

# A Engenharia de Produção na Contemporaneidade

Marcos William Kaspchak Machado  
(Organizador)



**Atena**  
Editora

Ano 2018

Marcos William Kaspchak Machado  
(Organizador)

# A Engenharia de Produção na Contemporaneidade

Atena Editora  
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

#### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

M149 e Machado, Marcos William Kaspchak  
A engenharia de produção na contemporaneidade [recurso eletrônico] / Marcos William Kaspchak Machado. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. – (A Engenharia de Produção na Contemporaneidade; v. 1)

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.  
Modo de acesso: World Wide Web.  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-85-85107-99-4  
DOI 10.22533/at.ed.994180912

1. Engenharia de produção. I. Título.

CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

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.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A obra “*A Engenharia de Produção na Contemporaneidade*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora. O volume I apresenta, em seus 30 capítulos, os novos conhecimentos para a engenharia de produção nas áreas de gestão de processos produtivos, manutenção e simulação.

As áreas temáticas de gestão de processos produtivos, manutenção e simulação, tratam de temas relevantes para otimização dos recursos organizacionais. A constante mutação neste cenário torna necessária a inovação na forma de pensar e fazer gestão, planejar e controlar as organizações, para que estas tornem-se agentes de desenvolvimento técnico-científico, econômico e social.

A crescente aplicação tecnológica e inovação nos sistemas produtivos evidencia a necessidade de processos de gestão. Muitos destes processos dependem de simulações para reduzir custos de implantação e aumento do nível de precisão, auxiliando na gestão da manutenção e conseqüente aumento de eficiência e produtividade.

Este volume dedicado à gestão de processos produtivos, manutenção e simulação traz artigos que tratam de temas emergentes sobre o planejamento e controle de produção, gestão de processos, mapeamento do fluxo de valor, layout e logística empresarial, gestão da manutenção e simulação aplicada aos sistemas produtivos.

Aos autores dos capítulos, ficam registrados os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora, pela dedicação e empenho sem limites que tornaram realidade esta obra que retrata os recentes avanços científicos do tema.

Por fim, espero que esta obra venha a corroborar no desenvolvimento de conhecimentos e inovações, e auxilie os estudantes e pesquisadores na imersão em novas reflexões acerca dos tópicos relevantes na área de engenharia de produção.

Boa leitura!

Marcos William Kaspchak Machado

## SUMÁRIO

### GESTÃO DE PROCESSOS PRODUTIVOS, MANUTENÇÃO E SIMULAÇÃO

#### **CAPÍTULO 1 ..... 1**

ANÁLISE DE TEMPOS E MOVIMENTOS APLICADOS NA PRODUÇÃO DE BOLOS EM UMA CONFEITARIA NO MUNICÍPIO DE CASTANHAL/PA

*Elida Roberta Carvalho Xavier*

*Fernanda Quitéria Arraes Pimentel*

*Larissa dos Santos Souza*

*Marcelo Silva de Oliveira Filho*

*Ramon Medeiros de Souza*

**DOI 10.22533/at.ed.9941809121**

#### **CAPÍTULO 2 ..... 16**

ANÁLISE DO PROCESSO PRODUTIVO DE CARRINHOS DE SUPERMERCADO

*Ana Luiza Lima de Souza*

*Andreia Macedo Gomes*

*Dyego de Queiroz Brum*

**DOI 10.22533/at.ed.9941809122**

#### **CAPÍTULO 3 ..... 31**

AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO DE PROCESSOS PRODUTIVOS EM UMA EMPRESA DE SEMI JOIAS DE CURITIBA

*Leonardo Ferreira Barth*

**DOI 10.22533/at.ed.9941809123**

#### **CAPÍTULO 4 ..... 47**

A APLICABILIDADE DA FERRAMENTA DE MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR: ESTUDO DE CASO EM UMA FÁBRICA DE MÓVEIS PLANEJADOS NA CIDADE DE CUIABÁ - MT

*Danilo André Aguiar Barreto*

*Fernando Guilbert Pinheiro Borges*

**DOI 10.22533/at.ed.9941809124**

#### **CAPÍTULO 5 ..... 60**

APLICAÇÃO DA FERRAMENTA MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR EM UMA CÉLULA DE PRODUÇÃO DE UMA EMPRESA DO RAMO PLÁSTICO

*Micael Piazza*

*Ivandro Ceconello*

**DOI 10.22533/at.ed.9941809125**

#### **CAPÍTULO 6 ..... 75**

ANÁLISE DO PROCESSO PRODUTIVO ATRAVÉS DO MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE FABRICAÇÃO DE PEÇAS DE REPOSIÇÃO EM ALUMÍNIO

*Carla Luiza Costa Lima*

*Amanda Caecilie Thon De Melo*

*Tarek Ferraj*

**DOI 10.22533/at.ed.9941809126**

**CAPÍTULO 7 ..... 85**

ANÁLISE DOS DESPÉRDIOS EXISTENTES E DO RESPECTIVO CONTROLE VIA MRP NA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS DIRECIONADOS PARA RECÉM-NASCIDOS E LACTENTES EM AMBIENTE RESIDENCIAL

