

ADRIANO PEREIRA DA SILVA  
(ORGANIZADOR)

---

*Collection:*

**APPLIED PRODUCTION  
ENGINEERING  
2**

ADRIANO PEREIRA DA SILVA  
(ORGANIZADOR)

---

*Collection:*

**APPLIED PRODUCTION  
ENGINEERING  
2**

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



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

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

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

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

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

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

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

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

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

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

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



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



## Collection: applied production engineering 2

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Mariane Aparecida Freitas  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Adriano Pereira da Silva

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C697 Collection: applied production engineering 2 / Organizador Adriano Pereira da Silva. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0180-3

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.803222604>

1. Production engineering. I. Silva, Adriano Pereira da (Organizador). II. Título.

CDD 670

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

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

contato@atenaeditora.com.br



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

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



## APRESENTAÇÃO

A coleção “Applied production Engineering 2” ascende consigo, além da pluralidade científica e acadêmica, permeando as singularidades das várias obras que compõem os seus capítulos, também os fundamentos necessários para o melhor desenvolvimento profissional. O volume apresentará trabalhos, pesquisas, relatos que promovem as diversas formas da aplicação da engenharia de produção, de modo interdisciplinar e contextualizada, em sua gama de conteúdo iterativo.

O objetivo principal é apresentar de forma clara e inequívoca a pesquisa realizada em diversas instituições de ensino e pesquisa nacionais e internacionais, cujo trabalho inclui trabalhar com análise do mapeamento de processos; aplicação regulatória no desenvolvimento de procedimentos; diagnóstico ambiental; gestão de estoque; produtividade; modelagem de ensino; World Class Manufacturing (WCM); e áreas correlatas.

Com isso, os temas discutidos na sociedade, nos negócios e na academia são trazidos para um âmbito crítico e estruturado, criando uma base de conhecimento para acadêmicos, professores e todos os interessados em engenharia de produção e/ou industrial. Por isso, destaca-se a importância dos temas abordados neste episódio a partir da evolução das diferentes ferramentas, métodos e processos que a Indústria 4.0 desenvolveu ao longo do tempo e sua capacidade de resolver problemas atuais e futuros.

Assim, este trabalho apresenta uma teoria baseada nos resultados práticos obtidos por diversos professores e estudiosos que investiram considerável esforço no desenvolvimento de seus trabalhos, e o apresentarão de forma concisa e pedagógica. Entendemos a importância da divulgação científica, por isso também destacamos a estrutura da Atena Editora para fornecer a esses entusiastas da pesquisa científica uma plataforma abrangente e confiável para exibir e divulgar seus resultados.

Adriano Pereira da Silva

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **PORQUE HAY BAJA PRODUCTIVIDAD EN MÉXICO**

Víctor Manuel Piedra Mayorga  
Rafael Granillo Macías  
Miguel Ángel Vázquez Alamilla  
Raúl Rodríguez Moreno  
Miriam Leilani Piedra Guzmán

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8032226041>

### **CAPÍTULO 2..... 18**

#### **DIAGNÓSTICO AMBIENTAL NO SETOR METALÚRGICO: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DAS PUBLICAÇÕES UTILIZANDO AS PLATAFORMAS *WEB OF SCIENCE* E *SCOPUS***

Alex Nakauti Kiyomoto  
Sílvia Pierre Irazusta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8032226042>

### **CAPÍTULO 3..... 30**

#### **ANÁLISE DO MAPEAMENTO DE PROCESSOS EM UM CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO VAREJISTA: UM ESTUDO DE CASO SOBRE A UTILIZAÇÃO DO GERENCIAMENTO DE PROCESSOS DE NEGÓCIO – BPM**

Edson Terra Azevedo Filho  
Láís Sant'Anna Fonseca

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8032226043>

### **CAPÍTULO 4..... 46**

#### **GESTÃO DE ESTOQUES: UMA APLICAÇÃO DO MODELO DO LOTE ECONÔMICO DE COMPRA**

Cainan Kobo Oliveira  
Paulo Laerte Natti  
Eliandro Rodrigues Cirilo  
Neyva Maria Lopes Romeiro  
Erica Regina Takano Natti

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8032226044>

### **CAPÍTULO 5..... 61**

#### **WORLD CLASS MANUFACTURING (WCM) COMO ESTRATÉGIA PARA REDUZIR FALHAS EM UM PROCESSO TÉCNICO DE FABRICAÇÃO DE TÊXTEIS**

Esmeralda Hernandez Méndez  
Miguel Ángel Rodríguez Lozada

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8032226045>

### **CAPÍTULO 6..... 74**

#### **MODELAGEM DE ENSINO REMOTO PARA AULAS DE PRÉ-CÁLCULO NA ENGENHARIA**

Ubirajara Carnevale de Moraes

Vera Lucia Antonio Azevedo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8032226046>

**CAPÍTULO 7..... 86**

**APLICACIÓN NORMATIVA EN EL DESARROLLO DE PROCEDIMIENTO DE TRABAJO SEGURO PARA TAREAS DE LIMPIEZA DE LADERA DE CERRO EN OBRA HIDRÁULICA**

Francisco Santiago Ruiz

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8032226047>

**CAPÍTULO 8..... 99**

**PASSAGEM DE FAUNA ELEVADA**

Norival Agnelli

Pedro Henrique Jacomini Malinosqui

Fabiana Ferraz Munhoz

Aldo Theodoro Gaiotto Junior

Ricardo Ramos da Rocha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8032226048>

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 112**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 113**

