



*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: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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**

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie di Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Maise 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 Sarmiento

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 Giralardi

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**

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

**Raul de Queiroz Mendes**

Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

São Carlos – São Paulo

**Arlindo Neto Montagnoli**

Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

São Carlos – São Paulo

**RESUMO:** Este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema de controle de posição para uma mesa cartesiana XY (mesa de varredura), a qual integra um equipamento de litografia óptica pré-desenvolvido. Objetivou-se utilizar tal mesa como uma base de posição ajustável para resistes fotossensíveis durante o processo de fotogração, automatizando assim o processo em questão e assistindo o mecanismo de alinhamento da amostra abaixo da torre de projeção (do equipamento litográfico). Além disso, como objetivos específicos, visou-se desenvolver softwares: para funcionar como interface de comunicação serial, para auxiliar o processo de microgravação de padrões e para gerar as imagens que representam tais padrões.

**PALAVRAS-CHAVE:** controle de posição; mesa cartesiana XY; equipamento de litografia óptica; microgravação.

### IMPLEMENTATION OF AN XY SCANNING TABLE AND FOCAL SYSTEM ENHANCEMENT OF A LITHOGRAPHY APPARATUS

**ABSTRACT:** This work proposes the development of a position control system for a Cartesian XY table (scan table), which integrates a pre-developed optical lithography equipment. It was intended to use such a table as an adjustable position base for photosensitive samples during the optical lithography process, hence automating the process in question and assisting the alignment mechanism of the sample below the projection tower (of the lithographic equipment). In addition, as specific objectives, it was aimed to develop softwares: to function as a serial communication interface, to aid the micrograving process of standards and to generate the images that represent such standards.

**KEYWORDS:** position control; scan table; optical lithography equipment; micrograving.

### 1 | INTRODUÇÃO

Os avanços nos estudos da microeletrônica tiveram como base a utilização do silício aliado às tecnologias de microfabricação (ARISTIZÁBAL, 2012). A

microeletrônica procurou explorar as características elétricas e mecânicas do silício e isto favoreceu a produção em massa de chips que apresentam uma variedade de aplicações em produtos constituídos de Sistemas Micro-Eleto-Mecânicos (MEMS), tais como bocais de injeção de impressoras a jato de tinta e sistemas de comunicação por fibra ótica (PETERSEN, 1982).

Beneficiando-se dos MEMS, a microeletrônica passou a ser empregada em processos mais complexos que utilizam materiais como o PDMS (polidimetilsiloxano - polímero de silicone), e o PMMA (polimetilmetacrilato - polímero termoplástico), além do Silício (ARISTIZÁBAL, 2012). Essa miniaturização de processos mais elaborados pode ser evidenciada no trabalho de Liu e Cui (2005) sobre o desenvolvimento de um microchip integrado aplicado a eletroforese capilar para aminoácidos. Em (LIU; CUI, 2005), o microchip de PDMS integrado com eletrodos de platina foi construído tendo como base a tecnologia de MEMS.

A partir destes progressos, criou-se o conceito dos Laboratórios em Chip (LOC), o qual consiste na realização de operações características de laboratório em escalas micro ou nanométricas (ARISTIZÁBAL, 2012). Sendo assim, tornaram-se executáveis o manuseio e a análise de reações de amostras com micro ou picolitros de volume, de modo automatizado, por meio da otimização de áreas como a microfluídica e a microeletrônica (ARISTIZÁBAL, 2012). Os LOC são amplamente empregados em: análises de motilidade bacteriana, estudos de crescimento confinado de microorganismos, estudos biofísicos de membranas e em estudos de cristalização de proteínas (Hansen et al., 2002).

