

A Engenharia de Produção na Contemporaneidade 2

Marcos William Kaspchak Machado
(Organizador)



Atena
Editora

Ano 2018

Marcos William Kaspchak Machado
(Organizador)

A Engenharia de Produção na Contemporaneidade 2

Atena Editora
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

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

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

M149e Machado, Marcos William Kaspchak
A engenharia de produção na contemporaneidade 2 [recurso eletrônico] / Marcos William Kaspchak Machado. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. – (A Engenharia de Produção na Contemporaneidade; v. 2)

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.
Modo de acesso: World Wide Web.
Inclui bibliografia
ISBN 978-85-85107-98-7
DOI 10.22533/at.ed.987180912

1. Engenharia de produção. 2. Gestão de qualidade. I. Título.
CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

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

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “*A Engenharia de Produção na Contemporaneidade*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora. O volume II apresenta, em seus 27 capítulos, os novos conhecimentos para a engenharia de produção nas áreas de gestão da qualidade, conhecimento e inovação.

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

A gestão da qualidade e inovação estão intimamente ligadas. Para atender os requisitos do mercado as organizações precisam inovar e gerenciar conhecimentos, sejam eles do mercado ou do próprio ambiente interno, tornando-a mais competitiva e focada no desenvolvimento sustentável.

Este volume dedicado à gestão da qualidade, conhecimento e inovação, traz artigos que tratam de temas emergentes sobre o papel da gestão e aplicação de ferramentas da qualidade, gestão do conhecimento e informação, inovação e desenvolvimentos de novos produtos.

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

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

Boa leitura!

Marcos William Kaspchak Machado

SUMÁRIO

GESTÃO DA QUALIDADE, CONHECIMENTO E INOVAÇÃO

CAPÍTULO 1	1
FATORES E TÉCNICAS DO CULTIVO DE CANA-DE-AÇÚCAR E SEUS EFEITOS NA QUALIDADE E NA PRODUTIVIDADE	
<i>Pedro Thomé</i>	
<i>Taciana Altemari Vaz</i>	
<i>Andréa Machado Groff</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9871809121	
CAPÍTULO 2	11
FATORES E TÉCNICAS DE PRODUÇÃO E SEUS EFEITOS NA PRODUTIVIDADE E NA QUALIDADE DE GRÃOS DE TRIGO	
<i>Karla Hikari Akutagawa</i>	
<i>Régis Eduardo Moreira</i>	
<i>Aylanna Alves da Silva</i>	
<i>Andréa Machado Groff</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9871809122	
CAPÍTULO 3	24
A MELHORIA EM PROCESSO PRODUTIVO COM A UTILIZAÇÃO DE UM DISPOSITIVO SEMIAUTOMATIZADO DE DOSAGEM E COM A ELIMINAÇÃO DE PERDA	
<i>Mario Fernando Mello</i>	
<i>Rafael Oliveira Pereira</i>	
<i>José Antônio Chiodi</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9871809123	
CAPÍTULO 4	37
ANÁLISE DA PERCEPÇÃO DOS CONSUMIDORES ACERCA DA QUALIDADE DAS ACOPLAGENS FABRICADAS POR UMA INDÚSTRIA DE SIDECAR ATRAVÉS DA METODOLOGIA NET PROMOTER SCORE: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DO SETOR AUTOMOTIVO	
<i>Juan Pablo Silva Moreira</i>	
<i>Felipe Frederico Oliveira Silva</i>	
<i>Paulo Henrique Fernandes Caixeta</i>	
<i>Henrique Pereira Leonel</i>	
<i>Vítor Augusto Reis Machado</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9871809124	
CAPÍTULO 5	50
METODOLOGIA DE ANÁLISE DE SOLUÇÃO DE PROBLEMAS APLICADA A UMA MICROEMPRESA DO SETOR DE IMIGRAÇÃO	
<i>Ingrid Costa Dias</i>	
<i>Fernando Oliveira de Araujo</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9871809125	
CAPÍTULO 6	70
ANÁLISE DO PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE NUMA INDÚSTRIA DE CONFECÇÕES DO ESTADO DO CEARÁ	
<i>Sandro Ítalo de Oliveira</i>	

CAPÍTULO 7 79

ANÁLISE DO PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO DO PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO DAS CERTIFICAÇÕES DO SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADA (SGI) À LUZ DA ISO 9001: UM ESTUDO DE CASO EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR

Juan Pablo Silva Moreira
Henrique Pereira Leonel
Vítor Augusto Reis Machado
Célio Adriano Lopes

DOI 10.22533/at.ed.9871809127

CAPÍTULO 8 92

IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA 9S NOS LABORATÓRIOS DE USINAGEM, FUNDIÇÃO E SOLDAGEM EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR

Alex Sander Chaves da Silva
Rodrigo de Paula Fonseca
Tiago Dela Savia
Frederico Ozanan Neves

DOI 10.22533/at.ed.9871809128

CAPÍTULO 9 105

IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA 5S EM UMA INDÚSTRIA DO SETOR METAL MECÂNICO NA REGIÃO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

Tiago Sinigaglia
Cristiano Ziegler
Tânia Regina Seiboth
Vanessa de Conto
Claudia Aline de Souza Ramser
Daniel beckert Espíndola
Nádyá Regina Bilibio Antonello