*Eduardo Braga Costa Santos*

*Denise Dantas Muniz*

**DOI 10.22533/at.ed.9941809127**

**CAPÍTULO 8 ..... 96**

PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE PRODUTOS PARA BELEZA

*João Lucas Ferreira dos Santos*

*Jessycka Brandão Santana*

*Afonso José Lemos*

*Rony Peterson da Rocha*

**DOI 10.22533/at.ed.9941809128**

**CAPÍTULO 9 ..... 109**

GESTÃO DE SERVIÇOS POR MEIO DO USO DE TÉCNICAS DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO: APLICAÇÕES NOS SETORES DE SAÚDE, CONSTRUÇÃO CIVIL E ALIMENTÍCIO

*Lucas Guedes De Oliveira*

*Paulo Henrique da Silva Campos*

*André Xavier Martins*

*John Anthony do Amaral Oliveira*

*Anderson Paulo Paiva*

**DOI 10.22533/at.ed.9941809129**

**CAPÍTULO 10 ..... 126**

PARAMETRIZAÇÃO DO MRP E IMPLANTAÇÃO DE TEMPO DE SEGURANÇA NO SETOR DE PROGRAMAÇÃO DE MATERIAIS EM UMA EMPRESA MULTINACIONAL DO SETOR AERONÁUTICO

*Ferdinand van Run*

**DOI 10.22533/at.ed.99418091210**

**CAPÍTULO 11 ..... 137**

VALUE STREAM MAPPING (VSM); COMO ENXERGAR AS PERDAS NOS PROCESSOS PRODUTIVOS PARA EFICÁCIA DA MELHORIA CONTINUA

*Alexandro Gilberto da Silva*

*Eduardo Gonçalves Magnani*

*Geraldo Magela Pereira Silva*

*Nelson Ferreira Filho*

*Ricardo Antônio Pereira da Silva*

**DOI 10.22533/at.ed.99418091211**

**CAPÍTULO 12 ..... 152**

ANÁLISE DA CAPACIDADE PRODUTIVA DOS EQUIPAMENTOS ATRAVÉS DO INDICADOR OEE EM UM SETOR DE SALGADINHO DE UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

*Carina Lemos Piton*

*Aline Ramos Duarte*

*José Alfredo Zoccoli Filho*

*Marcos Cesar da Silva Almeida*

**DOI 10.22533/at.ed.99418091212**

<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>161</b>
AUMENTO DA PRODUTIVIDADE NO SETOR DE TRATAMENTO TÉRMICO ATRAVÉS DA METODOLOGIA KAIZEN	
<i>John Anthony do Amaral Oliveira</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.99418091213</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>173</b>
REDUÇÃO DO CICLO DE MONTAGEM DE SUBSISTEMAS EM UMA INDÚSTRIA AERONÁUTICA ATRAVÉS DA METODOLOGIA KAIZEN	
<i>John Anthony do Amaral Oliveira</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.99418091214</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>185</b>
APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE (SMED) PARA A REDUÇÃO DO TEMPO DE SETUP EM UMA INDÚSTRIA METAL MECÂNICA	
<i>Juan Pablo Silva Moreira</i>	
<i>Jaqueline Luisa Silva</i>	
<i>Janaína Aparecida Pereira</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.99418091215</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>200</b>
ESTUDO PARA IMPLANTAÇÃO DO <i>LEAN MANUFACTURING</i> EM EMPRESA DE PEQUENO PORTE	
<i>Tatiana Raposo de Paiva Cury</i>	
<i>Francine Pamponet Pereira</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.99418091216</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>215</b>
ABORDAGEM PRÁTICA DO <i>LEAN</i> E METODOLOGIA SEIS SIGMAS PARA REDUÇÃO DO ÍNDICE DE FALHAS FALSAS NO PROCESSO PRODUTIVO DE MONTAGEM TVS/LCD	
<i>Raimundo Nonato Alves da Silva</i>	
<i>Ghislaine Raposo Bacelar</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.99418091217</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>236</b>
IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA " <i>LEAN</i> " NOS SETORES DE SERVIÇOS GERAIS DE UMA INSTITUIÇÃO FEDERAL DE ENSINO	
<i>José Luiz da Silva Perna</i>	
<i>Fernando Toledo Ferraz</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.99418091218</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>249</b>
APLICAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES EM UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA	
<i>John Anthony do Amaral Oliveira</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.99418091219</b>	

**CAPÍTULO 20 ..... 263**

APLICAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES PARA A MELHORIA CONTÍNUA DE UM PROCESSO PRODUTIVO: UM ESTUDO APLICADO A UMA EMPRESA DE EXTRAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA MINERAL

*Cryslaine Cinthia Carvalho Nascimento*

*João Victor Nunes Lopes*

*Paulo Ricardo Fernandes de Lima*

*Sonagno de Paiva Oliveira*

**DOI 10.22533/at.ed.99418091220**

**CAPÍTULO 21 ..... 278**

ANÁLISE DA APLICAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES NA LINHA DE MANUFATURA DE UMA INDÚSTRIA DE PRODUTOS BÉLICOS

*Matheus Prado*

*Fabrcio Alves de Almeida*

*Bruno Monti Nardini*

*José Henrique de Freitas Gomes*

*Thiago Prado*

**DOI 10.22533/at.ed.99418091221**

**CAPÍTULO 22 ..... 292**

APLICAÇÃO DOS CINCO PASSOS DA MELHORIA CONTÍNUA DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES (TOC): O CASO DE UMA INDÚSTRIA DE CAL

*Fábio Pregararo*

**DOI 10.22533/at.ed.99418091222**

**CAPÍTULO 23 ..... 306**

PROPOSTA DE UM NOVO MODELO DE ARRANJO FÍSICO PARA UMA COZINHA EXPERIMENTAL A PARTIR DO PLANEJAMENTO SISTEMÁTICO DO LAYOUT – SLP (SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING)