Os LOCs, em propósitos de microfluídica (assim como em algumas aplicações em microeletrônica), podem ser produzidos por intermédio de aparelhos de litografia semelhantes ao mecanismo ilustrado na Figura 1. Os moldes simples são fabricados através de linhas no fotoresiste que originarão os canais no PDMS ou em algum outro material empregado como molde (ARISTIZÁBAL, 2012). Na Figura 1, observa-se que as linhas do fotoresiste podem ser geradas por meio da radiação da lâmpada UV, a qual passa pela matriz de micro espelhos do projetor, onde o estado binário dos micro espelhos formarão a imagem no fotoresiste (ARISTIZÁBAL, 2012). Além disso, na figura em questão, pode-se observar que a radiação UV passa pelo sistema focal onde a imagem formada na matriz de micro espelhos é ajustada de acordo com a posição do substrato (ARISTIZÁBAL, 2012).

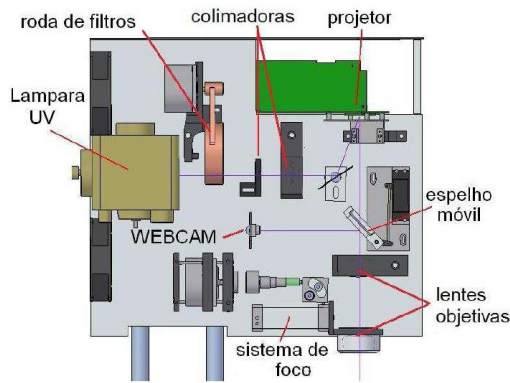


Figura 1 – Modelo da torre de projeção do aparelho de litografia (Aristizábal, 2012).

## 1.1 Síntese da Bibliografia Fundamental

O trabalho de Aristizábal (2012) é fundamentado na utilização de tecnologias de microfabricação para a produção de sistemas Lab On Chip empregados na área biomédica. Técnicas de moldagem e soldagem para o desenvolvimento de sistemas Lab On Chip em Polidimetilsiloxano e processos de ativação de PDMS também foram abordados nesse trabalho. O PDMS é um elastômero de silicone que apresenta aspectos propícios a aplicações biomédicas de baixo custo. Exemplos de tais aspectos do PDMS: possui propriedades isotrópicas e homogêneas, é quimicamente inerte, tem um custo menor que o silício e é permeável a gases (além de ser: transparente, não tóxico, não fluorescente e biocompatível) (MATA et al, 2005).

Contudo, o PDMS é um material hidrofóbico e, em decorrência disto, certas substâncias (compostos orgânicos) podem ser absorvidas em sua superfície, dificultando a quantificação e a separação desses tipos de substâncias em dispositivos feitos com o polímero em questão (ARISTIZÁBAL, 2012).

Apesar da superfície inerte do PDMS ser um empecilho a modificação de sua estrutura hidrofóbica, tal estrutura pode ser modificada com o uso de processos envolvendo sol-gel (ou com a deposição de polímeros hidrofílicos), com a finalidade de gerar camadas de SiO<sub>2</sub> nestes polímeros de Polidimetilsiloxano, tornando sua superfície mais hidrofílica e resistente a absorção de compostos orgânicos (ROMAN et al, 2005).

Em uma seção do trabalho de Aristizábal (2012), é apresentado o desenvolvimento de um aparelho de litografia óptica com uma torre de projeção ilustrada pela Figura 1. Este aparelho é capaz de gerar gravações em substratos com limites de resoluções de: 5 $\mu$ m, 10 $\mu$ m e 15 $\mu$ m, com relação as seguintes formas respectivamente: linhas abertas, círculos e retângulos (modelo exibido na Figura 2). O equipamento de litografia óptica é composto pela torre de projeção e por um sistema de varredura constituído de mesas cartesianas XY.

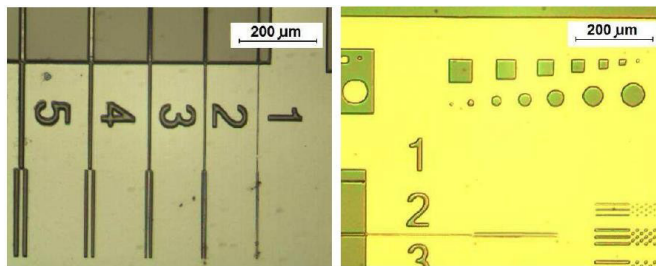


Figura 2 – Imagem da esquerda: resolução de linhas abertas; imagem da direita: resolução de círculos e retângulos (Aristizábal, 2012).

