

Helenton Carlos da Silva
(Organizador)

The background is a dark purple gradient with a white, wavy, mountain-like shape across the middle. It is filled with various white and light blue line-art icons representing different fields: gears, a compass, a pencil and ruler, a calculator, a network diagram, a chemical structure, a magnifying glass, a graph, a book, and mathematical symbols like pi (3.14), y = cos x, and y = |x|. A central white-bordered box contains the title text.

Estudos (Inter)
Multidisciplinares
nas Engenharias

Helenton Carlos da Silva
(Organizador)

Estudos (Inter) Multidisciplinares nas Engenharias

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: Geraldo Alves
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 de 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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E82	<p>Estudos (inter) multidisciplinares nas engenharias 1 [recurso eletrônico] / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-697-3 DOI 10.22533/at.ed.973190910</p> <p>1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. I. Silva, Helenton Carlos da.</p> <p style="text-align: right;">CDD 658.5</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “*Estudos (Inter) Multidisciplinares nas Engenharias*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu I volume, apresenta, em seus 25 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da importância da (inter) multidisciplinaridade nas engenharias.

O processo de aprendizagem, hoje em dia, é baseado em um dinamismo de ações condizentes com a dinâmica do mundo em que vivemos, pois a rapidez com que o mundo vem evoluindo tem como chave mestra a velocidade de transmissão das informações.

A engenharia praticada nos dias de hoje é formada por conceitos amplos e as situações a que os profissionais são submetidos mostram que esta onda crescente de tecnologia não denota a necessidade apenas dos conceitos técnicos aprendidos nas escolas.

Desta forma, os engenheiros devem, além de possuir um bom domínio técnico da sua área de formação, possuir domínio também dos conhecimentos multidisciplinares, além de serem portadores de uma visão globalizada.

Este perfil é essencial para o engenheiro atual, e deve ser construído na etapa de sua formação com o desafio de melhorar tais características.

Dentro deste contexto podemos destacar que uma equipe multidisciplinar pode ser definida como um conjunto de profissionais de diferentes disciplinas que trabalham para um objetivo comum.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos relacionados aos estudos da (inter) multidisciplinaridade nas engenharias, com destaque mais diversas engenharias e seus temas de estudos.

Os organizadores da Atena Editora agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada.

Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

Helenton Carlos da Silva

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A IMPORTÂNCIA DA (INTER) MULTIDISCIPLINARIDADE NAS ENGENHARIAS PARA O DESENVOLVIMENTO E OPERAÇÃO DAS CIDADES INTELIGENTES	
Roberto Righi Roberta Betania Ferreira Squaiella	
DOI 10.22533/at.ed.9731909101	
CAPÍTULO 2	13
ANÁLISE DOS MÉTODOS DE ENSINO E AVALIAÇÕES UTILIZADOS NA GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA FLORESTAL	
Elaine Cristina Lengowski Carla Cristina Cassiano	
DOI 10.22533/at.ed.9731909102	
CAPÍTULO 3	26
AVALIAÇÃO ERGONÔMICA DE POSTO DE TRABALHO EM UM ATELIÊ DE SOUVENIRS COM USO DOS MÉTODOS OWAS E DE SUZANNE RODGERS	
Jordy Felipe de Jesus Rocha Maria Vanessa Souza Oliveira Leila Medeiros Santos Bento Francisco dos Santos Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.9731909103	
CAPÍTULO 4	40
AVALIAÇÃO ERGONÔMICA: ESTUDO DE CASO DE VIGILANTES	
Gustavo Francesco de Moraes Dias Diego Raniere Nunes Lima Renato Araújo da Costa Roberto Pereira de Paiva e Silva Filho Fernanda da Silva de Andrade Moreira Hugo Marcel Flexa Farias Jessica Cristina Conte da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.9731909104	
CAPÍTULO 5	53
ESTILO DE LIDERANÇA QUE O ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO DEVE POSSUIR NA ÓTICA DOS ENGENHEIROS DE PRODUÇÃO DA FACULDADE PARAÍSO DO CEARÁ	
Emmanuela Suzy Medeiros José Valmir Bezerra e Silva Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.9731909105	
CAPÍTULO 6	66
EVOLUÇÃO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS PARA A INDÚSTRIA NO BRASIL	
Lídia Silveira Arantes Thales de Oliveira Costa Viegas	
DOI 10.22533/at.ed.9731909106	

CAPÍTULO 7 80

**GOVERNANÇA, RESPONSABILIDADE SOCIAL E SUSTENTABILIDADE:
ENTENDENDO OS FENÔMENOS DE GESTÃO ORGANIZACIONAL**

Leonardo Petrilli
Denize Valéria dos Santos Baia
Juliana Fernanda Monteiro de Souza

DOI 10.22533/at.ed.9731909107

CAPÍTULO 8 93

**PERCEPÇÃO AMBIENTAL DOS ALUNOS DO ENSINO FUNDAMENTAL DE UMA
ESCOLA DA REDE PÚBLICA MUNICIPAL DE PARAUAPEBAS**

Diego Raniere Nunes Lima
Renato Araújo da Costa
Gustavo Francesco de Moraes Dias
Roberto Pereira de Paiva e Silva Filho

DOI 10.22533/at.ed.9731909108

CAPÍTULO 9 105

**ANÁLISE DO RISCO DE ACIDENTE CAUSADO PELA ALTA TEMPERATURA EM
ALTO-FORNO SIDERÚRGICO NO MUNICÍPIO DE MARABÁ – PA**

Diego Raniere Nunes Lima
Roberto Pereira de Paiva e Silva Filho
Gustavo Francesco de Moraes Dias
Renato Araújo da Costa

