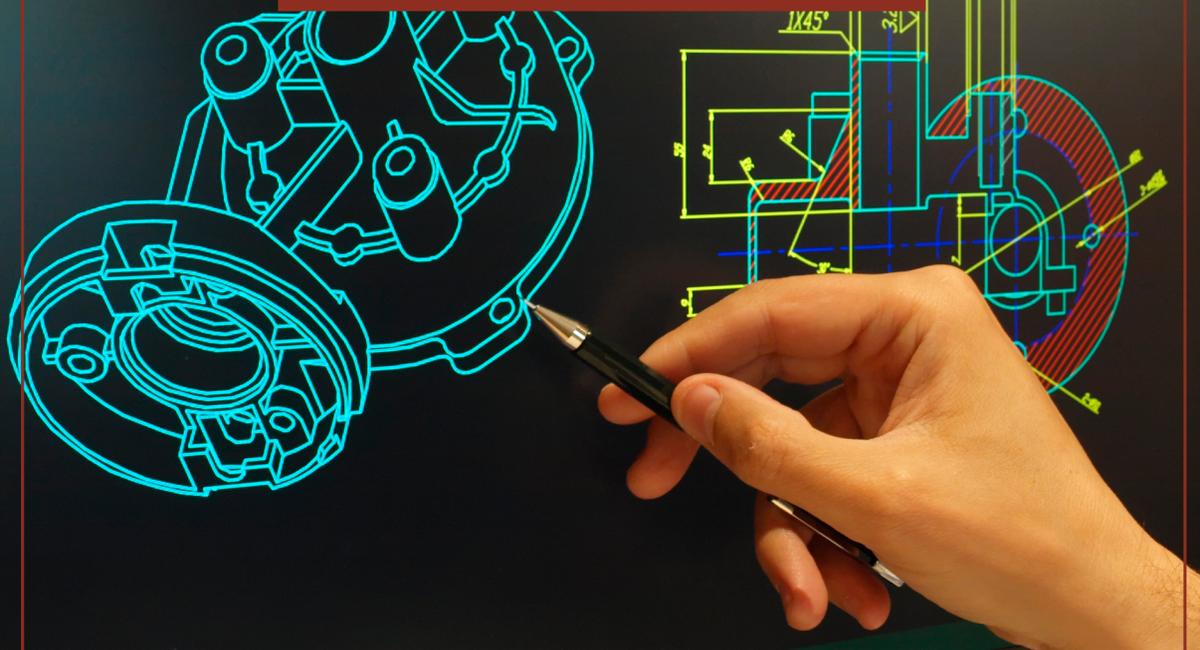
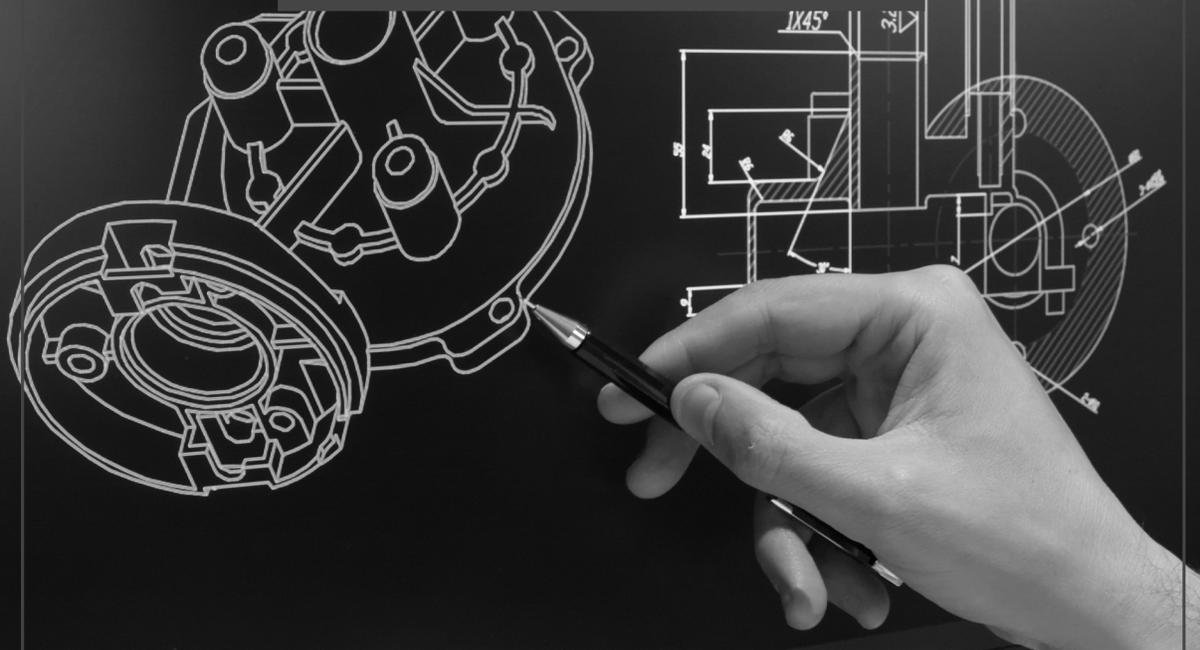


**Henrique Ajuz Holzmann**  
(Organizador)



# **Desafios, Limites e Potencialidade da Engenharia de Produção no Brasil**

**Henrique Ajaz Holzmann**  
(Organizador)



# **Desafios, Limites e Potencialidade da Engenharia de Produção no Brasil**

**Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecário**

Maurício Amormino Júnior

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Karine de Lima Wisniewski

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

Shutterstock

**Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

**Conselho Editorial**

**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

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

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

## **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

## **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá

Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

## Desafios, limites e potencialidade da engenharia de produção no Brasil

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecário** Maurício Amormino Júnior  
**Diagramação:** Luiza Alves Batista  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizador:** Henrique Ajuz Holzmann