## GESTÃO DE ESTOQUES: UMA APLICAÇÃO DO MODELO DO LOTE ECONÔMICO DE COMPRA

*Data de aceite: 01/04/2022*

### **Cainan Kobo Oliveira**

Universidade Estadual de Londrina,  
Departamento Matemática  
Londrina, PR  
<http://lattes.cnpq.br/3603957073842049>

### **Paulo Laerte Natti**

Universidade Estadual de Londrina,  
Departamento Matemática  
Londrina, PR  
<http://lattes.cnpq.br/9638679509810719>

### **Eliandro Rodrigues Cirilo**

Universidade Estadual de Londrina,  
Departamento Matemática  
Londrina, PR  
<http://lattes.cnpq.br/4013438197275949>

### **Neyva Maria Lopes Romeiro**

Universidade Estadual de Londrina,  
Departamento Matemática  
Londrina, PR  
<http://lattes.cnpq.br/4461273355568982>

### **Erica Regina Takano Natti**

Pontifícia Universidade Católica – Campus  
Londrina  
Londrina – PR  
<http://lattes.cnpq.br/7055881494536454>

**RESUMO:** Neste trabalho são aplicados métodos matemáticos e estatísticos à gestão de estoque de uma empresa de Londrina. A análise do estoque por meio de curvas ABC dos materiais serve para identificar quais são os itens prioritários, os

mais caros e com maior rotatividade (demanda). A partir da análise ABC é possível determinar, através de modelos de controle do estoque, o tamanho do lote de compra e a periodicidade que minimizem os custos totais de estocagem desses materiais. Utiliza-se o modelo de Lote Econômico de Compra (LEC) para simular os custos mínimos de estocagem de itens do tipo A da empresa. Após o ajuste dos parâmetros do modelo LEC, calculou-se os custos anuais mínimos para alguns itens do estoque. Verificou-se redução de custos de até 50% no processo de estocagem para alguns itens.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gestão de estoques. Curvas ABC. Modelo de Lote Econômico de Compra. Otimização. Custos de estocagem.

### STOCK MANAGEMENT: AN APPLICATION OF THE ECONOMIC ORDER QUANTITY MODEL

**ABSTRACT:** In this work, mathematical and statistical methods are applied to the stock management of a company in Londrina. The analysis of stock through ABC curves of the materials serves to identify which are the priority items, the most expensive and with the highest turnover (demand). From the ABC analysis it is possible to determine, through stock control models, the size of the purchase lot and the periodicity that minimize the total costs of storage of these materials. The Economic Order Quantity (EOQ) model is used to simulate the company's minimum costs of stocking type A items. After adjusting the parameters of the EOQ model, minimum annual costs were calculated for some

inventory items. There was a cost reduction of up to 50% in the storage process for some items.

**KEYWORDS:** Stock management. ABC curves. Economic Order Quantity model. Optimization. Storage costs.

## 1 | INTRODUÇÃO

Gestão dos materiais é uma atividade realizada nas empresas desde os primórdios da administração, tendo como principal objetivo atender às necessidades e expectativas dos clientes. Segundo Gonçalves (2013), a administração de materiais tem o objetivo de conciliar os interesses entre as necessidades de suprimentos e a otimização dos recursos financeiros e operacionais das empresas. Uma gestão de materiais bem estruturada permite a obtenção de vantagens competitivas por meio da redução de custos, da redução dos investimentos em estoques, das melhorias nas condições de compra e da satisfação de clientes e consumidores em relação aos produtos oferecidos pela empresa.

De acordo com Ching (2008), o estoque tem que ser eficiente, pois a falta de organização e a má gestão podem gerar um custo muito alto para o produto, além de problemas na cadeia de produção. Alguns exemplos da falta de organização e da má gestão em estoques são:

- falta ou excesso de matéria prima no estoque,
- máquinas paradas com demanda existente e
- atrasos na produção e nas entregas para o cliente.

Os problemas na cadeia de produção podem ser minimizados com o auxílio de ferramentas e modelos matemáticos. Existe uma grande quantidade de modelos que podem ser aplicados com intuito de prever demandas, evitar esgotamentos, gerenciar quantidades ótimas e obter menores custos.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é utilizar o método estatístico da Curvas ABC e modelo matemático do Lote Econômico de Compra (LEC) na otimização de problemas reais em estoques.

A empresa estudada apresenta necessidade de uma melhor gestão de seu estoque. O principal problema encontrado na gestão deste estoque são as decisões de compra por oportunidade, ou seja, quando determinada matéria-prima está com preço em baixa. Tais compras impulsivas não consideram os custos de estocagem, gerando um excesso de materiais no estoque.

## 2 | METODOLOGIAS MATEMÁTICAS

As ferramentas matemáticas que serão detalhadas e analisadas nos próximos capítulos serão destinadas a determinar basicamente: as quantidades ideais de compra

de cada material, os momentos ideais de compra de cada material e os custos mínimos (ótimos) para a gestão do estoque.

## 2.1 Curvas ABC

Tanto o capital imobilizado nos estoques como os custos operacionais podem ser diminuídos se entendido quais são os itens mais importantes que circulam no estoque. O método da curva ABC serve para esse intuito ao classificar os itens. A curva ABC baseia-se na ideia do diagrama de Pareto, em que nem todos os itens têm a mesma importância (Carvalho, 2002).

Em nossa Modelagem Matemática as categorias são formadas pelos valores monetários do item no estoque, já que um item pode ter o preço unitário alto, mas baixa demanda e vice-versa. O valor monetário é o resultado da multiplicação da demanda total desse item pelo preço unitário dele, representando sua participação (monetária) no estoque.