DOI 10.22533/at.ed.9731909109

CAPÍTULO 10 120

**CONFECÇÃO DE BANCADA DIDÁTICA PARA SIMULAÇÃO DE SISTEMAS
HIDRELÉTRICOS COM PERSPECTIVA À INTEGRAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0**

Kariston Dias Alves
Gustavo Catusso Balbinot
Artur Vitório Andrade Santos

DOI 10.22533/at.ed.97319091010

CAPÍTULO 11 131

**DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA ESTUDO DE VIABILIDADE
TÉCNICA DE TERMELÉTRICAS A BIOMASSA NO BRASIL**

Beatriz Gabrielle de Carvalho Pinheiro
Josiane do Socorro Aguiar de Souza Oliveira Campos
Luciano Gonçalves Noleto
Maria Vitória Duarte Ferrari
Tallita Karolline Nunes

DOI 10.22533/at.ed.97319091011

CAPÍTULO 12 143

**DESENVOLVIMENTO DE UM REGULADOR AUTOMÁTICO DE TENSÃO
MICROCONTROLADO UTILIZADO EM GERADORES SÍNCRONOS ISOLADOS**

Guilherme Henrique Alves
Lúcio Rogério Júnior
Antônio Manoel Batista da Silva
Wellington Mrad Joaquim

CAPÍTULO 13 157

**DESPACHO ÓTIMO DAS UNIDADES GERADORAS DA USINA HIDRELÉTRICA
LUIS EDUARDO MAGALHÃES**

Henderson Gomes e Souza
Brunno Henrique Brito
Vailton Alves de Faria
Jabson da Cunha Silva

DOI 10.22533/at.ed.97319091013

CAPÍTULO 14 170

**DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE ÓPTICA E TÉRMICA DE UM COLETOR
PARABÓLICO COMPOSTO COM E SEM EFEITO ESTUFA**

Joaquim Teixeira Lopes
Ricardo Fortes de Miranda
Keyll Carlos Ribeiro Martins
Camila Correia Soares

DOI 10.22533/at.ed.97319091014

CAPÍTULO 15 177

**EFEITOS DO TRATAMENTO TÉRMICO DE ENDURECIMENTO POR
PRECIPITAÇÃO NA MICROESTRUTURA E PROPRIEDADES MECÂNICAS EM
LIGAS DE AL-SI-MG FUNDIDAS**

Albino Moura Guterres
Daniel Beck
Cláudio André Lopes de Oliveira
Juliano Poleze

DOI 10.22533/at.ed.97319091015

CAPÍTULO 16 186

**ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS
FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A REDE PARA CONSUMIDORES DO GRUPO A**

Roberto Pereira de Paiva e Silva Filho
Murilo Miceno Frigo
Gustavo Francesco de Moraes Dias
Diego Raniere Nunes Lima
Renato Araújo da Costa
Timóteo Gonçalves Braga

DOI 10.22533/at.ed.97319091016

CAPÍTULO 17 199

**GESTÃO AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO DA GESTÃO DOS RESÍDUOS
ELETRÔNICOS NA IMAGEM SOM ELETRÔNICA LTDA**

Carla Ruanita Pedroza Maia
Leila Medeiros Santos
Maria Vanessa Souza Oliveira
Bento Francisco dos Santos Júnior

DOI 10.22533/at.ed.97319091017

CAPÍTULO 18	212
INDICADOR DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	
Jean Carlos da Luz Pereira Felipe Guimarães Ramos	
DOI 10.22533/at.ed.97319091018	
CAPÍTULO 19	225
INVESTIGAÇÃO PRELIMINAR DE MODIFICAÇÕES NA CÉLULA FOTOVOLTAICA MONOCRISTALINA DE SILÍCIO	
Marcus André Pereira Oliveira Ana Flávia de Sousa Freitas Thiago Barros Pimentel Adão Lincoln Montel	
DOI 10.22533/at.ed.97319091019	
CAPÍTULO 20	234
UMA APLICAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E EFICIÊNCIA EXERGÉTICA DAS TURBINAS A VAPOR NAS INDÚSTRIAS SUCROALCOOLEIRAS	
Nancy Lima Costa Maria de Sousa Leite Filha Arthur Gilzeph Farias Almeida Jaciera Dantas Costa Antônio Daniel Buriti de Macêdo José Nunes de Oliveira Neto Jordany Ramalho Silveira Farias José Jefferson da Silva Nascimento	
DOI 10.22533/at.ed.97319091020	
CAPÍTULO 21	242
THE STEAM GENERATION CENTERS AS A VECTOR FOR THE SUGARCANE MILLS EVOLUTION TO THE SUCRO-ENERGETICS PLANTS FORMAT	
Roque Machado de Senna Henrique Senna Rosimeire Aparecida Jerônimo	
DOI 10.22533/at.ed.97319091021	
CAPÍTULO 22	252
ANÁLISE DE CERTIFICADOS DIGITAIS EM DOMÍNIOS BRASILEIROS	
Matheus Aranha Diogo Pereira Artur Ziviani Fábio Borges	
DOI 10.22533/at.ed.97319091022	
CAPÍTULO 23	264
ANÁLISE DO IMPACTO DO ROTEAMENTO ALTERNATIVO 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.97319091023	