Internamente a torre de projeção, encontra-se uma lâmpada de mercúrio, cuja radiação é direcionada por uma matriz de micro-espelhos eletromecânicos (ARISTIZÁBAL, 2012). O estado binário dos micro-espelhos determinam se a luz será transmitida para as lentes objetivas e, posteriormente, para o resiste, ou se esta luz será refletida na própria estrutura do projetor, aparecendo como um ponto escuro no resiste (ARISTIZÁBAL, 2012).

O sistema de controle de foco, cuja estrutura é esquematizada na Figura 3, opera com base no arqueamento de chapas finas e flexíveis de aço por uma alavanca que pode ser impelida pelo mecanismo acoplado a um motor de passo (ARISTIZÁBAL, 2012). Assim, substratos com espessuras distintas podem ser gravados por meio deste sistema de controle de foco, o qual ajusta a lente objetiva em, no máximo, 6mm de alcance vertical (ARISTIZÁBAL, 2012).

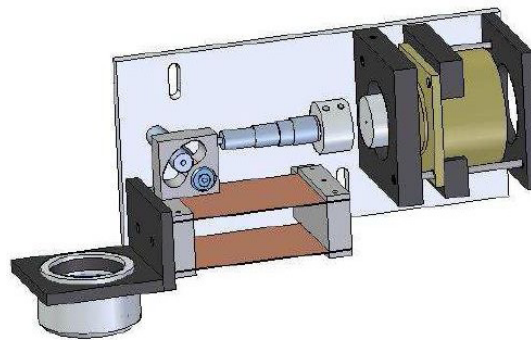


Figura 3 – Estrutura mecânica do sistema de controle de foco (Aristizábal, 2012).

De acordo com Aristizábal (2012), o sistema de varredura é composto por mesas cartesianas XY que operam com base nos sinais transmitidos por um microcontrolador. O microcontrolador é responsável por computar os sinais dos encoders que compõem as mesas cartesianas, os comandos enviados pelo PC (Personal Computer) e os comandos transmitidos por um joystick. Posto isso, o microcontrolador envia sinais de PWM (Pulse Width Modulation) para uma ponte H para controlar a posição da mesa.

## 2 | OBJETIVOS

Neste trabalho, visou-se realizar o controle de posição em malha fechada de uma mesa de varredura XY para um equipamento de litografia óptica pré-desenvolvido. Acrescentando-se a isso, visou-se desenvolver novos hardwares e softwares para otimizar o processo de litografia óptica.

## 3 | MATERIAL E MÉTODOS

Equipamentos utilizados em laboratório:

- Fonte De Alimentação DC Minipa MPL-3303M;
- Multimetro Instrutherm MD-380;
- Osciloscópio Agilent Technologies DSO1072B;
- Bread board Shuiyunpu Wanjie BB-4T7D-01.

A placa apresentada na Figura 4 foi montada com o intuito de ligar ou desligar o LED UV e de fazer o controle em malha aberta do foco da lente externa do equipamento de litografia óptica da Figura 5. O algoritmo de controle de foco em questão foi desenvolvido no software MPLAB em linguagem Assenbly para ser programado no PIC 16F628A. Componentes utilizados para montar a placa da Figura 4:

- 3 bornes (cada um com 2 entradas);
- 2 capacitores de 27pF;
- 1 capacitor de 100nF;
- 1 capacitor de 47 $\mu$ F;
- 6 conectores do tipo “pin header”;
- 1 cristal LGE 20MHz;
- 2 diodos 1n4007;
- 1 microcontrolador PIC 16F628A;
- 1 relé HJR-3FF-S-Z
- 2 resistores de 1k $\Omega$ ;
- 1 resistor de 2,2k $\Omega$ ;
- 1 transistor BC338.