Nome Item	Demanda anual	Preço unitário	Valor Monetário	% relativo	% acumulado
Item 1	12.000	R\$ 10,00	R\$ 120.000,00	3,00%	3,00%
Item 2	6.667	R\$ 15,00	R\$ 100.005,00	2,50%	5,50%
Item 3	10.000	R\$ 9,00	R\$ 90.000,00	2,25%	7,75%
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	99,50%
.	.	.	.	0,03%	99,80%
Item 50	.	.	.	0,02%	100,00%
Total			R\$ 4.000.000,00	100,00%	100,00%

Tabela 1: Cálculo da proporção monetária de cada item do estoque.

Para calcular a representatividade de cada item do estoque, basta calcular o valor monetário do item e em seguida listá-los em ordem decrescente. Em seguida deve-se calcular o percentual relativo de participação de cada item em relação ao custo total (soma de todos os valores monetários). A Tabela 1 exemplifica tais procedimentos. Note que o Item1 representa 3% do valor monetário de todo o estoque, e que os itens 1, 2 e 3, juntos representam 7,75%.

Segundo a curva ABC, os itens são classificados em A, B e C, sendo os itens de classe A aqueles de maior prioridade (maior valor monetário). Normalmente adotam-se as seguintes proporções para cada categoria. Classe A: primeiros itens (da tabela 1) com maior valor monetário que acumulam até 80% do percentual de participação. Classe B: itens

intermediários (da tabela 1) que acumulam de 80% a 95% do percentual de participação. Classe C: últimos itens (da tabela 1) com baixo valor monetário que acumulam de 95% a 100% do percentual de participação.

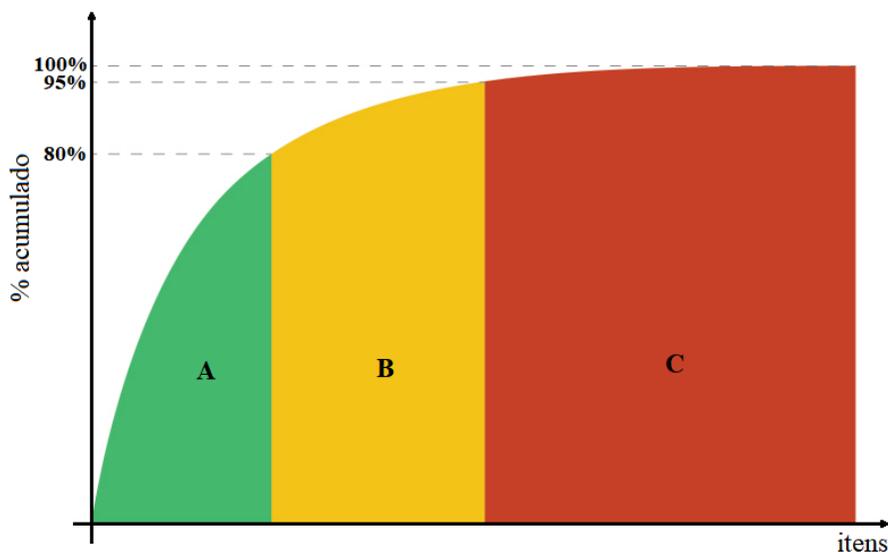


Figura 1: Representação de uma Curva ABC com as quantidades de itens em cada categoria em função do valor monetário acumulado.

Fonte: Próprio autor.

A Figura 1 apresenta uma característica importante das curvas ABC, ou seja, que pequena parte dos itens são de classe A, enquanto a grande maioria dos itens são de classe C.

## 2.2 Modelo LEC

Em geral, em qualquer tipo de estoque, os custos associados são basicamente custos de manter os estoques (custos de manutenção), custos de reabastecer os estoques (custos de pedido), custos de incorrer em déficits do produto (custos de falta), custo de inflação, e outros custos.

Neste trabalho considera-se que o custo total gerado pelos estoques é a soma do custo de manter e o custo de pedido. Uma questão crítica é balancear esses custos, já que eles têm comportamentos diferentes.

Observe na figura 2 que a função custo total tem o formato de uma curva com a concavidade para cima (curva convexa), o que significa que existe um valor mínimo para o custo total de estoque. Note que a descrição acima se torna mais complexa caso consideremos outros custos.

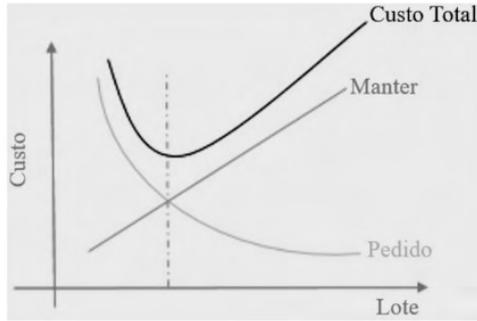


Figura 2: Comportamento dos custos gerados pelo estoque em função do tamanho do lote de compra.

Fonte: Próprio autor.

Para auxiliar o entendimento é importante definir e diferenciar o significado de demanda de um produto e o lote (de compra) do mesmo. A demanda anual de um produto pode ser suprida através de  $n$  lotes de compra, durante o ano. A figura 3 exemplifica essa situação para um item com demanda anual de 3000 unidades. Supõem-se uma taxa de utilização constante. Na figura 3 tem-se diversos tamanhos para os lotes de compra. Assim, a demanda é a quantidade de determinado item requisitada pela produção, o lote é a quantidade que será comprada (estocada) desse item em cada reposição.