*Aylla Roberta Victor Ferreira da Silva*

*Ana Carolina do Nascimento Gomes*

*Elga Batista da Silva*

**DOI 10.22533/at.ed.99418091223**

**CAPÍTULO 24 ..... 318**

AMAZÔNIA LEGAL E OS DESAFIOS LOGÍSTICOS: ESTUDO LONGITUDINAL DE CASO EM UMA AGROINDÚSTRIA

*Rodrigo Ribeiro de Oliveira*

*Fernando Nascimento Zatta*

*Lirio Pedro Both*

*Jair Pereira Rosa*

**DOI 10.22533/at.ed.99418091224**

**CAPÍTULO 25 ..... 330**

ATIVIDADES LOGÍSTICAS: ESTUDO DE CASO EM UMA TRANSPORTADORA LOCALIZADA NA REGIÃO CENTROOESTE DO PARANÁ

*Nayara Caroline da Silva Block*

*Pedro Henrique Barros Negrão*

*Andressa Maria Corrêa*

*Camila Maria Uller*

*Tainara Rigotti de Castro*

**DOI 10.22533/at.ed.99418091225**



<b>CAPÍTULO 26 .....</b>	<b>342</b>
PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO	
<i>Renan Barbosa de Assis</i>	
<i>Josevaldo dos Santos Feitoza</i>	
<i>Bento Francisco dos Santos Júnior</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.99418091226</b>	
<b>CAPÍTULO 27 .....</b>	<b>359</b>
IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA TPM EM MÁQUINA DE PRODUÇÃO DE PAPEL	
<i>Wagner Costa Botelho</i>	
<i>Luis Fernando Quintino</i>	
<i>Cesar Augusto Della Piazza</i>	
<i>Diego Rodrigues Xavier</i>	
<i>Rafael Dantas de Carvalho</i>	
<i>Raphael da Mota Povo</i>	
<i>Wesley Barbosa de Oliveira</i>	
<i>Alexandre Acácio de Andrade</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.99418091227</b>	
<b>CAPÍTULO 28 .....</b>	<b>369</b>
SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE UMA PIZZARIA	
<i>Isabela Fernandes de Oliveira</i>	
<i>Julia Camila Melo Magalhães</i>	
<i>Marcelo dos Santos Magalhães</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.99418091228</b>	
<b>CAPÍTULO 29 .....</b>	<b>381</b>
SIMULAÇÃO NUMÉRICA PARA MINIMIZAR DEFEITOS NO PROCESSO DE FUNDIÇÃO DOS METAIS	
<i>Valcir Marques de Menezes</i>	
<i>Sirnei Cesár Kach</i>	
<i>Joici Cristiani de Souza</i>	
<i>Rafael Luciano Dalcin</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.99418091229</b>	
<b>CAPÍTULO 30 .....</b>	<b>392</b>
O USO DO SOFTWARE DE SIMULAÇÃO ARENA PARA ANÁLISE DO PROCESSO PRODUTIVO DE UMA EMPRESA DE BLOCOS PRÉ-MOLDADOS.	
<i>Edson Tetsuo Kogachi</i>	
<i>Allan José Gonçalves Dias</i>	
<i>Henrique Leão Barbosa</i>	
<i>Luana Regina Gonçalves dos Santos</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.99418091230</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>402</b>

## O USO DO *SOFTWARE* DE SIMULAÇÃO ARENA PARA ANÁLISE DO PROCESSO PRODUTIVO DE UMA EMPRESA DE BLOCOS PRÉ-MOLDADOS.

**Edson Tetsuo Kogachi**

Universidade Federal do Vale do São Francisco  
Petrolina - Pernambuco

**Allan José Gonçalves Dias**

Universidade Federal do Vale do São Francisco  
Petrolina - Pernambuco

**Henrique Leão Barbosa**

Universidade Federal do Vale do São Francisco  
Petrolina - Pernambuco

**Luana Regina Gonçalves dos Santos**

Universidade Federal do Vale do São Francisco  
Petrolina - Pernambuco

**RESUMO:** Este artigo apresenta um estudo do uso do software Arena no processo produtivo da CPC – Construção de pré-moldados de Concreto. Buscou-se mensurar a capacidade produtiva de blocos pré-moldados, níveis de utilização e ociosidade dos colaboradores a partir da modelagem e simulação computacional propondo melhorias no processo. Após validação dos resultados virtuais do modelo, foi proposto um novo cenário para a empresa em busca do aumento da produção de blocos. Concluído que apenas redistribuindo as tarefas entre os operadores foi possível projetar um aumento da capacidade produtiva em 23% sem crescer o número de operários.

**PALAVRAS-CHAVE:** Modelagem, Pré-

moldado, Simulação, Arena.

**ABSTRACT:** This article presents a study about the use of Arena software in the production process of CPC – Construção de Pré-moldados de Concreto. We attempted to measure the productive capacity of pre-molded blocks, levels of utilization and idleness of the employees from the modeling and computational simulation proposing improvements in the process. After validating the virtual results of the model, a new scenario was proposed for the company in search of the increase of block production. It was concluded that only by redistributing the tasks among the operators was it possible to project an increase in production capacity by 23% without increasing the number of workers.