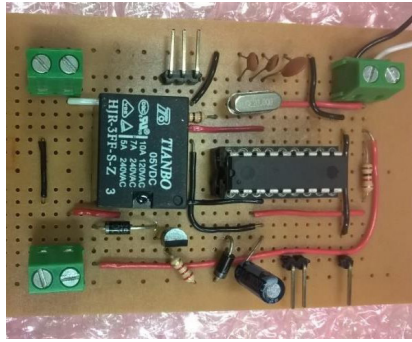


Figura 4 – Placa desenvolvida para ligar ou desligar o equipamento de litografia óptica e para fazer o controle do foco de sua lente externa.



Figura 5 – Equipamento de litografia óptica pré-desenvolvido.

Por meio de um PC contendo o software Visual Studio 2015, desenvolveu-se dois programas em linguagem C#, cujas interfaces estão expostas nas Figuras 6 e 7. Com o auxílio da interface da Figura 6 e da placa da Figura 4, é possível enviar comandos ao microcontrolador PIC 18F4520, a fim de que este possa desempenhar as seguintes funções: realizar o controle em malha aberta da angulação do servo motor acoplado à estrutura de ajuste focal do equipamento de litografia através de pulsos de PWM, e ligar ou desligar o LED UV de tal equipamento pela ativação e desativação do relé da placa da Figura 4.



Figura 6 – Interface do programa aplicado no controle do foco, do LED UV e do processo de gravação do equipamento de litografia óptica.

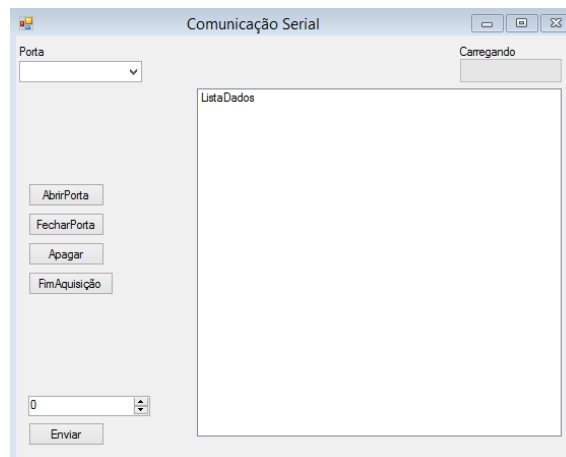


Figura 7 – Interface do programa aplicado no controle de posição da mesa de varredura.

Com o auxílio da placa de circuito impresso (PCB) da Figura 8, é possível realizar a comunicação serial entre a interface da Figura 7 e o PIC 18F4520, objetivando controlar a posição, em malha fechada, da mesa cartesiana da Figura 9. Além disso, utilizou-se um display LCD 16x2 para auxiliar na visualização da posição em tempo real da mesa em questão (em cm); e utilizou-se também um hardware de ponte USB para UART Cp2102 (betemcu, B75937), para que fosse possível realizar a comunicação serial entre o PC e o PIC 18F4520 via USB. Componentes utilizados para montar a PCB da Figura 8:

- 1 borne com 2 entradas;
- 1 botão;
- 1 capacitor de 100nF;
- 2 capacitores de 10nF;
- 6 conectores do tipo “pin header”;
- 30 conectores do tipo “center header”;
- 1 cristal LGE 20MHz;



- 1 resistor de 10k $\Omega$ .

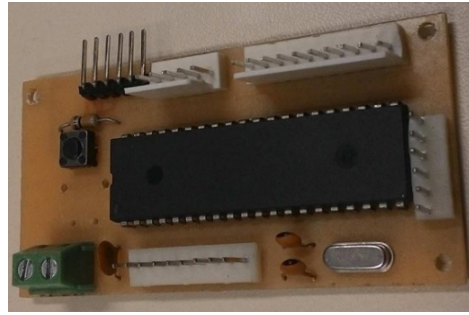


Figura 8 – PCB aplicada no controle da posição da mesa cartesiana.

