



*João Dallamuta  
(Organizador)*

*Estudos  
Transdisciplinares  
nas Engenharias 3*

**Atena**  
Editora

Ano 2019

João Dallamuta  
(Organizador)

# Estudos Transdisciplinares nas Engenharias

## 3

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Rafael Sandrini Filho  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os 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. 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.

### Conselho Editorial

#### Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
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 Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie di Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
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. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
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. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª 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  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
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

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E82	Estudos transdisciplinares nas engenharias 3 [recurso eletrônico] / Organizador João Dallamuta. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Transdisciplinares nas Engenharias; v. 3)  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-682-9 DOI 10.22533/at.ed.829190710  1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Transdisciplinaridade. I. Dallamuta, João. II. Série.  CDD 620
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

Se o Senhor Leonardo di Ser Piero da Vinci, por uma hipótese, fosse realizar concurso público para lecionar em uma universidade brasileira, teria enorme dificuldade para se adequar às regras do certame. Ele era cientista, matemático, inventor, engenheiro, médico anatomista, escultor, desenhista, arquiteto, artista plástico pintor poeta e músico. Dificilmente iria conseguir comprovar títulos ou se adequar as exigências.

Em termos mais modernos da Vinci teria conhecimentos transdisciplinares, um conceito para conhecimento de forma plural. Disciplinas e carreiras são divisões artificiais para facilitar a organização de cursos, currículos, regulamentações profissionais e facilitar a prática do ensino. Em tempos onde isto não existia, como na Grécia antiga ou na renascença havia o conhecimento plural na qual Leonardo da Vinci talvez seja o maior expoente.

Não se sugere que todo conhecimento transdisciplinar prove de um gênio, tão pouco que a organização por áreas do conhecimento não tenha seu valor. Apenas que a boa engenharia, em função da sua crescente complexidade trás necessidades de conhecimentos e competências transdisciplinares.

Neste livro são apresentados artigos abordando problemas de fornecimento de energia, água potável, urbanismo, gestão de varejo, técnicas de projeto e fabricação, uma combinação de áreas e temas que possuem um ponto em comum; são aplicações de ciência e tecnologia que buscam soluções efetivas para problemas técnicos, como deve ser em tese a boa engenharia.

Aos pesquisadores, editores e aos leitores para quem em última análise todo o trabalho é realizado, agradecemos imensamente pela oportunidade de organizar tal obra.

Boa leitura!  
João Dallamuta

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
DEMANDA ENERGÉTICA E PROPOSTAS DE SOLUÇÕES NO ESTADO DE RORAIMA	
Laura Vieira Maia de Sousa	
Talyta Viana Cabral	
Josiane do Socorro Aguiar de Souza de Oliveira Campos	
Luciano Gonçalves Noleto	
Maria Vitória Duarte Ferrari	
Túlio Costa de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8291907101</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>15</b>
ANÁLISE DO POTENCIAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NA SANTA CASA DE AREALVA: SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO E AR CONDICIONADO	
José Rodrigo de Oliveira	
Matheus Henrique Gonçalves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8291907102</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>25</b>
TRATAMENTO DA ÁGUA DE DRENAGEM PLUVIAL: UM MAL NECESSÁRIO?	
Carlos Augusto Furtado de Oliveira Novaes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8291907103</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>36</b>
DIAGNÓSTICO DA GESTÃO DE ÁGUAS URBANAS DA CIDADE DE CARAÚBAS/RN	
Larisa Janyele Cunha Miranda	
Leonete Cristina de Araújo Ferreira Medeiros Silva	
Rokátia Lorrany Nogueira Marinho	
Guilherme Lopes da Rocha	
Clélio Rodrigo Paiva Rafael	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8291907104</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>46</b>
CALIBRAÇÃO DO FATOR DE ATRITO EM REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	
Alessandro de Araújo Bezerra	
Renata Shirley de Andrade Araújo	
Marco Aurélio Holanda de Castro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8291907105</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>55</b>
AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DE ALTERNATIVAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, SOB ASPECTOS DE RESILIÊNCIA A INUNDAÇÕES E REQUALIFICAÇÃO AMBIENTAL	
Bruna Peres Battemarco	
Lilian Marie Tenório Yamamoto	
Aline Pires Veról	
Marcelo Gomes Miguez	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8291907106</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>67</b>
MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES PÚBLICAS: ESTUDO DE CASO EM ALGUNS	

## TEATROS NA CIDADE DO RECIFE/PE

Carlos Fernando Gomes do Nascimento  
Eduardo José Melo Lins  
Eliana Cristina Barreto Monteiro  
Amanda de Moraes Alves Figueira  
Cynthia Jordão de Oliveira Santos  
Débora Cristina Pereira Valões  
Edenia Nascimento Barros  
George da Mota Passos Neto  
Gilmar Ilário da Silva  
Lucas Rodrigues Cavalcanti  
Marcionillo de Carvalho Pedrosa Junior  
Maria Angélica Veiga da Silva  
Mariana Santos de Siqueira Bentzen  
Paula Gabriele Vieira Pedrosa

**DOI 10.22533/at.ed.8291907107**

## **CAPÍTULO 8 ..... 80**

CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE COMPARATIVA DE PÓS NANOMÉTRICOS OBTIDOS POR MOAGEM DE ALTA ENERGIA COM E SEM LIXÍVIA ÁCIDA PARA APLICAÇÃO EM FOTOCATÁLISE

Lucca Monteiro Silva Semensato  
Luis Fernando Baldo Estorari  
Maisa Helena Mancini  
Veridiana Magalhães Costa Moreira  
Ana Gabriela Storion  
Eliria Maria de Jesus Agnolon Pallone  
Tânia Regina Giraldi  
Sylma Carvalho Maestrelli