DOI 10.22533/at.ed.9871809129

CAPÍTULO 10 116

PROPOSTA PARA IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA 5S NO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PROCESSOS

Sirnei César Kach
Raquel Sassaro Veiga
Reinaldo José Oliveira
Thainá Regina Przibilowicz Kach

DOI 10.22533/at.ed.98718091210

CAPÍTULO 11 126

APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE QUALIDADE: ESTUDO DE CASO EM UMA MICROEMPRESA DO RAMO CALÇADISTA

Deborah Oliveira Candeias
Gabriella Santana Pinto
Fernanda Guimaraes e Silva
Alessandra Lopes Carvalho

DOI 10.22533/at.ed.98718091211

CAPÍTULO 12 138

APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE COMO SUPORTE PARA MELHORIA DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DA PRANCHA Y

Karoline Yoshiko Gonçalves
Nayara Caroline da Silva Block
Ademir Júnior Vedovato
Jorge Augusto dos Santos Vaz
Claudilaine Caldas de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.98718091212

CAPÍTULO 13 150

ANÁLISE DE CONFIABILIDADE ESTATÍSTICA PARA TOMADA DE DECISÃO SOBRE O PERÍODO DE GARANTIA NUMA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

Amanda dos Santos Mendes
Eliane da Silva Christo
Bruno Barbosa Rossetti

DOI 10.22533/at.ed.98718091213

CAPÍTULO 14 159

MODELO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO (MEG): APLICAÇÃO NUMA EMPRESA DO SETOR DE ALIMENTOS

Maria de Lourdes Barreto Gomes
Joao Carlos Lima Moraes
Natália Gomes Lúcio Cavalcante

DOI 10.22533/at.ed.98718091214

CAPÍTULO 15 173

AS FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS PARA O APOIO DOS PROCESSOS DA GESTÃO DO CONHECIMENTO NA INDÚSTRIA DE SOFTWARE: UMA PESQUISA EXPLORATÓRIA E BIBLIOGRÁFICA

Gisele Caroline Urbano Lourenço
Mariana Oliveira
Nelson Tenório
Rejane Sartori
Rafaela de Campos Benatti Gonçalves
Lúcio Rogério Lázaro Gomes

DOI 10.22533/at.ed.98718091215

CAPÍTULO 16 187

A IMPORTÂNCIA DOS NÚCLEOS DE GEOCIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE NA GESTÃO DO CONHECIMENTO DA REDE PETROGÁS DE SERGIPE

João Marcos dos Santos
Elias da Silva Lima Jr
Antônio Jorge Vasconcellos Garcia

DOI 10.22533/at.ed.98718091216

CAPÍTULO 17 197

ESTUDO DE CASO DE MINERAÇÃO DE DADOS PARA ANÁLISE DE BANCOS DE DADOS EMPRESARIAIS

Vinicius Tasca Faria
Alexandre Acácio de Andrade
Júlio Francisco Blumetti Facó

DOI 10.22533/at.ed.98718091217

CAPÍTULO 18 208

APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO E INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS COMO PILARES PARA O DESENVOLVIMENTO DAS ORGANIZAÇÕES: ESTUDO EM UMA FUNDIÇÃO DE ALUMÍNIO SOB PRESSÃO.

Marcos de Oliveira Morais
Antônio Sérgio Brejão
Celso Affonso Couto
Pedro Luiz de Oliveira Costa Neto

DOI 10.22533/at.ed.98718091218

CAPÍTULO 19 219

APLICAÇÃO DA FMEA NO SUBPROCESSO DE COLETA DE DOCUMENTOS DE PATENTE PARA INTELIGÊNCIA TECNOLÓGICA

Nayara Cristini Bessi
Fernando Jose Gomez Paredes
Roniberto Morato do Amaral
Pedro Carlos Oprime

DOI 10.22533/at.ed.98718091219

CAPÍTULO 20 232

DESENVOLVIMENTOS RECENTES SOBRE PARQUES TECNOLÓGICOS: UMA ANÁLISE DO PERÍODO DE 1975 ATÉ 2015

Adail José de Sousa
Fábio Chaves Nobre
Wellington Roberto Schmidt
Christiano França da Cunha
José Francisco Calil

DOI 10.22533/at.ed.98718091220

CAPÍTULO 21 246

DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS HÍBRIDOS DE ILUMINAÇÃO

Carlos Alberto Silva de Miranda
Sergio Luiz Araujo Viera
Anna Paula Coelho Belem
Lucas Freitas Viana
Nayara Goncalves Dantas Gomes

