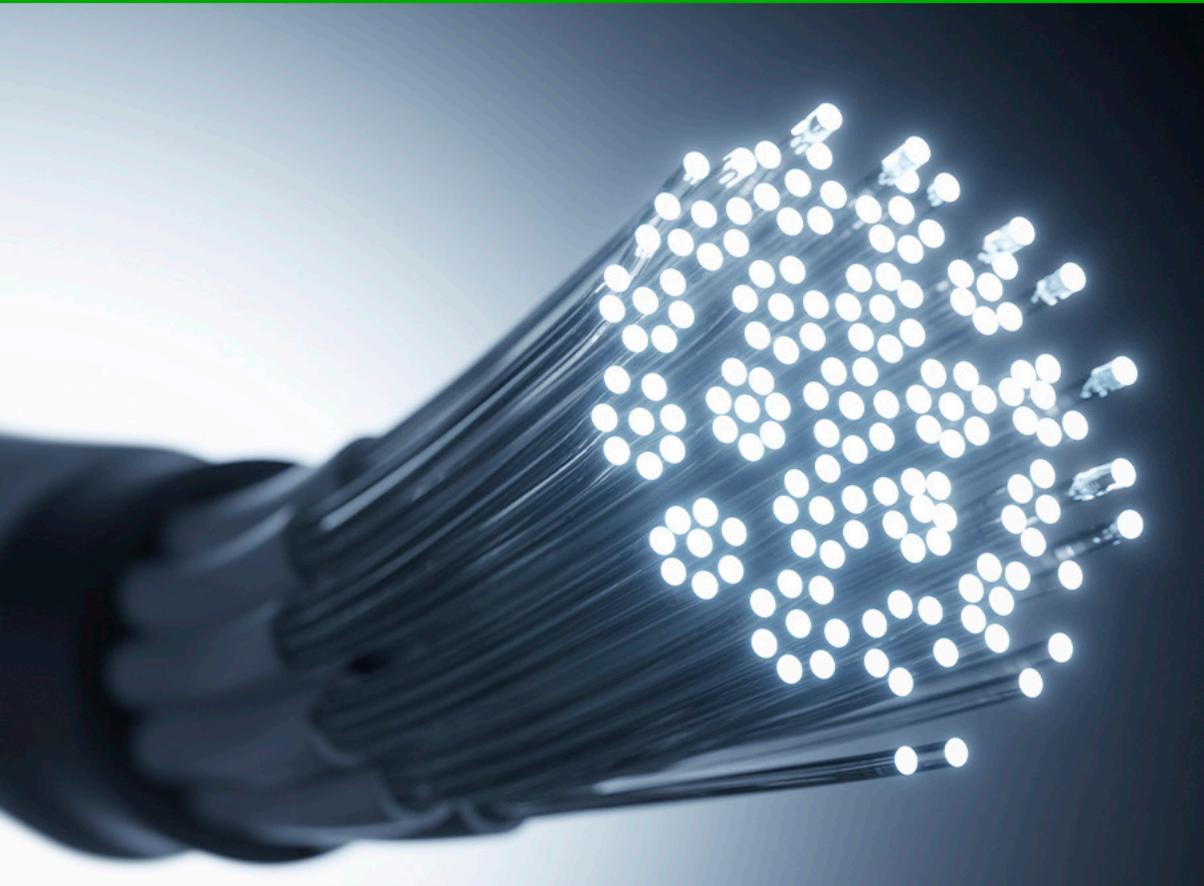


COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA ELÉTRICA 2



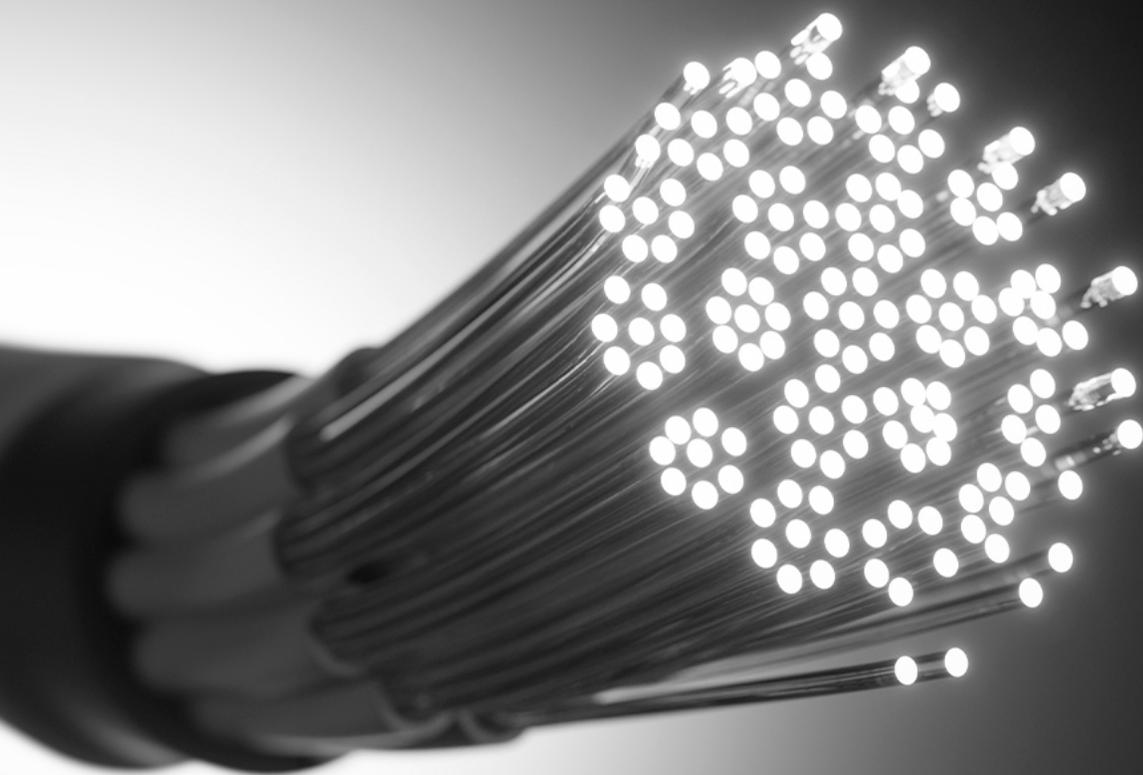
JOÃO DALLAMUTA
HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
(ORGANIZADORES)