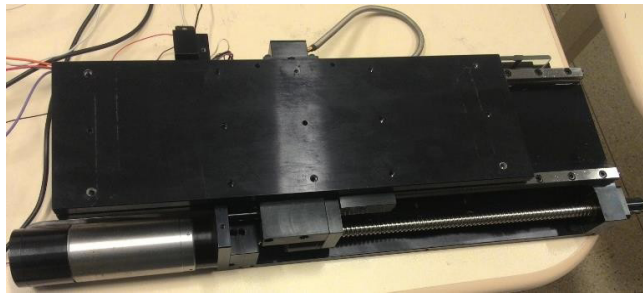


Figura 9 – Mesa cartesiana utilizada nos testes práticos de controle de posição.

A região deslizante superior da mesa cartesiana da Figura 9 se desloca horizontalmente devido a atuação de um motor DC, cujo eixo está acoplado a uma rosca sem fim. À medida que o eixo deste motor DC gira, a rosca sem fim faz movimentar linearmente um dispositivo composto internamente por um acoplador que está interligado a região deslizante da mesa e a própria rosca sem fim. Ao se movimentar linearmente devido ao giro da rosca sem fim, este dispositivo também faz a região deslizante da mesa cartesiana se movimentar linearmente.

A PCB da Figura 10 foi desenvolvida para tratar os sinais analógicos dos canais A e B do encoder óptico linear da mesa de varredura. Componentes utilizados para montar a PCB da Figura 10:

- 2 amplificadores operacionais (ampop) TL081;
- 1 borne com 3 entradas;
- 2 capacitores de 47 $\mu$ F;
- 1 capacitor de 100nF;
- 4 conectores do tipo “center header”;
- 2 resistores de 39k $\Omega$ ;
- 2 resistores de 1k $\Omega$ ;
- 2 transistores BC548.

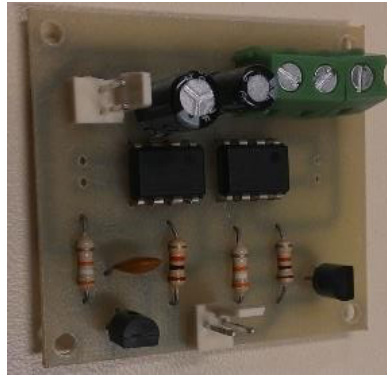


Figura 10 – PCB desenvolvida para tratar os sinais gerados pelos canais do encoder óptico.

A PCB da Figura 11 opera como uma ponte para o motor DC da mesa cartesiana e como um circuito desacoplador, protegendo o PIC 18F4520 e todos os circuitos eletrônicos e digitais interligados a esta placa de sobrecorrentes.

Componentes utilizados para montar a PCB da Figura 11:

- 2 bornes (cada um com 2 entradas);
- 2 capacitores de 10nF;
- 2 capacitores de 100nF;
- 6 conectores do tipo “pin header”;
- 3 optoacopladores 6n136;
- 1 ponte para motor lm18201;
- 3 resistores de 100Ω;
- 3 resistores de 2,2kΩ;
- 1 resistor de 10kΩ.

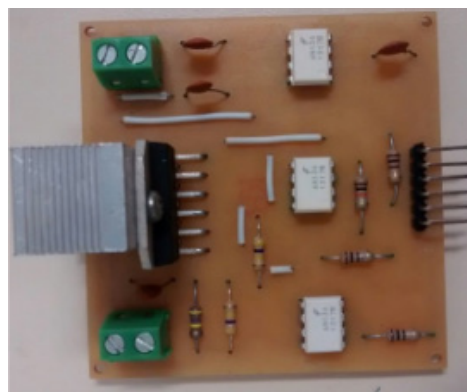


Figura 11 – PCB que funciona como ponte para motor DC e como desacoplador.