DOI 10.22533/at.ed.98718091221

CAPÍTULO 22	258
PROJETO DE DESENVOLVIMENTO DE UMA PALMILHA COM SISTEMA DE AQUECIMENTO ELÉTRICO	
<i>Amanda Regina Kretschmer</i>	
<i>Eva Raquel Neukamp</i>	
<i>Loana Wollmann Taborda</i>	
DOI 10.22533/at.ed.98718091222	
CAPÍTULO 23	273
APROVEITAMENTO DO PERMEADO DA ULTRAFILTRAÇÃO DO SORO DE LEITE PARA A PRODUÇÃO DE BEBIDA FUNCIONAL, ADICIONADA DE CORANTES NATURAIS EXTRÍDOS DO AÇAÍ (<i>EUTERPE OLERACEA MART.</i>)	
<i>Rachel Campos Sabioni</i>	
<i>Edimar Aparecida Filomeno Fontes</i>	
<i>Paulo Cesar Stringheta</i>	
<i>Patrícia Silva Vidal</i>	
<i>Mariana dos Reis Carvalho</i>	
DOI 10.22533/at.ed.98718091223	
CAPÍTULO 24	283
SISTEMA MECANIZADO DE PROCESSAMENTO PÓS-COLHEITA DE GUARANÁ: NOVA TECNOLOGIA PARA O AGRONEGÓCIO E A AGRICULTURA FAMILIAR	
<i>Lucio Pereira Santos</i>	
DOI 10.22533/at.ed.98718091224	
CAPÍTULO 25	294
SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE PROTEÍNAS NATURAIS	
<i>Gabriel Borges Guimarães</i>	
<i>Victor Miranda de Almeida</i>	
<i>Alexandre Reis de Azevedo</i>	
DOI 10.22533/at.ed.98718091225	
CAPÍTULO 26	308
ESTUDO COMPARATIVO DAS CARACTERÍSTICAS DE BIOPLÁSTICOS PRODUZIDOS A PARTIR DE POLVILHO DOCE COM DIFERENTES PROPORÇÕES DE AMIDO EM MICRO-ONDAS	
<i>Carolina Chaves Fernandes</i>	
<i>Victor Miranda de Almeida</i>	
<i>Alexandre Reis de Azevedo</i>	
DOI 10.22533/at.ed.98718091226	
CAPÍTULO 27	318
PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO E PROJETO INFORMACIONAL DO DUAL CASE: UM PROJETO DE DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO ESTOJO PARA ÓCULOS	
<i>Adriana Georgia Borges Soares</i>	
<i>Daniela Cristina de Sousa Silva</i>	
<i>Társila Cavalcante Bezerra</i>	
<i>Samira Yusef Araújo de Falani Bezerra</i>	
DOI 10.22533/at.ed.98718091227	
SOBRE O ORGANIZADOR	330

DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS HÍBRIDOS DE ILUMINAÇÃO

Carlos Alberto Silva de Miranda

Faculdade IBMEC – Escola de Engenharia
Belo Horizonte - MG

Sergio Luiz Araujo Viera

Faculdade IBMEC – Escola de Engenharia
Belo Horizonte - MG

Anna Paula Coelho Belem

Faculdade IBMEC – Escola de Engenharia
Belo Horizonte - MG

Lucas Freitas Viana

Faculdade IBMEC – Escola de Engenharia
Belo Horizonte - MG

Nayara Goncalves Dantas Gomes

Faculdade IBMEC – Escola de Engenharia
Belo Horizonte - MG

RESUMO: Avaliação da potencialidade e viabilidade da utilização de sistema coletor para o aproveitamento da luz solar, visando a sua seleção e aplicação em iluminação interna de edificações, com a aplicação de fibra óptica como meio de canalização da luz para o interior dos ambientes. O principal objetivo deste trabalho de pesquisa descrito é o levantamento das possibilidades de aplicação dos conceitos em projetos de engenharia e edificações, com foco na economia de energia elétrica no período diurno, a partir da aplicação de sistemas híbridos de iluminação. A pesquisa

baseou-se no levantamento de tecnologias similares e princípios físicos, subsidiando o desenvolvimento de um projeto conceitual de um protótipo funcional de coletor solar com lentes de formato parabólico, de baixo custo, com transmissão por fibra óptica, para embasar projetos de produção em escala. São descritos os procedimentos adotados no projeto de um sistema com eletrônica embarcada, baseada em plataforma Arduino, cuja finalidade principal é proporcionar ao sistema a capacidade de acompanhamento do sol, otimizando a captação de energia luminosa natural. Os resultados apresentados indicam que o sistema é viável e tem grande potencial de aplicação se desenvolvido em sua amplitude, onde a produção em escala permitirá sua aplicação econômica.

PALAVRAS-CHAVE: Coletor Solar, Energia Solar, Fibra Óptica, Iluminação, Luz Natural

ABSTRACT: Evaluation of the potentiality and viability of the use of collector system for the use of sunlight, aiming at its selection and application in internal lighting of buildings, with the application of optical fiber as a means of channeling light into the interior of the environments. The main objective of this research work is the survey of the possibilities of application of the concepts in engineering projects and buildings, focusing on the electrical energy saving in the daytime,

from the application of hybrid lighting systems. The research was based on the survey of similar technologies and physical principles, subsidizing the development of a conceptual design of a functional prototype of solar collector with low-cost parabolic format lenses with fiber optic transmission to support production projects in scale. The procedures adopted in the design of a system with embedded electronics, based on Arduino platform, whose main purpose is to provide the system with the ability to monitor the sun, optimizing the capture of natural light energy. The presented results indicate that the system is viable and has great potential of application if developed in its amplitude, where the scale production will allow its economic application.