O principal objetivo deste trabalho é determinar quais são as quantidades ideais de reposição dos itens do estoque, o tamanho dos lotes de compra, que minimizem os custos gerados dentro do estoque. O modelo do Lote Econômico de Compras (LEC), também conhecido como modelo EOQ (*Economic Order Quantity*) é um modelo básico de controle de estoque, que permite determinar uma quantidade ótima de pedidos de compra para um item do estoque, minimizando os custos totais de estocagens (Coyle et al., 2002; Hillier; Lieberman, 2013). O modelo LEC é um modelo determinístico em que as seguintes hipóteses devem ser satisfeitas: a demanda anual  $D$  do item é conhecida, a taxa de consumo do item é constante e as reposições (lotes de compra)  $Q$  são do mesmo tamanho.

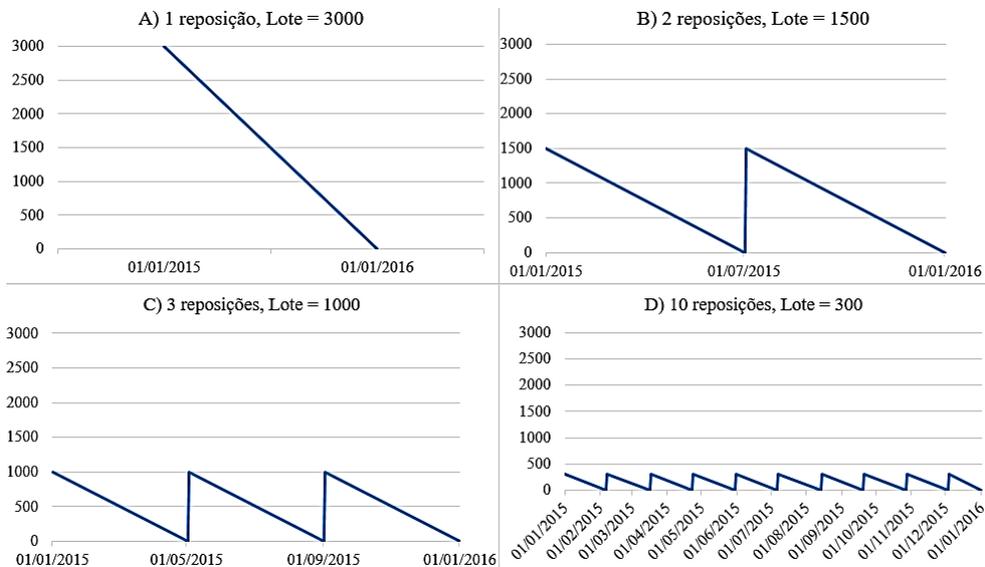


Figura 3: Possibilidades de reposição de um item do estoque, com demanda anual de 3000 unidades, utilizando diferentes lotes (de compra).

Fonte: Próprio autor.

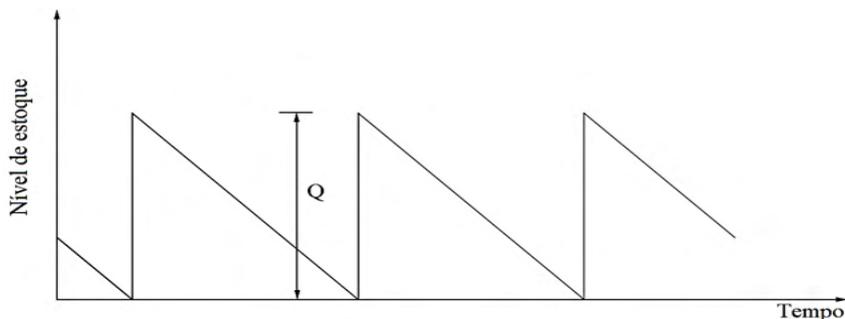


Figura 4: Comportamento do consumo de itens do estoque de acordo com o modelo LEC, onde Q é o tamanho do lote de compra.

Fonte: Próprio autor.

No modelo LEC comportamento da reposição de um item deve ser semelhante ao apresentado na figura 4. Basicamente esse modelo considera que os custos totais gerados pelo estoque dependem dos custos de armazenagem, custos de reposição e custos de aquisição.

A função custo total de estocagem do modelo LEC é expressa matematicamente por:

$$f(Q) = \frac{Q}{2} cm + \frac{D}{Q} cp, \quad (1)$$

em que Q é o tamanho do lote de compra, D é a demanda anual do item, P é o

preço de compra unitária,  $cm$  é o custo unitário de armazenagem e  $cp$  é o custo unitário do pedido.

O primeiro termo da função custo total (1), que é referente ao custo de armazenagem do item, é calculado por meio do valor médio do estoque. Quando todas as reposições  $Q$  são do mesmo tamanho, então o valor médio do estoque é  $Q/2$ , veja figura 4. Nessa situação, o custo de armazenagem tem o comportamento linear, como mostrado na figura 5. Quanto maior o tamanho do lote, maior será o custo de armazenagem.

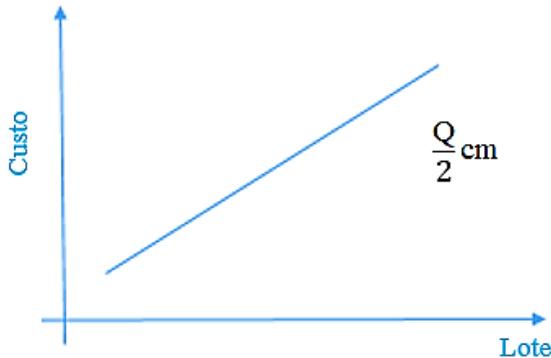


Figura 5: Comportamento do custo de armazenagem no modelo LEC.

Fonte: Próprio autor.

O segundo termo da função custo total (1) é referente ao custo de reposição do lote, calculado por meio da quantidade de número de pedidos. Como a demanda deve ser satisfeita, então  $D/Q$  representa o número de vezes que o lote foi reposicionado. O custo de reposição tem o comportamento de uma função racional como mostrado na figura 6. Note que quanto maior for o tamanho do lote, menor será o custo de reposição.