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

D441 Desafios, limites e potencialidade da engenharia de produção no Brasil [recurso eletrônico] / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-353-8

DOI 10.22533/at.ed.538203108

1. Engenharia de produção – Pesquisa – Brasil.  
I. Holzmann, Henrique Ajuz.

CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

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

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

## APRESENTAÇÃO

O ramo da engenharia de produção ganhou cada vez mais espaço no decorrer dos anos, sendo hoje um dos principais pilares para o setor empresarial. Analisar os campos de atuação, bem como pontos de inserção e melhoria dessa área é de grande importância, buscando desenvolver novos métodos e ferramentas para melhoria contínua de processos.

Desta forma estudar temas relacionados a engenharia de produção é de grande importância, pois desta maneira pode-se aprimorar os conceitos e aplicar os mesmos de maneira mais eficaz.

Neste livro são explorados trabalhos teóricos e práticos, relacionados as áreas engenharia de produção, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente. Apresenta capítulos relacionados a gestão como um todo, assim como a aplicação de ferramentas para melhoria de processos e produtos e a redução de custos. Outro destaque se dá a interação entre o homem e o trabalho, sendo um dos ramos da engenharia de produção e que está cada vez mais em voga no momento atual.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **A UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA FMEA NA MELHORIA DE PROCESSOS EM UMA EMPRESA DE GESTÃO DE SERVIÇOS BANCÁRIOS**

Tássia Nayellen Costa Santos

Abrãao Ramos da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.5382031081**

### **CAPÍTULO 2..... 14**

#### **ANÁLISE DE UMA FINTECH A PARTIR DA TAXONOMIA DE SERVIÇOS E EXPERIÊNCIA DO CLIENTE**

Jessica Vasconcelos Guedes

Claudia Aparecida de Mattos

**DOI 10.22533/at.ed.5382031082**

### **CAPÍTULO 3..... 28**

#### **ANÁLISE DO CONSTRUTO DE COMPORTAMENTO ÉTICO EMPRESARIAL**

Eric David Cohen

**DOI 10.22533/at.ed.5382031083**

### **CAPÍTULO 4..... 38**

#### **APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS ERGONÔMICAS EM ÁREA DE ENCAIXOTAMENTO DE SACHÊ ATOMATADOS**

Antônio Lacerda Junior

Isabelle Rocha Arão

Karla Kellem de Lima

**DOI 10.22533/at.ed.5382031084**

### **CAPÍTULO 5..... 54**

#### **CASE – O USO DE LÂMPADAS COM TECNOLOGIA LED EM SALAS DE AULA DE UMA IES: PROPOSTAS DE OTIMIZAÇÃO E RACIONALIZAÇÃO PELO PONTO DE VISTA ECONÔMICO, TÉCNICO E ERGONÔMICO**

Giovani de Aguiar Francelino

Marco A. G. Schmachtenberg

Eduardo Blando

**DOI 10.22533/at.ed.5382031085**

### **CAPÍTULO 6..... 67**

#### **CONSCIENTIZAÇÃO DE PROCESSO PRODUTIVO**

Janaína Régis da Fonseca Stein

João Victor Lourenço

Henrique Moura

Laura Ribeiro

Leonardo Borges

Cristian Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.5382031086**

<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>71</b>
<b>GESTÃO OPERACIONAL NA PMERJ</b>	
Ítalo do Couto Ferreira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5382031087</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>80</b>
<b>MELHORIA CONTÍNUA</b>	
Janaína Régis da Fonseca Stein	
Flavio Mazocco	
Ana Manuela Gamito Capaes	
Diana Delsa Barduco Henrique	
Luciana Jorgetto Thomaz	
Pedro Rosa Bastos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5382031088</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>89</b>
<b>PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS APLICÁVEL A EMPRESAS JUNIORES: ESTUDO DE CASO DE UMA INSTITUIÇÃO FEDERAL DE ENSINO</b>	
Emerson Augusto Priamo Moraes	
Kênia Marianna Vieira Pires	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5382031089</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>101</b>
<b>SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL EM UMA INDÚSTRIA DE MÓVEIS: APLICAÇÕES NO SETOR DE EMBALAGEM</b>	
Kelly Cristine Rissardo	
Mateus Lopes Soares	
<b>DOI 10.22533/at.ed.53820310810</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>115</b>
<b>VIABILIDADE ECONÔMICA NA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO</b>	
Angelita Pezzi Pasqualon Bridi	
Éder Bridi	
Elenice Biassi Parizzi	
<b>DOI 10.22533/at.ed.53820310811</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>128</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>129</b>

## CASE – O USO DE LÂMPADAS COM TECNOLOGIA LED EM SALAS DE AULA DE UMA IES: PROPOSTAS DE OTIMIZAÇÃO E RACIONALIZAÇÃO PELO PONTO DE VISTA ECONÔMICO, TÉCNICO E ERGONÔMICO

*Data de aceite: 01/09/2020*

*Data de submissão: 05/06/2020*

### **Giovani de Aguiar Francelino**

Complexo de Ensino Superior de Cachoeirinha  
(CESUCA)  
Cachoeirinha – RS  
<http://lattes.cnpq.br/2632411029902430>