KEYWORDS: Solar Collector, Solar Energy, Fiber Optics, Lighting, Natural Light

1 | INTRODUÇÃO

Segundo Purim (2008), o uso da energia solar como fonte alternativa de energia já tem sido bastante explorado. Porém, a maior parte das investidas em pesquisas e desenvolvimentos tem focado a conversão da energia solar em energia elétrica, através de painéis fotovoltaicos e no seu armazenamento em baterias, ou mesmo na utilização do calor gerado pelo sol para a utilização em sistemas de aquecimento de água. Para este autor, uma lacuna ainda não preenchida por estes trabalhos é a aplicação direta da luz solar em projetos de iluminação. O autor sugere que, mesmo que todas as construções possuam janelas e outras aberturas para a entrada de luz no período do dia, muitas edificações comerciais permanecem com suas luzes elétricas acesas durante o dia, dependendo das tarefas que são desenvolvidas nos seus habitáculos.

No Brasil, Geller (1990) observou que considerando os setores comerciais e públicos em São Paulo, o gasto final em iluminação foi de 44%. Apesar da grande incidência de energia solar, o Brasil não está entre os países que lideram o ranking de utilização desta energia para iluminação (PURIM, 2008; SOUZA, 2005). Atualmente existem poucos projetos que usam a fonte de luz solar, em forma de aplicação de tecnologias que aproveitam os benefícios da iluminação natural.

Desta maneira, o desenvolvimento de um sistema que colete a luz solar disponível em abundância e a conduza para o interior do ambiente pode vir a possibilitar a redução de custos com energia elétrica na iluminação diurna. Com o objetivo de avaliar esta afirmação, descrevemos aqui o processo de construção de um protótipo funcional, a partir dos princípios de um coletor parabólico que concentra os raios solares, conduzindo-os através de um cabo de fibra óptica em um sistema que acompanhará a posição do Sol durante o dia e detectará a redução da intensidade luminosa (em dias nublados, por exemplo) para a consequente ativação da iluminação artificial, otimizando assim o seu uso.

2 | JUSTIFICATIVAS E FUNDAMENTAÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO

O território brasileiro, em função da sua posição geográfica, situado entre a linha do Equador e o Trópico de Capricórnio, recebe uma significativa incidência de luz solar. A média anual de energia incidente na maior parte do território brasileiro varia entre 4,5 kWh/m² e 5,5 kWh/m² (COLLE & PEREIRA, 2008). Este fato representa um enorme potencial para os diversos usos da energia solar (iluminação, aquecimento e geração de energia elétrica). Porém, apesar da grande incidência de energia solar, a maioria dos projetos luminotécnicos está focado na geração de iluminação artificial e não consideram a iluminação natural como alternativa para reduzir o consumo energético (PURIM, Op. Cit.).

A demanda por energia elétrica no Brasil vem aumentando significativamente devido a diferentes fatores como o crescimento econômico, a inclusão social, e o incremento no consumo de serviços e produtos (MME, 2013). A iluminação elétrica representa uma significativa porcentagem dessa energia (EPE, 2016). No Brasil em 1993, aproximadamente 24% do total de energia elétrica consumida em edificações comerciais era usado na iluminação interna (PROCEL, 1993). Em um outro estudo, Geller (1990) observou que considerando os setores comerciais e públicos em São Paulo que o uso final em iluminação foi de 44%, um percentual bem superior ao apresentado pelo estudo da PROCEL.

A luz solar pode ser usada na iluminação de ambientes internos usando dutos de luz solar ou sistemas alimentados por fibras óticas, filamentos fabricados a partir de vidro ou plástico, envoltos por um revestimento de maior índice de refração, capazes de conduzir ondas eletromagnéticas (em especial a luz) com alta eficiência, utilizando o princípio da reflexão interna total. Ao atingir o seu destino final luz é dispersada através de um difusor (KIM & KIM, 2010). Este difusor pode dispersar a luz conduzida, a partir do efeito das lentes de Fresnel, ou através da utilização de uma barra de acrílico com fresagem de ranhuras direcionadas, como mostrado na Figura 1. Este sistema apresenta uma boa eficiência tanto com a alimentação por fibra óptica como em relação à utilização de fontes luminosas elétricas (como p.ex. pequenas lâmpadas de LED), favorecendo o desenvolvimento do sistema híbrido de iluminação conforme estudos desenvolvidos por Werring (2009).



Figura 1 - Exemplo de dispersor de luz

Fonte: adaptado de Werring (2009) apud Earl & Thomas (2003).

Este sistema híbrido de iluminação torna possível otimizar o consumo da energia gasta em iluminação, reduzindo as emissões de carbono associadas ao sistema de iluminação artificial, além de melhorar o nível de iluminação no interior das edificações (MOHELNIKOVA, 2009; KIM & KIM 2010; KOMAR & DARULA, 2012).

No âmbito nacional e internacional, diferentes pesquisas têm comprovado os benefícios destes sistemas híbridos, realçando a redução de consumo energético associado à iluminação artificial em horário diurno (LI et al, 2010; MAYHOUB e CARTER, 2012). No cenário brasileiro, apesar das condições climáticas e geográficas favoráveis, são poucas as pesquisas sobre os diferentes benefícios obtidos a partir do uso e integração destes sistemas no ambiente construído (SOUZA, 2003; SOUZA, 2005).