CAPÍTULO 24	271
SENSORIAMENTO ELETRÔNICO DE BAIXO CUSTO NO MONITORAMENTO HIDRÁULICO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS	
Lidiane Bastos Dorneles	
Samuel dos Santos Cardoso	
Samanta Tolentino Ceconello	
Jocelito Saccol de Sá	
DOI 10.22533/at.ed.97319091024	
CAPÍTULO 25	283
TUTORIAL SOBRE REPETIDORES DE DADOS MÓVEIS	
Carine Mineto	
Lyang Leme de Medeiros	
Helder Alves Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.97319091025	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	295
ÍNDICE REMISSIVO	296

INVESTIGAÇÃO PRELIMINAR DE MODIFICAÇÕES NA CÉLULA FOTOVOLTAICA MONOCRISTALINA DE SILÍCIO

Marcus André Pereira Oliveira

Instituto Federal do Tocantins – Campus Palmas
Palmas - Tocantins

Ana Flávia de Sousa Freitas

Universidade Tecnológica Federal do Paraná –
Campus Curitiba
Curitiba – Paraná

Thiago Barros Pimentel

Instituto Federal do Tocantins – Campus Palmas
Palmas – Tocantins

Adão Lincoln Montel

Universidade Federal do Tocantins – Campus
Palmas
Palmas – Tocantins

RESUMO: O aperfeiçoamento das células fotovoltaicas é uma demanda contínua, visando redução de custos de fabricação e melhor capacidade de geração mesmo sob diferentes condições climáticas. Neste trabalho, avaliou-se a possibilidade de aproveitamento da radiação ultravioleta do espectro solar na produção de energia elétrica através do uso de pigmento fosforescente, uma vez que esta radiação não é utilizada em células fotovoltaicas convencionais. Para tanto, duas células com tinta de relevo fosforescente foram avaliadas em comparação com células não modificadas em relação aos parâmetros tensão, corrente e temperatura. Buscou-se também avaliar o comportamento

da célula sujeita a uma redução na sua temperatura de operação, visto que o calor é um parâmetro que reduz a capacidade de geração fotovoltaica; parte deste calor retirado pode ser ainda reaproveitado para geração elétrica utilizando pastilhas termoelétricas de efeito Seebeck. Os resultados apresentados são promissores e mostram que tanto as células com as pastilhas termoelétricas como as células com tinta têm um desempenho melhor no que tange à geração de energia elétrica.

PALAVRAS-CHAVE: geração fotovoltaica, pastilhas termoelétricas, pigmento fosforescente.

PRELIMINARY INVESTIGATION ON MONOCRYSTALLINE SILICON PHOTOVOLTAIC CELL MODIFICATIONS

ABSTRACT: The improvement of the photovoltaic cells is a continuous demand in order to reduce manufacturing costs and achieve better generation capacity even under different climatic conditions. In this work, was evaluated the possibility of use of ultraviolet radiation of the solar spectrum to produce electricity through the use of a phosphorescent pigment, since this radiation is not used in conventional solar cells. Two cells with phosphorescent paint were evaluated in comparison with non-modified cells in relation to the parameters voltage, current

and temperature. Also was analysed the behavior of the cell subject to a decrease in its operating temperature, since the heat is a parameter that reduces the ability of photovoltaic generation; some of this heat can be removed and repurposed for electricity generation using thermoelectric Seebeck effect pastilles. The results are promising and show that both the cells with thermal pads as cells with ink performs better when it comes to generating electricity.

KEYWORDS: photovoltaic generation, thermoelectric pastilles, phosphorescent pigment

1 | INTRODUÇÃO

A energia elétrica utilizada em residências, comércio e indústria no Brasil advém de diversas fontes, algumas obtidas da queima de combustíveis fósseis não-renováveis, como o carvão, petróleo e gás natural, e outras provenientes de fontes renováveis, como hídrica, eólica, fotovoltaica (FV), biomassa, etc. No topo da matriz de produção de energia, está a geração hidrelétrica com 61,37% dos atuais 156 GWh capacidade total instalada, sendo a participação da radiação solar nessa geração, inferior a 1% segundo dados da Aneel no ano de 2016. Em um cenário onde há crise de oferta hídrica, por razões climáticas, e onde novas usinas trazem danos ambientais e dificuldades técnicas cada vez mais elevados, fontes energéticas como a eólica e a FV precisam se solidificar como parte mais relevante no total da energia produzida. A fonte eólica vem sendo explorada em parques de geração devidamente mapeados, em locais do território brasileiro onde o vento é constante e de qualidade; no interior do Brasil, no entanto, deixa de ser economicamente viável em razão da intermitência natural dos ventos.

Apesar de ainda não estarem entre as fontes mais utilizadas para a produção de energia elétrica, as fontes fotovoltaicas vêm se tornando uma opção coerente dentre as fontes renováveis. Uma das vantagens desse tipo de produção de energia é que ela pode ser inserida em todas as regiões brasileiras, mesmo existindo algumas particularidades quanto ao número médio anual de horas de irradiação solar entre algumas dessas regiões, devido às diferenças no clima (ABINEE, 2012).

De acordo com o Projeto ERA, o Brasil tem uma excelente irradiação solar média anual, como mostrado na Figura 1. Isso é um dos fatores que torna mais viável a utilização de células fotovoltaicas. Nota-se que o Tocantins se destaca das demais regiões, tendo uma irradiação média alta em todo estado, o que torna as fontes de energia fotovoltaica uma excelente opção de geração de energia renovável.