**DOI 10.22533/at.ed.8291907108**

## **CAPÍTULO 9 ..... 93**

CONTRIBUIÇÕES DA ANÁLISE DE REDES SOCIAIS A UM CLUSTER COMERCIAL PLANEJADO DE VAREJO DE AUTOMÓVEIS

Marco Aurélio Sanches Fittipaldi  
Denis Donaire

**DOI 10.22533/at.ed.8291907109**

## **CAPÍTULO 10 ..... 106**

IMPLEMENTAÇÃO DE UMA MESA DE VARREDURA XY E APRIMORAMENTO DO SISTEMA FOCAL DE UM APARELHO DE LITOGRAFIA

Raul de Queiroz Mendes  
Arlindo Neto Montagnoli

**DOI 10.22533/at.ed.82919071010**

## **CAPÍTULO 11 ..... 120**

ANÁLISE DO IMPACTO DO ROTEAMENTO FIXO EM REDES ÓPTICAS ELÁSTICAS TRANSLÚCIDAS CONSIDERANDO DIFERENTES CENÁRIOS DE DEGRADAÇÃO DA QUALIDADE DE TRANSMISSÃO

Arthur Hendricks Mendes de Oliveira  
Helder Alves Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.82919071011**

## **CAPÍTULO 12 ..... 128**

ANÁLISE DO IMPACTO DO CASCATEAMENTO DE FILTROS ÓPTICOS CONSIDERANDO

## DIFERENTES ARQUITETURAS DE REDES ÓPTICAS ELÁSTICAS

Eloisa Bento Sarmento

Helder Alves Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.82919071012**

## **CAPÍTULO 13** ..... **138**

### MODELAGEM DO EQUILÍBRIO SÓLIDO-LÍQUIDO NA SOLUBILIDADE DE ÁCIDOS GRAXOS EM SOLVENTES ORGÂNICOS

Bruno Rossetti de Souza

Vanessa Vilela Lemos

Jessica Cristina Silva Resende

Karolina Soares Costa

Marlus Pinheiro Rolemberg

Rodrigo Corrêa Basso

**DOI 10.22533/at.ed.82919071013**

## **CAPÍTULO 14** ..... **149**

### AVALIAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE TiO<sub>2</sub> OBTIDAS POR MOAGEM DE ALTA ENERGIA COM E SEM LIXIVIAÇÃO

Lucca Monteiro Silva Semensato

Vanessa Vilela Lemos

Gabriel de Paiva

Luis Fernando Baldo Estorari

Maisa Helena Mancini

Ana Gabriela Storion

Eliria Maria de Jesus Agnolon Pallone

Tânia Regina Giraldi

Sylma Carvalho Maestrelli

**DOI 10.22533/at.ed.82919071014**

## **CAPÍTULO 15** ..... **161**

### ANÁLISE DA INTERFERÊNCIA DO PRÉ-AQUECIMENTO DO ÓLEO E DA TEMPERATURA DE TRANSESTERIFICAÇÃO NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO BIODIESEL

Gerd Brantes Angelkorte

Ivenio Moreira da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.82919071015**

## **CAPÍTULO 16** ..... **170**

### ASPECTOS BOTÂNICOS DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Sebastião Gomes Silva

Jorddy Neves da Cruz

Pablo Luis Baia Figueiredo

Wanessa Almeida da Costa

Mozaniel Santana de Oliveira

Rafael Henrique Holanda Pinto

Renan Campos e Silva

Fernanda Wariss Figueiredo Bezerra

Raul Nunes de Carvalho Junior

Eloisa Helena de Aguiar Andrade

**DOI 10.22533/at.ed.82919071016**

## **CAPÍTULO 17** ..... **182**

### ESTUDO DOS EFEITOS DAS VARIÁVEIS DE IMPRESSÃO 3D POR EXTRUSÃO SOBRE AS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO ÁCIDO POLILÁTICO (PLA) OBTIDAS POR INTERMÉDIO DE



ENSAIO DE TRAÇÃO

Camila Colombari Bomfim  
Antônio Carlos Marangoni  
Rafael Junqueira Marangoni

**DOI 10.22533/at.ed.82919071017**

**CAPÍTULO 18 ..... 194**

ESTUDO DO ASPECTO GEOMÉTRICO DOS CORDÕES DE SOLDA COMO ORIENTAÇÃO  
OPERACIONAL PARA O USO NA SOLDAGEM MAG ROBOTIZADA

Everaldo Vitor  
Paulo Eduardo Alves Fernandes

**DOI 10.22533/at.ed.82919071018**

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 206**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 207**

## ANÁLISE DO IMPACTO DO CASCATEAMENTO DE FILTROS ÓPTICOS CONSIDERANDO DIFERENTES ARQUITETURAS DE REDES ÓPTICAS ELÁSTICAS

### **Eloisa Bento Sarmiento**

Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Engenharia Elétrica e Informática, Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica  
Campina Grande - Paraíba

### **Helder Alves Pereira**

Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Engenharia Elétrica e Informática, Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica  
Campina Grande – Paraíba

**RESUMO:** O sinal óptico pode sofrer degradação em sua qualidade de transmissão de modo que efeitos lineares e não lineares podem reduzir sua inteligibilidade na recepção. Com relação aos dispositivos de comutação, presentes nos nós das redes ópticas elásticas, o efeito da imperfeição do filtro óptico pode causar estreitamento no sinal, ao longo da propagação nos enlaces dos caminhos ópticos, de modo que os amplificadores ópticos podem não compensar esse tipo de perda, além do que esse efeito também pode proporcionar distorção ao sinal óptico propagante. Neste capítulo, modelagens analíticas foram propostas com o objetivo de quantificar o efeito da imperfeição dos filtros ópticos. Para isso, analisou-se a propagação de um sinal óptico considerando a concatenação de diversos dispositivos de comutação, considerando duas arquiteturas de

redes ópticas elásticas e duas modelagens de transmitância bem conhecidas na literatura.

