



As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 3

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

As Engenharias frente a Sociedade, a
Economia e o Meio Ambiente 3

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

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. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a 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^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
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.^a Dr.^a 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 Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

| Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG) | |
|---|--|
| E57 | As engenharias frente a sociedade, a economia e o meio ambiente 3 [recurso eletrônico] / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (As Engenharias Frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente; v. 3) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-432-0 DOI 10.22533/at.ed.320192506 1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Engenharia – Aspectos econômicos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Série. CDD 658.5 |
| Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422 | |

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

APRESENTAÇÃO

As obras As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente Volume 1, 2, 3 e 4 abordam os mais diversos assuntos sobre métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação do homem com o meio ambiente e seus recursos.

O Volume 1 está disposto em 31 capítulos, com assuntos voltados a engenharia do meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis no ambiente, além do panorama sobre novos métodos de obtenção limpa da energia.

Já o Volume 2, está organizado em 32 capítulos e apresenta uma vertente ligada ao estudo dos solos e águas, com estudos de sua melhor utilização, visando uma menor degradação do ambiente; com aplicações voltadas a construção civil de baixo impacto.

O Volume 3 apresenta estudos de materiais para aplicação eficiente e econômica em projetos, bem como o desenvolvimento de projetos mecânico e eletroeletrônicos voltados a otimização industrial e a redução de impacto ambiental, sendo organizados na forma de 28 capítulos.

No último Volume, são apresentados capítulos com temas referentes a engenharia de alimentos, e a melhoria em processos e produtos.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões em relação ao ensino nas engenharias, de maneira atual e com a aplicação das tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| CAPÍTULO 1 | 1 |
| ANÁLISE DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DE COMPÓSITOS CERÂMICOS DE ALUMINA-ZIRCÔNIA PARA APLICAÇÃO COMO FERRAMENTAS DE CORTE | |
| Miguel Adriano Inácio Maria do Carmo de Andrade Nono José Vitor Cândido de Souza Sergio Luiz Mineiro Daniel Alessandro Nono | |
| DOI 10.22533/at.ed.3201925061 | |
| CAPÍTULO 2 | 10 |
| SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE MODELO ELASTOPLÁSTICO EM ROCHA CARBONÁTICA CARSTIFICADA | |
| Rayane Conceição Ribeiro da Silveira Mattos Daniel Araújo Farias de Melo Marinésio Pinheiro de Lima Tiago de Freitas Viana Igor Fernandes Gomes Leonardo José do Nascimento Guimarães | |
| DOI 10.22533/at.ed.3201925062 | |
| CAPÍTULO 3 | 26 |
| A INFLUÊNCIA DO NITROGÊNIO EM AÇOS INOXIDÁVEIS AUSTENÍTICOS COM APLICAÇÃO EM PRÓTESES ORTOPÉDICAS | |
| Glauber Rodrigues Cerqueira de Cerqueira Pedro Eliézer de Araújo Júnior | |
| DOI 10.22533/at.ed.3201925063 | |
| CAPÍTULO 4 | 42 |
| MICROPOROUS ACTIVATED CARBON FIBER FELT FROM BRAZILIAN TEXTILE PAN FIBER: PREPARATION, CHARACTERIZATION AND APPLICATION AS SUPERCAPACITOR ELECTRODE | |
| Jossano Saldanha Marcuzzo Aline Castilho Rodrigues Andres Cuña Nestor Tancredi Eduardo Mendez Heide Heloise Bernardi Mauricio Ribeiro Baldan | |
| DOI 10.22533/at.ed.3201925064 | |
| CAPÍTULO 5 | 55 |
| ANÁLISE COMPARADA DE UM AGREGADO DE ESCÓRIA DE ACIARIA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LASTRO DE VIAS FÉRREAS DO TIPO <i>HEAVY HAUL</i> POR MEIO DE ENSAIOS TRIAXIAIS | |
| Bruno Guimarães Delgado Antônio Viana da Fonseca Eduardo Fortunato Daniela Raquel Ferreira Coelho | |
| DOI 10.22533/at.ed.3201925065 | |