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

O protótipo desenvolvido baseia-se na seleção de um coletor parabólico com sistema de acompanhamento eletrônico, proporcionando ao conjunto o acompanhamento do movimento do Sol durante o dia e ao longo do ano, para otimização da captação da luz solar (Figura 2). A escolha de um coletor parabólico, ao invés de um coletor esférico, baseia-se no fato do espelho parabólico ter os raios incidentes convergidos para um único ponto. (SOMMERFELD, 2013):

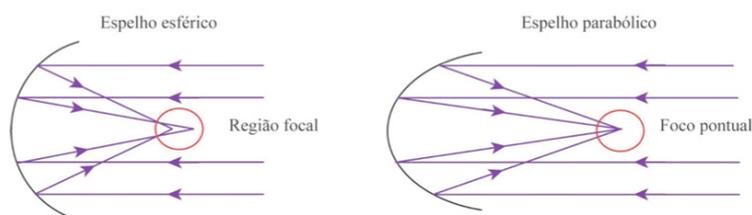


Figura 2 – Comparação entre coletor (espelho) esférico e coletor (espelho) parabólico

Fonte: os autores.

Para controlar o movimento do coletor, baseado no movimento em ângulo horário do Sol, utilizou-se de uma plataforma de prototipagem eletrônica Arduino, que possui hardware livre e placa única. Os benefícios de sua utilização são fornecer segurança e ter baixo custo (em escala industrial), além de poder ser conectada a praticamente qualquer coisa, seja um computador ou até outro Arduino.

Analisando a eficiência energética do sistema, tem-se que, segundo Muhs (2000), o sol emite uma intensidade de 970 W/m^2 em todo o seu espectro, sendo que praticamente a metade está na faixa do infravermelho e o espectro visível apresenta uma intensidade de 490 W/m^2 . O valor da iluminância (ou iluminamento) é obtido da seguinte forma: $E = F/A$, onde: E = iluminância (lux, lx); F = fluxo luminoso (lúmens, lm); A = área do ambiente (m^2). A grandeza “Eficiência Energética”, dada em lúmen por watt (lm/W) indica qual o fluxo luminoso emitido por uma fonte de luz para cada watt

consumido. Como a intensidade luminosa incidente na superfície da terra ultrapassa os 100000 lx, ou seja, 100000 lm/m² (BENYA, 2003), a eficiência teórica é ligeiramente acima de 200 lm/W.

No caso de lâmpadas, essa grandeza depende da tecnologia da lâmpada e varia de fabricante para fabricante. Fazendo uma comparação com o rendimento da iluminação elétrica podemos tomar como exemplo lâmpadas fluorescentes tradicionais de 20 W que emitem um fluxo luminoso de 1.060 lm conforme dados dos fabricantes. Isto corresponde a uma eficiência elétrica de 53 lm/W. Lâmpadas incandescentes têm rendimento muito inferior, na faixa de 9 a 16 lm/W. As novas famílias de lâmpadas fluorescentes tubulares chegam a um fluxo luminoso de 1.350 lm com 14 W, resultando em uma eficiência elétrica de 96 lm/W.

A iluminância e o cálculo luminotécnico são normatizados (NBR5413), pois cada ambiente requer um determinado nível de iluminância ideal, estabelecidos de acordo com as atividades a serem ali desenvolvidas (Quadro 1) e o caráter da tarefa e do observador (Quadro 2).

	ILUMINÂNCIA (lux)	TIPO DE AMBIENTE / ATIVIDADE
CLASSE A (áreas de uso contínuo e/ou execução de tarefas simples)	20 - 30 - 50	- ruas públicas e estacionamentos
	50 - 75 - 100	- ambientes de pouca permanência
	100 - 150 - 200	- depósitos
CLASSE B (áreas de trabalho em geral)	200 - 300 - 500	- trabalhos brutos e auditórios
	500 - 750 - 1.000	- trabalhos normais: escritórios e fábricas
	1.000 - 1.500 - 2.000	- trabalhos especiais: gravação, inspeção, indústrias de tecidos
CLASSE C (áreas com tarefas visuais minuciosas)	2.000 - 3.000 - 5.000	- trabalho contínuo e exato: eletrônica
	5.000 - 7.500 - 10.000	- trabalho que exige muita exatidão: placas eletro-eletrônicas
	10.000 - 15.000 - 20.000	- trabalho minucioso especial: cirurgia

Quadro 1 - Iluminância (em lux) para cada grupo de tarefas visuais

Fonte: ABNT- NBR5413

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

Quadro 1 - Iluminância (em lux) para cada grupo de tarefas visuais

Fonte: ABNT- NBR5413

As etapas cumpridas no desenredo do projeto estão descritas a seguir:

1^a Etapa – Pesquisa bibliográfica em bases de dados confiáveis (periódicos, jornais, bancos de teses e dissertações) e livros, sobre os conceitos físicos fundamentais relacionados e sobre as pesquisas e desenvolvimentos direcionados à problemática relacionada (iluminação solar, fibras óticas, sistema automatizados de acompanhamento, etc.);

2^a Etapa – Execução de projeto de design de produto de um coletor de luz solar, baseado no levantamento de informações executado na etapa anterior. O projeto foi

desenvolvido através da metodologia tradicional de design (BAXTER, 2000): Pesquisa, geração de ideias, geração de alternativas, seleção e detalhamento da melhor opção, bem como análise e seleção dos materiais adequados ao projeto a serem aplicados na etapa seguinte, com softwares 3D para modelagem e criação de projetos virtuais e otimização da engenharia do projeto;

3ª Etapa – Fabricação do protótipo inicial a partir de plataformas de prototipagem e impressão 3D e subsequentes testes de funcionamento dos mesmos;

4ª Etapa – Detalhamento do projeto e compilação dos dados levantados, de forma a promover a divulgação dos resultados. Formatação do projeto para geração de documentação e registro.