**PALAVRAS-CHAVE:** Arquitetura, Concatenação, Filtro Óptico, Penalidade Física, Qualidade de Transmissão, Rede Óptica Elástica.

### ANALYSIS OF THE IMPACT OF OPTICAL FILTER CONCATENATION CONSIDERING DIFFERENT ELASTIC OPTICAL NETWORK ARCHITECTURES

**ABSTRACT:** The optical signal may suffer degradation in its quality of transmission, so that linear and nonlinear effects may reduce its reception intelligibility. With regard to switching devices, present in the elastic optical network nodes, the non-ideal optical filter effect may cause signal narrowing along the optical signal propagation in the lightpaths, so that optical amplifiers may not compensate exactly the devices losses and this effect may also provide distortion to the transmitted optical signal. In this chapter, analytical modeling was proposed in order to quantify the non-ideal optical filter effect. Therefore, the propagating optical signal was analyzed considering the concatenation of several switching devices, two architectures and two transmittance modeling well-known in the literature of elastic optical networks.

**KEYWORDS:** Architecture, Concatenation, Elastic Optical Network, Optical Filter, Physical Penalty, Quality of Transmission Quality.

## 1 | INTRODUÇÃO

As redes ópticas elásticas (EON – *Elastic Optical Network*) possuem um diferencial com relação às redes ópticas que utilizam multiplexação por divisão de comprimento de onda (WDM – *Wavelength Division Multiplexing*) (ZHANG et al., 2013). Esse diferencial consiste em atribuir larguras de banda relacionadas com a taxa de transmissão de bit solicitada pela chamada no formato de modulação disponibilizado pela rede. Bem diferente das redes ópticas WDM, em que a largura de banda para cada requisição de chamada é sempre fixa (CHRISTODOULOPOULOS et al, 2011; CAVALCANTE et al, 2015).

Nas EONs, vários dispositivos podem estar presentes no decorrer dos nós e enlaces dos caminhos ópticos (*lightpath*). Dependendo da arquitetura de nó e de enlace consideradas, pode-se ter os seguintes dispositivos (SIMEONIDOU et al., 2012): (1) transmissores ópticos, (2) comutadores, (3) amplificador óptico de potência (*booster amplifier*), (4) fibra óptica, (5) amplificadores ópticos de linha (*in-line amplifiers*), (6) divisores de potência, (7) regeneradores eletrônicos, (8) pré-amplificador e (9) receptores ópticos, por exemplo.

Diversos trabalhos disponíveis na literatura abordaram penalidades físicas envolvendo o sinal óptico propagante ao longo das fibras ópticas e dos amplificadores ópticos presentes nos *lightpaths* (CHATTERJEE et al, 2015; CAVALCANTE et al, 2017a; CAVALCANTE et al, 2017b; OLIVEIRA et al, 2018). No entanto, poucos trabalhos tratam da especificidade da propagação do sinal óptico ao longo dos dispositivos de comutação (SSS – *Spectrum Selective Switches*), bem como quantificam a penalidade física responsável pela degradação da sua qualidade de transmissão (QoT – *Quality of Transmission*) (CARVALHO et al., 2015; CARVALHO et al., 2017).

Nos dispositivos SSSs, o efeito da imperfeição do filtro óptico pode causar estreitamento do sinal, de modo que os amplificadores ópticos podem não compensar esse tipo de perda, além do que esse efeito também pode proporcionar distorção no sinal óptico propagante. Neste capítulo, modelagens analíticas são propostas com o objetivo de quantificar essa penalidade física. Para isso, a propagação de um sinal óptico, considerando a concatenação de diversos SSSs, duas arquiteturas de nós e duas modelagens de transmitância, bem conhecidas na literatura de redes ópticas elásticas, são analisadas no contexto da potência óptica recebida com relação à transmitida em diversos cenários de operação dos amplificadores ópticos disponíveis ao longo dos enlaces.

## 2 | MODELAGEM ANALÍTICA DA IMPERFEIÇÃO DO FILTRO ÓPTICO

Em uma rede óptica, o sinal pode percorrer vários nós intermediários até alcançar o nó destino. Dessa forma, dentre os dispositivos presentes ao longo dos *lightpaths*, os SSSs podem atuar também como filtros ópticos. Dependendo do formato das respectivas transmitâncias desses elementos de comutação, é possível que o sinal óptico apresente perdas e distorções na recepção, devido ao efeito da imperfeição do filtro óptico. Esse efeito se relaciona ao estreitamento da largura de banda do sinal à medida em que se propaga ao longo dos nós intermediários da rota (MAROM et al., 2012; PULIKKASERIL, 2012; CARVALHO et al., 2015; CARVALHO et al., 2017).

A Figura 1 ilustra as arquiteturas de nós bem conhecidas na literatura e utilizadas em redes ópticas elásticas (CHATTERJEE, 2015): (a) *broadcast and select* e (b) *spectrum switching*. É importante observar que a primeira arquitetura (*broadcast and select*) difere da segunda (*spectrum switching*) com relação ao dispositivo localizado do lado esquerdo da Figura 1(a) e da Figura 1(b), ou seja, na recepção do nó óptico. Para a primeira arquitetura, considera-se um divisor de potência óptica. Enquanto que, na segunda, utiliza-se mais um elemento de comutação. Desse modo, para a arquitetura *broadcast and select*, o sinal óptico atravessa apenas um SSS, enquanto que, para a arquitetura *spectrum switching*, o sinal óptico atravessa dois SSSs, quando considerado que o sinal óptico propagante atravessa apenas um enlace óptico. Esse fato permite perceber que o sinal óptico atravessa duas vezes mais dispositivos de comutação na arquitetura de nó *spectrum switching* em comparação com a *broadcast and select* para cada enlace percorrido pelo sinal óptico propagante.