### **Marco A. G. Schmachtenberg**

Complexo de Ensino Superior de Cachoeirinha  
(CESUCA)  
Cachoeirinha – RS

### **Eduardo Blando**

Complexo de Ensino Superior de Cachoeirinha  
(CESUCA)  
Cachoeirinha – RS  
<http://lattes.cnpq.br/2367958941415659>

**RESUMO:** O presente artigo descreve um estudo de caso aplicado em salas de aula de uma IES (INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR) que utiliza lâmpadas com tecnologia LED e com base nisso, através do problema de pesquisa que foi colocado resolvemos fazer um estudo comparativo com salas de aula da mesma instituição que utilizam lâmpadas com tecnologia fluorescente, utilizando uma abordagem que contemple aspectos relacionados ao ponto de vista econômico, técnico e ergonômico para responder ao referido problema de pesquisa, visando otimizar e racionalizar o consumo de energia gasto, além de sugerir diretrizes para a IES com base nas propostas de melhorias

sugeridas, onde estas podem ser aplicadas em projetos de infraestrutura a serem desenvolvidos caso a Instituição de Ensino Superior vier a se interessar. Tal pesquisa nasceu através das demandas impostas pela disciplina de física III (Eletricidade e Magnetismo), ministrada no curso de Engenharia de Produção da citada instituição. Para desenvolver a mesma nos valem de uma abordagem interdisciplinar, aplicando para isto conhecimentos relativos à física, engenharia econômica, ergonomia e estatística.

**PALAVRAS-CHAVE:** LED, Ergonomia, Engenharia Econômica.

### CASE - THE USE OF LAMPS WITH LED TECHNOLOGY IN CLASSROOMS OF AN HEI: PROPOSALS FOR OPTIMIZATION AND RATIONALIZATION FROM AN ECONOMIC, TECHNICAL AND ERGONOMIC POINT OF VIEW

**ABSTRACT:** This article describes a case study applied in classrooms of an HEI (HIGHER EDUCATION INSTITUTION) that uses lamps with LED technology and based on that, through the research problem that was posed, we decided to make a comparative study with classrooms from the same institution that use lamps with fluorescent technology, using an approach that contemplates aspects related to the economic, technical and ergonomic point of view to answer that research problem, aiming to optimize and rationalize the consumption of energy spent, in addition to suggesting guidelines for the HEIs based on the proposed improvement proposals, where these can be applied to infrastructure projects to be developed if the Higher Education

Institution becomes interested. Such research was born through the demands imposed by the discipline of physics III (Electricity and Magnetism), taught in the Production Engineering course of the aforementioned institution. To develop it, we use an interdisciplinary approach, applying knowledge related to physics, economic engineering, ergonomics and statistics.

**KEYWORDS:** LED, Ergonomics, Economic Engineering

## 1 | PROBLEMA DE PESQUISA

É possível que o uso de lâmpadas com tecnologia LED em salas de aula gere uma economia de consumo, bem como proporcione melhores condições ergonômicas, através da percepção por parte dos alunos? A implementação desta tecnologia nas salas de aula da instituição de ensino superior em que foi feita a pesquisa atende aos critérios de tomada de decisão pelo ponto de vista da viabilidade técnica e econômica?

## 2 | OBJETIVO GERAL

Fazer a análise da tecnologia LED aplicada em lâmpadas, utilizadas em salas de aula de uma IES (INTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR) e com base nisso fazer o comparativo com lâmpadas que utilizam tecnologia fluorescente, a fim de responder ao problema de pesquisa pelo ponto de vista ergonômico, econômico e técnico.

## 3 | OBJETIVO ESPECÍFICO

Aplicar a pesquisa em duas salas de aula da IES (INTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR), uma que utiliza lâmpadas com tecnologia fluorescente e outra que utiliza lâmpadas com tecnologia LED, fazendo o levantamento e a análise de dados para responder ao problema de pesquisa.

## 4 | METODOLOGIA

A pesquisa de acordo com Silva e Menezes (2005) referente à sua natureza é considerada como uma pesquisa aplicada, ou seja, gera conhecimentos para aplicações práticas a solução de problemas, envolvendo interesses reais. A pesquisa ainda é classificada como descritiva, pois, observa, registra e analisa fatos, indicando a relação entre as variáveis. Gil (1999) define pesquisa descritiva como aquela que visa descobrir a existência de associações entre variáveis. Quanto à abordagem, esta pesquisa caracteriza-se como qualitativa, devido ao ambiente natural ser a fonte direta para a coleta de dados, interpretação de fenômenos e atribuição de significados (VIANNA, 2013). O referente texto é citado de Doce (2017).

O presente artigo foi desenvolvido utilizando o método de estudo de caso aplicado em salas de aula de uma instituição de ensino superior, em que foram escolhidas duas salas de aula onde foram realizadas as medições e coleta de dados, uma dotada com lâmpadas

com tecnologia fluorescente e a outra com lâmpadas com tecnologia LED, levando em consideração as diretrizes definidas para uma pesquisa de campo. Como ferramentas e recursos de medição foi aplicado um questionário qualitativo, distribuído para os alunos da sala de aula que possui lâmpadas com tecnologia LED, a fim de responder se foi observada por parte dos mesmos uma diferença no nível de iluminação na sala de aula em comparação com a sala que possui lâmpadas fluorescentes. Para que isso fosse realizado de forma imparcial foi decidida a troca de sala sem comunicar aos alunos, para que estes pudessem perceber ou não a diferença nas condições de iluminação das referidas salas de aula. Ao fim da aula ministrada foi solicitado para que todos respondessem ao questionário distribuído. Como instrumento de medição para a verificação das condições de iluminação nas salas foi utilizado um luxímetro. Decidimos fazer a medição da intensidade de iluminação, em cinco pontos das salas de aula e o valor registrado foi a média das medidas coletadas. As condições de iluminação das salas de aula foram as mesmas, para que possamos ter os dados mais confiáveis possíveis. Para coletar os dados referentes ao consumo elétrico foram verificadas as características técnicas das lâmpadas, bem como o valor do kWh cobrado e com base nisso estimado o consumo mensal, bem como o seu custo. Para verificar os dados relativos ao *payback* proposto foi feita uma entrevista com o responsável pela área em questão da IES e posteriormente aplicamos uma modelagem matemática para definir o *payback* calculado. Para a análise das condições técnicas das lâmpadas consideramos os dados relativos à durabilidade de cada uma. Também foi realizada pesquisa bibliográfica sobre o tema.