Atena
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA ELÉTRICA 2



JOÃO DALLAMUTA
HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
(ORGANIZADORES)


Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



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

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

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

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

Conselho Editorial

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

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

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

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

Diagramação: Daphynny Pamplona
Correção: Flávia Roberta Barão
Indexação: Gabriel Motomu Teshima
Revisão: Os autores
Organizadores: João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia elétrica 2 /
Organizadores João Dallamuta, Henrique Ajuz
Holzmann. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-556-0

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.560211910>

1. Engenharia elétrica. I. Dallamuta, João
(Organizador). II. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). III.
Título.

CDD 621.3

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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

DECLARAÇÃO DA EDITORA

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

APRESENTAÇÃO

A engenharia elétrica tornou-se uma profissão há cerca de 130 anos, com o início da distribuição de eletricidade em caráter comercial e com a difusão acelerada do telégrafo em escala global no final do século XIX.

Na primeira metade do século XX a difusão da telefonia e da radiodifusão além do crescimento vigoroso dos sistemas elétricos de produção, transmissão e distribuição de eletricidade, deu os contornos definitivos para a carreira de engenheiro eletricista que na segunda metade do século, com a difusão dos semicondutores e da computação gerou variações de ênfase de formação como engenheiros eletrônicos, de telecomunicações, de controle e automação ou de computação.

Produzir conhecimento em engenharia elétrica é portando pesquisar em uma gama enorme de áreas, subáreas e abordagens de uma engenharia que é onipresente em praticamente todos os campos da ciência e tecnologia.

Neste livro temos uma diversidade de temas, níveis de profundidade e abordagens de pesquisa, envolvendo aspectos técnicos e científicos. Aos autores e editores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

PHOTODETECTOR OPTIC POWER OPTIMIZATION TO INCREASE THE GAIN ON SUB-OCTAVE MICROWAVE PHOTONIC LINK

Naiara Tieme Mippo
Paulo Henrique Kiohara Acyoli Bastos
Felipe Streitenberger Ivo
Olympio Lucchini Coutinho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5602119101>

CAPÍTULO 2..... 14

OPTOELECTRONIC SENSOR APPLIED TO FLOW RATE MEASUREMENTS ON OIL AND GAS INDUSTRY

Alexandre Silva Allil
Fabio da Silva Dutra
Cesar Cosenza de Carvalho
Regina Célia da Silva Barros Allil
Marcelo Martins Werneck

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5602119102>

CAPÍTULO 3..... 25

ANÁLISE DO ENVELHECIMENTO, PRECISÃO E EXATIDÃO EM SENSORES ÓTICOS FBG E RFBG QUE MEDEM TEMPERATURAS ENTRE 5 °C E 60 °C POR 16 SEMANAS

Karoline Akemi Sato
Camila Carvalho de Moura
Antonio Carlos Ribeiro Filho
Luis Camilo Jussiani Moreira
Valmir de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5602119103>

CAPÍTULO 4..... 38

EVALUACIÓN PARA INVERSIÓN CON OPTIMIZACIÓN DE SECCIÓN CONDUCTOR Y TENSIÓN DE DISTRIBUCIÓN. APLICACIÓN DE LOS ALGORITMOS DEL LEY DE KELVIN

Christian Arturo Ramirez Osorio
Enrique Buzarquis
Rodney Damián Fariña Martínez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5602119104>

CAPÍTULO 5..... 55

STRATEGIES OF VOLTAGE CONTROL BASED IN FUZZY LOGIC ALGORITHMS WITH ALTERNATIVE, CLEAN AND RENEWABLE GENERATION OPERATING WITH ANOTHER CONVENTIONAL ELECTRIC GENERATION IN WITH RADIAL LOADS IN POWER SYSTEMS STABILITY

Rodney Damián Fariña Martínez
Antonio Carlos Zambroni de Souza
Eliane Valença Nascimento de Lorenci

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5602119105>

CAPÍTULO 6..... 72

ESTUDOS DE TRANSITÓRIOS ELETROMAGNÉTICOS E ELETROMECAÑICOS” DA ENERGIZAÇÃO DA LT 500KV AYOLAS-VILLA HAYES SEM REATOR DESDE A CENTRAL HIDRELÉTRICA ITAIPÚ

Elisandro Rodriguez Buzarquis
Rodney Damián Fariña Martínez
Antônio Carlos Zambroni de Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5602119106>

CAPÍTULO 7..... 86

TRANSMISSÃO DE ENERGIA SEM FIO POR MEIO DE ACOPLAMENTO MAGNÉTICO RESSONANTE COM METAMATERIAIS CONVENCIONAIS E SUPERCONDUTORES

Arthur Henrique de Lima Ferreira
Lucas Douglas Ribeiro
Rose Mary de Souza Batalha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5602119107>

CAPÍTULO 8..... 96

DEGRADAÇÃO POR POTENCIAL INDUZIDO (PID): REVISÃO

Hellen Ferreira Barreto Miranda
Luan Peixoto da Costa
Stefhany Oliveira Soares
Jonathan Velasco da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5602119108>