Considerando um *lightpath* com  $n$  enlaces, a densidade espectral do sinal óptico recebido no nó destino ( $S_{RX}$ ), para a arquitetura *broadcast and select*, pode ser determinada a partir da seguinte equação:

$$S_{RX}(f) = S_{TX}(f) \prod_{i=1}^n \left[ \frac{G_{i,1} G_{i,x} G_{i,2}}{L_{SSS} L_{i,x} (g_{RXi} + 1)} \right] T_i(f)$$

em que  $S_{TX}$  representa a densidade espectral de potência do sinal óptico transmitido,  $G_{i,1}$  representa o ganho do amplificador de potência,  $G_{i,x}$  o ganho total dos amplificadores de linha,  $G_{i,2}$  o ganho do pré-amplificador,  $L_{SSS}$  a perda do SSS,  $L_{i,x}$  a perda na fibra óptica, o grau de conectividade do nó destino e  $T_i$  a transmitância do SSS, referentes ao  $i$ -ésimo enlace analisado.

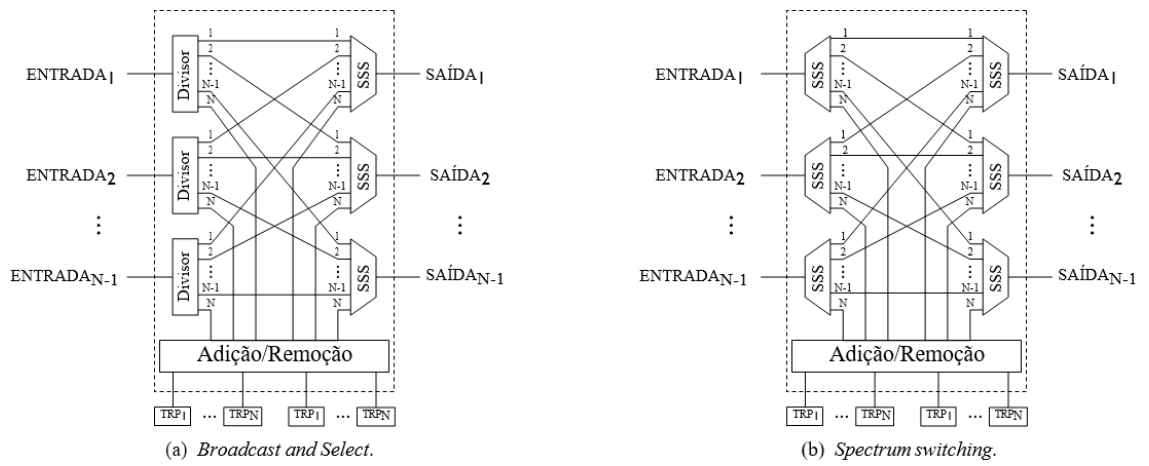


Figura 1: Arquiteturas de nós utilizadas em redes ópticas elásticas bem conhecidas na literatura (CHATTERJEE, 2015): (a) *broadcast and select* e (b) *spectrum switching*.

Para a arquitetura *spectrum switching*, a densidade espectral do sinal óptico recebido no nó destino pode ser determinada a partir da seguinte equação:

$$S_{RX}(f) = S_{TX}(f) \prod_{i=1}^n \left[ \frac{G_{i,1} G_{i,x} G_{i,2}}{L_{SSS} L_{i,x} L_{SSS}} \right] T_{i,1}(f) T_{i,2}(f) \quad (2)$$

em que  $T_{i,1}$  representa a transmitância do primeiro e  $T_{i,2}$  a do segundo SSS, ambos presentes no  $i$ -ésimo enlace analisado.

### 3 | CONFIGURAÇÃO DOS CENÁRIOS DE SIMULAÇÃO

A densidade espectral de potência do sinal óptico transmitido pode ser modelada por meio de uma função Gaussiana de acordo com a seguinte equação (STRASSER et al., 2010):

$$S(f) = A e^{-2\ln(2) \left[ 2 \frac{(f-f_c)}{SBW_{3dB}} \right]^{2n_s}} \quad (3)$$

em que  $A$  representa o fator de normalização da amplitude da densidade espectral,  $f_c$  a frequência central,  $SBW_{3dB}$  a largura de banda a 3 dB e  $n_s$  a ordem da função Gaussiana. A Tabela 1 apresenta os parâmetros utilizados nas simulações com relação ao sinal óptico transmitido.

Parâmetro	Símbolo	Valor
Fator de normalização	$A$	$2,8 \times 10^{-14}$
Formato de modulação	-	4-QAM
Largura de banda do sinal óptico transmitido	$\Delta f$	50 GHz
Largura de banda a 3 dB	$SBW_{3dB}$	47,5 GHz
Ordem da função Gaussiana	$n_s$	1
Potência óptica do sinal transmitido	$P_{in}$	0 dBm
Taxa de transmissão de bit	$t$	100 Gbps

As funções de transmitância, utilizadas para análise da imperfeição do filtro óptico neste capítulo, são descritas pelas equações (4) e (5).