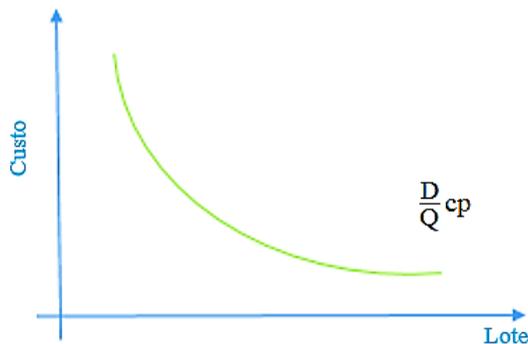


Figura 6: Comportamento do custo de reposição no modelo LEC.

Fonte: Próprio autor.

Esquemáticamente, a função custo total, tem o comportamento como apresentado na figura 2. Deseja-se então identificar o tamanho do lote que minimize a função custo total (1). A única variável na análise da equação (1) é Q. Derivando a equação (2) em relação a Q e igualando-a a zero, o valor ótimo para Q, que minimiza o custo total de estocagem no modelo LEC, é dado por:

$$Q_{LEC} = \sqrt{\frac{2 * D * cp}{cm}} . \quad (2)$$

### 3 I RESULTADOS

A tabela 2 apresenta uma possível movimentação de itens de uma empresa. Ela fornece o nome do item; o tipo de movimentação (E=entrada, S=sáida); a data da movimentação; a quantidade (em unidade) e a quantidade (em KG) da movimentação (positiva se entrou, negativa se saiu).

Nome	Movimento	Data	Qtd.	Saldo KG
ItemA	E	10/01/2011	200	22,8
ItemA	S	24/09/2011	-300	-34,2
ItemB	E	10/01/2011	734	88,08
ItemB	E	31/03/2011	3352	402,24
Item C	E	17/08/2011	1500	265,5
ItemC	E	20/10/2011	300	531
ItemC	S	30/08/2011	-692	-122,484
ItemC	S	31/08/2011	-682	-120,714
ItemD	E	14/01/2011	400	12
ItemD	S	05/01/2011	-60	-1,8

Tabela 2: Exemplo de movimentação no estoque de uma empresa.

Conhecendo os preços por quilo e as entradas de cada item, pode-se calcular seus valores monetários e obter suas classificações ABC. Os itens classificados como B e C não serão considerados na análise do estoque.

#### 3.1 Tipos de movimentação de itens do estoque

Na figura 7 temos a movimentação de um item do estoque, denominado item A, que apresenta certa homogeneidade nas entradas (compras). Esse tipo de movimentação é desejável.

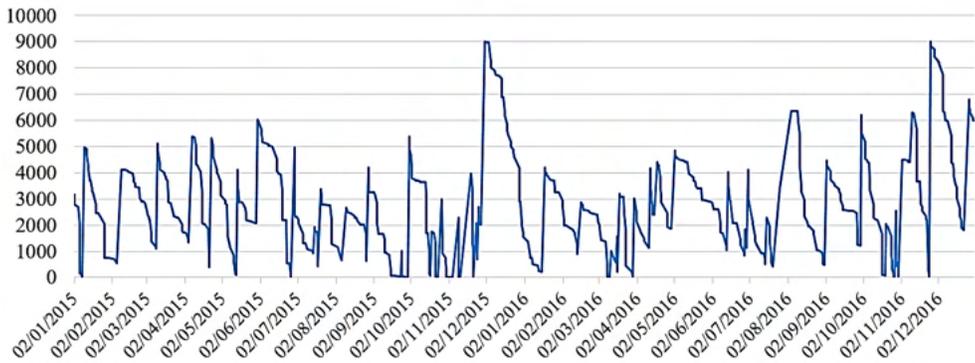


Figura 7: Gráfico da movimentação do item A no estoque.

Fonte: Próprio autor.

Na figura 8, observamos o gráfico de movimentação de outro item do estoque, denominado item B, que apresenta um acúmulo de entradas (compras) no período entre maio de 2014 a outubro de 2015, provavelmente compras de oportunidade. Em tais circunstâncias o modelo LEC pode propor uma gestão de estoque mais econômica.

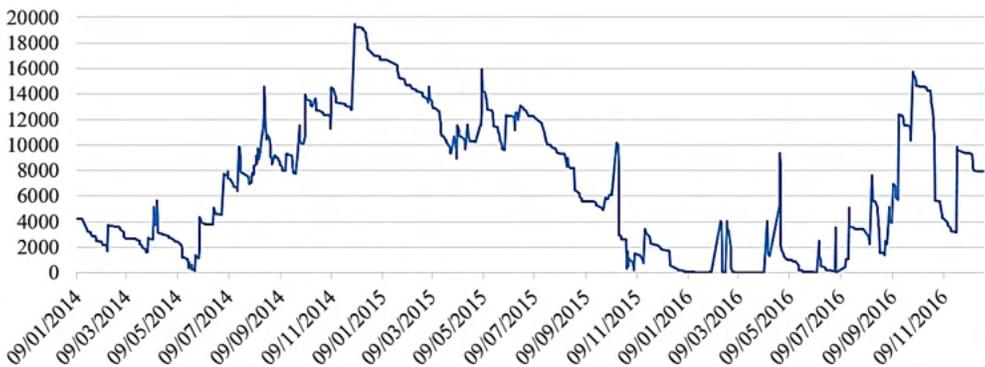


Figura 8: Gráfico da movimentação do item B no estoque.