A posição geográfica do Brasil em relação à linha do Equador permite um alto número de horas de iluminação solar de boa qualidade, com pouca variação no ângulo de inclinação do feixe luminoso; esta é uma condição bastante favorável para geração fotovoltaica. No entanto, nosso clima tropical tem como característica também o calor acentuado. Para as células fotovoltaicas, a alta temperatura é via de

regra uma desvantagem, pois faz com que as células tenham perdas significativas de energia.

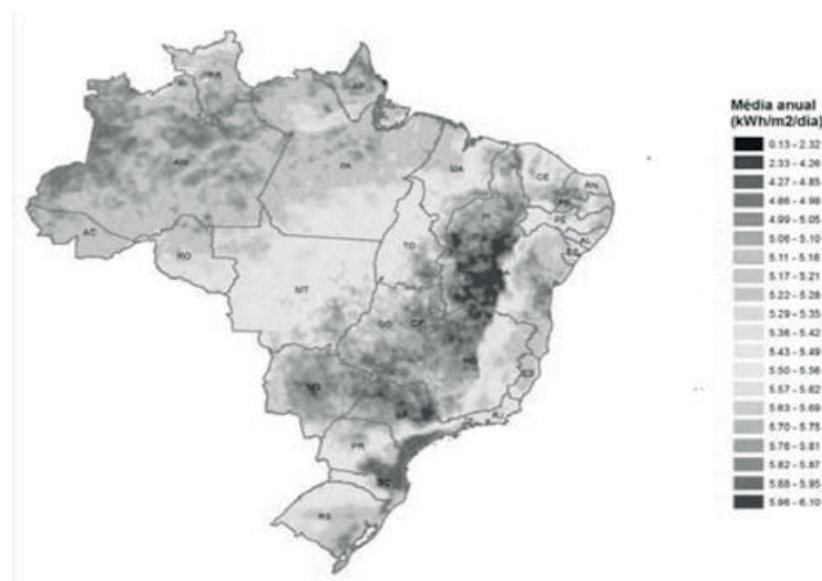


Figura 1. Mapa de irradiação solar média anual, Projeto ERA GVC, 2014.

No meio comercial, percebe-se que a grande maioria das aplicações envolvendo células fotovoltaicas utiliza material semiconductor a partir do silício. A Figura 2 mostra alguns tipos de células fotovoltaicas, monocristalino, policristalino e amorfo.

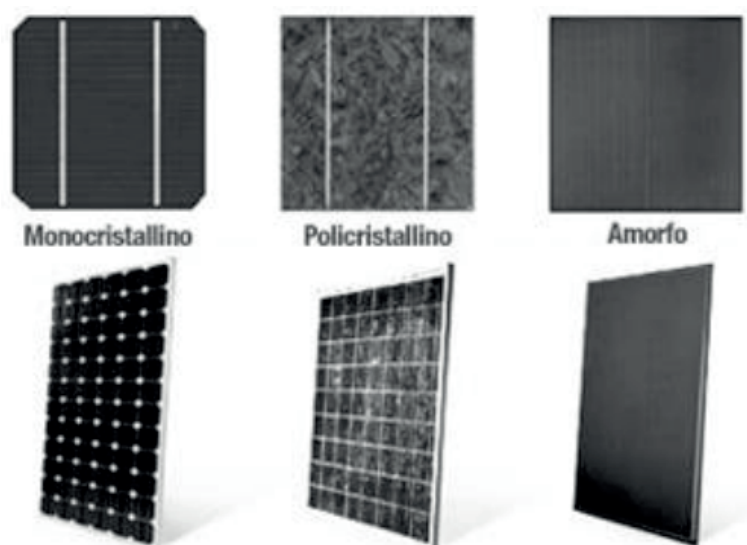


Figura 2. Tipos de células fotovoltaicas. IFTO, 2016.

A célula fotovoltaica é o componente fundamental do painel “solar” fotovoltaico, e possui uma natureza especial onde a energia gerada depende diretamente da incidência luminosa (intensidade e direção), além da temperatura. Elas são fabricadas a partir de diversos tipos de materiais, que produzem energia elétrica a partir do efeito fotoelétrico, ou seja, a emissão de elétrons da matéria como consequência da absorção de energia da radiação luminosa.

A corrente elétrica gerada nos painéis tem sua intensidade proporcional à

intensidade luminosa que incide na célula. Nos painéis, a célula fotovoltaica não tem capacidade de armazenar energia elétrica, e a corrente elétrica é gerada apenas se houver incidência de luz sobre a placa solar, ocorrendo a transmissão direta da energia elétrica. Este fenômeno é denominado efeito fotovoltaico (NASCIMENTO, 2012).

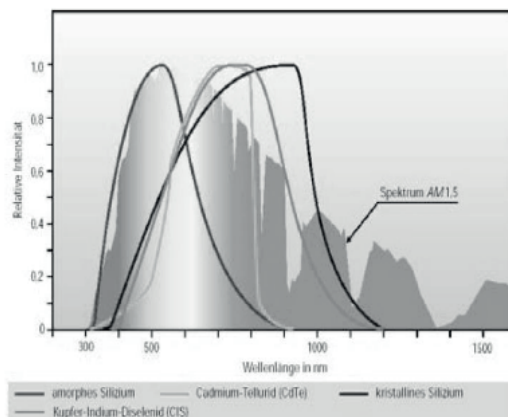


Figura 3. Sensibilidade espectral dos diferentes tipos de células solares. ISET Kassel.