O baixo aproveitamento da potência luminosa do sol levou ao desenvolvimento de um sistema capaz de conduzir a luz com eficiência para a iluminação de ambientes internos. Para tal, como anteriormente mencionado, foi adotada a utilização de refletores parabólicos com o objetivo de direcionar a luz para o ponto de coleta, localizado no feixe inicial de fibras óticas. Porém, esse direcionamento pode levar ao aquecimento excessivo do espelho secundário e do feixe inicial de fibras óticas, como mostrado por Purim (2008) no desenvolvimento de um sistema similar utilizando o coletor parabólico em material polimérico.

Para isso, o alumínio foi selecionado como um possível material a ser utilizado neste coletor, pois apresenta características que viabilizam o projeto, como o baixo calor específico, proporcionando rápida dissipação do calor, além de leveza, resistência à corrosão, alta refletividade e baixo custo.

Um esboço em CAD foi desenvolvido para o sistema de coleta e acompanhamento dos raios solares, de acordo com os princípios anteriormente discutidos. Neste projeto, foi considerada a sua construção em alumínio e movimentação realizada com sistema de automação específico, composto por engrenagens e motores de passo, conforme visto na Figura 3, à seguir:

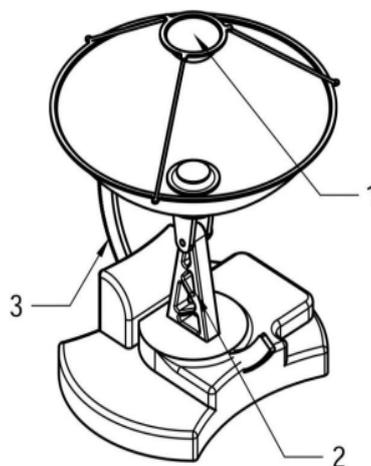


Figura 3 – Projeto CAD do sistema coletor idealizado pela equipe

Fonte: os autores.

O coletor descrito na figura acima é composto pelo coletor parabólico (1), o suporte do coletor (2), articulável conforme época do ano e posição geográfica de latitude, e pelo sistema de acompanhamento (3). Desta maneira, com o direcionamento da luz ao topo da fibra óptica, cujo feixe foi posicionado no centro da parábola inferior, o fluxo luminoso é direcionado à luminária, onde é dispersada através de uma barra de acrílico fresada (lente de Fresnel) de formato descrito na Figura 4, desenvolvida conforme o estudo de Werring (2009), possibilitando a dispersão da luz solar coletada no interior do ambiente de maneira mais eficaz, acompanhada de um refletor em alumínio posicionado em sua parte superior, maximizando a intensidade luminosa na área útil a ser iluminada.

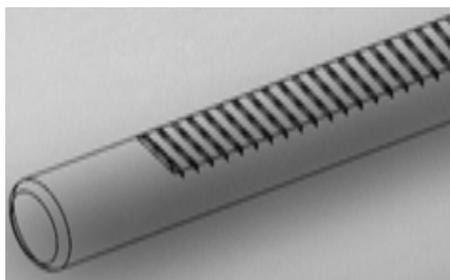


Figura 4 – Projeto CAD da barra dispersora (tipo lente Fresnel)

Fonte: os autores.

O projeto original inclui a utilização de uma fotocélula, a ser posicionada no interior do ambiente, a qual detectará a redução da intensidade luminosa e acionará a iluminação artificial, preferencialmente em LED. Assim, a luminosidade do ambiente não será prejudicada, no caso de encobrimento do sol por nuvens, por exemplo.

4 | CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

Um esboço em CAD foi desenvolvido para o sistema de coleta e acompanhamento dos raios solares, de acordo com os princípios anteriormente discutidos. No projeto original, foi considerada a sua construção em alumínio e movimentação realizada com sistema de automação específico, composto por engrenagens e motores de passo. Porém, para os testes iniciais realizados, simplificamos o projeto, prevendo a construção econômica do suporte e espelhos, bem como reduzindo a quantidade de movimentos, fixando a regulação de inclinação conforme latitude da cidade de Belo Horizonte e fazendo o uso de materiais mais baratos e acessíveis, como madeira (MDF) e plástico (PMMA metalizado), substituindo o uso do alumínio na etapa de testes funcionais.

O processo de prototipagem consistiu na construção e montagem dos componentes do sistema: coletor, fibra óptica, luminária, suportes e Arduino, conforme cálculos e referenciais obtidos anteriormente.

O coletor do protótipo consiste em dois espelhos parabólicos (primário e secundário) confeccionados em placa de acrílico aluminizada e fixados com hastes de acrílico, ajustado à posição do foco da parábola para concentração dos raios refletidos. O projeto foi feito através de CAD e os moldes foram usinados em MDF, para em seguida, ser feita a conformação do espelho através do processo de *vacuum forming*.