CAPÍTULO 9..... 108

CAPACITOR BANK ALLOCATION IN DISTRIBUTION SYSTEMS USING THE DISCRETE PSO ALGORITHM

Luís Henrique Chouay Dall’ Agnese
Carlos Roberto Mendonça da Rocha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5602119109>

CAPÍTULO 10..... 119

DESIGN OF A TRANSMISSION-LINE METAMATERIAL WITH A NEGATIVE INDEX OF REFRACTION AT S-BAND

Lucas Douglas Ribeiro
Juscelino Júnior de Oliveira
Arthur Henrique de Lima Ferreira
Rose Mary de Souza Batalha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.56021191010>

CAPÍTULO 11 129

RADIO PROPAGAÇÃO E MODELAGEM PARA UMA PONTE SOBRE O RIO TOCANTINS

PARA LTE

Alaim de Jesus Leão Costa
Thiago Eleuterio da Silva
Diego Kasuo Nakata da Silva
Leslye Estefania Castro Eras

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.56021191011>

CAPÍTULO 12..... 141

TESTES DE IMUNIDADE CONTRA SURTOS ELÉTRICOS EM ELETRODOMÉSTICOS

Gustavo Oliveira Cavalcanti
Marcílio André Félix Feitosa
Kayro Félyx Henrique Pereira
Manoel Henrique da Nóbrega Marinho
Antonio Samuel Neto
Lucas de Carvalho Sobral
Pollyana Maria Ramos Gonçalves
Douglas Thiago Moreira Lara
Thiago Francisco Gomes
Renato Jardim Teixeira
Wagner Almeida Barbosa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.56021191012>

CAPÍTULO 13..... 152

AUTOMAÇÃO DA ILUMINAÇÃO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES - O SISTEMA DE CONTROLE DE ILUMINAÇÃO DALI: UM ESTUDO DE CASO

Marcos Noboru Kurata
Ênio Carlos Segatto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.56021191013>

CAPÍTULO 14..... 163

INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS E CONSTRUTIVAS NO EIXO DO ROTOR EÓLICO

Leonardo Pavan
Evandro André Konopatzki
Cristiane Lionço de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.56021191014>

CAPÍTULO 15..... 172

VIABILIDADE DO SISTEMA FOTOVOLTAICO NA REGIÃO DO RECÔNCAVO DA BAHIA

Gabriel Garcia Bastos de Almeida
Luanna Valéria Sousa Fonseca
Andréa Jaqueira da Silva Borges

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.56021191015>

SOBRE OS ORGANIZADORES 183

ÍNDICE REMISSIVO..... 184

AUTOMAÇÃO DA ILUMINAÇÃO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES - O SISTEMA DE CONTROLE DE ILUMINAÇÃO DALI: UM ESTUDO DE CASO

Data de aceite: 01/10/2021

Data da submissão: 06/09/2021

Marcos Noboru Kurata

Filiação: Teruyoshi Kurata / Quirina Kurata
IFSP Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de São Paulo – Campus São Paulo
São Paulo / SP
<http://lattes.cnpq.br/8712640364092545>

Ênio Carlos Segatto

Filiação: Ennio Mauro Segatto / Zuleika
Ambrozio Segatto
IFSP Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de São Paulo – Campus São Paulo
São Paulo/ SP
<http://lattes.cnpq.br/9792994865902593>

RESUMO: Alguns sistemas de iluminação existentes nas edificações são arcaicos e consomem muita eletricidade quando comparados às novas tecnologias. Este artigo relata ensaios realizados com o sistema Dali - Digital Addressable Lighting Interface e lâmpadas fluorescentes tubulares de alta eficiência para determinar a economia de energia gerada em relação à iluminação tradicional e avaliar a viabilidade econômica da solução.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência energética, controle da iluminação, sistema DALI, automação de iluminação

LIGHTING AUTOMATION AND ENERGY EFFICIENCY IN BUILDINGS - THE DALI

LIGHTING CONTROL SYSTEM: A CASE STUDY

ABSTRACT: Some existing lighting systems in buildings are archaic and consume a lot of electricity when compared to new technologies. This article reports tests carried out with the Dali - Digital Addressable Lighting Interface system and tubular fluorescent lamps to determine the energy savings generated in relation to traditional lighting and to assess the economic viability of the solution.

KEYWORDS: Energy efficiency, lighting control, DALI system, lighting automation.

1 | INTRODUÇÃO

Com o advento da revolução industrial e a produção de grandes volumes de bens através da construção de fábricas, onde os meios de produção eram aglutinados com as pessoas que iriam operá-los para depois embalá-los e distribuí-los, não houve uma preocupação com a degradação que ocorria no meio ambiente. Acreditava-se que a disponibilidade de recursos era infinita e que os rejeitos dos processos poderiam ser descartados sem problemas.

As alternativas que surgiram para solucionar essa questão foram evoluindo ao passo em que o consumo e o crescimento urbano foram aumentando de forma exponencial. Processos de descarte e reciclagem, uso racional de materiais, novos produtos sintéticos que substituem matérias-primas de recursos naturais,

entre outros avanços, marcaram o fim do século XX e a entrada deste novo século. Entretanto, o foco das grandes organizações e potências econômicas está voltado para um problema: “como continuar atendendo à demanda por energias, sobretudo elétrica, considerando o acelerado crescimento populacional frente às limitações da produção energética”.

Embasado por essa premissa, este trabalho conduz a uma análise sobre as vantagens de se usar um sistema de automatização eletrônico de fontes de energia, especificamente o controle de iluminação artificial, no intuito de satisfazer não apenas à demanda, mas melhorar a eficiência dos projetos e contribuir com as discussões para eficiência energética visando políticas de sustentabilidade para o país.