A Figura 3 mostra a faixa de absorção do espectro luminoso da célula FV, conforme a tecnologia de fabricação. Nota-se que cada tipo possui melhor região de funcionamento; as células mono e policristalinas de silício não são otimizadas para extrair energia na faixa que compreende frequências próximas ao infravermelho e ultravioleta. Assim, o uso de pigmentos fotossensíveis, agindo como filtros luminosos, podem melhorar a região de operação da célula por meio de um reposicionamento da região do espectro de operação do ponto de vista da célula.

Devido à seletividade destas células em relação aos comprimentos de onda utilizados na conversão da energia luminosa em energia elétrica, boa parte da energia solar é desperdiçada sendo convertida em calor. Note-se que do valor total da constante solar (da energia solar que incide no planeta Terra) cerca de 51,2% localiza-se na região do espectro com comprimentos de onda do infravermelho e 12,1% na região do ultravioleta os quais não são aproveitados por células fotovoltaicas convencionais (AGRAWAL,2009). Apenas cerca de 36,7% do total da energia solar incidente na Terra localiza-se na região do visível do espectro eletromagnético e as células fotovoltaicas convertem apenas alguns comprimentos de onda dentro desta faixa (ver Figura 3) o que reduz de forma significativa a eficiência das mesmas.

Visando aumentar esta eficiência, neste trabalho foram avaliadas aplicações de pigmentos fosforescentes capazes de converter luz ultravioleta em luz visível, viabilizando desta forma a conversão de um percentual maior do espectro solar em energia elétrica. A utilização da radiação ultravioleta por meio da conversão em comprimentos de onda do visível apresenta algumas vantagens adicionais uma vez que a incidência desta radiação sobre a superfície terrestre sofre menor variação

devido às condições de nebulosidade do que as radiações da parte visível do espectro solar (MORENOA et al., 2003).

Neste sentido, serão apresentados resultados parciais de pesquisas realizadas com células fotovoltaicas com componentes que podem reduzir as perdas de energia na forma de calor, tornando-as mais eficientes, ou modificar a faixa de absorção do espectro luminoso. Utilizou-se em uma das células fotovoltaicas pastilhas termoelétricas de efeito Seebeck e em outras duas células, tinta fluorescente de relevo da cor amarela.

As pastilhas termoelétricas são formadas essencialmente por placas de cerâmicas e em seu interior existem pequenos cubos de Bi_2Te_3 (telureto de bismuto). Estas podem converter energia elétrica em energia térmica (efeito Peltier) ou energia térmica em energia elétrica (efeito Seebeck) (FERNANDES, 2012). Nesta pesquisa, o interesse é pelo efeito Seebeck, uma vez que há o intuito de aproveitar o calor residual e gerar mais eletricidade, acrescentado-a àquela gerada pela célula.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

No presente trabalho utilizou-se células fotovoltaicas do tipo monocristalino de dimensões 15,5 cm x 15,5 cm, sendo duas células não modificadas, duas com tinta Fluorescente/Fosforescente Lumix Corfix 35 ml, disponível comercialmente, e ainda uma célula modificada com pastilhas termoelétricas. Nesta última, a fim de se obter uma condução térmica mais homogênea, foi adicionado uma placa de alumínio entre o suporte de madeira e a célula. Com pasta térmica, colou-se as pastilhas no meio da placa, sendo que o lado que recebe calor fica voltado para o fundo da célula. Os fios das pastilhas termoelétricas foram conectados em um barra tipo Sindal, para posterior análise da geração elétrica residual por efeito Seebeck. Todas foram expostas ao sol de forma simultânea para se obter os seguintes parâmetros de interesse, que serão avaliados neste trabalho:

V_{OC} - Tensão “*open circuit*” ou de circuito aberto, onde a corrente I_{FV} gerada na saída da célula fotovoltaica é igual a zero;

I_{SC} - Corrente “*short circuit*” ou de curto circuito, onde a tensão V_{FV} gerada na saída da célula fotovoltaica é igual a zero;

T_{FV} - Temperatura na superfície da célula fotovoltaica no momento da medição.

Para obtenção destes dados, foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Medição de temperatura: Termovisor FLUKE modelo Ti32;
- Medição de tensão: Multímetro Minipa ET-2907 ;
- Medição de corrente: Amperímetro Politerm POL-64.

Para os ensaios, as células foram colocadas em um suporte físico de madeira e cuidadosamente fixadas, considerando sua grande fragilidade. Na Figura 4 é possível ver como ficou o painel com as células.

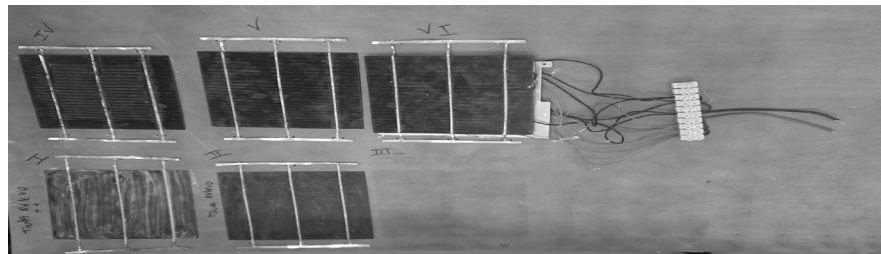


Figura 4. Arranjo das células fotovoltaicas para ensaios. IFTO, 2016.