Fonte: Próprio autor.

Na figura 9, observa-se outro item, denominado item C, que é comprado para ser utilizado (movimentação tipo *Just In Time*). Tais itens ficam pouco no estoque, o que é bom.

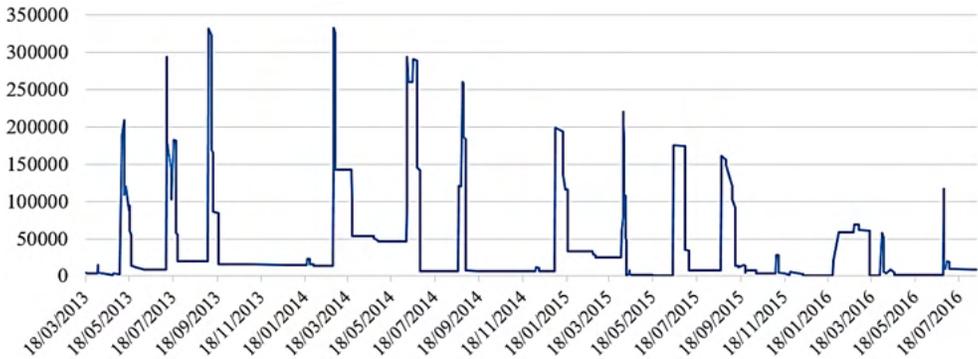


Figura 9: Gráfico da movimentação do item C no estoque.

Fonte: Próprio autor.

### 3.2 Cálculo das quantidades $cm$ e $cp$ para os itens do estoque

Para aplicar o modelo LEC precisamos conhecer quais são os valores dos parâmetros  $cm$ , custo unitário de armazenagem, e  $cp$ , custo unitário do pedido, em  $f(Q)$  dado em (1).

Sejam os custos anuais de armazenagem, denotados por  $CM$ , os custos com pessoal (folha de pagamento e encargos trabalhistas), custos de manutenção do estoque (aluguéis, impostos, seguros e manutenções), custos de escritório (papéis, equipamentos, materiais e impressoras), custos de movimentação (empilhadeiras, muque e combustíveis), custos gerais (água, luz, aquecimento e telefone), entre outros.

Sejam os custos anuais de pedido, denotados por  $CP$ , os custos com pessoal (folha de pagamento e encargos trabalhistas), custos de escritório (papéis, equipamentos, materiais e impressoras), custos de transporte (combustível, frete e pedágio), custos gerais (água, luz e telefone), entre outros.

Quantificados os gastos totais anuais de armazenagem  $CM$  e os gastos totais anuais de pedido  $CP$ , podemos calcular as quantidades unitárias e pelas equações:

$$cp = \frac{CP}{E_t}; \quad cm = \frac{CM}{Q_t}, \quad (3)$$

onde  $E_t$  é a quantidade de reposições (pedidos) de todos os itens no ano considerado, enquanto  $Q_t$  é o estoque médio de todos os itens no ano considerado.

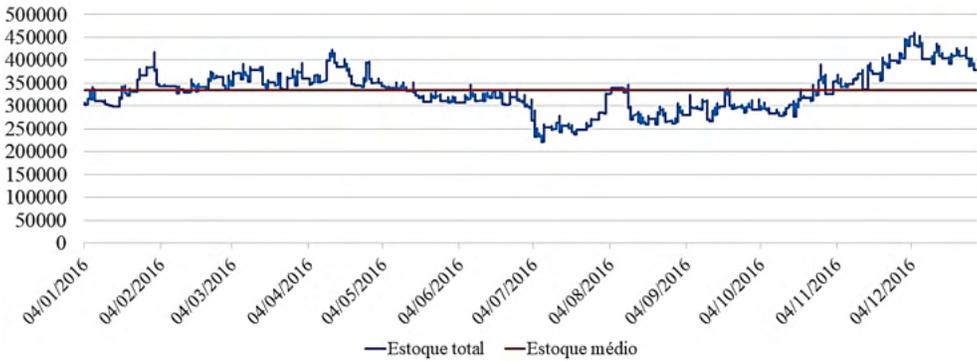


Figura 10: Cálculo do estoque médio de todos os itens em 2016.

Fonte: Próprio autor.

Para calcular o valor  $Q_i$  deve-se construir o gráfico de movimentação de todos os itens no ano. A figura 10 apresenta essa movimentação. O estoque médio total é calculado pela área abaixo do gráfico da figura 10, dividido pela unidade de tempo, que no caso é 366 dias, pois 2016 foi um ano bissexto. Na figura 13 é ilustrada essa média.

### 3.3 Constância da taxa de consumo dos itens do estoque

Identificados os itens prioritários de classe A e calculado as quantidades  $cm$  e  $cp$  do modelo LEC, deve-se verificar, por exemplo, através de uma análise gráfica, se a taxa de consumo dos itens selecionados é constante, ou quase constante, uma das premissas do modelo LEC.

Na figura 11 apresentamos a taxa de consumo anual do item A (curva azul), comparando-a com uma reta (curva vermelha). Para a construção deste gráfico deve-se somar todas as entradas do item A no ano, que será o valor inicial da quantidade desse item em 04/01/2016. Depois, sucessivamente, subtraímos todas as saídas desse item durante 2016. Observe que a taxa de consumo do item A é quase constante. A taxa de consumo anual do item A em 2016 foi de 65000 unidades, então o consumo médio desse item foi de 177,60 unidades por dia, aproximadamente.



Figura 11: Gráfico da taxa de consumo do item A durante 2016 (curva azul) comparado com uma taxa de consumo constante (reta vermelha).

Fonte: Próprio autor.