| | |
|--|------------|
| CAPÍTULO 6 | 71 |
| CARACTERIZAÇÃO EM FADIGA POR FLEXÃO ROTATIVA DE FIOS DE ARAME DE SOLDA | |
| Ingrid Ariani Belineli Barbosa | |
| Heide Heloise Bernardi | |
| William Marcos Muniz Menezes | |
| DOI 10.22533/at.ed.3201925066 | |
| CAPÍTULO 7 | 80 |
| ESTUDO DA MICROESTRUTURA NA ZONA TERMICAMENTE AFETADA COM A VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE SOLDAGEM | |
| Luís Henrique Pires da Silva | |
| Alex Sander Chaves da Silva | |
| DOI 10.22533/at.ed.3201925067 | |
| CAPÍTULO 8 | 92 |
| ESTUDO DA USINAGEM DA SUPERLIGA A BASE DE FERRO-NÍQUEL UTILIZANDO FERRAMENTA CERÂMICA | |
| Eduardo Pires Bonhin | |
| Sarah David Müzel | |
| Marcel Yuzo Kondo | |
| Lúcia de Almeida Ribeiro | |
| José Vitor Candido de Souza | |
| Marcos Valério Ribeiro | |
| DOI 10.22533/at.ed.3201925068 | |
| CAPÍTULO 9 | 100 |
| CONSTRUÇÃO DE UMA MÁQUINA DE NÉVOA SALINA ATENDENDO AOS REQUISITOS MÍNIMOS CONTIDOS NAS NORMAS ISO 9227 e ASTM B-117 | |
| Leonardo de Souza Coutinho | |
| Alexandre Alvarenga Palmeira | |
| DOI 10.22533/at.ed.3201925069 | |
| CAPÍTULO 10 | 111 |
| MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA: COLHEITADEIRAS AXIAIS X RADIAIS | |
| Filipi José Arantes Lemos | |
| João Mario Mendes de Freitas | |
| DOI 10.22533/at.ed.32019250610 | |
| CAPÍTULO 11 | 127 |
| MÉTODO DE OTIMIZAÇÃO TOPOLÓGICA PARA O PROJETO DE MODELOS DE BIELAS E TIRANTES | |
| Jamile Maria Araujo Tavares | |
| Rejane Martins Fernandes Canha | |
| DOI 10.22533/at.ed.32019250611 | |
| CAPÍTULO 12 | 142 |
| ESTUDO NUMÉRICO DE UM EQUIPAMENTO DE SECAGEM | |
| Eduardo Dal Piva Schuch | |
| Magaiver Gabriel Lamp | |
| Conrado Mendes Morais | |
| Ângela Beatrice Dewes Moura | |
| DOI 10.22533/at.ed.32019250612 | |

| | |
|--|------------|
| CAPÍTULO 13 | 153 |
| SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA A COMBUSTÃO DE GASOLINA | |
| Felipe Michael Grein | |
| Jean Lucas Pereira | |
| Luiz Felipe Weck | |
| Olaf Graupmann | |
| DOI 10.22533/at.ed.32019250613 | |
| CAPÍTULO 14 | 156 |
| MODELAGEM DE PID PARA SISTEMA DE CONTROLE DE RAMPAS DE TEMPERATURA EM BRASSAGEM | |
| Gabriel Queiroz | |
| Marcelo Barros de Almeida | |
| Márcio Jose da Cunha | |
| DOI 10.22533/at.ed.32019250614 | |
| CAPÍTULO 15 | 168 |
| MODELAGEM MATEMÁTICA DE SISTEMAS DINÂMICOS: UMA ABORDAGEM DIDÁTICA | |
| Lucas Divino Alves | |
| Neylor Makalister Ribeiro Vieira | |
| Emerson Paulino dos Reis | |
| DOI 10.22533/at.ed.32019250615 | |
| CAPÍTULO 16 | 183 |
| APLICAÇÃO E ANÁLISE VIA MEC EM PROBLEMAS DE TERMOELASTICIDADE 2D | |
| Luis Vinicius Pereira Silva | |
| Gilberto Gomes | |
| João Carlos Barleta Uchôa | |
| DOI 10.22533/at.ed.32019250616 | |
| CAPÍTULO 17 | 198 |
| SIMULAÇÃO NUMÉRICA DA INJEÇÃO DE ÁGUA EM RESERVATÓRIO DE PETRÓLEO HETEROGÊNEO | |
| Raquel Oliveira Lima | |
| José Arthur Oliveira Santos | |
| Antônio Jorge Vasconcellos Garcia | |
| Felipe Barreiros Gomes | |
| DOI 10.22533/at.ed.32019250617 | |
| CAPÍTULO 18 | 207 |
| TANQUES FLASH: DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DE CUSTOS NO SOFTWARE DE MODELAGEM E SIMULAÇÃO EMSO | |
| Erich Potrich | |
| Sérgio Correia da Silva | |
| Larissa Souza Amaral | |
| DOI 10.22533/at.ed.32019250618 | |