2 | EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS PREDIAIS

A necessidade da utilização mais eficiente da energia elétrica em edifícios, levou ao desenvolvimento técnico em diversos sistemas prediais onde este insumo é utilizado. A figura 2 indica, no gráfico, o uso final energia elétrica em edifício comercial e permite verificar que os maiores sistemas consumidores são: ar condicionado, 42%; iluminação, 24%; equipamentos de escritório, 15% e elevadores e bombas, 13%.

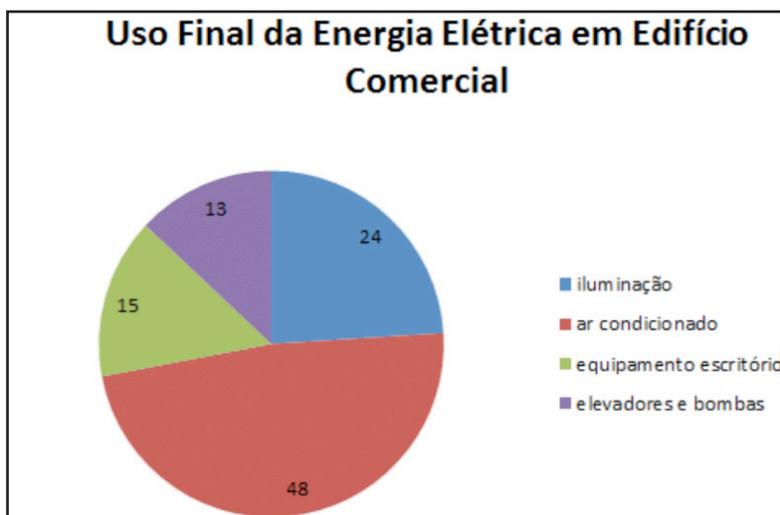


Figura 2 - Uso final da energia elétrica em edifício comercial.

Fonte: (LAMBERTS, 2013).

2.1 Sistemas de Controle de Iluminação

Os sistemas de controle de iluminação passaram de sistemas isolados, analógicos para digitais centralizados, conforme a figura 3.

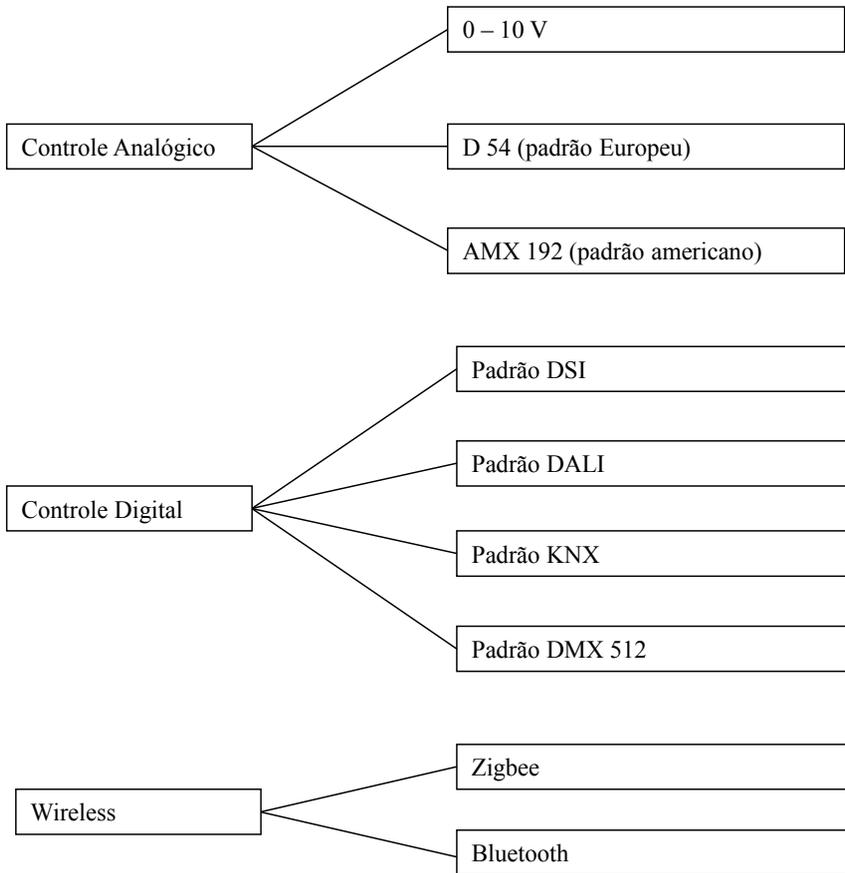


Figura 3 - Sistemas de Controle de Iluminação: Analógico, Digital e sem fio

Fonte: Própria

2.2 DALI – *DIGITAL ADDRESSABLE LIGHTING INTERFACE*

2.2.1 *Histórico*

Entre todos os protocolos digitais e analógico, o mais flexível e promissor para controles de iluminação e novas aplicações futuras é o DALI.

O padrão DALI, que é um acrônimo de *Digital Addressable Lighting Interface*, é um protocolo aberto que surgiu no final do ano de 1990, com a iniciativa dos principais fabricantes e desenvolvedores de sistemas de controle digital e analógico de iluminação e luminárias da época, como OSRAM, Helvar, Trilux, Tridonic e outros líderes. Ele é especificado pela norma internacional IEC 62386, sendo irrestrito a qualquer fabricante.

Até junho de 1996, apenas 34 marcas participavam do protocolo DALI e hoje já são mais de 120 empresas, organizações e desenvolvedores que participam do grupo de membros DALI. É possível conferir todos os membros, além de projetos já realizados com o

protocolo, no endereço eletrônico www.dali-ag.org.