$$T_1(f) = e^{-2\ln(2)\left[2\frac{(f-f_c)}{BW_{3dB}}\right]^{2n_H}}, \quad (4)$$

$$T_2(f) = C \sigma \sqrt{2\pi} \left[ \operatorname{erf} \left( \frac{\frac{B}{2} - f}{\sqrt{2}\sigma} \right) - \operatorname{erf} \left( \frac{-\frac{B}{2} - f}{\sqrt{2}\sigma} \right) \right], \quad (5)$$

e

$$\sigma = \frac{BW_{OTF}}{2\sqrt{2\ln 2}}, \quad (6)$$

em que  $BW_{3dB}$  representa a largura de banda a 3 dB do filtro óptico,  $n_H$  a ordem da função Gaussiana do filtro óptico,  $\sigma$  o desvio padrão,  $C$  o fator de normalização da amplitude da função de transmitância,  $B$  a largura de banda do filtro óptico,  $\operatorname{erf}(\cdot)$  a função erro,  $BW_{OTF}$  a resolução do filtro óptico, indicando a frequência em que se configura a mudança entre os estados de bloqueio e de passagem do sinal, assim como o formato de suas bordas (MAROM et al., 2012). Neste capítulo, a equação (4) é referida como Gaussiana (STRASSER et al., 2010) e a equação (5) como Pulikkaseril (PULIKKASERIL, 2012). A Tabela 2 descreve os parâmetros utilizados nas simulações com relação às funções de transmitância analisadas neste trabalho.

Tabela 2: Parâmetros utilizados nas simulações com relação às funções de transmitância.

Parâmetro	Símbolo	Valor
Fator de normalização	$C$	$4,7 \times 10^{-11}$
Largura de banda do filtro a 3 dB	$BW_{3dB}$	47,5 GHz
Largura de banda do filtro óptico	$B$	50 GHz
Ordem da função Gaussiana	$n_H$	4
Resolução do filtro óptico	$BW_{OTF}$	10 GHz

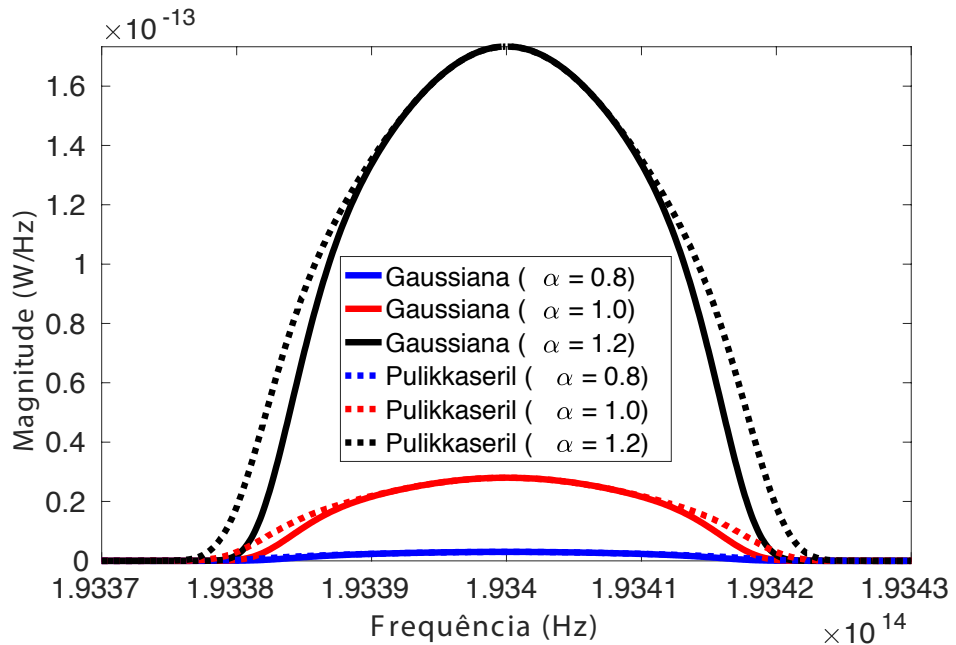
Tabela 2: Parâmetros utilizados nas simulações com relação às funções de transmitância.

O efeito da imperfeição do filtro óptico foi analisado considerando: (1) duas arquiteturas bem conhecidas na literatura de redes ópticas (*broadcast and select* e *spectrum switching*), (2) duas funções de transmitância (Gaussiana e Pulikkaseril) e (3) três cenários distintos de operação dos amplificadores ópticos presentes nos *lightpaths*: (3a) subcompensação das perdas dos enlaces ( $\alpha = 0,8$ ), (3b) compensação exata das perdas dos enlaces ( $\alpha = 1,0$ ) e (3c) sobrecompensação das perdas dos enlaces ( $\alpha = 1,2$ ). A métrica de desempenho utilizada foi a relação entre as potências recebida e transmitida do sinal óptico propagante em um *lightpath* ( $r$ ) com 10 enlaces.