| | |
|--|------------|
| CAPÍTULO 19 | 215 |
| AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE DEPOSIÇÃO ORGÂNICA EM OPERAÇÕES DE MISTURA DE PETRÓLEOS NO TANQUE DE ESTOCAGEM EM REFINARIAS DE PETRÓLEO | |
| Rosberguer de Almeida Camargo | |
| Mauren Costa da Silva | |
| Rafael Beltrame | |
| Darci Alberto Gatto | |
| Antônio Carlos da Silva Ramos | |
| DOI 10.22533/at.ed.32019250619 | |
| CAPÍTULO 20 | 223 |
| AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA EMBARCADO PARA MENSURAR A ILUMINÂNCIA EM UM AVIÁRIO EXPERIMENTAL | |
| Giovanni Polette Dalla Libera | |
| Victor Moreira Leão | |
| Vitor Augusto de Sousa | |
| Matheus Fernando Lima Zuccherelli de Souza | |
| Renata Lima Zuccherelli de Oliveira | |
| Marcelo Eduardo de Oliveira | |
| Adriano Rogério Bruno Tech | |
| DOI 10.22533/at.ed.32019250620 | |
| CAPÍTULO 21 | 230 |
| CONTROLADOR FUZZY SINTONIZADO POR ALGORITMO GENÉTICO EM SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA | |
| Lenon Diniz Seixas | |
| Diego Solak Castanho | |
| Hugo Valadares Siqueira | |
| Fernanda Cristina Corrêa | |
| DOI 10.22533/at.ed.32019250621 | |
| CAPÍTULO 22 | 243 |
| CONTROLADORES ROBUSTO APLICADO A CONVERSORES CC-CC | |
| Luiz Otávio Limurci dos Santos | |
| Luiz Antonio Maccari Junior | |
| DOI 10.22533/at.ed.32019250622 | |
| CAPÍTULO 23 | 261 |
| PROPOSTA DE PLATAFORMA PARA ESTUDO DE MOTOR A RELUTÂNCIA VARIÁVEL 8/6 | |
| Marcos José de Moraes Filho | |
| Luciano Coutinho Gomes | |
| Darizon Alves de Andrade | |
| Josemar Alves dos Santos Junior | |
| Wanberton Gabriel de Souza | |
| Cássio Alves de Oliveira | |
| DOI 10.22533/at.ed.32019250623 | |

| | |
|---|------------|
| CAPÍTULO 24 | 275 |
| ESTUDO COMPARATIVO DE MODELAGENS DE ENROLAMENTOS DE UM TRANSFORMADOR UTILIZANDO O MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS PARA ANÁLISES DE ESFORÇOS ELETROME CÂNICOS | |
| Pedro Henrique Aquino Barra Arnaldo José Pereira Rosentino Junior Antônio Carlos Delaiba | |
| DOI 10.22533/at.ed.32019250624 | |
| CAPÍTULO 25 | 287 |
| PROCEDIMENTO PARA AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DO LAÇO DE HISTERESE MAGNÉTICA | |
| Vitor Hörbe Pereira Da Costa Antônio Flavio Licarião Nogueira Leonardo José Amador Salas Maldonado | |
| DOI 10.22533/at.ed.32019250625 | |
| CAPÍTULO 26 | 294 |
| SIMULAÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO DE CAMPO E CORRENTE ELÉTRICA EM TECIDOS BIOLÓGICOS | |
| Guilherme Brasil Pintarelli Afrânio de Castro Antonio Jr. Raul Guedert Sandra Cossul Daniela Ota Hisayasu Suzuki | |
| DOI 10.22533/at.ed.32019250626 | |
| CAPÍTULO 27 | 307 |
| SISTEMA DE PRESENÇA UTILIZANDO IDENTIFICAÇÃO POR RADIOFREQUÊNCIA | |
| Giovani Formaggio Mateus Ricardo Barroso Leite | |
| DOI 10.22533/at.ed.32019250627 | |
| CAPÍTULO 28 | 322 |
| SISTEMAS DEFASADORES EM ALTA FREQUÊNCIA UTILIZANDO MICROFITA EM SUBSTRATO FR4 | |
| Jobson De Araújo Nascimento José Moraes Gurgel Neto Alexsandro Aleixo Pereira da Silva Regina Maria de Lima Neta | |
| DOI 10.22533/at.ed.32019250628 | |
| CAPÍTULO 29 | 333 |
| ANÁLISES DA RUPTURA EM TRECHO DA BR-060 NO MUNICÍPIO DE ALEXÂNIA, GOIÁS, E CONDIÇÕES APÓS SEIS ANOS DA RECUPERAÇÃO | |
| Rideci Farias Tiago Matias Lino Haroldo da Silva Paranhos Itamar de Souza Bezerra Ranieri Araújo Farias Dias Alexsandra Maiberg Hausser | |
| DOI 10.22533/at.ed.32019250629 | |
| SOBRE O ORGANIZADOR | 346 |