No início, intuito era desenvolver um padrão de protocolo digital intercambiável entre diversos fabricantes, que facilitasse a aplicação e permitisse:

- Baixo custo de instalação, com redução dos cabos e fiação dos controles e comandos.
- Controle individual de lâmpadas e luminárias dentro de circuitos complexos.
- Capacidade de adicionar componentes, sensores e outros equipamentos propriedade.
- Via de informação e controle bidirecional entre a fonte e o controlador

Desde sua criação, foi submetido a vários testes que lhe possibilitaram muitos avanços e desde o 2001 assumiu importante papel na automatização de edifícios e indústrias, contribuindo diretamente para a eficiência energética das instalações. Um exemplo bastante divulgado do uso deste protocolo é o caso da Copa do Mundo de 2006, que teve o Estádio Olímpico de Berlim totalmente iluminado e controlado por centrais DALI.

Para a indústria o DALI trouxe muitos benefícios e também mudou a maneira como projetistas, *light designers*, instaladores e o próprio conceito das aplicações luminotécnicas, que agora contam com mais flexibilidade para aplicações simples ou complexas.

2.2.2 Áreas de aplicação do DALI

Ao contrário dos protocolos digitais que surgiram logo em seguida dos analógicos, o DALI não é uma releitura simplificada, ele vai além disso. Em poucos anos de avanço tecnológicos as empresas-membro do DALI desenvolveram e aperfeiçoaram as ferramentas de análise e controle.

Uma notável aplicação é marcada pela variação de tipos de luminárias, reatores e tipos de lâmpadas que hoje podem ser controladas por uma interface DALI. Inicialmente, o sistema era focado para luminárias de lâmpadas fluorescentes ligadas a reatores. Atualmente são agregados de maneira simples lâmpadas halógenas de 12 volts, lâmpadas de descarga e principalmente LED, não em sua forma pura, mas através de seus *drivers* de acionamento e controle.

Em vez de controlar apenas o sistema de acendimento e tempo de funcionamento das lâmpadas, o DALI oferece um mecanismo simples de controlar a luminosidade, por meio da integração de sensores, retornando ao controlador um mapeamento completo e instantâneo sobre a performance do sistema. Antes do seu desenvolvimento, esse tipo de automatização era muito oneroso e pedia de muita infraestrutura, além de ser restrito a marcas que não compartilhavam seus sistemas para intercambiar com outros fabricantes.

Outra vantagem do DALI é a descentralização dos controles, permitindo mais flexibilidade ao processo como um todo. Desta forma, grandes edifícios e empresas podem ter polos de controle e operação distribuídos por toda a instalação. Isso não impede que o

projeto do DALI seja unificado a qualquer momento para uma única central de controle.

Em termos de proporção e adequação do uso aos ambientes pode-se dizer que o DALI é altamente adaptável. Sua aplicação pode partir de uma única luminária com um único reator acoplados a um multisensor, que irá oferecer controle de luminosidade, detecção de movimento por sistema de infravermelho passivo (PIR – *passive infra-red sensor*) e até operação por controle remoto do tipo IR (*infra-red*). Esta configuração mínima requer um simples painel de controle ou o próprio controle remoto e se classifica como uma instalação autônoma de controle.

Partindo para uma configuração mais ampla, o DALI oferece a opção de se combinar com outros sistemas de controle, como um subsistema e como um sistema agrupado, na qual a central de controle energético do edifício poderá monitorar e designar operações ao sistema, corrigindo demandas, acionamentos e até mesmo cenários de iluminação.

A parte estrutural também ganha com o sistema DALI. Por se tratar de um sistema bidirecional, onde apenas um par de cabos envia e recebe informações protocoladas, a qualquer momento uma nova luminária pode ser inserida ou retirada do trecho sem ter que passar reformas ou alterações complexas.

Em termos técnicos o DALI também suas limitações. Um dispositivo controlador pode coordenar até 64 dispositivos em suas saídas. Essa linha de controle dispensa o uso de relés e pode ser associada a vários sensores espalhados pelo percurso, que é composto por uma estrutura cabeada muito simples. As figuras 4 e 5 exemplificam a instalação básica e suas limitações.