Na figura 12 apresentamos a taxa de consumo anual do item B (curva azul), comparando-a com uma reta (curva vermelha). Note que compras de oportunidade incham o estoque, como mostrado para o item B, na figura 8. Por outro lado, quando se observa a figura 12, a taxa de consumo do item B nesse mesmo período se mostra praticamente constante.

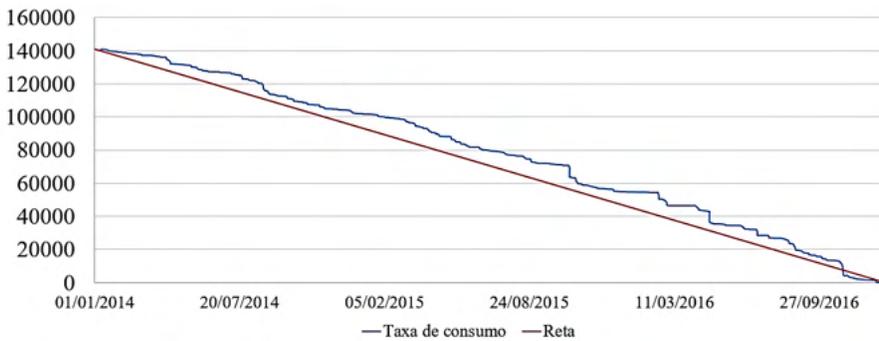


Figura 12: Gráfico da taxa de consumo do item B durante 2016 (curva azul) comparado com uma taxa de consumo constante (reta vermelha).

Fonte: Próprio autor.

### 3.4 Aplicações do modelo LEC ao estoque da empresa

A aplicação do modelo LEC pode ser realizada a qualquer item do estoque que satisfaça as hipóteses do modelo. Considera-se um item, aqui denominado item  $\beta$ , o gráfico de movimentação de entradas e saídas deste item possui o comportamento apresentado na figura 13. Note que a movimentação desse item apresenta três lotes de compra de aproximadamente 9000 unidades, e vários outros lotes de compra menores de até 1000

unidades. A primeira questão que surge é se esses tamanhos de lotes são realmente economicamente eficientes. A partir da análise dos modelos de gerenciamento de estoques será possível obter essa resposta.

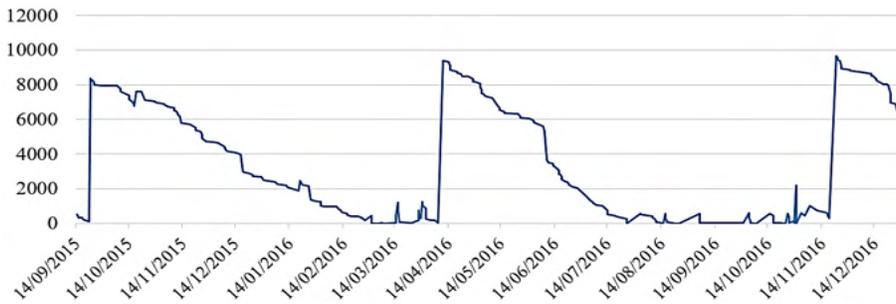


Figura 13: Gráfico de movimentação do item  $\beta$  durante 2016.

Fonte: Próprio autor.

Primeiramente o item  $\beta$  precisa apresentar uma taxa de consumo constante ao longo do tempo (hipótese do modelo LEC). A figura 14 apresenta a taxa de consumo do item  $\beta$  em 2016. Note que a taxa de consumo do item  $\beta$  se manteve praticamente constante durante 2016, com pequenas oscilações. Para uma demanda anual de 25550 unidades, a taxa de consumo diário do item  $\beta$  é de aproximadamente 70 unidades por dia.

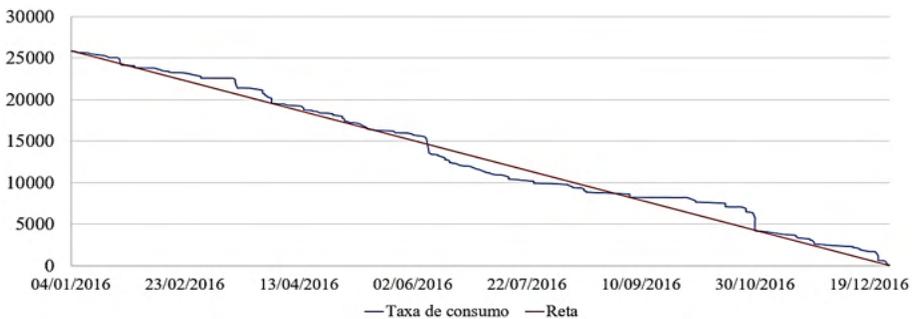


Figura 14: Gráfico da taxa de consumo do item  $\beta$  durante 2016 (curva azul) comparado com uma taxa de consumo constante (reta vermelha).

Fonte: Próprio autor.

### 3.4.1 Parâmetros do modelo LEC

Todas as informações necessárias para o modelo foram obtidas. A tabela 3 apresenta informações do item  $\beta$  e dos parâmetros do modelo LEC.

Demanda anual do item $\beta$	– Modelo LEC	– Modelo LEC
25550 unidades	0,80 reais	48,00 reais

Tabela 3: Parâmetros para o modelo LEC.

Fonte: Próprio autor.

Substituindo as informações nas equações do modelo LEC, obtém-se:

$$Q_{LEC} = \sqrt{\frac{2 * 25550 * 48,00}{0,80}} \sim 1751 \text{ unidades.} \quad (4)$$

Portanto, para atender a demanda no período de 2016, o tamanho do lote econômico de compra do item  $\beta$ , que teria minimizado os custos gerados pelo estoque, seria de aproximadamente 1751 unidades. Nesse contexto, os três lotes de compra de aproximadamente 9000 unidades, figura 13, incharam o estoque, aumentando os custos do estoque.