Os métodos utilizados para as análises de dados foram, principalmente, baseados em procedimentos empíricos realizados em laboratório. Os circuitos construídos e os algoritmos desenvolvidos foram testados em prática e os resultados foram registrados e analisados durante e após os testes respectivamente.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As ondas das Figuras 12 e 13 representam os sinais analógicos dos canais A (amarelo) e B (verde) do encoder óptico. Os sinais da Figura 12 estão defasados entre si por um ângulo de  $81^\circ$  devido ao deslocamento no sentido positivo (para à direita) da mesa cartesiana; e os sinais da Figura 17 estão defasados entre si por um ângulo de  $-107^\circ$  devido ao deslocamento no sentido negativo (para à esquerda) de tal mesa.



Figura 12 – Sinais analógicos dos canais A (amarelo) e B (verde) do encoder óptico. Tais sinais estão defasados entre si por um ângulo de  $81^\circ$  devido ao deslocamento no sentido positivo (para à direita) da mesa cartesiana.



Figura 13 – Sinais analógicos e senoidais dos canais A (amarelo) e B (verde) do encoder óptico. Tais sinais estão defasados entre si por um ângulo de  $-107^\circ$  devido ao deslocamento no sentido negativo (para à esquerda) da mesa de varredura.

As ondas das Figuras 14 e 15 representam os sinais dos canais A e B em quadratura tratados pela PCB da Figura 10. Os sinais da Figura 14 estão defasados entre si por um ângulo de  $109^\circ$  devido ao deslocamento no sentido positivo da mesa cartesiana, e os sinais da Figura 15 estão defasados entre si por um ângulo de  $-118^\circ$  devido ao deslocamento no sentido negativo de tal mesa.



Figura 14 – Sinais dos canais A (amarelo) e B (verde) em quadratura do encoder óptico, tratados pela PCB da Figura 10. Tais sinais estão defasados entre si por um ângulo de  $109^\circ$  devido ao deslocamento no sentido positivo (para à direita) da mesa de varredura.

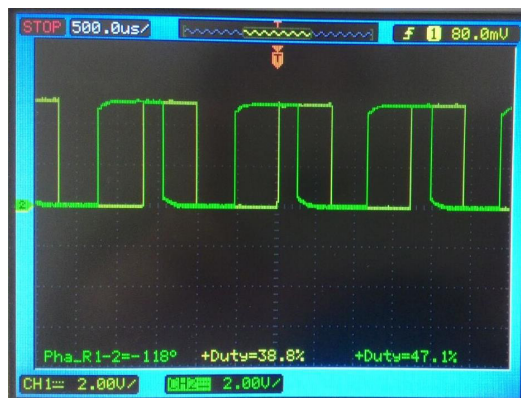


Figura 15 – Sinais dos canais A (amarelo) e B (verde) em quadratura do encoder óptico, tratados pela PCB da Figura 10. Tais sinais estão defasados entre si por um ângulo de  $-118^\circ$  devido ao deslocamento no sentido negativo (para à esquerda) da mesa de varredura.

As Tabelas 1 e 2 mostram os valores dos ciclos de trabalho e defasagens dos sinais dos canais A e B do encoder óptico, antes e depois do tratamento de sinais executado pela PCB da Figura 10 respectivamente.

Canal	Sentido do Deslocamento da Mesa Cartesiana	Defasagem ( $^\circ$ )	Ciclo de Trabalho (%)
A	+	81	49,6
B	+	-81	50,8
A	-	-107	49,0
B	-	107	49,4

Tabela 1 – Valores dos ciclos de trabalho e defasagens dos sinais dos canais A e B do encoder óptico, antes do tratamento de sinais executado pela PCB da Figura 10.

Canal	Sentido do Deslocamento da Mesa Cartesiana	Defasagem ( $^\circ$ )	Ciclo de Trabalho (%)
A	+	109	57,6
B	+	-109	53,8
A	-	-118	38,8

B	-	118	47,1
---	---	-----	------

Tabela 2 – Valores dos ciclos de trabalho e defasagens dos sinais dos canais A e B do encoder óptico, após o tratamento de sinais executado pela PCB da Figura 10.