## 5 | INTRODUÇÃO

É sabido que desde os seus primórdios, através do advento do desenvolvimento tecnológico conferido às lâmpadas elétricas, estas têm sido de grande valia para a melhoria das condições de vida da sociedade. Isto representa um incremento de grande importância para o desenvolvimento econômico.

Sem o uso de lâmpadas elétricas é fato que não teríamos alcançado níveis satisfatórios, que de um modo ou outro afetam o desenvolvimento citado. Podemos citar as melhorias na produtividade, pois o uso de lâmpadas utilizadas adequadamente em um posto de trabalho confere uma maior produtividade, pois a acuidade visual fica menos prejudicada. Isto também contribui com a melhoria da qualidade dos produtos manufaturados, pois minimiza a incidência de refugos ou retrabalhos associados, além de contribuir para a minimização dos acidentes de trabalho. Também podemos citar a contribuição que o uso de lâmpadas elétricas conferiu para a melhoria nas condições de segurança pública. Todos estes aspectos afetaram e afetam diretamente as condições de vida da sociedade. E isto ocorre devido ao desenvolvimento tecnológico, que é fundamental para a melhoria das referidas condições.

Com base nestes aspectos o presente artigo apresenta um estudo de caso, que contempla o uso de lâmpadas com tecnologia LED em salas de aula de uma IES (INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR), através de propostas de otimização e racionalização pelo ponto de vista econômico, técnico e ergonômico. Onde é apresentado um comparativo entre duas tecnologias aplicadas ao uso de lâmpadas elétricas, uma que utiliza tecnologia fluorescente e a outra que utiliza tecnologia LED. Com base neste estudo de caso propostas de melhorias serão colocadas para a IES em que foi aplicada a pesquisa.

## 6 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 Tecnologia e princípio de funcionamento das lâmpadas LED

As primeiras pesquisas relativas ao uso do LED são da década de 1960 e a primeira cor a ser descoberta foi a vermelha, sendo em 1975 a descoberta da cor verde e em 1995 foi descoberto o LED de cor branca. Os primeiros LED'S utilizados na década de 1970 possuíam uma baixa luminosidade.

O princípio de funcionamento de uma lâmpada LED consiste através da passagem de uma corrente elétrica por um dispositivo constituído de material semicondutor, este recebe o nome de diodo que possui um terminal chamado de catodo e outro de ânodo, que quando polarizados tem a propriedade de transformar energia elétrica em luz.

Com o avanço da tecnologia LED, foi criada a lâmpada de LED, uma lâmpada de qualidade e longa duração; tecnologia esta que viria para inovar o mercado de lâmpadas. (SANTOS et al, 2015). A lâmpada de *Light Emitter Diode* (Diodo Emissor de Luz – LED) é uma evolução tecnológica que vem ganhando cada vez mais destaque no mercado de lâmpadas.

Uma lâmpada LED tem uma vida útil média de 50.000 h e a fluorescente possui uma vida útil média de 15.000 h, ou seja, a lâmpada LED possui uma vida útil média 3,33 vezes maior que a fluorescente. Portanto para cada 3 (três) lâmpadas fluorescentes substituídas gastamos apenas com 1 (uma) lâmpada LED. Levando em consideração que o valor unitário médio de uma lâmpada LED é de R\$ 16,50, tendo como referência o modelo utilizado pela IES e fazendo a comparação com o valor unitário médio de uma lâmpada fluorescente, que é de R\$ 11,50 temos uma vantagem significativa, pois isto representa que uma lâmpada LED é 1,43 vezes mais cara que uma fluorescente, onde isto não representa tanto impacto em termos de aquisição. Isto representa uma boa viabilidade técnica-econômica.

A utilização de lâmpadas LED tem representado um grande incremento em termos de eficiência energética, onde se pode fazer um comparativo com os outros tipos de lâmpadas.

De acordo com (DOE, 2011), as lâmpadas LED têm uma eficiência média de 64 lm.W<sup>-1</sup>. (SANTOS et al, 2015). Comparando com a eficiência das lâmpadas incandescentes, que é em média de 10 a 20 lm.W<sup>-1</sup> e com a eficiência das lâmpadas fluorescentes que é

em média de 40 lm.W<sup>-1</sup> tem-se uma boa vantagem. O incremento na eficiência energética contribui em grande parte para a melhoria das condições relacionadas à preservação ambiental, pois isso está relacionado a uma menor taxa de consumo elétrico. Outro fator que chama a atenção é que o LED é produzido com materiais atóxicos e isso não requer maiores preocupações em termos de descarte. Se ganha em eficiência e no custo relativo às tratativas para descarte de resíduos.