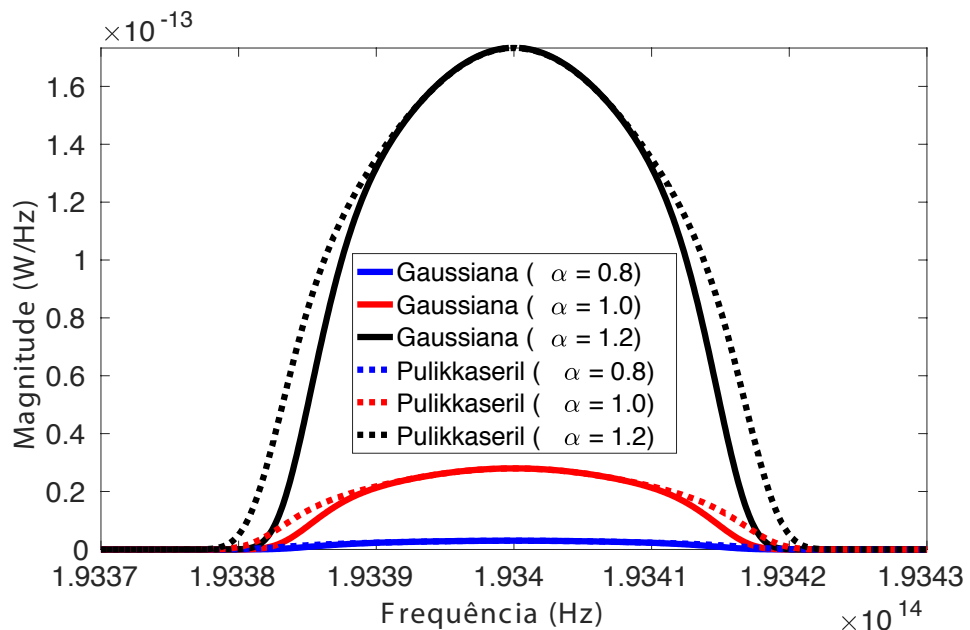
## 4 | RESULTADOS

A Figura 2 ilustra a magnitude da densidade espectral de potência do sinal óptico recebido após ter percorrido 10 enlaces, considerando as funções Gaussiana

(STRASSER et al., 2010) e Pulikkaseril (PULIKKASERIL, 2012), nos diferentes cenários de operação dos amplificadores ópticos ( e ), para as arquiteturas de nó: (a) *broadcast and select* e (b) *spectrum switching*. Percebe-se que, independente da arquitetura de nó e do cenário de compensação dos amplificadores ópticos analisado, a função de transmitância Pulikkaseril fornece um menor estreitamento do sinal óptico com relação à função Gaussiana.



(a) Arquitetura *broadcast and select*.



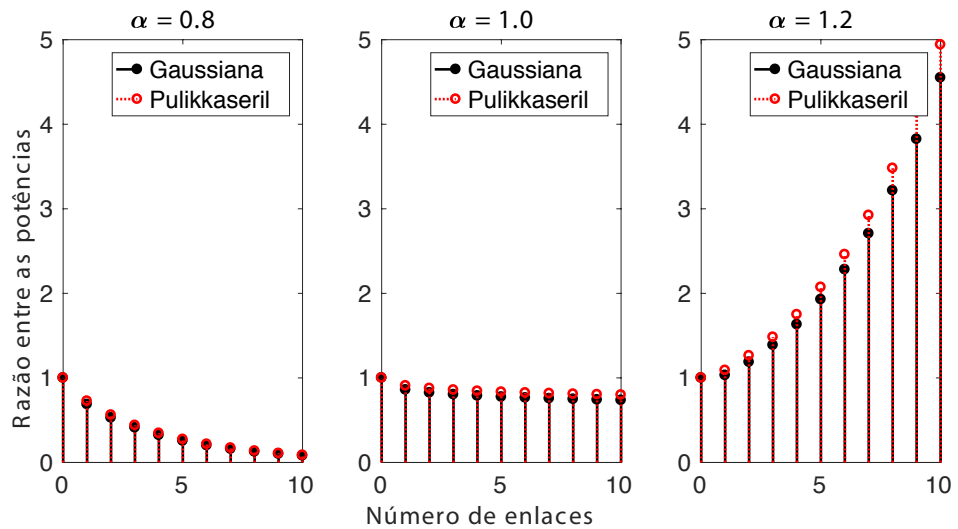
(b) Arquitetura *spectrum switching*.

Figura 2: Magnitude da densidade espectral de potência do sinal óptico recebido após ter percorrido 10 enlaces, considerando as funções Gaussiana (STRASSER et al., 2010) e

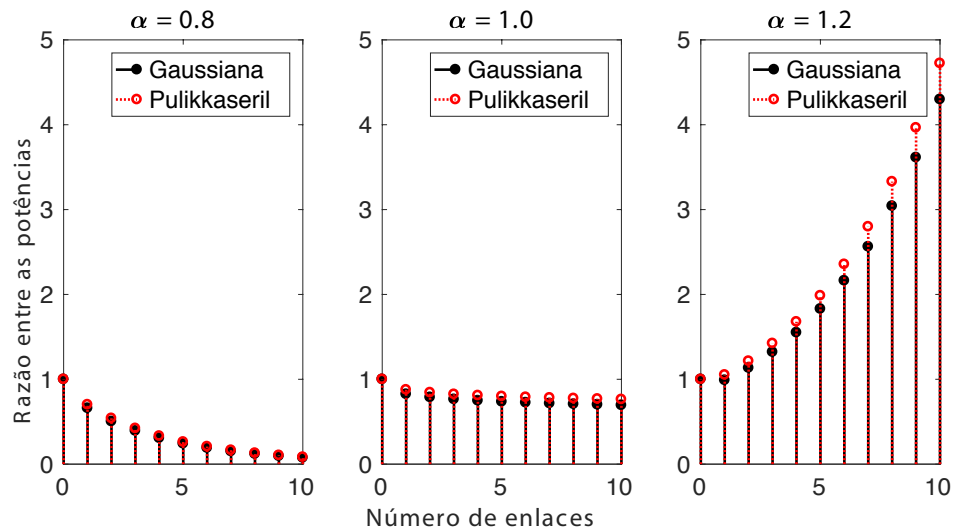


Pulikkaseril (PULIKKASERIL, 2012), nos diferentes cenários de operação dos amplificadores ópticos ( $\epsilon$ ), para as arquiteturas de nó: (a) *broadcast and select* e (b) *spectrum switching*.