Após serem tratados, os sinais dos canais A e B do encoder óptico são transmitidos aos pinos 15 (RC0) e 16 (RC1), respectivamente, do microcontrolador PIC 18F4520 da PCB da Figura 8. Para estabelecer o controle PID de posição em malha fechada da mesa cartesiana, desenvolveu-se um algoritmo no software MPLAB em linguagem C. Neste algoritmo, a ação de controle opera a cada 50 ms (estouro do timer). Do mesmo modo, a visualização da posição em tempo real da mesa de varredura no display e na interface da Figura 7, além da visualização do erro de posição da mesa nessa mesma interface, ocorrem a cada 50ms. Acrescentando-se a isso, determinou-se empiricamente o valor do fator de conversão de bits para distância (em cm), o qual é igual a 0,0064.

Os valores dos ganhos  $k_p$ ,  $k_i$  e  $k_d$ , do controle PID, foram determinados empiricamente e estão expostos na Tabela 3. O valor total do erro de posição, cuja expressão é apresentada na Equação 1, foi utilizado como o valor do ciclo de trabalho do PWM que representa o sinal de controle transmitido a ponte H para controlar o motor DC da mesa de varredura através do pino 17 CCP1 (RC2) do microcontrolador PIC 18F4520.

Ganho	Valor
$K_p$	0,5
$K_i$	0,05
$K_d$	0,01

Tabela 3 – Valores do ganhos  $k_p$ ;  $k_i$  e  $k_d$  do controlador PID determinados empiricamente.

$$Erro_{total} = (K_p \times Erro_{Posição}) + (K_i \times Soma_{Erro}) + (K_d \times Diferença_{Erro})$$

Equação 1 – Equação utilizada no cálculo do valor total do erro de posição.

Os pinos de saída da ponte H LM18201 são conectados diretamente as alimentações do motor DC da mesa de varredura. A Figura 16 diz respeito ao circuito completo de controle de posição da mesa cartesiana utilizado nos testes práticos em laboratório. Tais testes foram realizados tendo como posição inicial da mesa (0 cm) aquela indicada pela Figura 17.



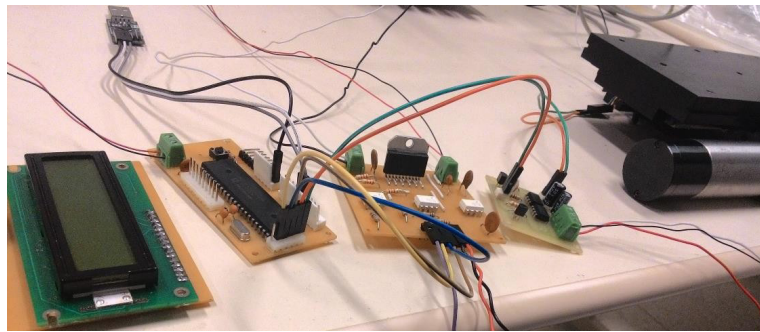


Figura 16 – Circuito completo de controle de posição da mesa de varredura.

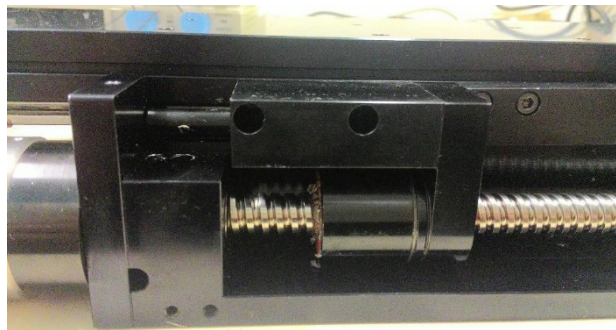


Figura 17 – Posição inicial da mesa de varredura (0 cm).

Sendo assim, executou-se 3 testes para validar o sistema de controle de posição da mesa de varredura. Nestes testes, controlou-se a mesa para as seguintes posições: 6 cm, 12 cm e 15 cm, em relação a posição inicial da Figura 17. A Tabela 4 mostra os resultados obtidos para os 3 testes executados. Nesta tabela, também são apresentados os valores dos erros relativos entre a posição final no LCD (cm) e a posição desejada (cm) da mesa.