## 6.2 Comparativo de consumo lâmpada LED X lâmpada fluorescente

Para fazer a análise de comparativo de consumo entre as lâmpadas com tecnologia LED e as lâmpadas fluorescentes foram levadas em consideração as especificações técnicas dos dois tipos de lâmpadas utilizadas no estudo. A especificação coletada foi referente à potência informada para cada tipo de lâmpada. Também foi levada em consideração a quantidade de lâmpadas existentes em cada sala de aula.

Estudos revelam que o consumo com iluminação artificial é uma parte significativa para o consumo total de energia de um país (BLADH & KRANTZ, 2008).

As lâmpadas LED em que o estudo foi realizado possuem uma potência de 12 W e as lâmpadas fluorescentes possuem uma potência de 25 W. Cada sala de aula possui um total de 12 lâmpadas instaladas através de um circuito em paralelo como mostrado na figura abaixo.

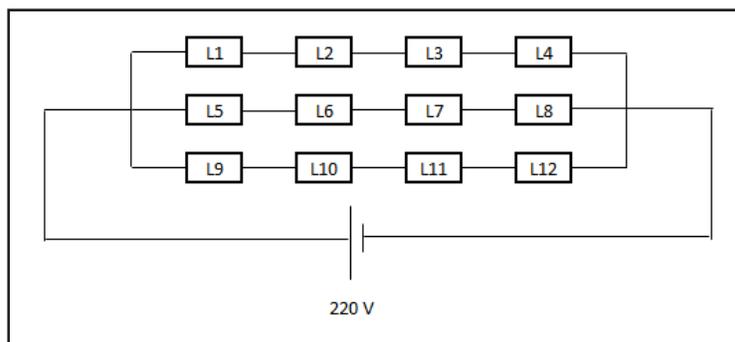


Figura 1 – Circuito de ligação das lâmpadas nas salas –  
Fonte: Elaborado pelo autor

O modelo matemático para o cálculo do consumo mensal é o que consta abaixo.

$$C = P \times t / 1000$$

C = Consumo mensal (kWh)

P = Potência Total (W)

t = Tempo (h)

Considerando a quantidade de lâmpadas por sala de aula, que são de 12 por sala e multiplicando este valor pela quantidade de salas de aula, que são 59 temos a quantidade total de lâmpadas. Sabendo a potência de cada lâmpada e multiplicando a mesma pela quantidade total de lâmpadas temos a potência total P para as salas de aula da IES.

Como parâmetro de estimativa podemos considerar um tempo t de 4 horas por dia, supondo que todas as lâmpadas estejam ligadas em todas as salas de aula e convertendo isto para um período de 25 dias, desconsiderando os fins de semana temos 100 horas por mês de consumo elétrico. Este valor informado para o tempo considera que as salas de aula são utilizadas apenas no período noturno. Este cenário está baseado em uma condição mais extrema de consumo. Aplicando estas variáveis ao modelo matemático informado temos os seguintes valores de consumo mensal em kWh, conforme consta na tabela abaixo.

<b>ANÁLISE DE CONSUMO ENTRE LÂMPADAS</b>	
<b>CONSUMO LED (kWh)</b>	<b>CONSUMO FLUORESCENTE (kWh)</b>
849,6	1770

Tabela 1: Análise de Consumo entre Lâmpadas

Fonte: Elaborado pelo autor

Com base nos dados de consumo informado constata-se uma economia de 108% no uso de lâmpadas LED em comparação ao uso de lâmpadas fluorescentes.

### **6.3 Aspectos ergonômicos - Medição de iluminância nas salas de aula e percepção dos alunos**

Levando em consideração que a melhoria das condições de trabalho devem ser desenvolvidas e projetadas para fazer com que os agentes envolvidos neste processo não tenham uma sobrecarga inadequada relativa às suas atividades laborais é de extrema importância a aplicação das técnicas de ergonomia. Isso foi um dos pontos que decidimos aplicar na referente pesquisa.

Existem várias definições de ergonomia e muitas discussões se ela é uma ciência ou uma práxis. Pode-se considerar que a ergonomia é uma ciência humana aplicada, que objetiva transformar a tecnologia para adaptá-la ao ser humano (GUIMARÃES, 2004). Com base no exposto algumas definições para a ergonomia são as seguintes.

“Ergonomia é o conjunto de conhecimentos científicos relativos ao homem e necessários para a concepção de ferramentas, máquinas e dispositivos que possam ser utilizados com o máximo conforto, segurança e eficácia” (WISNER, 1987).

“A ergonomia é uma disciplina científica relacionada ao entendimento das interações entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas, e a aplicação de teorias, princípios,

dados e métodos a projetos a fim de otimizar o bem estar humano e o desempenho global do sistema” (ABERGO, 2004).

Levando em consideração estes aspectos foi feita uma intervenção ergonômica em duas salas de aula da IES, com o objetivo de verificar o nível de iluminação ou iluminância que foi constatado, medido em lux, a fim de termos dados para sabermos se a intensidade luminosa existente nas referidas salas, uma com lâmpadas com tecnologia fluorescente e a outra com lâmpadas com tecnologia LED estava atendendo aos requisitos exigidos pelos padrões ergonômicos determinados em tabelas.

A iluminância, em um ponto particular de uma superfície, é a quantidade de fluxo luminoso uniformemente distribuído sobre a superfície, dividido pela área da superfície, A unidade de iluminância é o lux, ou seja, a iluminância produzida sobre 1 m<sup>2</sup> de superfície por um fluxo luminoso de 1 lúmen uniformemente distribuído sobre esta superfície. (GUIMARÃES, 2004).