A Figura 3 ilustra a razão entre as potências ópticas recebida e transmitida, considerando as funções de transmitância Gaussiana (STRASSER et al., 2010) e Pulikkaseril (PULIKKASERIL, 2012), após o sinal óptico propagante passar por 10 enlaces, nos diferentes cenários de operação dos amplificadores ópticos ( $\epsilon$ ), para as arquiteturas de nó: (a) *broadcast and select* e (b) *spectrum switching*. Percebe-se que a função de transmitância Pulikkaseril (PULIKKASERIL, 2012) resulta em um valor maior de potência óptica recebida, fornecendo um valor de maior.



(a) Arquitetura *broadcast and select*.



(b) Arquitetura *spectrum switching*.

Figura 3: Razão entre as potências ópticas recebida e transmitida, considerando as funções de transmitância Gaussiana (STRASSER et al., 2010) e Pulikkaseril (PULIKKASERIL, 2012), após o sinal óptico propagante passar por 10 enlaces, nos diferentes cenários de operação dos amplificadores ópticos ( $\epsilon$ ), para as arquiteturas de nó: (a) *broadcast and select* e (b) *spectrum switching*.



No entanto, devido à característica da arquitetura de nó *spectrum switching* possuir o dobro de SSSs, quando comparada com a arquitetura *broadcast and select*, o sinal óptico possui um maior estreitamento na recepção, resultando em valores de  $r$  menores independente da função de transmitância considerada, conforme descrito nas Tabelas 3 e 4.

Arquitetura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
BS ( $\alpha = 0,8$ )	1,00	0,69	0,53	0,41	0,32	0,25	0,20	0,16	0,13	0,10	0,08
BS ( $\alpha = 1,0$ )	1,00	0,86	0,82	0,80	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	0,74	0,74
BS ( $\alpha = 1,2$ )	1,00	1,03	1,19	1,39	1,63	1,93	2,28	2,71	3,22	3,83	4,55
SS ( $\alpha = 0,8$ )	1,00	0,66	0,50	0,39	0,31	0,24	0,19	0,15	0,12	0,09	0,07
SS ( $\alpha = 1,0$ )	1,00	0,82	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,72	0,71	0,70	0,70
SS ( $\alpha = 1,2$ )	1,00	0,99	1,13	1,32	1,55	1,83	2,16	2,56	3,04	3,62	4,30

Tabela 3: Razão entre as potências ópticas recebida e transmitida, considerando a função de transmitância Gaussiana (STRASSER et al., 2010), após o sinal óptico propagante passar por 10 enlaces, nos diferentes cenários de operação dos amplificadores ópticos ( $\alpha$  e  $\beta$ ), para a arquitetura de nó *broadcast and select*.

Arquitetura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
BS ( $\alpha = 0,8$ )	1,00	0,73	0,56	0,44	0,35	0,27	0,22	0,17	0,14	0,11	0,09
BS ( $\alpha = 1,0$ )	1,00	0,91	0,88	0,86	0,84	0,83	0,82	0,82	0,81	0,80	0,80
BS ( $\alpha = 1,2$ )	1,00	1,09	1,26	1,48	1,75	2,07	2,46	2,92	3,48	4,15	4,94
SS ( $\alpha = 0,8$ )	1,00	0,70	0,54	0,42	0,33	0,26	0,21	0,16	0,13	0,10	0,08
SS ( $\alpha = 1,0$ )	1,00	0,88	0,84	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78	0,78	0,77	0,76
SS ( $\alpha = 1,2$ )	1,00	1,05	1,22	1,42	1,68	1,99	2,36	2,80	3,33	3,97	4,73

Tabela 4: Razão entre as potências ópticas recebida e transmitida, considerando a função de transmitância Pulikkaseril (PULIKKASERIL, 2012), após o sinal óptico propagante passar por 10 enlaces, nos diferentes cenários de operação dos amplificadores ópticos ( $\alpha$  e  $\beta$ ), para a arquitetura de nó *select e spectrum switching*.

## 5 | CONCLUSÕES

Neste capítulo, modelagens analíticas foram propostas com o objetivo de quantificar o efeito da imperfeição dos filtros ópticos. Para isso, analisou-se a propagação de um sinal óptico considerando a concatenação de SSSs, ao longo de 10 enlaces, considerando duas arquiteturas de redes ópticas elásticas, duas modelagens de transmitância bem conhecidas na literatura e três cenários de compensação dos amplificadores ópticos presentes no *lightpath* analisado.

De acordo com os resultados obtidos, independente da arquitetura de nó e do cenário de compensação dos amplificadores ópticos analisado, a função de transmitância Pulikkaseril forneceu menor estreitamento do sinal óptico com relação à função Gaussiana. Dessa forma, a função de transmitância Pulikkaseril resultou em um valor maior de potência óptica recebida, fornecendo um valor de  $r$  maior. No entanto, devido à característica da arquitetura de nó *spectrum switching* possuir o dobro de SSSs, quando comparada com a arquitetura de nó *broadcast and select*, o sinal óptico apresentou um maior estreitamento na recepção, resultando em valores de  $r$  menores, independente da função de transmitância analisada.