Deseja-se agora calcular qual seria a economia obtida com a gestão do item  $\beta$  pelo modelo LEC. Primeiramente é preciso saber quais foram os gastos realizados com armazenagem e com pedidos do item  $\beta$ . Tais informações são apresentadas na tabela 4 e foram extraídas da movimentação do item  $\beta$ , apresentada na figura 13.

	Estoque médio	Total de pedidos
Dados	2580 unidades	24

Tabela 4: Dados obtidos da movimentação do item  $\beta$  durante 2016.

Fonte: Próprio autor.

Aplicando na fórmula do custo de manutenção e de pedido de estocagem, equação (1), segue que o custo anual real de estocagem do item  $\beta$ , durante 2016:  $C_{Total}(\beta, \text{real}) = 2580 * 0,80 + 24 * 48,00 = 3216,00$  reais.

Agora vejamos quanto teria sido gasto com a gestão do item  $\beta$ , comprando lotes de 1751 unidades em 2016, como proposto pelo modelo LEC.

$$C_{Total}(\beta, \text{LEC}) = (1751/2) * 0,80 + (25550/1751) * 48,00 = 1400,80 \text{ reais.}$$

Enfim, considerando a gestão realizada e a gestão proposta pelo modelo LEC para a estocagem do item denominado  $\beta$ , verifica-se que uma projeção de economia anual de 1815,20 reais, ao considerar somente esse item.

## 4 | CONCLUSÃO

Nesse trabalho foi mostrado os procedimentos de resolução e otimização do estoque de uma empresa da região de Londrina. Neste problema foram utilizadas ferramentas

matemáticas para tratamento e análise dos dados.

Neste estudo de caso, a aplicação de Curvas ABC e do modelo LEC projetou margens de até 50% na redução nas despesas do estoque, dependendo do item. Essas ferramentas e modelos matemáticos podem auxiliar empresários em tomadas de decisões sobre estoques.

Os dados estudados mostram que de fato a maioria dos itens do estoque não apresentam uma gestão adequada. Com frequência ocorrem as chamadas compras de oportunidade que incham o estoque, aumentando custos. Note que alguns produtos do estoque são comprados em quantidades estabelecidas pelo fornecedor/indústria, dificultando a gestão do estoque. No geral, o modelo LEC fornece resultados satisfatórios que minimizam custos.

## REFERÊNCIAS

CARVALHO, J. M. C. 2002. Logística. 3ª ed., Lisboa, Edições Silabo.

COYLE, J. J.; BARDI, E. J.; LANGLEY, C. J. 2002. The management of business logistics: a supply chain perspective. 7ª ed., Mason, South-Western College Pub.

CHING, H. Y. 2011. Gestão de estoque na cadeia de logística integrada: supply chain. 4ª ed., São Paulo, Editora Atlas.

GONÇALVES, P. S. 2013. Administração de Materiais. 7ª ed., Rio de Janeiro, Elsevier.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. 2013. Introdução à pesquisa operacional. 9ª ed., Porto Alegre, AMGH Editora.

## ÍNDICE REMISSIVO

### SÍMBOLOS

5S 62

#### A

Acidentes 99, 101, 104, 105, 106, 107

Análise bibliométrica 18, 29

Análise comparativa 27

Autonomous 62

Averías 61, 62, 65, 66, 68, 69, 70, 71, 72

#### C

Ciclo de produção 19, 21, 27

Confiabilidad 10, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 69

Cost deployment 62

Curvas ABC 46, 47, 48, 49, 60

Custos de estocagem 46, 47

#### D

Diagnóstico ambiental 18, 19, 21, 27, 28

Disponibilidad 7, 8, 61, 65, 69, 70

#### E

Educação Matemática 74

Ensino nas Engenharias 74

Ensino remoto 74, 76, 77, 79, 83

Estocagem 31, 36, 37, 41, 44, 46, 47, 51, 53, 59

Expedição 31, 36, 37, 44

#### F

Focus improvemente 62

#### G

Gestão de estoques 46

Gestão dos materiais 47

Gestão por processos 31, 32, 43, 44, 45

## I

Indústria metalúrgica 18

## M

Mantenimiento 61, 64, 65, 66, 69, 70, 71, 72, 73, 91

Mapeamento de processos 30, 32, 33, 34, 43

Meio ambiente 21, 23, 28, 99, 101, 105, 110, 112

Modelo de lote econômico de compra 46

Movimentação 31, 36, 37, 41, 44, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59

Movimentação de itens do estoque 53

## N

Normalización 86, 95

## O

Organización del trabajo 86

Otimização 33, 46, 47, 59

## P

Passagem de fauna elevada 99, 101, 105, 106, 108, 109, 110

People involvement 62

Pilar 61, 62, 63, 65, 66, 67, 90

Prevención de riesgos laborales 86

Procedimientos de trabajo 86

Processo de fundição 19

Productividad 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 63, 65

Producto interno bruto 1, 4

Protecciones individuales 86

## R

Recebimento 31, 32, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43

Rodovia 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 108, 110

## S

Standardisation 62

## T

Taxa de consumo dos itens do estoque 56

Time based management 62

Trabajadores 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16

## **V**

Visual management 62

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

 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

 @atenaeditora

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

---

*Collection:*

# APPLIED PRODUCTION ENGINEERING 2

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

 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

 @atenaeditora

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

---

*Collection:*

# APPLIED PRODUCTION ENGINEERING 2