A fibra óptica foi adquirida através da FASA (empresa brasileira especializada em fibras óticas), com diâmetro nominal de 8 mm e comprimento de 1,5m. O comprimento da fibra óptica é limitado a 20m, devido à baixa eficiência na condução dos raios solares em distâncias superiores a este valor.

A luminária do protótipo foi construída a partir de uma barra de acrílico fresada em *router* CNC, conforme mostrado anteriormente na Figura 4, e um refletor em alumínio, permitindo a dispersão da luz transportada pela fibra óptica.

A base do coletor foi feita em MDF, cortado à laser e suas partes fixadas com cola à base de PMMA (polimetilmetacrilato). O prato foi fixado em um ângulo igual à latitude de Belo Horizonte.

A plataforma de prototipagem eletrônica Arduino foi utilizada para controlar do sistema de acompanhamento, sendo composta por um controlador Arduino UNO R3, um motor Shield L293D, um Micro Servo Motor 9g SG90, um Real Time Clock DS3231 e uma bateria 9V. O sistema eletrônico foi acondicionado no interior da base (Figura 5):



Figura 5 – Instalação do sistema eletrônico de controle baseado em Arduino

Fonte: Os autores.

Para a montagem final do conjunto, a posição do espelho secundário foi ajustada com os suportes de acrílico, procedendo-se à configuração do sistema Arduino através de programação em C/C++ e o ajuste da suporte de elevação do coletor e da rotação do motor, considerando a latitude da cidade de Belo Horizonte (19° 55' 15" S) e o caminho a ser percorrido pelo sol, durante um ciclo de 12 horas, para tal ajuste.

5 | TESTES E RESULTADOS

O protótipo foi acoplado a uma câmara escura, que é uma maquete de uma

residência, conforme mostrado na Figura 6, para a realização dos testes de luminosidade de forma a inferir a potencial eficiência do nosso sistema de captação de luz e iluminação.



Figura 6 – Teste do protótipo funcional do coletor solar

Fonte: Os autores.

Através de um luxímetro digital utilizado para coletar a iluminância no interior do ambiente foi determinado que, em média, 120 lux estavam sendo utilizados na iluminação do ambiente simulado. Como a área do ambiente é de 0,05 m², o fluxo luminoso obtido foi de 6 lúmens.

Baseado em dados obtidos no site Guia Casa Eficiente (<http://www.guiacasaeficiente.com>) listados na tabela 1, foram obtidas relações entre o fluxo luminoso (ϕ) e a potência (P) para três tipos de lâmpadas.

Incandescentes	Halogéneo	LEDs e CFLs	
Watts	Watts	Watts	Lumens
100 W	75 W	20 W	1600 L
75 W	55 W	15 W	1100 L
60 W	45 W	12 W	800 L
40 W	30 W	8W	450 L
25 W	19 W	5 W	210 L

Tabela 1 – Relação entre potência e fluxo luminoso para três tipos de lâmpadas.

Fonte: www.guiacasaeficiente.com/Iluminacao acesso em 04/2016

As relações obtidas, considerando o comportamento linear foram:

- Incandescente: $\phi = 18,594P - 283,65$
- Halógenas: $\phi = 25,054P - 290,4$
- LED: $\phi = 92,971P - 283,65$

Assim, a luminária no interior do ambiente gerou uma potência similar a uma

lâmpada incandescente de 15 W, halógena de 11 W e LED de 3W. Sabendo que a constante solar na faixa do visível é aproximadamente 490 W/m² e coletor utilizado tem uma área de 3,14 x 10⁻² m² foi captada uma potência de aproximadamente 15,4 W incidiu na área de do coletor. Considerando que 1 W luminoso equivale a 10 lúmens (www.rapidtables.com/calc/light/how-watt-to-lumen.htm), o fluxo luminoso captado é de aproximadamente 154 lúmens.

Como o fluxo de saída (luminária de acrílico) foi de apenas 6 lúmens, o coletor apresentou uma perda média de 96% na coleta e transmissão dos raios solares. Se considerarmos um sistema perfeito com os espelhos construídos em alumínio (refletividade de 80%), a intensidade no início do feixe de fibras seria aproximadamente 64 % da incidente (duas reflexões). A atenuação na fibra ótica pode chegar a 30 %, o que nos deixaria com aproximadamente 45% do fluxo incidente. A diferença entre a potência esperada e a obtida pode ser explicada por diversos fatores, dentre eles perdas no ajuste preciso do foco dos espelhos, perdas na reflexão nos espelhos (que não são espelhos perfeitos e sofreram redução de sua refletividade no processo de prototipagem) e, sobretudo, perdas na luminária.

A respeito da eficiência energética, mesmo considerando-se uma perda de 55% na coleta e transporte da luz através de um sistema de fibra ótica e demais perdas devido aos problemas supracitados, é esperado após a solução dos mesmos a obtenção de 60 lm/W (eficiência de 30%).

A grande limitação da iluminação direta é a impossibilidade do armazenamento da energia em forma de luz. Desta forma, sua aplicação restringe-se ao período diurno e a presença do Sol. Esta limitação é contornada utilizando-se de luminárias híbridas, isto é, com lâmpadas convencionais associadas às luminárias alimentadas pelas fibras óticas. Um sensor de luminosidade controla o nível do brilho das lâmpadas para complementar a luminosidade sempre que a iluminação solar não for suficiente.