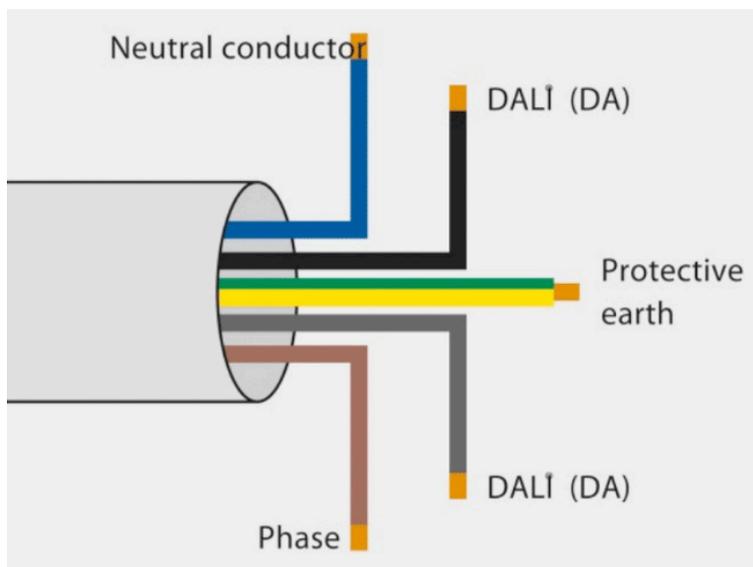


Figura 4 - Esquema de cabos estruturados do DALI

Fonte: OSRAM

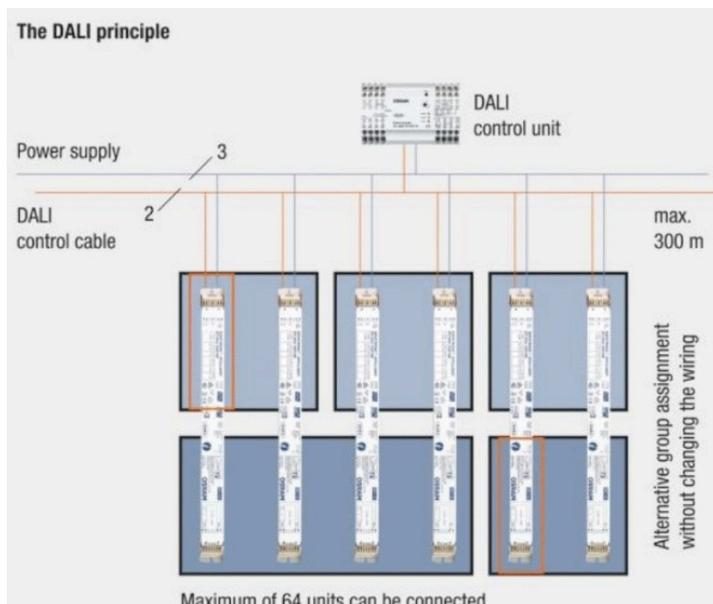


Figura 5 – Princípio básico de ligação ao controlador

Fonte: OSRAM

Basicamente, um controlador pode ser comparado a um controlador lógico programável – CLP – com a diferença que o DALI é exclusivo para iluminação e seus mecanismos. Entretanto à sua extensiva funcionalidade e flexibilidade, projetos com esse protocolo podem ser facilmente integrados a outros sistemas de automação de um edifício via *gateways*.

Como em todo sistema de controle o DALI também necessita de um certo treinamento na operação e desenvolvimento de toda a lógica que comandará a iluminação. Porém, as empresas já passam a oferecer cursos ou o próprio serviço de projeto, facilitando ainda mais para quem deseja instalar o DALI.

Simplificadamente, um sistema DALI, composto por um controlador unitário de 64 saídas, poderá ser programado via software, normalmente por uma plataforma Windows, e depois poderá ser controlado por algum mecanismo, seja por um computador ou software específico para algum mecanismo de interface homem-máquina. Entretanto, existem mecanismos controladores que acionam diretamente o controlador DALI, como por exemplo interruptores com dimerização digital. Alguns fabricantes também dão ao DALI um ar mais tecnológico, com sensores e acionadores que funcionam em paralelo e interoperáveis, permitindo ampliação das áreas de controle individual ou coletivas.

Com esse conceito simplificado de instalação do DALI, muitos edifícios comerciais, indústrias e até mesmo residências ou pequenos comércios investiram na aplicação dessa tecnologia e passam a se enquadrar como “edifícios verdes”.

3 | METODOLOGIA

O sistema de controle Dali modelo ECO compreende um controlador, um sensor de presença e luminosidade e reatores. No projeto aqui descrito, ele foi instalado em uma residência, numa área com 2,75m de largura, 4,70 m de comprimento e 2,20 m de altura. Por meio do software Lumisoft, da Lumicenter, baseado no método dos lúmens. Foram especificadas duas luminárias de 2 x 40W para obter nível de iluminação de 500 lux. Eles foram instalados no ambiente e a coleta de dados foi feita no monitor de uso de eletricidade P4400, da P3 International Corporation. As medições de luminosidade foram feitas com o Digital Lux Meter MLM-1011, da Minipa.

O controlador “dimeriza” as luminárias do laço DALI-1 e no laço-2 dá um *offset* em relação à máxima capacidade de iluminação do sistema.

O acendimento das lâmpadas ocorre quando uma pessoa entra no ambiente, conforme indica a figura 6, no primeiro símbolo no eixo das ordenadas. O desligamento ocorre 15 minutos após a saída do último ocupante da sala.

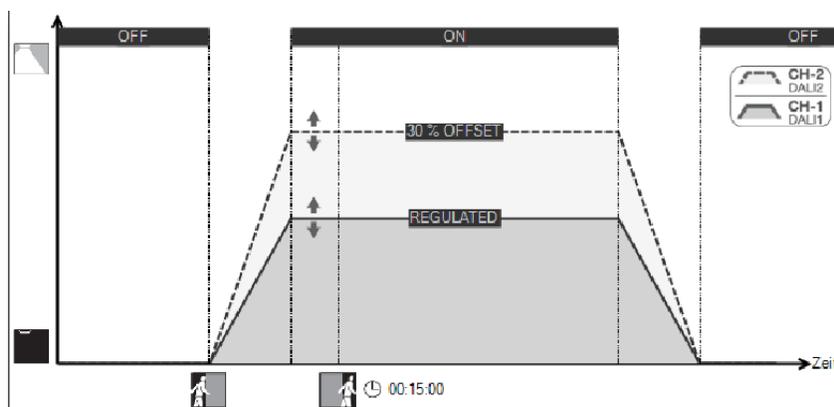


Figura 6 - Desenho esquemático do acendimento, “dimerização” e desligamento das lâmpadas do controlador DaliECO

Fonte: Manual DaliECO application guide v01b

Foram feitas medições de consumo com lâmpadas de 40 W e 36W com reator eletrônico tradicional sem dimerização e de 28W com reator Dali sem dimerização. Os valores obtidos são apresentados na tabela 1.