**KEYWORDS:** Modeling, Precast, Simulation, Arena.

### 1 | INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de ferramentas que possibilitaram a industrialização da construção civil ocupou uma lacuna importante nas prioridades das organizações que buscaram se estruturar e tomar posse de janelas de mercado que surgiram ao longo do tempo. O setor da construção civil na região Nordeste passou recentemente por momentos de crescimento

com o aumento da participação do governo no incentivo ao desenvolvimento da região. Dessa forma, o número de oportunidades e projetos para as empresas desse setor cresceu, exigindo que o setor se estruturasse e a função produção se solidificasse cada vez mais.

Dentro deste contexto insere-se a simulação dos processos produtivos que tem se tornado uma das mais populares técnicas para analisar problemas complexos na indústria. De acordo com Harrel et al. (2000) simulação é a imitação de um sistema real, modelado computacionalmente, para avaliação e melhorias no desempenho deste sistema. Já para Montevechi et al. (2007) simulação é a importação da realidade para um ambiente controlado, onde seu comportamento pode ser estudado sob diversas condições, sem riscos físicos ou altos custos.

Chwif (2006) propõe três fases para a condução de um projeto de simulação: a concepção, a implementação e a análise dos resultados do modelo. De acordo com o autor, na primeira fase o analista de simulação deve entender claramente o sistema a ser simulado, decidir qual é a abrangência do modelo e o nível de detalhe, para enfim transformar o modelo abstrato (na mente do analista) em modelo conceitual através de uma técnica apropriada de representação desse modelo. Atualmente sabe-se que a simulação envolve muito mais que a simples construção de um programa, sendo esta atividade apenas uma, dentre as inúmeras atividades inseridas no estudo.

Em consonância ao exposto, este trabalho também promove uma maior compreensão e divulgação, tanto no meio acadêmico quanto no âmbito empresarial, do uso da simulação computacional como ferramenta de apoio a tomada de decisão, e de como o *software* de simulação Arena pode ser um recurso efetivo a ser utilizado em uma empresa de Pré-moldados.

O objetivo geral desse trabalho foi propor melhorias que venham aumentar a produtividade e eficiência da empresa mediante a aplicação das ferramentas de modelagem e simulação computacional que auxilia os gestores na tomada de decisão a custos baixos e sem interferir no sistema real.

Especificamente foram mapeados em fluxograma o processo produtivo da empresa CPC Pré-Moldados, coletado e trabalhado os dados de entradas, deslocamento e saída, validado a modelagem virtual e proposto alternativas de melhorias na produção.

## 2 | REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Simulação

Segundo Harrel (2000), em um mundo cada vez mais competitivo, a simulação se tornou uma ferramenta muito poderosa utilizada no planejamento, projeto e controle de sistemas. A mesma antes vista como “último recurso” passou a ser vista como uma metodologia indispensável para a solução de problemas nos processos industriais, pois permite também experimentar no computador em curto espaço de tempo, modelos do

seu sistema propiciando alternativas de tomada de decisão mais acertivas e baseadas em metodologia científica.

Já para Andrade (1989) existem diversas razões para justificar o uso da simulação, entre elas, destacam-se:

- estudo de algumas variações no ambiente, verificando os efeitos causados em todo o sistema;
- observação e experimentação de complexas interações internas de um dado sistema;
- exige pouca matemática complexa, podendo ser intuitivamente mais fácil de compreender;
- permite incluir as complicações do sistema real;
- permite um teste para traçar novas políticas e regras de decisão para a operação de um sistema, antes de testá-lo no sistema real.

Uma das opções de *software* para simulação de processo produtivo de eventos discretos é o Arena. Não há a necessidade de escrever códigos ou comandos para poder modelar o sistema, pois este utiliza um ambiente gráfico e integrado, no qual o usuário tem acesso à animação, análise estatística e de resultados dos dados inseridos no programa, de forma que, possa simular a realidade da maneira mais próxima possível.

## 2.2 Simulação e otimização

Os resultados de uma simulação e da otimização permitem encontrar as formas desejadas para solucionar os problemas da empresa. De acordo com Law e Kelton (2000), o uso mais comum e difundido da simulação, ainda se dá, para desenhar e otimizar os processos de manufatura. E ainda se pode dizer que a simulação é mais utilizada nesses processos do que em qualquer outro ao redor do mundo.

Ainda segundo os mesmos autores, o melhor benefício do uso da simulação no ambiente de uma fábrica se dá pela possibilidade de se enxergar o todo, isto é, permitir que um engenheiro enxergue todo o sistema ainda que uma alteração tenha sido feita em somente um determinado local ou máquina. A mudança pontual pode ser previsível no local, porém sua repercussão no resto do sistema pode ser bem maior. As conclusões quando analisado o todo, são mais exatas e confiáveis.

Ao tratar da simulação associada à otimização Fu (2010) explica que as duas teorias eram mantidas separadas “fisicamente”, até o começo do Século XXI. Nesse recente período, a otimização vem sendo encontrada conjuntamente nos *softwares* de simulação.

## 2.3 Cronoanálise (estudos dos tempos)

A cronoanálise é uma técnica logística que lida com o tempo necessário para a conclusão dos processos de uma empresa. Tem sua origem fortemente atribuída

aos trabalhos feitos por Frederick Taylor e Frank Bunker Gilbreth. O primeiro focou o estudo de tempos com a decomposição das operações em elementos e a avaliação do ritmo do operador, o segundo focou o estudo detalhado dos movimentos, criando tabelas com o nome de cada movimento, no intuito de otimizar a execução de uma operação escolhendo-se os movimentos mais simples, de menor fadiga e com maior valor de trabalho agregado.

