreas de Planejamento, Logística, Estratégia e Inovação.

**KELLY CRISTINA DOS PRAZERES** Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Nove de Julho. Possui graduação em licenciatura plena em química pela Universidade Camilo Castelo Branco (1998). Formada em pedagogia (2008) e Pós-graduada em Engenharia Ambiental (2011) pela Universidade Nove de Julho. Certificada no programa formador de futuro professor (PFFP) da Universidade Nove de Julho. Atualmente é professora da Universidade Nove de Julho, atuando nos cursos de graduação em Engenharia da Diretoria de Ciências Exatas. Tem experiência na indústria metalúrgica e siderúrgica, com ênfase em análise química para o controle de qualidade - ISO.

**LILIAN FIGUEIRÔA DE ASSIS** Graduada em Enfermagem pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Especialista em Saúde Mental pela Faculdade São Francisco da Paraíba - FASP, Especialista em Gestão em Saúde pela UFRN e graduada em Administração pela UFCG/CCJS/UACC.

**LUANA SANTOS VIEIRA** Luana Santos Vieira, graduanda em Engenharia de Produção pela UESC-BA.

**LUCAS ANTONIO RISSO** Mestre em Engenharia de Produção e de Manufatura (2016), na área de concentração Pesquisa Operacional e Gestão de Processos, pela Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA) da Universidade Estadual de Campinas

(UNICAMP), onde também obteve o título de bacharel em Engenharia de Manufatura (2013). Possui curso técnico em Mecânica pelo Colégio Técnico de Limeira - COTIL/UNICAMP (2008). Atuou como engenheiro na empresa Bobst Group (2016), em Itatiba-SP. Em 2012, participou de um Summer Programme na Oxford University (Inglaterra). Possui interesse pelo tema layout de fábrica, e busca compreender e otimizar processos por meio do uso de modelos de simulação discreta e de técnicas de medição de desempenho. E-mail: [lucasrisso@gmail.com](mailto:lucasrisso@gmail.com)

**LUCAS SCAVARIELLO FRANCISCATO** Formado em Engenharia Mecânica pela Escola de Engenharia de Piracicaba (EEP - FUMEP), MBA em Gerenciamento de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas, Extensão em Gerenciamento de Projetos pela Fundação Vanzolini, Green Belt pela Nortegubisian. Atualmente é Engenheiro de Processos e coordenador de projetos. Especialista em melhoria contínua. Tem experiência em Engenharia de processos, Gestão da produção, gerenciamento de projetos, CEP, Estatística e manufatura enxuta.

**LUCIANA RESENDE DA SILVA** Graduanda em Engenharia de Produção pela Universidade do Estado de Minas Gerais unidade Passos, atua na área de Gestão de Qualidade e Gestão de processos em empresa de médio/grande porte de produtos hospitalares na região sudoeste de Minas Gerais.

**LUMA MICHELLY SOARES RODRIGUES MACRI** Graduada em Administração pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Atua na área de Recursos Humanos, como foco em Treinamento, Desenvolvimento e Educação Empresarial. Em 2014, realizou pesquisa sobre Estratégia e Competitividade no setor de Laticínios no sertão paraibano. Reúne experiências profissionais nos setores industriais de Laticínios e varejo supermercadista.

**MARCELO ZANARDO PETRELLI** Administrador de Empresas (1997), com MBA em Gestão Empresarial (2003) e Mestrando pela UNICAMP em Engenharia de Manufatura e Gestão de Processos (2014-). É gestor de projetos na ADM Estratégia e Gestão desde 2000. Membro do seguintes Grupos de Estudos da Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA) da UNICAMP: Laboratório de Estudos em Gestão de Operações Sustentáveis (LEGOS), Laboratório de Lean Simulation e Observatório Regional de Logística. E-mail: marcelo@admconsultoria.adm.br

**MARCOS MACRI OLIVERA** Administrador de Empresas graduado pela UFPB, com especialização em Gestão da Qualidade e Produtividade (UFPB) e Mestre em Engenharia de Produção pela UFPB. Professor dos cursos de Administração e Contabilidade da Universidade Federal da Campina Grande (UFCG), campus Sousa. Atua em ensino e pesquisa nas áreas de desenvolvimento empresarial e sustentabilidade empresarial.