## REFERÊNCIAS

- CARVALHO, C. C. et al. Análise da imperfeição do filtro Óptico em um cenário de redes ópticas elásticas transparentes. In: **Encontro Anual do Iecom em Comunicações, Redes e Criptografia (ENCOM)**, vol. 1, 2015, pp. 1–2.
- CARVALHO, G. S. D. et al. Análise do Impacto do Cascadeamento de Filtros Ópticos em um Cenário de Redes Ópticas Elásticas. In: **VII Conferência Nacional em Comunicações, Redes e Segurança da Informação**, Outubro 2017, pp. 1–2.
- CAVALCANTE, M. A. et al. Applying power series routing algorithm in transparent elastic optical networks. In: **SBMO/IEEE MTT-S International Microwave and Optoelectronics Conference (IMOC)**, Novembro 2015, pp. 1–5.
- CAVALCANTE, M. A. et al. Heurística híbrida para alocação de regeneradores em redes Ópticas elásticas translúcidas. **Revista de Tecnologia da Informação e Comunicação**, vol. 7, no. 1, pp. 39–44, 2017.
- CAVALCANTE, M. A. et al. Estado da Arte de Redes Ópticas Elásticas Translúcidas para Cenários de Tráfego Dinâmico em Redes Metropolitanas e de Longas Distâncias. **Revista de Tecnologia da Informação e Comunicação**, v. 7, n. 2, p. 24-32, 2017.
- CHATTERJEE, B. C. et al. Routing and spectrum allocation in elastic optical networks: A tutorial. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**, v. 17, n. 3, p. 1776-1800, 2015.
- CHRISTODOULOPOULOS, K. et al. Elastic bandwidth allocation in flexible OFDM-based optical networks. **Journal of Lightwave Technology**, v. 29, n. 9, p. 1354-1366, 2011.
- MAROM, D. M. et al. Beyond wavelength-selective channel switches: Trends in support of flexible/elastic optical networks. In: **International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON)**. IEEE, 2012. p. 1-4.
- OLIVEIRA, A. H. M. et al. Análise do impacto de estratégias de roteamento em uma rede óptica elástica translúcida. In: **XXXVI Simpósio Brasileiro de Telecomunicações e Processamento de Sinais**, Setembro 2018, pp. 1–2.
- PULIKKASERIL, C. Filter Bandwidth Definition of the WaveShaper S-series Programmable Processor. **Finisar product whitepaper**. 2012.
- SIMEONIDOU, D. et al. Infrastructure and architectures on demand for flexible and elastic optical networks. In: **European Conference and Exhibition on Optical Communication**. Optical Society of America, 2012. p. Tu. 3. D. 1.

STRASSER, T. A. et al. Wavelength-selective switches for ROADMs applications. **IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics**, v. 16, n. 5, p. 1150-1157, 2010.

ZHANG, G. et al. A survey on OFDM-based elastic core optical networking. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**, v. 15, n. 1, p. 65-87, 2013.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**JOÃO DALLAMUTA** Professor assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Engenharia de Telecomunicações pela UFPR. MBA em Gestão pela FAE Business School, Mestre pela UEL. Doutorando em Engenharia Espacial pelo INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Ácidos Graxos 138, 139, 143, 146, 147  
Águas Pluviais 25, 26, 27, 28, 31, 33, 38, 39, 40, 43, 45, 55, 76  
Algoritmo de Roteamento 120, 123, 126, 127  
Algoritmo de Utilização de Regeneradores 120  
Análise de Redes Sociais 93, 95, 96, 97, 98, 99, 101, 103, 104  
Arquitetura 55, 123, 128, 129, 130, 131, 133, 134, 135, 136  
Aspectos Botânicos 170, 171

### B

Biocombustível 161, 162, 164, 165  
Biodiesel 3, 13, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169  
Biomassa 3, 8, 13, 161

### C

Calibração 46, 48, 49, 50, 52, 53, 54  
Caraúbas 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44  
Cluster Comercial 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103  
Concatenação 128, 129, 135  
Conservação de Energia Elétrica 15, 16, 20, 23, 24  
Controle de Posição 106, 110, 112, 113, 117, 118, 119

### D

Degradação de Estruturas 68  
Demanda Energética 1, 2, 7, 8, 9, 10, 12  
Desenvolvimento Urbano Sustentável 55  
Destilado de Desodorização 138  
Drenagem Urbana 25, 37, 38, 40, 43, 44

### E

Economia de Energia 15, 22  
Eficiência Luminosa 15, 16, 17, 18  
Energia Alternativa 161  
Equilíbrio Sólido-Líquido 138, 140, 141, 144  
Equipamento de Litografia Óptica 106, 108, 110, 111, 112, 118  
Escoamentos 25, 27, 29, 30, 31, 33, 56, 62

## F

Fator de Atrito 46, 49, 50, 52

Filtro Óptico 128, 129, 130, 132

Fotocatálise 80, 81, 82, 89, 149, 150, 151, 160

## G

Gestão de Águas Urbanas 36, 38, 44

## L

Lixívia Ácida 80, 82, 83, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 150, 151, 152, 153, 155, 156, 157, 158, 159

## M

Mesa Cartesiana XY 106

Microgravação 106

MIGHA 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53

Moagem de Alta Energia 80, 81, 82, 83, 86, 89, 91, 149, 150, 151, 154, 159, 160

Modelagem Termodinâmica 138

## N

Nanopartículas 81, 92, 149, 150, 160

Nanopós 81, 149, 150, 151, 152, 153

## O

Óleos Essenciais 170, 171

## P

Patologias 68, 69

Penalidade Física 128, 129

Propriedades Medicinais 170

## Q

Qualidade de Transmissão 120, 121, 128, 129

## R

Rede Óptica Elástica 120, 127, 128, 136

Rede Óptica Elástica Translúcida 120, 127, 136

Remoção de Contaminantes 25, 33

Requalificação Ambiental 55, 57, 61, 65

Resiliência a Inundações 55, 57, 60, 62, 65

Roraima 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14

## S

Saneamento Básico 36, 37, 43, 44

Solubilidade 32, 138, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 147, 148

## T

Teatros Públicos 68

TiO<sub>2</sub> 81, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160

Tratamento de Efluentes 25, 26, 33, 82, 151

Troca de Informações 93, 96, 98, 101, 103

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-682-9