Frederick Taylor tinha como objetivo evitar conflitos entre interesses dos trabalhadores e da empresa e Frank Gilbreth em substituir movimentos longos e cansativos por outros curtos e menos fatigantes. O esforço destes dois cientistas formou os fundamentos da Administração Científica, também conhecida como Cronoanálise, Tempos e Métodos ou mesmo Métodos e Processos.

Para Moreira (2011) o estudo de tempos é medir o trabalho, ou seja, determinar o intervalo de tempo que uma operação leva para ser completada. Para cada operação defini-se um tempo padrão, que é obtido após uma série de considerações, tanto sobre o operador como sobre o método de trabalho seguido, a cronometragem das operações proporciona simulações e comparações que tenha o objetivo de definir possíveis melhorias ou adaptações do processo produtivo.

## 2.4 Ramo Pré-Moldado de Concreto

A evolução da construção civil é caracterizada por uma diversidade de métodos e tecnologias e está diretamente ligada a sua industrialização, isso é visto a partir dos objetivos de produtividade, qualidade e grande busca por espaço. Ligado a isso surge o pré-fabricado de concreto, com sua qualidade, durabilidade, com menos desgastes a natureza, flexibilidade, facilidade de manuseio, transporte e montagem.

Alinhado aos objetivos de produtividade, Segundo Khalil (2000), o emprego do concreto pré-moldado apresenta duas diretrizes. Uma aponta para a industrialização da construção e a outra para a racionalização da execução de estruturas de concreto. Ainda de acordo com o mesmo autor, embora o concreto pré-moldado tenha acompanhado a evolução da tecnologia do concreto do final do século XIX até o início da Segunda Guerra Mundial, seu desenvolvimento é geralmente relacionado com o grande impulso no quarto de século que se seguiu à Segunda Guerra Mundial.

Já para Vasconcellos (2002), a primeira notícia que se tem de uma obra grande com a utilização de elementos pré-moldados no Brasil refere-se a execução do Hipódromo da Gávea, no Rio de Janeiro. Essa obra foi realizada por uma empresa dinamarquesa, CHRISTIANI-NIELSEN onde foi utilizado um cimento dinamarquês Aarlborg, de endurecimento rápido, de 3 dias ao invés de 28.

Dessa forma o uso dos pré-fabricados de concreto junto à mecanização da construção civil promoveu, também no Brasil, um aumento na qualidade nos canteiros de obra. Além disso, a mecanização na fabricação, armazenagem e transporte trouxe qualificação da mão de obra, maior seleção nos materiais utilizados, tornando as obras

mais seguras e organizadas.

## 2.5 Software Arena

O programa Arena é originário da junção de dois outros programas denominados SIMAN e CINEMA. Segundo Prado (2004), o SIMAN é uma linguagem de simulação e, em 1983, deu nome ao primeiro programa de simulação para computadores pessoais (PCs). O CINEMA foi o primeiro programa para animação de simulação em PCs e surgiu em 1984. Este conjunto foi continuamente melhorado e, a partir de 1993, os programas foram unificados em um único *software*, o Arena.

Este programa apresenta um ambiente gráfico integrado de simulação, que contém todos os recursos para modelagem, animação, análise estatística e análise de resultados e utiliza a abordagem por processos para execução da simulação. Essa técnica de simulação pode ser considerada uma situação onde elementos estáticos, formando um ambiente bem definido com suas regras e propriedades, interagem com elementos dinâmicos, que fluem dentro desse ambiente.

O Arena é composto por um conjunto de blocos ou módulos utilizados para se descrever uma aplicação real e que funcionam como comandos de uma linguagem de programação. Os elementos básicos da modelagem em Arena são as entidades que representam as pessoas, objetos e transações, que se movem ao longo do sistema, as estações de trabalho que demonstram onde será realizado algum serviço ou transformação, e por fim, o fluxo que representa os caminhos que a entidade irá percorrer ao longo de estações (PRADO, 2004).

Tal como a maioria dos *softwares* de simulação, o Arena visualiza o sistema a ser modelado como constituído de um conjunto de estações de trabalho que prestam serviços aos clientes. O Arena tem sido utilizado para simular os mais diversos ambientes, desde linhas de produção, minas, tráfego nas ruas de uma cidade e diversos ambientes logísticos.

## 3 | METODOLOGIA

Em seu sentido mais geral, método é a ordem que se deve impor aos diferentes processos necessários para atingir certo fim ou um resultado desejado. Nas ciências, entende-se por método o conjunto de processos empregados na investigação e na demonstração da verdade (CERVO, 2007).

O presente estudo de caráter exploratório, foi elaborado com o ideal de estudar o ambiente de trabalho na fábrica CPC Pré-moldados localizado no bairro Antônio Cassimiro na cidade de Petrolina (PE), a partir da análise das atividades executadas por pares de operários na fabricação manual de blocos pré-moldados. Inicialmente foi realizado o estudo dos tempos de cada atividade do processo produtivo, com o intuito de coletar os tempos necessários para realização dos processos. Para medição dos tempos fez-se uso de um cronômetro digital e para agrupamento dos dados coletados

utilizou-se folhas de medição explicitando os tempos das operações. Ressaltam-se que os tempos de início e fim de cada ciclo de operação foram devidamente anotados de forma contínua e sequenciada para aumentar a precisão dos resultados.