**MARCUS VINICIUS FARIA DE ARAÚJO** Graduado em Engenharia Química pela Universidade Federal Fluminense (1987) e mestrado em Planejamento Energético pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1999). Foi coordenador do Curso de Engenharia Ambiental do UniFOA (2007-2009). Professor titular do Centro Universitário de Volta Redonda. Membro do Comitê de Ética e Pesquisa em Seres Humanos do UniFOA por 3 anos. Sócio-proprietário da VWA Serviços e Consultoria Ambiental Ltda desde 1992, tendo realizado inúmeros projetos e consultorias na área de meio ambiente em diversos Estados da Federação.

**MARIA CLARA LIPPI** Possui graduação em Engenharia de Produção pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (2012) e mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2016). Atualmente é Professora da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Gestão de Operações.

**MEIRE RAMALHO DE OLIVEIRA** Possui graduação em Engenharia de Produção Química (2006), mestrado em Ciência, Tecnologia e Sociedade (2012) e doutorado em Engenharia de Produção (2015) na área de Gestão de Tecnologia e Inovação, todos pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Atua como professora na Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC).

**MIRELLE SAMPAIO PEREIRA** Graduanda em Engenharia de Produção, Monitora da disciplina Sistemas de Produção (UFCG) 2012, Monitora da disciplina Engenharia de Métodos (UFCG) 2013, Coordenadora Operacional e líder de equipe do SIMEP (Simpósio de Engenharia de Produção), Estagiária da Consolid Serviços de Engenharia LTDA. De 03/2016 à 06/2016, Alumnus da AIESEC Campina Grande, Multiplicadora do LabX – Programa de Formação de Liderança da Fundação Estudar. E-mail: [sampaio.mirelle@gmail.com](mailto:sampaio.mirelle@gmail.com).

**MÔNICA MARIA MENDES LUNA** Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Ceará (1990), mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (1996), DEA (Diplôme d'Études Approfondies) en Logistique et Organisation - Université Aix-Marseille II (2000), doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (2003) e pós-doutorado na Universidade de Bremen, Alemanha (2011). Atualmente é Professora Associada da Universidade Federal de Santa Catarina, Coordenadora dos Cursos de Engenharia de Produção do Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas e Supervisora do NuReS - Núcleo de Rede de Suprimentos. Tem experiência na área de Engenharia de Transportes, com ênfase em Economia dos Transportes.

**NAIARA DOS REIS MOURA** Engenheira de Produção formada pela Universidade do Estado de Minas Gerais unidade Passos em 2014. Atua nas áreas de Gestão da

Qualidade, Gestão financeira e Gestão contábil em formato de consultoria e assessoria em empresas de pequeno e médio porte na região sudoeste de Minas Gerais.

**PABLO VERONESE DE LIMA ROCHA** Graduando em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. E-mail: [veronnese@live.com](mailto:veronnese@live.com).

**PAULO SÉRGIO DE ARRUDA IGNÁCIO** Doutor em Engenharia Civil pelo LALT/DGT/ FEC/UNICAMP (2010), na área de Engenharia de Transportes. Possui graduação em Engenharia de Produção Mecânica pela Universidade Metodista de Piracicaba (1985) e Mestrado em Gestão da Qualidade pelo IMECC (2001). É Professor Doutor da Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA), da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). E referee adhoc em periódicos. Possui artigos publicados em revistas e congressos. Tem experiência acadêmica e consultoria em gestão de operações e serviços, com ênfase em gestão de operações, logística, gestão da cadeia de suprimentos, produtividade, armazenagem, qualidade e medição do desempenho, com modelagem de sistemas. E-mail: paulo.ignacio@fca.unicamp.br