A medição do nível de iluminação foi feita em salas de aula com características construtivas semelhantes, onde fizemos a coleta em 5 (cinco) pontos de cada sala, conforme mostrado na figura 2, utilizando um luxímetro Iminipa modelo MLM – 1020. Consideramos a altura de medição como sendo à distância do piso da sala até o tampo da carteira, pois é onde existe uma maior necessidade de visualização para a execução das atividades realizadas pelos alunos.

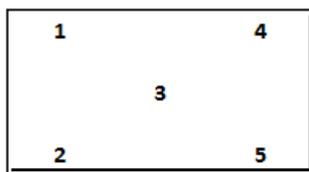


Figura 2 – Ilustração dos Pontos de Medição nas Salas (Vista Superior da Sala) –

Fonte: Elaborado pelo autor

Na sala de aula com lâmpadas fluorescentes constatamos os seguintes valores de nível de iluminação, conforme consta na tabela abaixo.

<b>SALA DE AULA COM LÂMPADAS FLUORESCENTES</b>					
<b>PONTOS DE MEDIÇÃO</b>	<b>PONTO 1</b>	<b>PONTO 2</b>	<b>PONTO 3</b>	<b>PONTO 4</b>	<b>PONTO 5</b>
<b>VALORES ENCONTRADOS (lux)</b>	217	215	270	210	210
<b>MÉDIA (lux)</b>	<b>224,4</b>				

Tabela 2: Medições de Nível de Iluminamento Fluorescente

Fonte: Elaborado pelo autor

Na sala de aula com lâmpadas LED constatamos os seguintes valores de nível de iluminamento, conforme consta na tabela abaixo.

SALA DE AULA COM LÂMPADAS LED					
PONTOS DE MEDIÇÃO	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5
VALORES ENCONTRADOS (lux)	280	273	260	230	230
MÉDIA (lux)	254,6				

Tabela 3: Medições de Nível de Iluminamento LED

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme determinado nos padrões ergonômicos tabelados o nível de iluminamento adequado para salas de aula é de 250 lux (GUIMARÃES, 2004). Constata-se que nas salas onde se utiliza lâmpadas fluorescentes este padrão não é atingido, pois a média constatada é de 224,4 lux. Já nas salas de aula em que são aplicadas as lâmpadas LED foi constatado uma média de 254,6 lux, atendendo os padrões de conforto luminoso exigido, possibilitando um incremento de 13,45% na melhoria do conforto luminoso.

Porém através de consultas realizadas em outras referências, como a norma brasileira NBR 5413 a mesma especifica 3 (três) níveis de iluminamento. Um mínimo, um médio e um máximo, de acordo com 3 (três) classes de aplicação, que são classe A, B e C. A escolha de cada um destes níveis de iluminamento deve ser feita através de um somatório de ponderação de fatores. Na tabela abaixo consta os critérios estabelecidos pela norma.

CLASSE	ILUMINÂNCIA (LUX)	TIPO DE ATIVIDADE
A – Iluminação geral para áreas usadas interuptament e ou com tarefas visuais simples	20 – 30 – 50	Áreas públicas com arredores escuros
	50 – 75 – 100	Orientações simples para permanência curta
	100 – 150 – 200	Recinto não usado para trabalho contínuo; depósitos
	200 – 300 – 500	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios.
B- Iluminação geral para áreas de trabalho	500 – 750 – 1000	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios.
	1000 – 1500 – 2000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas.
C – Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis	2000 – 3000 – 5000	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno.
	5000 – 7500 - 10000	Tarefas visuais muito exatas, montagem e microeletrônica
	10000 – 15000 – 20000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia.

Tabela 4: Tabela de Referência NBR 5413

Fonte: NBR 5413 (ABNT)

Para a escolha dos níveis de iluminação deve ser utilizado o critério mostrado na tabela abaixo para a ponderação de fatores, que leva em conta a idade do usuário, a velocidade de precisão da tarefa visual e a refletância do fundo da tarefa. Quando a soma algébrica for igual a  $-2$  ou  $-3$  adota-se o nível de iluminação mínimo, e quando o valor for de  $+2$  ou  $+3$  adota-se o nível de iluminação máximo, e o nível médio nos outros casos.

CARACTERÍSTICAS DA TAREFA E DO OBSERVADOR	PESO		
	-1	0	+1
Idade	Inferior a 40 anos	40 a 55 anos	Superior a 55 anos
Velocidade e precisão	Sem importância	Importante	Crítico
Refletância do fundo	Superior a 70%	30% a 70%	Inferior a 30%

Tabela 5: Ponderação de Fatores

Fonte: NBR 5413 (ABNT)

Para o estudo em questão e levando em consideração as especificações da NBR 5413 o nível de iluminação que deve ser aplicado nas salas de aula da IES é de 200 lux, sendo este considerado mínimo, pois de acordo com o perfil dos usuários das salas de aula o somatório da ponderação de fatores ficou em  $-3$ . Pelos critérios adotados pela NBR 5413 as salas de aula estão atendendo as especificações mínimas, porém pelos critérios adotados por padrões ergonômicos, como já citado acima não atendem para as salas com lâmpadas fluorescentes. Vale ressaltar que quanto maior for o nível de iluminação, respeitando limites máximos de acordo com o tipo de atividade a ser executada, melhor.

Foi realizada uma pesquisa qualitativa com os alunos que tiveram aula na sala com lâmpadas LED, onde foi questionado se houve percepção por parte dos mesmos em relação às melhorias das condições de iluminação conferidas no local. O formulário de pesquisa adotado é conforme consta na figura abaixo.