Desta forma, as células fotovoltaicas foram expostas à radiação solar em ambiente aberto durante algumas horas ao dia, e em diferentes dias. Para as primeiras medições, os cinco painéis foram usados sem quaisquer modificações, com objetivo de coletar os valores de V_{OC} , I_{SC} e T_{FV} e descartar células que tivessem um comportamento não-uniforme em relação às demais.

As medições realizadas nas células originais, ainda sem modificações, são mostradas em gráficos na Figura 5. Nota-se que as células não se diferem umas das outras substancialmente, principalmente a corrente de curto circuito (o parâmetro de maior valor desta análise), as variações são pequenas e estão dentro da margem de erro de 5%.

Diversos valores destas grandezas foram obtidos, incluindo neste caso momentos de céu claro e de céu nublado. Infelizmente, em alguns horários não se fizeram as medições devido a chuvas.

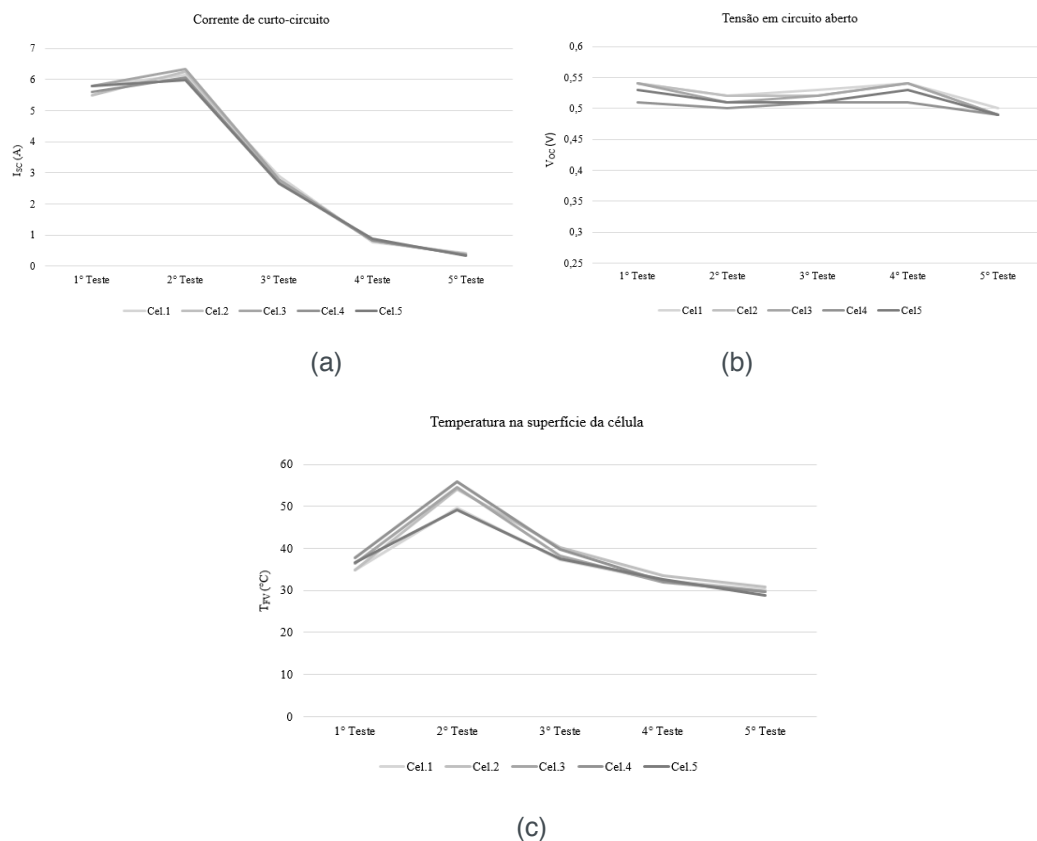


Figura 5. (a) Corrente de curto-circuito, (b) Tensão de circuito aberto e (c) Temperatura. IFTO, 2016.

Células	Legenda
Cel.1	Coberta com excesso de pigmento fosforescente
Cel.2	Coberta superficialmente com pigmento fosforescente
Cel.3	Não modificada
Cel.4	Não modificada
Cel.5	Modificada com 6 pastilhas termoelétricas

Na secção seguinte, serão apresentados outros resultados para discussões adicionais.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas medições apresentadas nas Figuras 6 e 7 a seguir, já com células modificadas, verificou-se que os valores de T_{FV} , V_{OC} e I_{SC} apresentam variações relevantes.

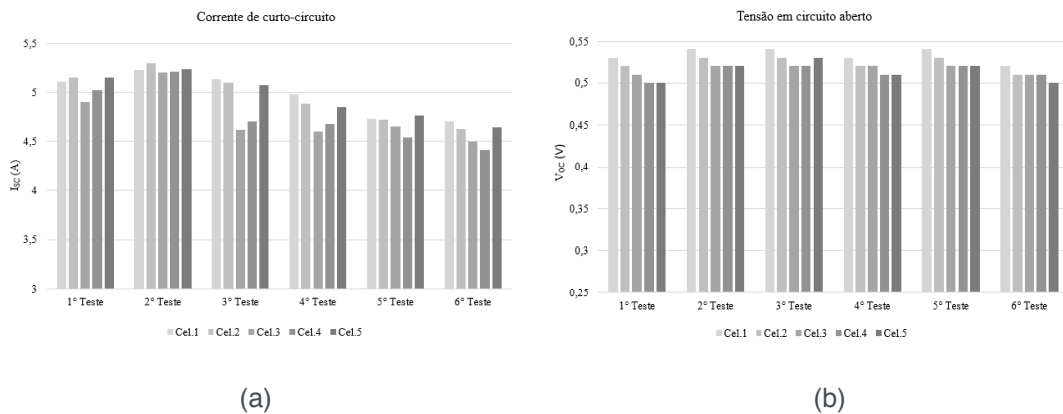


Figura 6. (a) Corrente de curto-circuito e (b) Tensão de circuito aberto das células analisadas. IFTO,2016.