**RAILANE OLIVEIRA DOS SANTOS** Graduanda em Engenharia de Produção pela UESC-BA. Atualmente, é Conselheira Fiscal do Centro Acadêmico de Engenharia de Produção. Também é diretora de Gestão de Pessoas da LIFE Jr. Laboratório de Inovações. Já realizou trabalhos sociais com crianças e adolescentes em abrigos e hospitalais. Acredita que através do conhecimento é possível formar agentes de transformação da sociedade.

**RAQUEL GONÇALVES COIMBRA FLEXA** Possui graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2003) e mestrado em Engenharia de Produção pela COPPE/UFRJ (2005). Atualmente é Professora Assistente de Magistério Superior do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca no Departamento de Engenharia de Produção. Tem experiência na área de Gestão Pública, Gestão de Operações em Saúde e Gestão de Operações.

**RENATA SCHENOOR CORBINE** Graduada em Engenharia de Produção pela Einstein Faculdades Integradas de Limeira em 2015. Estagiou em uma empresa multinacional Japonesa no setor de auto peças localizada no interior de São Paulo, com experiência anterior na área de Recursos Humanos.

**ROMIR ALMEIDA DOS REIS** Possui graduação em Física pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro e mestrado em Engenharia Nuclear (Física Nuclear Aplicada) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Atualmente é professor da Faculdade de Educação Tecnológica do Estado do Rio de Janeiro, da Universidade Cândido Mendes, Rede UNIESP e UNIMSB e professor da rede oficial de ensino do Estado do Rio de Janeiro (CEJA IBC). Tem experiência na área de Física, com ênfase

em Espectros Atômicos e Integração de Fótons e ensino, atuando principalmente nos seguintes temas: ensino de física, física ambiental, filosofia da Ciência.

**ROSIMERY ALVES DE ALMEIDA LIMA** Graduada em Administração pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Possui experiência profissional em instituições financeiras, de telefonia e comerciais. Realizou pesquisas sobre Gestão pública, financeira, ambiental e marketing. Hoje, atua no setor da saúde pública.

**SANDERSON CÉSAR BARBALHO** Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (1993), mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (1997) e doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo (2006), ambos, mestrado e doutorado, desenvolvidos na área de Engenharia de Produção. É profissional em gestão de projetos com certificado PMP (Project Management Professional), pelo Project Management Institute (PMI). Atualmente é professor adjunto do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade de Brasília e pesquisador do mestrado em Sistemas Mecatrônicos da Universidade de Brasília. Atuou entre janeiro de 2003 e janeiro de 2008 como engenheiro de desenvolvimento sênior e gerente de projetos, e entre janeiro de 2008 e agosto de 2012 como Gerente do Escritório de Projetos da OPTO ELETRÔNICA S.A. Tem experiência nas áreas de Gerência de Projetos, Inovação e Desenvolvimento de Produtos, Engenharia Eletrônica, Processos de Fabricação e de Gerência da Produção, com ênfase em Planejamento e Controle da Produção. É líder do Grupo de Pesquisa em Inovação, Projetos e Processos (IPP) do CNPq.

**SIDNEY ACIOLE RODRIGUES** Professor do Centro Universitário do Vale do Ipojuca (UNIFAVIP) no curso de Engenharia Elétrica (Caruaru) e Engenheiro de Segurança do Trabalho da Universidade Estadual da Paraíba na Pró reitoria de Gestão de Pessoas (PROGEP - ST). Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Faculdade Integrada de Patos (FIP). Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande.