Teste	Posição Desejada (cm)	Posição Final no LCD (cm)	Erro (%)
1º	12	11,9248	0,6267
2º	6	5,9974	0,0433
3º	15	15,0539	0,3593

Tabela 4 – Valores das posições desejadas e das posições finais, obtidas no LCD, para os 3 testes registrados.

## 5 | CONCLUSÕES

Por meio da placa da Figura 4 e da interface da Figura 6, otimizou-se o sistema focal do equipamento de litografia óptica, uma vez que o foco de sua lente externa, por onde a imagem atravessa para ser gravada no resiste fotossensível, passou a ser controlado pela placa e pela interface em questão. Tal controle favorece a projeção de imagens com uma melhor resolução. Além disso, a interface da Figura 6 torna o processo de litografia óptica mais simples e eficiente, visto que, por meio desta interface, é possível supervisionar todo o processo de litografia desde a escolha do

padrão a ser gravado até o tempo de projeção sob o qual a amostra será exposta.

Acrescentando-se a isso, com o auxílio do sistema de controle de posição da mesa de varredura e da interface da Figura 7, realizou-se testes práticos em laboratório para validar o sistema em questão, considerando-se os seguintes valores de posições desejadas da mesa: 12 cm, 6 cm e 15 cm. Desta forma, obteve-se os seguintes erros relativos entre as posições desejadas e as posições reais no visor digital do LCD: 0,6267%, 0,0427% e 0,003597%, respectivamente. Portanto, a partir dos erros calculados, conclui-se que o circuito de controle de posição, juntamente com a interface citada, desempenha sua função como esperado e que a mesa cartesiana consegue atingir as posições desejadas.

## REFERÊNCIAS

ARISTIZÁBAL, S. L. **Desenvolvimento de sistemas Lab-on-a-Chip para análises em biofísica celular** 2012. 163 f. 2012. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica)–Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. Brasil.

HANSEN, Carl L. et al. A robust and scalable microfluidic metering method that allows protein crystal growth by free interface diffusion. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 99, n. 26, p. 16531-16536, 2002.

LEE, Jessamine Ng; PARK, Cheolmin; WHITESIDES, George M. Solvent compatibility of poly (dimethylsiloxane)-based microfluidic devices. **Analytical chemistry**, v. 75, n. 23, p. 6544-6554, 2003.

LIU, C. C.; CUI, D. F. Design and fabrication of poly (dimethylsiloxane) electrophoresis microchip with integrated electrodes. **Microsystem Technologies**, v. 11, n. 12, p. 1262-1266, 2005.

LIU, X. Y. et al. based piezoresistive MEMS force sensors. In: **2011 IEEE 24th International Conference on Micro Electro Mechanical Systems**. IEEE, 2011. p. 133-136.

MATA, Alvaro; FLEISCHMAN, Aaron J.; ROY, Shuvo. Characterization of polydimethylsiloxane (PDMS) properties for biomedical micro/nanosystems. **Biomedical microdevices**, v. 7, n. 4, p. 281-293, 2005.

PETERSEN, Kurt E. Silicon as a mechanical material. **Proceedings of the IEEE**, v. 70, n. 5, p. 420-457, 1982.

ROMAN, Gregory T. et al. Sol–gel modified poly (dimethylsiloxane) microfluidic devices with high electroosmotic mobilities and hydrophilic channel wall characteristics. **Analytical Chemistry**, v. 77, n. 5, p. 1414-1422, 2005.

THANGAWNG, Abel L. et al. An ultra-thin PDMS membrane as a bio/micro–nano interface: fabrication and characterization. **Biomedical microdevices**, v. 9, n. 4, p. 587-595, 2007.

WONG, leong; HO, Chih-Ming. Surface molecular property modifications for poly (dimethylsiloxane) (PDMS) based microfluidic devices. **Microfluidics and nanofluidics**, v. 7, n. 3, p. 291, 2009.

## **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