Através do gráfico contido na Figura 6, que contém valores de corrente elétrica das cinco células, nota-se que as células modificadas com tinta de relevo (células um e dois) e a que possui pastilhas termoelétricas, apresentam uma corrente elétrica sempre maior, o que por sua vez, implica em uma maior geração de energia elétrica.

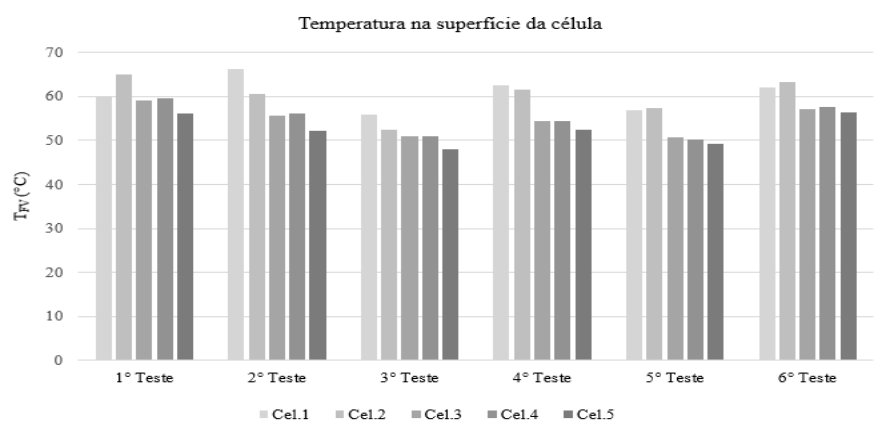


Figura 7. Temperatura superficial das células analisadas. IFTO,2016.

Como mostra o gráfico representado pela Figura 7, nota-se que a célula 5 apresenta sempre uma temperatura menor que as demais células. Interessante notar também que as células 1 e 2, que contêm pigmentos fosforescente, sofrem uma maior elevação de temperatura em relação às demais células. Isso ocorre devido ao fenômeno denominado fosforescência.

O fenômeno da fosforescência consiste na absorção de radiação por material e remissão da mesma em outra frequência em uma escala de tempo elevada. Na ocorrência deste fenômeno, a radiação incidente promove elétrons da banda de valência para a banda de condução. Ao retornar, o elétron se move entre as ‘armadilhas’ no *band gap* (o intervalo entre as bandas) é promovido novamente para a banda de condução e finalmente decai para um nível ativador, emitindo um fóton na frequência da luz visível. Quando a absorção e remissão ocorre em tempo inferior a 10 nanossegundos, o fenômeno é denominado fluorescência. Quando ocorre em uma escala de tempo maior é denominado fosforescência (SHACKELFORD, 2011).

Alguns materiais fosforescentes são capazes de converter radiação ultravioleta em luz visível. Embora o pigmento aplicado na célula apresente uma cor e, portanto, seja capaz de refletir parte da luz visível, bloqueando e reduzindo a intensidade da luz solar sobre a célula fotovoltaica, as frequências refletidas encontram-se em comprimentos de onda diferentes dos principais comprimentos de onda utilizados pelas células FV. para produção de energia elétrica.

Em contrapartida, as células que contêm as pastilhas termoelétricas, têm uma menor temperatura em relação às demais. Isso ocorre porque as pastilhas fazem com que haja melhor troca de calor entre a célula e o meio ambiente.

4 | CONCLUSÕES

A partir dos dados coletados e analisados, pôde-se concluir que a célula fotovoltaica alterada com as pastilhas termoelétricas e a com tinta de relevo são mais eficazes do que as células comerciais, uma vez que apresentaram uma corrente elétrica mais alta e tensões semelhantes.

Mesmo com a atual quantidade de dados coletados, limitados pelas condições climáticas desfavoráveis das últimas semanas na cidade de Palmas, já é seguro afirmar que as células que sofreram modificações apresentam resultados diferenciados positivos em relação às não-modificadas.

Em ambas as células onde foram aplicadas o pigmento fosforescente, percebeu-se aumento na temperatura medida em relação às demais; no entanto, os valores de corrente I_{sc} foram sempre superiores, o que aponta para uma condição em que o pigmento modificou a faixa de absorção do espectro luminoso percebido pela célula FV, fazendo com que uma maior parcela da irradiação luminosa solar incidente fosse convertida. Novos estudos serão realizados no sentido de se detalhar a modificação do

espectro de frequências ocorrida, bem como investigar as vantagens e desvantagens técnicas e econômicas da aplicação deste material sobre as células tradicionais, para utilização em painéis instalados em áreas de alta temperatura ambiente como no estado do Tocantins.

Na célula onde foram colocadas as pastilhas termoelétricas, também nota-se um aumento na geração fotovoltaica. Neste caso, o resultado é fruto de uma melhor troca de calor da célula para o meio ambiente, fazendo com que tal célula, cuja superfície receptora de irradiação luminosa não sofreu modificações químicas, opere em um melhor ponto de operação térmica ao longo de seu ciclo de trabalho diário. O calor residual extraído da célula é transferido para a pastilha termoelétrica, e por meio do efeito Seebeck pode ser ainda parcialmente aproveitada na forma de geração elétrica direta. A mensuração desta energia termoelétrica residual e a otimização do seu uso também serão alvo de análises futuras.