Tipo de lâmpada	V (V)	I (A)	P (W)	S (VA)	F (Hz)	FP	Economia (W) (2)	Economia (VA) (2)
Osram 40 W (1), T10 - luz do dia especial	118,3	0,64	65,8	76	60	0,86		
Philips 40 W (1), T10 - branca luz do dia	120	0,66	68	78,4	60	0,86		
Slim Fluor ECP 6400 K, 36 W (1), T8 - branca luz do dia	116,9	0,51	58,6	60,6	59,9	0,96	-13,82	-22,70
Slim Fluor ECP 6400 K, 36 W (1), T8 branca luz do dia	115,9	0,52	58,6	60,1	60	0,96	-13,82	-23,34
Osram 28 W (1), T5 - cool white	119,6	0,49	56,5	58,5	60	0,96	-16,91	-25,38
(1) Considerando duas lâmpadas de cada potência (40, 36 e 28 W)								
(2) Economia comparada com a lâmpada Philips								

TABELA 1: Valores de consumo das lâmpadas fluorescentes tubulares de 40, 36 e 28W sem dimerização.

Já a tabela 2 mostra os dados obtidos dos ensaios com a dimerização acionada em diversas condições: com as janelas interna e externa fechadas ou abertas e com a iluminação do corredor de acesso ligada ou desligada.

	Ensaio 1 (1)	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6	Ensaio 7	Ensaio 8	Ensaio 9	Ensaio 10	Ensaio 11	Ensaio 12
Janela externa	Fechada	Aberta	Aberta	50%	Fechada	Aberta	Aberta	50%	Aberta	Fechada	(4)	Aberta
Janela interna	Fechada	Aberta	Fechada	Fechada	Fechada	Aberta	Fechada	Fechada	Aberta	Fechada	(4)	Aberta
Corredor	Apagado	Aceso	Apagado	Apagado	Apagado	Aceso	Apagado	Apagado	Apagado	Apagado	(4)	Apagado
V (V)	117	116,7	116,7	116,2	116,1	116,4	116,9	116,9	118,2	117,7	116,2	118,5
I (A)	0,98	0,82	0,86	0,94	0,98	0,94	0,91	0,94	0,69	0,97	1,04	0,52
P (W)	111	90,7	96,5	105	111	105	102	106	69,4	109	118	51,7
S (VA)	114	95,9	101	109	114	109	106	110	76,7	114	121	61,5
f (Hz)	60	60	60	59,9	59,9	60	60	60	30	60	60	59,9
FP	0,97	0,95	0,95	0,96	0,97	0,96	0,96	0,93	0,9	0,95	0,97	0,83
(2) (lux)	830	850	820	905	850	850	750	750	350	890	610	360
(3) (lux)	350	360	360	230	160	240	230	210	230	160	110	1240
(1) Medido logo após término do setup												
(2) Lux, altura de trabalho												
(3) Luz externa a um metro da janela externa, sensor a 2,05 m.												
(4) À noite, com todas as janelas fechadas.												

Tabela 2: Ensaio do sistema Dali com controlador, uma luminária no canal 1 e uma luminária no canal 2 (luminária de duas lâmpadas T5/28W).

Na tabela 3, é feita uma comparação entre as lâmpadas fluorescentes tubulares de 40W e o sistema com controle dimerizado. Na melhor condição, considerando-se a potência aparente, tem-se uma economia de 51%.

Condição de trabalho	Sem dimerização		Sistema Dali com uma luminária 2 x 28 W na rede Dali 1 e uma luminária 2 x 28 W na rede Dali 2				
			Set up de fábrica	Após setup inicial	Pós setup - Caso médio	Pós setup - Melhor caso	Pós setup - Melhor caso (2)
Lâmpada	Tubular Osram 40 W (1), T10 – luz do dia especial	Tubular Philips 40 W (1), T10 – branca luz do dia	T5, 28 W				
Grandeza							
V (V)	118,3	120	119,6	116,1	116,7	116,7	118,2
I (A)	1,24	1,32	0,98	0,98	0,86	0,82	0,69
P (W)	131,6	136	113	111	96,5	90,7	69,4
S (VA)	152	156,8	117	114	101	95,9	76,7
f (Hz)	60	60	60	60	60	60	60
FP	0,86	0,86	0,96	0,97	0,95	0,95	0,9
Economia (W) (4)			-16,91	-18,38	-29,04	-33,31	-48,97
Economia (VA) (3)			-25,38	-27,30	-35,59	-38,84	-51,08
(1) Para mesma base de comparação, foram consideradas quatro lâmpadas T10, 40 W, com quatro lâmpadas T5, 28 W.							
(2) Simulado um dia mais claro, pois as simulações anteriores foram realizadas em dias nublados.							
(3) Economia comparada com a lâmpada de 40 W, Philips.							

Tabela 3: Comparação entre o sistema dimerizado e uma lâmpada fluorescente tubular de 40W sem dimerização.

Os resultados obtidos foram os esperados, visto que as lâmpadas T5, 28W têm eficiência luminosa superior às de 40W. Além disso, com a dimerização obteve-se uma economia extra, pois o consumo diminui quando existe iluminação natural aproveitável. Adicionalmente o sensor de presença desliga a iluminação quando não há pessoas na sala. Na tabela 4 tem-se a especificação das lâmpadas.

	Philips 40 W, Extra luz do dia TL 40 W/ 750	Osram 40 W Luz do dia especial	ECP 36 W Branca luz do dia	Osram 28 W Cool white HE 28W/840L
Potência (W)	40	40	36	28
Temperatura de cor (K)	5000		6400	
Fluxo luminoso (lm)	2700			2900
Eficiência luminosa (lm/W)	70			103
Vida útil (horas)	20 000			20 000
Diâmetro	T10	T10	T8	T5

Tabela 4: Especificação das lâmpadas utilizadas.

4 | ANÁLISE FINANCEIRA:

Para verificação da viabilidade financeira da solução, foi feito um estudo considerando a substituição de 484 lâmpadas no denominado bloco D do campus São Paulo da instituição de ensino IFSP, Campus São Paulo.