SISTEMAS DEFASADORES EM ALTA FREQUÊNCIA UTILIZANDO MICROFITA EM SUBSTRATO FR4

Jobson De Araújo Nascimento

Universidade Federal de Alagoas(UFAL), Centro de Tecnologia(CTEC), Maceió-AL
jobson.nascimento@ic.ufal.br

José Moraes Gurgel Neto

Centro de Estudos Superiores de Maceió
Cesmac, Rua Cônego Machado, 918, Farol
57051-160-Maceió-Alagoas
neto.gurgel.moraes@gmail.com

Alexsandro Aleixo Pereira da Silva

Centro Universitário UNIFAVIP, R. Adjar da Silva
Casé, 800 - Indianópolis, Caruaru - PE, 55024-740, Caruaru – PE-Brasil
alexsandroaleixo@yahoo.com.br

Regina Maria de Lima Neta

Instituto Federal de Pernambuco, Campus
Pesqueira, BR 232 – Km 214 – Loteamento
Redenção - Prado 55200-000, Pesqueira-PE-
Brasil
regina.mlmeta@gmail.com

RESUMO: O objetivo do artigo é descrever as etapas de; construção, simulação e validação de um sistema defasador em alta frequência, utilizando microfita em substrato FR4. As linhas de atraso, foram simuladas no CST®, construídas em laboratório, testadas e através da elaboração de um circuito receptor montado em dois dipolos de fio e utilizando como fonte uma antena log-periódica, o sistema foi validado,

1. Artigo apresentando e publicado nos anais do XIV CEEL em Outubro de 2016, em Uberlândia-MG.

considerando como frequência central de medição 1,8 GHz. Os resultados apresentados possuem conformidade.

PALAVRAS-CHAVE: interferência, linha de transmissão, medição, microfita.

PHASE SHIFTERS SYSTEMS USING HIGH FREQUENCY SUBSTRATE WITH MICROSTRIP FR4

ABSTRACT: The objective of this article is to describe the construction, simulation and validation of a system phase shifters high frequency can, using microstrip in FR4 substrate. The delay lines were simulated in CST®, built in the laboratory and through the construction of a receiver circuit mounted on two wire dipoles and using as a source a log-periodic antenna, the system has been validated, considering the central frequency measurement 1,8 GHz. The results have accordingly.

KEYWORDS: interference, transmission line, measurement, microstrip.

1 | INTRODUÇÃO

Nos dias atuais em diversos setores de trabalho, sejam em indústrias, escritórios, empresas, redes de supermercados entre outros, existem diversos de equipamentos de

radiofrequência (RF). Nestes setores podem existir vários equipamentos de RF em funcionamento de forma simultânea e dividindo um pequeno espaço, ou até mesmo tendo características de emissão/recepção distintas. Por existirem diversos equipamentos, alguns deles podem ter seu desempenho prejudicado ou até mesmo comprometido devido à interferência EM (eletromagnética) causada, por outro equipamento que pode está emitindo uma onda EM indesejável aos equipamentos que estão sofrendo o processo de interferência. E no mercado tecnológico de hoje o tamanho das antenas existentes nestes equipamentos torna-se cada vez menor. A miniaturização das antenas em muitos casos dificulta a localização do sistema emissor (fonte), que possa estar causando a interferência EM, visto que muitas vezes a antena está embutida nos equipamentos. Portanto o conhecimento da direção de propagação da onda EM, emitida por estas antenas ou elementos emissores de campo EM, facilitará a descoberta da(s) fonte(s) de interferência EM e a determinação das possíveis sugestões que ajudem atenuar a mesma.