Analisando a atividade de desenvolvimento e preparação de blocos notou-se que o processo poderia ser dividido em duas etapas. A primeira, preparação da massa a ser utilizada na confecção dos blocos, é constituída de 0.18 m<sup>3</sup> de areia, um saco de cimento (50 kg) e 10 litros de água. A mistura entre água, cimento e areia é feita em uma betoneira para se obter uma mistura homogênea e ao término da preparação é transportado para o pátio onde são produzidos os blocos. A movimentação é realizada através de um carrinho de mão, pelo mesmo operador que manuseou a betoneira durante a mistura. A segunda etapa inicia a partir do pátio e com um segundo operador que realiza o processo de moldagem, transporte da forma com a massa até o local de cura, desmoldagem que separa a forma e bloco e transporte de retorno da forma.

Com base nos dados colhidos, o próximo passo foi criar uma tabela dos tempos colhidos em cada etapa do processo produtivo da empresa CPC Pré-Moldados e introduzir no *software* de modelagem Arena para a simulação do processo produtivo. Na sequência os resultados da simulação foram validados mediante comparação com relatórios de produção real e também foi analisado o trabalho efetivo de cada operário. Por fim, foi proposta alternativa para melhorar os resultados produtivos sem sobrecarregar qualquer dos operadores.

#### 4 | ESTUDO DE CASO

Os tempos das atividades expressas pelo Arena e dados obtidos médios e desvio padrão obtidos a partir da coleta de cada operação do processo produtivo dos blocos pré-moldados estão expresso Tabela 1.

<b>Atividades (min)</b>	<b>Expressões (Arena)</b>	<b>Média dados</b>	<b>Desvio Padrão</b>
Buscar Areia e Colocar na Betoneira	$6.03 + 0.31 * \text{BETA}(0.742, 0.763)$	06:18	0,000113346
Buscar Cimento e Colocar na Betoneira	UNIF(3.09, 3.31)	03:20	7,38084E-05
Mistura de Areia e Cimento	$5.01 + \text{LOGN}(0.205, 0.163)$	05:21	0,000182006
Buscar Água e Colocar na Betoneira	$1.42 + 0.92 * \text{BETA}(0.451, 0.421)$	02:07	0,000153797
Ligar a Betoneira e Esperar a Massa Pronta	Constante 15	15:00	0
Transporte da Massa Pronta para Area de Moldagem	$7.3 + 1.13 * \text{BETA}(0.744, 0.48)$	08:10	0,000218627
Moldagem dos Blocos	$1.27 + \text{LOGN}(0.398, 0.331)$	01:55	0,000146402

TABELA 1 - Tempos coletados referentes a cada etapa do processo produtivo

Fonte: Elaborado pelos autores

Na sequência, foi elaborado um fluxograma no *software* Arena de acordo o layout

da empresa e etapas do processo produtivo, como pode ser visto na Figura 1:

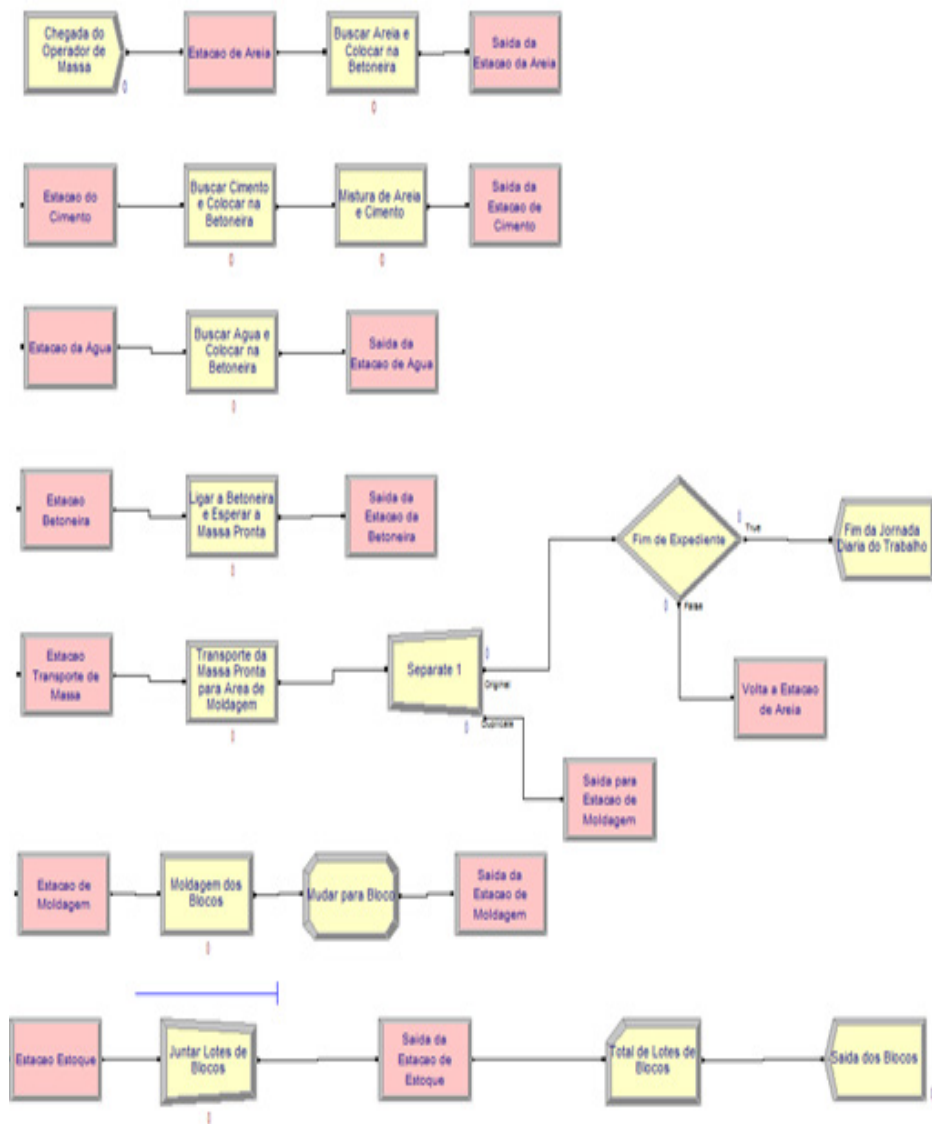


FIGURA 1 - Modelo lógico do atual cenário da CPC

Fonte: Elaborado pelos autores

Como pode ser visto no modelo lógico acima, cada etapa da fabricação do bloco pré-moldado foi dividida em estações, onde os blocos, Enter e Leave, representam a conexão entre esses processos de acordo com a sequência de atividades executada pelos operadores.

Na Estação Transporte de Massa, última atividade operada pelo operador 1, foi adicionado o bloco Separate que tem a função de multiplicar uma mesma entidade, pois esta sofre processamentos diferentes realizados por recursos diferentes, dois processos ocorrendo simultaneamente. Ainda na mesma estação, foi adicionado o bloco Decide que vai decidir de acordo com o horário da jornada de trabalho do operador 1, se ele continua trabalhando voltando assim para a primeira estação, ou se finda o seu expediente.

Na estação estoque, atividade operada pelo operador 2, adicionou-se o bloco Batch que representa a junção de uma determinada quantidade de blocos para



formação de lotes. Nesse bloco ocorre a maior fila de todo processo, apesar de não representar problemas relevantes nos resultados obtidos com a simulação, que serão mostrados adiante.

Após a criação do modelo lógico referente ao layout e etapas do processo produtivo e dispondo dos tempos coletados (Tabela 1) na primeira fase desse estudo, fez-se necessário o tratamento destes para configuração dos tempos de cada atividade. Para encontrar a expressão matemática que representasse o tempo de cada atividade, utilizou-se o Input Analyzer, ferramenta do Arena utilizada para tratar os dados de entrada e buscar funções teóricas de probabilidade mais próximas. Dessa forma foram introduzidas no Arena as expressões matemática que melhor representaram os dados estocásticos.

Configurados os blocos referentes a cada etapa do processo em estudo, pôde-se executar o *software* Arena a fim de validar os resultados com simulação do modelo virtual. O resultado mediante uma carga de 8 horas diárias e duas horas para almoço, totalizando 10 horas por dia, indicou a fabricação de 22 lotes de blocos, ou seja, ao final do dia são produzidos 220 blocos, pois cada lote possui 10 unidades. Confrontado este resultado virtual com os reais pode-se notar grande semelhança, validando assim a modelagem.

Ainda no cenário original, o operador 1 possui 71,82 % de utilização e 28,18% de ociosidade, enquanto o operador 2 possui 62,14 % de utilização e 37,86% de ociosidade.

Buscando otimizar a capacidade produtiva da empresa e reduzir o tempo ocioso dos funcionários, um novo cenário foi simulado. Neste, o segundo operador passou a transportar a massa pronta da betoneira para o pátio onde os blocos são produzidos, conforme mostra a Figura 2:

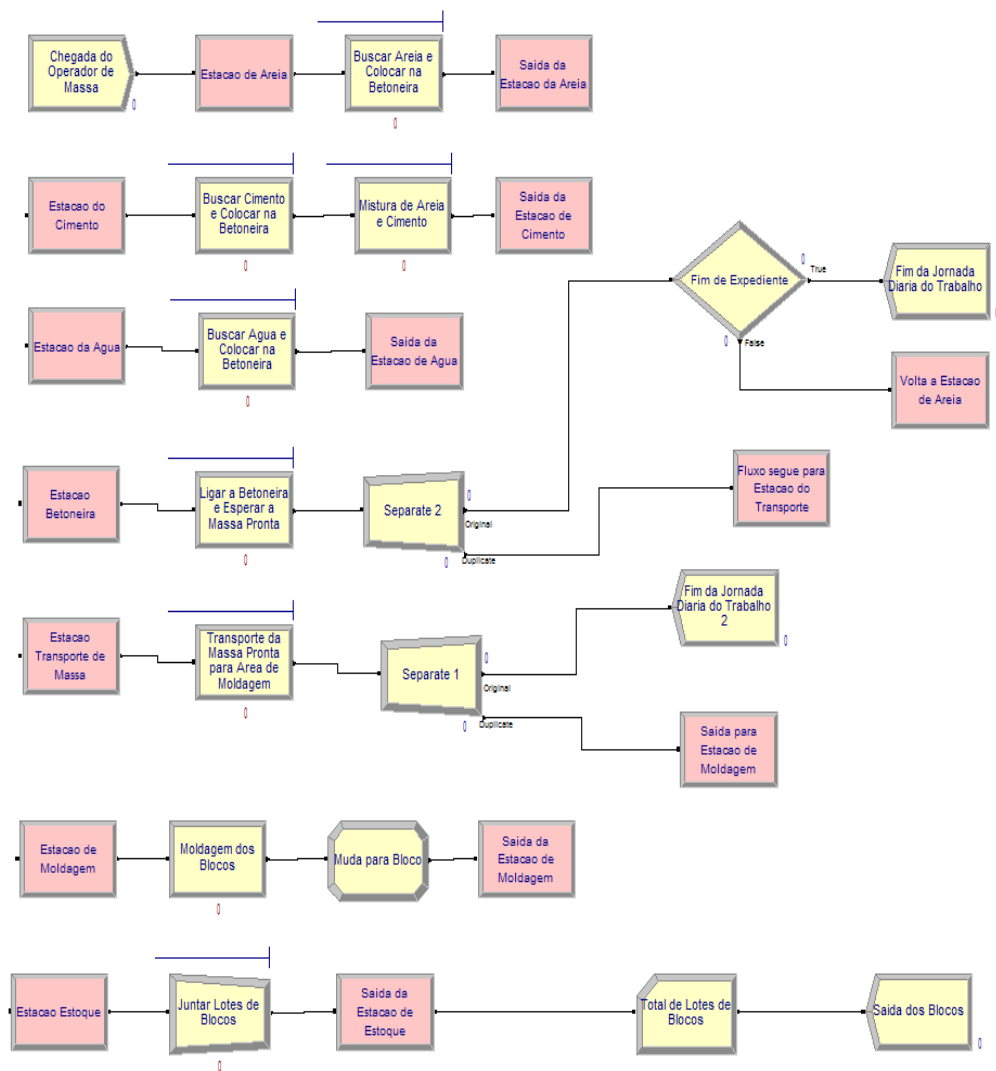


FIGURA 2 - Modelo lógico do cenário otimizado da CPC

Fonte: Elaborado pelos autores

Sob a mesma jornada de trabalho, no cenário otimizado, a empresa passou a produzir 270 blocos por dia, 50 a mais em relação ao cenário anterior. O operador 1 passou a ter 73,41% de utilização e 26,59% de ociosidade, já operador 2 passou a ter 94,78% de utilização e 5,22% de ociosidade.

A Tabela 2 traz a comparação dos resultados obtidos após a simulação do cenário atual e do cenário otimizado.

Cenários	Operador 1	Operador 2	Quantidade de Blocos
Atual	71,82%	62,14%	220
Melhorado	73,41%	94,78%	270

TABELA 2 - Taxa de Utilização e Capacidade Produtiva

Fonte: Elaborado pelos autores

## 5 | CONCLUSÃO

Com a simulação do modelo pode-se concluir que com apenas a reorganização das atividades executadas pelos operadores foi possível aumentar a capacidade produtiva de 50 blocos por dia ou 23%, sem gastos financeiros com mudança de layout, compras de equipamentos e contratação de funcionário. Além disso, os operadores aumentaram sua taxa de utilização e conseqüentemente reduziram a ociosidade.

Através desse artigo é possível perceber a importância dos *softwares* de modelagem e simulação no tratamento de dados, análise de processos produtivos, auxílio na identificação de melhorias nas diferentes etapas se firmando em importante ferramenta de suporte a tomada de decisões gerenciais.

A aplicação da modelagem e simulação gerou aos pesquisados um conhecimento maior à cerca deste processo produtivo e o envolvimento destes com os gestores da empresa possibilitou a identificação de oportunidade de melhoria simples, baratas e sem interferência na produção.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, E. L. **Introdução à pesquisa operacional: métodos e técnicas para análise de decisão**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1989. V.1.

CERVO, Amado L., BERVIAN, Pedro A., SILVA, Roberto da **Metodologia Científica**. São Paulo: Editora Pearson Prentice Hall, 2007.

CHWIF, L. & MEDINA, A.C. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria e Aplicações**. São Paulo: Ed. dos Autores, 254p, 2006.

FU, M. (2010), **Optimization for Simulation: Theory vs. Practice**, University of Maryland, Atas do 2010 Winter Simulation Conference, Baltimore, Maryland, USA.

HARRELL, C.; GHOSH, B. K. & BOWDEN, R. **Simulation Using Promodel**. 3.ed. Boston: McGraw-Hill, 603 p, 2000.

KHALIL, D. M. E. **Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações**. Editora: EESC-USP. 2000.

LAW, A. M. and KELTON, W. **Simulation Modeling and Analysis** – 3rd. Ed – McGraw-Hill, 2000.

MONTEVECHI, J.A.B.; PINHO, A.F. de; LEAL, F. & MARINS, F.A.S. **Application of design of experiments on the simulation of a process in an automotive industry**. In: Proceedings of the 2007 Winter Simulation Conference, Washington, DC, USA.

MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações**. 2º ed. São Paulo: Pioneira, 2011.

PRADO, D. S. **Usando o Arena em Simulação**. Belo Horizonte: INDG, 2004.

VASCONCELOS, A. C. **O Concreto no Brasil: pré-fabricação, monumentos, fundações**. Volume III. Studio Nobel. São Paulo: 2002.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**MARCOS WILLIAM KASPCHAK MACHADO** Professor na Unopar de Ponta Grossa (Paraná). Graduado em Administração- Habilitação Comércio Exterior pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Especializado em Gestão industrial na linha de pesquisa em Produção e Manutenção. Doutorando e Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, com linha de pesquisa em Redes de Empresas e Engenharia Organizacional. Possui experiência na área de Administração de Projetos e análise de custos em empresas da região de Ponta Grossa (Paraná). Fundador e consultor da MWM Soluções 3D, especializado na elaboração de estudos de viabilidade de projetos e inovação.

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-85107-99-4



9 788585 107994