A tabela 5 apresenta o consumo anual de energia, em kWh e R\$, das lâmpadas de 40W e das de 28W dimerizadas. Foi considerada a tarifa verde da Enel, de março de 2016, sem bandeira tarifária ou impostos.

A tabela 5 mostra uma estimativa de custos para a substituição das 484 lâmpadas de 40W por lâmpadas de 28W dimerizadas por um controlador Dali.

Estudo considerando 484 lâmpadas		
Tarifa horo-sazonal verde (R\$/kWh ponta e R\$/kWh fora de ponta), AES Eletropaulo, março 2016	0,3624	0,22596
484 lâmpadas 40 W (W)	16 456	
484 lâmpadas 28 W, com sistema Dali de controle (W), considerando economia de 45%	9051	
Utilização de horas fora de ponta em um dia	15	
Utilização de horas na ponta em um dia	3	
Utilização de horas fora de ponta (sábado)	10	
No mês		
Utilização de horas fora de ponta (considerando 22 dias)	330	
Utilização de horas na ponta (considerando 22 dias)	66	
Utilização de horas fora de ponta (quatro sábados)	40	
Total de horas fora de ponta	370	
Total de horas na ponta	66	
Comparação entre lâmpadas de 40 e 28 W: energia consumida e valor		
Consumo de energia fora de ponta (kWh)	6089	3349
Consumo de energia na ponta (kWh)	1086	597
Valor do consumo de energia fora de ponta, sem impostos (R\$)	1375,81	756,69
Valor do consumo de energia na ponta, sem impostos (R\$)	393,60	216,48
Valor mensal do consumo de energia (R\$)	1769,41	973,17
Total anual do consumo de energia elétrica (R\$)	21232,90	11678,10
Economia (R\$/ano)	9554,81	

Tabela 5: Consumo de energia (em kWh e R\$) de lâmpadas de 40W e de 28W dimerizadas.

5 | CONCLUSÕES

De acordo com os ensaios realizados, o sistema de dimerização fornece economia de 40%, na melhor condição.

No caso de um edifício em que o sistema de iluminação representa 50% do total de consumo de energia elétrica, na melhor condição, tem-se economia de 20%.

No caso de um *retrofitting*, o *payback* é de 6,3 anos.

REFERÊNCIAS

BARROS, Benjamin Ferreira; BORELLI, Reinaldo; GEDRA, Ricardo L. "Gerenciamento de Energia – Ações Administrativas e Técnicas de Uso Adequado da Energia Elétrica ". 1.ed. São Paulo: Editora Érica, 2014.

COEL "Interruptor horário, modelos: RTST-20 e RTSTL-20", ref.: B11 1148 131, rev. 6, 12/11. 2011. São Paulo.

Dali Organization. Disponível em: <<http://www.dali-ag.org/discover-dali/dali-standard.html>> Acesso em: 27 de fevereiro de 2016.

LEGRAND. Catálogo de Produtos: Soluções de Gerenciamento de Iluminação - Catálogo de produtos, 2010. São Paulo.

WESTPHAL, Fernando S.; GHISI, Enedir; LAMBERTS, Roberto. "Simulação Energética do Edifício Sede da Fiesc: Estudo de Caso de Retrofit no sistema de iluminação". 1997. 6 f. Estudo de Caso. Florianópolis: LabEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações UFSC.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acoplamento magnético ressonante forte 84

Automação de iluminação 150

C

Cálculo de perdas de energia 39

Composto direito/esquerdo (CRLH) 117

Controle da iluminação 150

Correlação-cruzada 15

Custos anuais de construção de linhas de distribuição 39

D

Detecção 94, 154

Durabilidade de rede de Bragg 25

E

Eficiência energética 7, 150, 151, 153, 160

Encapsulamento 25, 27, 29, 30, 31, 32, 35

Energia eólica 161, 162, 168

Enlace analógico a fibra óptica 1, 13

Enlace fotônico sob baixa polarização 1

Estruturas periódicas 117

F

FBG 5, 14, 15, 16, 18, 19, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 35, 36, 37

Fotovoltaico 7, 94, 170, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180

Fuzzy Logic 5, 54, 55, 65, 68

I

Índice de refração negativo 117

Inteligência artificial 55

L

Lei de Kelvin 38, 39

LTE 7, 118, 125, 127, 128, 129, 136, 137

M

Metamateriais 6, 84, 117

N

Neuro-Fuzzy 127, 129, 130, 133, 134, 136, 137

O

Otimização estática 39

P

Perda de propagação 127, 128, 136

Permeabilidade negativa 117

Permissividade negativa 117

PID 6, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105

Planejamento de potência reativa 106

Proteção contra surtos 139, 140

R

Rádio propagação sobre pontes 127

Rede de fibra de Bragg (FBG) 15

Refrigerador 139, 140, 141, 146, 147, 148

Reversão 94

Revisão literária 94

RFBG 5, 25, 26, 27, 28, 31, 32

RF em fotônica 1

Rotação 161, 162, 164, 166, 167, 168, 169

S

Sensor à fibra óptica 15

Sistema DALI 150, 154, 155

Sistemas de alívio 15

Sistemas de distribuição 106, 115, 141

Sistemas de potência 106

Supercondutividade 84

Surtos elétricos 7, 139, 140, 141, 142, 144, 146, 148, 149

T

Televisor 139, 140, 141, 144, 145

Transmissão de energia sem fio 6, 84

V

Vazão 14, 15

Velocidade do vento 161, 163, 164, 165, 166, 167, 168

Vida útil 47, 139, 140, 141, 147, 148, 170

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA ELÉTRICA 2

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

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA ELÉTRICA 2

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