<b>QUESTIONÁRIO DE PESQUISA</b>	
<b>Você percebeu melhorias nas condições de iluminação desta sala de aula?</b>	
<input type="checkbox"/> <b>SIM</b>	<input type="checkbox"/> <b>NÃO</b>

Figura 3: Questionário de Pesquisa Qualitativa

Fonte: Elaborado pelo autor

A pesquisa foi aplicada para todos os alunos da sala de aula onde com base nisto foi constatado que 81,49% responderam que sim e 18,51% responderam que não.

Pelo o que foi constatado com base nas medições executadas é fato que o uso de lâmpadas LED confere uma melhor condição de luminosidade ao espaço. Este argumento é referenciado em pesquisas bibliográficas existentes sobre o tema.

Constatamos que na sala de aula que utiliza lâmpadas fluorescentes a medição no ponto 3 foi a mais alta de todas para este tipo de lâmpada. É sabido que um dos fatores que restringem o nível de iluminação em um determinado ambiente são os obstáculos situados próximos às fontes luminosas, como por exemplo, paredes. No diagrama mostrado na figura 3 percebe-se que o ponto 3 está afastado das paredes, e isto evidencia este maior nível de iluminação. Porém ao fazer a mesma análise para o mesmo ponto da sala de aula com lâmpadas LED percebe-se que o nível de iluminação constatado não possui uma maior variação em relação aos outros pontos. Para explicarmos esta situação um dos fatores que pode esclarecer este aspecto é que existe uma diferença na direção do feixe luminoso emitido por lâmpadas com tecnologia fluorescente, em que esta emite o feixe de forma espalhada pelo ambiente, onde o feixe luminoso emitido por todas as lâmpadas fluorescentes existentes na sala de aula se associam e de forma vetorial fazem com que o nível de iluminação do ponto 3 da sala com este tipo de lâmpada seja maior do que nos outros pontos.

#### **6.4 Aspectos econômicos – aquisição, pay back proposto, pay back calculado, consumo elétrico e economia**

Se a IES tomasse a decisão de substituir todas as lâmpadas de suas salas de aula por lâmpadas com tecnologia LED teria que fazer um investimento de R\$ 11.682,00, considerando um valor unitário estimado de R\$ 16,50 por lâmpada. Vamos considerar para este estudo, visando facilitar a análise que nenhuma sala de aula atualmente possui lâmpadas LED.

A engenharia econômica dispõe de diversas técnicas para a análise de viabilidade relativa a projetos de investimento. Dentre estas técnicas resolvemos aplicar no referido estudo a análise do tempo de retorno sobre o investimento, denominada de *pay back*. Procuramos utilizar dois tipos de *pay back*, o proposto e o calculado. O *pay back* proposto é aquele que a IES considera que seja mais adequado para as suas necessidades, de acordo com os seus critérios aplicados para a tomada de decisão, caso o possua. O *pay back* calculado é aquele que calculamos aplicando o modelo matemático que será apresentado. O objetivo é verificar se o *pay back* proposto pela IES está condizente com o *pay back* calculado e com base nisso mostrar para a IES um adequado caminho para este tipo de tomada de decisão. O modelo matemático para definir o *pay back* calculado é conforme mostrado abaixo.

$$PB = I / S$$

PB = Pay Back

I = Investimento

S = Economia constatada

Levando em consideração os dados apresentados para o consumo elétrico, citados no item 6.2 e considerando o valor do kWh cobrado para o tipo de consumidor, que é de R\$ 0,273, taxa esta cobrada pela ANEEL (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA), onde os seus componentes são R\$ 0,234 (tarifa bandeira verde) e R\$ 0,039 (tarifa normal), os quais recebem o código TUSD (tarifa normal) e TE (tarifa bandeira verde), onde não se incide tributos sobre estes valores, temos os seguintes dados para a análise do *pay back*, de acordo com a tabela abaixo.

DADOS DE PAY BACK	
INVESTIMENTO	R\$ 11.682,00
ECONOMIA	R\$ 251,27
GASTO LED /MÊS	R\$ 231,94
GASTO FLUORESCENTE /MÊS	R\$ 483,21
PAY BACK CALCULADO (MESES)	46,49
PAY BACK CALCULADO (ANOS)	3,87

Tabela 6: Dados de Pay Back

Fonte: Elaborado pelo autor

Analisando os dados apresentados na figura podemos constatar uma economia mensal de R\$ 251,27 no consumo elétrico, aplicando lâmpadas LED no lugar de fluorescentes. Com base nisso para um investimento estimado de R\$ 11.682,00 temos um *pay back* de 46,49. Isto significa que se for feito este investimento a IES terá o projeto pago em 46,49 meses, o que equivale há aproximadamente 4 anos.

Quanto ao *pay back* proposto a IES informou que não tem atualmente um valor especificado para este tipo de tomada de decisão.

## 6.5 Propostas de melhoria

Com base nos dados levantados pelo estudo em questão colocamos a hipótese se existe a possibilidade de ter-se uma maior vantagem quanto ao *pay back* e os demais fatores apresentados, como custo de aquisição e consumo elétrico, sem que isto comprometa o nível de iluminação mínimo recomendado pelos padrões estabelecidos.

A hipótese levantada foi a proposta de diminuição da potência das lâmpadas

LED utilizadas atualmente pela IES. Para isto consideramos a aplicação de estimativas baseadas em dados comparativos.