Através do gráfico contido na Figura 6, que contém valores de corrente elétrica das cinco células, nota-se que as células modificadas com tinta de relevo (células um e dois) e a que possui pastilhas termoelétricas, apresentam uma corrente elétrica sempre maior, o que por sua vez, implica em uma maior geração de energia elétrica.

REFERÊNCIAS

AGRAWAL, D. C. **Solar constant versus the electromagnetic spectrum**. Málaga: Lat. Am. J. Phys. Educ, 2009. v. 3, 556 p.

BATISTA, B. G. PAULO, J. M. MOREIRA, R. M. Calibração de Fluorímetro 10 AU. **CDTN**. Belo Horizonte, 2006. Disponível em: <http://biblioteca.cdtm.br/cdtm/arpel/adobe/PUB_CDTN_959_Bruno_GBatista.pdf>. Acesso em: 28 set. 2016.

FERNANDES, A. E. S. S. **Conversão de energia com células de Peltier**. 2012. 97 f. Dissertação (Mestrado em Energias Renováveis - Conversão Elétrica e Utilização Sustentáveis) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2012.

MORENOA, I. F. ALADOSB, I. OLMOA F. J. ARBOLEDASA, L. A. The influence of cloudiness on UV global irradiance. **Agricultural and Forest Meteorology**, Varanasi, v. 120, p. 101-111, 2003.

NASCIMENTO, C. A. **Princípio de funcionamento da célula fotovoltaica**. 2004. 21 f. Trabalho de Conclusão do Curso (Especialização em Fontes Alternativas de Energia) - Instituto de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

NOGUEIRA, A. F. **Células solares de “Gratzel” com eletrólito polimérico**. 2001. 181 f. Tese de doutorado-Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2001.

Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira. **ABINEE**. 2012. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/profotov.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2016.

SHACKELFORD, J. F. **Ciência dos Materiais**. 6. ed. São Paulo: Pearson, 2011. 560 p.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Alto forno 105, 108

B

Bancada didática 120, 123, 129, 273, 274, 277, 281, 282

C

Cartografia 131

Casca de arroz 131, 133, 135, 136, 137, 138, 139, 140

Cidades Inteligentes (CI) 1, 5, 7, 8

Comissionamento das unidades hidrelétricas 157, 165, 167

Concentrador solar 170

Conscientização ambiental 93

CPC 170, 171, 172, 175, 176

D

Dimensionamento 170, 171, 175, 176, 193

E

Educação ambiental 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104

Educação na escola 93

Energia solar 170, 171, 186, 187, 228, 233

Engenheiro de produção 53, 54, 55, 58, 59, 61, 62, 63, 64

Ensino universitário 13

Ergonomia 26, 27, 28, 35, 40, 41, 42, 51, 52, 58, 295

Estilo de liderança 53, 54, 55, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 64

F

Fenômenos organizacionais 80

Função de produção hidrelétrica 160, 169

G

Gerador síncrono isolado 143

Governança corporativa 80, 82, 88, 89, 90, 91

I

Índice de aproveitamento 13

Indústria 4.0 120, 122, 123, 125, 126, 128, 129, 130

Inovação 3, 6, 7, 8, 57, 66, 67, 68, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 281, 295

(Inter) Multidisciplinaridade 1, 2, 9

L

Liderança 38, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 64, 65

M

Método de Suzanne Rodgers 26, 28, 29, 34

Métodologias ativas 13

Método OWAS 26, 42, 44, 45, 50, 51

Microcontrolador PIC 143

Miniusinas 131, 139

O

Óptica 170, 175, 264, 265, 266, 268, 282, 285, 286, 287

P

Plano diretor 1

Política industrial 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 75, 76, 77, 78, 79

Política pública 66

Prevenção a acidentes 105

Programação não-linear inteira-mista 157, 158, 162

Projetos urbanos 1

Q

Questionário nórdico 26, 30, 34, 37

R

Regulador automático de tensão 143, 144, 145, 149, 150

Responsabilidade social 58, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 89, 90, 91, 200

S

Saúde do colaborador 26

Segurança do trabalho 38, 40, 52, 58, 295

Sistema de excitação 143, 145

Sistemas hidrelétricos 120, 121, 123, 124, 129, 130, 157

Sustentabilidade 7, 10, 58, 71, 80, 82, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 104, 295

T

Tecnologia da informação e comunicação (TIC) 1, 2, 3, 12

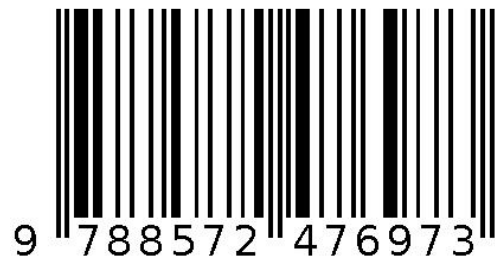
Temas transversais 93, 96, 98, 103, 127

Temperatura 36, 37, 105, 106, 107, 108, 109, 112, 116, 117, 118, 143, 147, 170, 172, 173, 174, 175, 179, 218, 220, 225, 226, 227, 229, 230, 231, 232, 233, 238, 282

V

Vigilância 40, 45, 47, 50

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-697-3



9 788572 476973