Este sistema é uma tecnologia de rompimento, pois, como inovação tecnológica, permite a iluminação direta sem utilização da energia elétrica, trazendo os benefícios da luz natural com a conveniência da iluminação artificial.

Do ponto vista econômico, uma sala de aula padrão da faculdade dos autores usa 48 conjuntos de lâmpadas fluorescentes (40W cada) em funcionamento durante 15 horas diárias (período diurno e noturno), 25 dias por mês, gerando um consumo de 720kWh. Se o sistema alimentado por fibra ótica funcionar durante metade do período diurno (4 horas), o que representa uma estimativa modesta, já seria possível uma economia de 27 % no consumo.

6 | CONCLUSÕES

O desenvolvimento de um sistema híbrido de iluminação contribuiria efetivamente na redução dos custos de energia elétrica de uma edificação através da utilização de

parte da energia disponível em abundância fornecida pelo Sol. A iluminação direta de ambientes através da condução da luz solar é uma tecnologia que propicia diversos benefícios provenientes da luz solar fundamentais para o ser humano, contribuindo para uma melhor produtividade e gerando sensação de bem-estar.

O protótipo desenvolvido pela equipe evidenciou o funcionamento do modelo, que, mesmo com diversos problemas identificados, conduziu a luz solar até o interior do ambiente e gerou potência similar à uma lâmpada incandescente de 15 W. Dentre estes problemas, destacou-se a baixa eficiência demonstrada. Entretanto, este problema pode ser contornado com a adoção das medidas propostas baseadas em uma condição alvo capaz de conduzir a luz com eficiência e a construção de uma luminária mais eficiente.

A adoção de um modelo de sistema baseado em coletor parabólico e fibra óptica mostrou-se viável, e, a partir de alguns ajustes e incrementos no protótipo construído é possível gerar um sistema funcional capaz de reduzir os custos de iluminação em aproximadamente 30% fazendo com que o investimento neste sistema se torne interessante.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 5413 - ISSO-CIE – Iluminação de Ambientes de Trabalho, Rio de Janeiro, 2013.

BAXTER, M. Projeto de produto: Guia Prático para o Desenvolvimento de Novos Produtos. 2ª edição revista; tradução Itiro Iida. São Paulo: Edgard Blücher. 260p. 2000.

BENYA, J.; HESCHONG, L.; MCGOWAN, T.; MILLER, N.; RUBINSTEIN, F. Advanced Lighting Guidelines – ed 2003.

COLLE, S.; PEREIRA, E. B. Atlas de irradiação solar do Brasil, Brasília; Inmet/Labsolar, 1998.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Projeção de Demanda de Energia Elétrica para os próximos 10 anos (2013 – 2022). 2012.

GELLER, H. S. Efficient electricity use: a development strategy for Brazil. Washington: American Council for an Energy-Efficient Economy, 1990. 164 p.

KIM G.; KIM J. Overview and New Developments in Optical Daylighting Systems for Building a Healthy Indoor Environment. Building and Environment, v. 45, n. 2, Feb. 2010,pg. 256–269.

KOMAR L.; DARULA, S. Determination of the Light Tube Efficiency for Selected Overcast Sky Types. Solar Energy, v.86, n.1, Jan. 2012, pg. 157-163.

LI, D. H. W; TSANG, E. K. W; CHEUNG, K. L; TAM, C. O. An Analysis of Light-pipe System via Full-scale Measurements. Applied Energy, v. 87, n.1, Mar. 2010, pG. 799–805.

MAYHOUB, M.; CARTER, D. A Feasibility Study for Hybrid Lighting Systems. Building and Environment, v. 53, Jul, 2012, pg. 83–94.

MME – Ministério de Minas e Energia (2013). Balanço Energético Nacional 2013. Disponível em <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2013.pdf>. Acesso em: 29/04/2016.

MOHELNIKOVA, J. Tubular Light Guide Evaluation. *Building and Environment*, v. 44, n. 10, Oct. 2009, pg. 2193–2200.

PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ENERGIA ELÉTRICA (PROCEL). Manual de conservação de energia elétrica em prédios públicos e comerciais. 3. ed. 1993. 20 p.

PURIM, C. A. Desenvolvimento de um Coletor Solar para Iluminação Direta com Fibra Óptica. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento de Tecnologia-Programa de PósGraduação em Desenvolvimento de Tecnologia, Instituto de Engenharia do Paraná, Curitiba, 2008.

SOMMERFELD, G. F. F. Cônicas, quádricas e suas aplicações. Monografia (Departamento de Matemática) – Instituto de Ciências Exatas – ICEX, Belo Horizonte, 2013.

SOUZA, D. A. Avaliação Teórica e Experimental do Desempenho de Duto de Luz na Cidade de São Carlos – SP. Dissertação de Mestrado-Programa de Pós- Graduação em Construção Civil- Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

SOUZA, M. B. Potencialidade de aproveitamento da luz Natural através da utilização de Sistemas automáticos de controle para Economia de energia elétrica. Florianópolis, 2003. Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2003.

WERRING, CHRISTOPHER G. Design and Application of Fiber Optic Daylighting Systems. Kansas State University, Kansas, 2009.

SOBRE O ORGANIZADOR

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

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-85107-98-7