**SILVERIO CATUREBA DA SILVA FILHO** Possui graduação em Engenharia Industrial Química pela Escola de Engenharia de Lorena - USP-Lorena (1988), Mestrado (2012) e Doutorado (2014) em Engenharia Química pela Faculdade de Engenharia Química da Universidade Estadual de Campinas. Atuando principalmente nos seguintes temas: biodiesel, sustentabilidade, reuso, óleo de fritura, secagem, ondas infravermelhas, segurança do trabalho, qualidade, água, tratamento de resíduos e efluentes e, contabilidade de custos ecológicos.

**SIMONE DANIELLE ACIOLE MORAIS** Mestranda em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), na área de Recursos Hídricos,

cursando a Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Faculdade Anglo Americano. Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Campina Grande.

**SUELYN FABIANA ACIOLE MORAIS** Professora da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), no curso de Engenharia de Produção (Campus Campina Grande) e Professora da Faculdade Maurício de Nassau, nos cursos de Engenharias. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Faculdade Anglo Americano. Possui graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Campina Grande.

**THAINÁ SANTOS DALTRÓ** Graduanda em Engenharia de Produção, cursando oitavo semestre, pela Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC. Participa do projeto de extensão, Empresa Junior "LIFE- Jr - Laboratório de Inovações". Fez parte do projeto da FAPESB como bolsista referente "Verificação dos ganhos socioeconômicos decorrentes de Indicação Geográfica – IG e identificação de potenciais regiões de implementação dentro do território baiano".

**THAIS CRISTINA DUPPRE** Graduada em Engenharia de Produção pela Einstein Faculdades Integradas de Limeira em 2015 e Técnica em Meio Ambiente pela ETEC Prefeito Alberto Feres em 2010. Atualmente exerce o cargo de Supervisora de Qualidade em empresa referência no Agronegócio localizada no interior de São Paulo, com experiência anterior na área comercial.

**VANESSA NÓBREGA DA SILVA** Atualmente é coordenadora e professora do curso técnico em logística no Instituto Federal do Sertão Pernambucano (IF-Sertão), na cidade de Serra Talhada -PE. Doutoranda em Engenharia de Processos pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Possui graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Campina Grande.

**VICTOR GODOI CIPELLI** Graduando em Engenharia de Produção pela Universidade Estadual de Campinas. Membro do Laboratório de Estudos em Gestão de Operações Sustentáveis (LEGOS) na FCA/UNICAMP desde 2015, onde realiza pesquisa no tema de projeto e otimização de operações. E-mail: [victorcipelli@gmail.com](mailto:victorcipelli@gmail.com)

**VITOR HUGO DOS SANTOS FILHO** Graduando em Engenharia de Produção pela Universidade do Estado de Minas Gerais unidade Passos, atua na área de Simulação Computacional e Financiamentos de Imóveis em empresa de pequeno porte na região sudoeste de Minas Gerais.

**VITÓRIA CARVALHO LOPES** Formada no ensino médio profissionalizante, em Construção Civil pelo (IFBA-2011). Estuda Engenharia de Produção na Universidade

Estadual de Santa Cruz (UESC). Desenvolve pesquisa em Controle Estatístico de Processo, vinculada ao Projeto de Iniciação científica (pibic) da UESC (08/2016). Trabalha na LifeJr – Laboratório de inovações, implantando um sistema de gestão da qualidade.

**WAGNER WILSON BORTOLETTO** Possui Graduação em Engenharia de Produção Mecânica pela Universidade Paulista (2013) e atualmente está matriculado no programa de mestrado em Engenharia de Produção e Manufatura pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Tem atuado no ramo de Administração da Produção em especial com análise de dados e de séries temporais para previsão de demanda e confecção de indicadores para tomada de decisão. Possui conhecimentos nas metodologias Lean Manufacturing e Supply Chain Management e membro do Laboratório de Estudos em Gestão de Operações Sustentáveis (LEGOS) na FCA/UNICAMP. E-mail: wagner.bortoletto@gmail.com

# **Coletânea Nacional sobre Engenharia de Produção 2**