Conforme tabelas técnicas de equivalência entre lâmpadas é sabido que uma lâmpada fluorescente de 5 W é capaz de emitir 700 lumens de iluminância, logo uma lâmpada de 12 W pode emitir em média o equivalente a 1680 lumens. Para fazer a conversão de lúmen para lux adota-se o seguinte modelo matemático.

$$\text{LUX} = \text{NL} \cdot \text{lumens} / \text{A}$$

LUX = Nível de Iluminamento em lux

NL = Número de lâmpadas da sala

Lumens = Iluminância por lâmpada em lumem

A = Área da sala em m<sup>2</sup>

As salas de aula em que foi aplicado o estudo tem uma área estimada de 90 m<sup>2</sup>. Com base nisso e aplicando o modelo matemático em questão podemos estimar que o nível de iluminamento das salas de aula é de aproximadamente 224 lux.

Com base nisso para garantirmos o nível de iluminamento mínimo, recomendado pela NBR 5413, que é de 200 lux devemos utilizar lâmpadas LED de 10 W. Com isto também temos uma diminuição do consumo elétrico aplicado às lâmpadas.

Aplicando os modelos matemáticos mostrados nos itens 6.2 e 6.4 consegue-se obter uma redução de 20% no consumo de energia das lâmpadas e 11,11% de economia em aquisição, pois se estima que o valor unitário de uma lâmpada LED com 10 W do mesmo modelo utilizado pela IES é cerca de 10% menor que uma de 12 W. Também pode ser obtido a redução de 1 ano no *pay back* calculado.

Este tipo de proposta de melhoria evidencia o quanto se pode ter de vantagens com uma simples substituição de um tipo de lâmpada por outra, em termos de alteração de especificação de potência, sem ter-se maiores gastos aplicados, mantendo os padrões mínimos recomendados para o conforto luminoso.

## 7 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no que foi exposto no presente estudo de caso a resposta ao problema de pesquisa foi respondida de forma parcial, ou seja, é possível que o uso de lâmpadas com tecnologia LED em salas de aula gere uma economia de consumo, bem como proporcione melhores condições ergonômicas, através da percepção por parte dos alunos, bem como existe uma viabilidade técnica vantajosa devido ao incremento de vida útil, porém em relação aos aspectos de viabilidade econômica não foi possível obter uma resposta devido ao fato da IES não dispor no momento de um critério de escolha de *pay back* para a tomada de decisão em relação ao tipo de investimento proposto.

O referente estudo também serve como referência para a IES passar a utilizar algumas ferramentas de tomada de decisão vinculadas a engenharia econômica, como o uso do *pay back* para a análise de projetos de investimento. Também pode ser aplicado pela IES, tendo como referência as propostas de melhoria citadas.

A interdisciplinaridade também foi relevante para a elaboração do mesmo, pois podemos aplicar conhecimentos de física, engenharia econômica, ergonomia e estatística, revelando a importância destas áreas para o desenvolvimento deste *case*.

## REFERÊNCIAS

GRANDJEAN, Etienne. *Manual de Ergonomia – Adaptando o Trabalho ao Homem*. 4ª edição. Porto Alegre: Bookman, 1998.

GUIMARÃES, Lia Buarque de Macedo. *Ergonomia de Processo Vol. 1- Histórico e Ambiente*. 5ª edição. Porto Alegre: FEENG / UFRGS, 2004.

SANTOS, Talia Simões. BATISTA, Marília Carone. POZZA, Simone Andrea. ROSSI, Luciana Savoi. In: Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 20, n. 4, out / dez 2015. *Análise da Eficiência Energética, Ambiental e Econômica Entre Lâmpadas de LED e Convencionais*.

SCOPACASA, Vicente A. *Introdução à Tecnologia de LED*, LEDs LAPRO, pág. 5 a 11.

## ÍNDICE

### A

Análise Ergonômica do Trabalho 38, 53

APCE (Análise dos Processos Críticos por Especialistas) 1, 2, 4, 6, 7

### C

Conscientização 67, 69, 70

### E

Empresa Júnior 89, 90, 92, 93, 94, 97

Energia Solar 115, 116, 117, 118, 119, 125, 126, 127

Engenharia Econômica 54, 63, 66, 126

Ergonomia 38, 39, 40, 45, 52, 53, 54, 59, 66

Ergonomia Participativa 38

Ética Organizacional 28, 36

### F

FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) 1, 2, 3, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13

Fotovoltaicos 115, 116, 117, 119, 121, 122, 123, 125, 127

FTA (Failure Tree Analysis) 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13

### G

Gerenciamento de Projetos 89, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100

Gestão de Pessoas 28, 38

### I

Indústria de Móveis 101

### L

Layout 43, 44, 51, 52, 84, 101, 102, 109, 111, 113, 114

LED (Light Emitting Diode) 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66

### M

Mapeamento de Processos 1, 2, 4, 6, 8, 12, 13

Melhoria Contínua 3, 12, 34, 80, 81, 82, 83, 84, 87, 102, 106

Metodologia de Gerenciamento de Projetos 89, 90, 97, 98

### O

Operational Management 71

Ordinary Ostensive Policing 71

## **P**

PMBOK (Project Management Body of Knowledge) 89, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 98, 99, 100

Process Design 71

Processo Produtivo 67, 68, 80, 101, 106, 114

Produtividade 4, 25, 34, 40, 42, 56, 67, 70, 73, 80, 87, 97, 101, 102, 111, 113, 114, 117

## **S**

Simulação Computacional 101, 102, 104, 111, 113, 114

Sistema de Gestão da Qualidade 80, 83

## **T**

TrimTab 67, 68, 70

## **V**

Validação da Escala 28

Viabilidade Econômica 65, 115, 116, 119, 122, 125, 126

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)   
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)   
[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)   
[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

# **Desafios, Limites e Potencialidade da Engenharia de Produção no Brasil**

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)   
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)   
[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)   
[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

# **Desafios, Limites e Potencialidade da Engenharia de Produção no Brasil**