O estudo de técnicas que visam diminuir os danos causados pela interferência EM, entre equipamentos eletroeletrônicos, têm aumentado nos últimos anos. Através de um estudo da polarização de ondas eletromagnéticas, pode-se identificar o comportamento do campo elétrico irradiado. O conhecimento da amplitude e fase do campo elétrico [1] permite identificar o padrão de polarização da onda.

A miniaturização das antenas, contidas em equipamentos de telefonia móvel e sistemas RFID, vem ganhando destaque, tendo como principal objetivo diminuir o espaço físico ocupado pelas antenas, mantendo a mesma eficiência ou até mesmo aumentando.

A utilização de antenas que ocupem cada vez mais menos espaço físico nos equipamentos vem sendo ampla, devido às vantagens das antenas miniaturizadas. Elas são de baixo custo, pouco peso, são fáceis de fabricar e são versáteis em termos de frequência de ressonância e polarização [2]-[3]. A maioria das aplicações em sistemas de identificação, RFID utilizam antenas miniaturizadas, pois utilizam chips com tamanhos reduzidos e o espaço físico reservado para as antenas torna-se reduzido [4].

O objetivo do artigo é validar a utilização de linhas de transmissão de microfita em substrato FR4, para obter atraso de fase em alta frequência, especificamente 1,8 GHz. E utilizando uma fonte conhecida, e um sistema de transmissão e dipolos de fio, como sistema de recepção.

O circuito de atraso discreto utilizado na prática é formado por linhas de transmissão planares, projetadas de acordo com a literatura [5],[6], simuladas no CAD CST® e construídas no substrato FR4. As linhas de transmissão funcionam como circuitos defasadores em alta frequência. No trabalho os sinais foram analisados tomando como parâmetro a frequência central de 1,8 GHz.

2 | METODOLOGIA

A construção das linhas defasadoras se deu após simulação no CST®.

O defasador tipo reflexão é basicamente um dispositivo de uma porta em que há reflexão do sinal de microondas no final da linha de transmissão. A amplitude do coeficiente de reflexão deverá idealmente ser unitária. O defasamento é dado pela diferença das fases respectivas dos coeficientes de reflexão correspondentes à mudança do estado final em relação ao inicial.

Um defasador tipo transmissão ideal é um circuito de duas portas em que a fase do coeficiente de transmissão do circuito é alterada por meio de uma chave, enquanto a amplitude permanece unitária em ambos os estados. O defasamento é dado pela mudança na fase de transmissão através do circuito. As necessidades de taxa de transmissão de sinais em circuitos de altas frequências levaram ao desenvolvimento de circuitos de estrutura planar. Ou seja, ao invés de serem usadas linhas de transmissão tradicionais tais como, cabos coaxiais e outros guias de onda, são utilizadas linha de transmissão de estrutura planar. A estrutura planar em circuito de microfita possui modo de propagação quase- TEM, pois demonstrações baseadas nas equações de Maxwell e na distribuição de campos quase-estáticos da microfita podem ser utilizadas para mostrar que esta estrutura não pode suportar uma onda puramente TEM, devido a não estar envolvida por um único dielétrico [7], [8]. A vantagem da utilização está na simplicidade do projeto e concepção dessas linhas bem como a diminuição do espaço físico ocupado pelo circuito de atraso. A desvantagem de se utilizarem linhas de microfita como estrutura defasadora é que além de termos as perdas no substrato em que é construída a linha, é que não temos uma resposta continua do comportamento da fase do sinal, por ser discreto o sistema defasador.

Na Figura 1 pode-se observar um exemplo de estrutura planar que pode funcionar como linha de transmissão de modo a proporcionar um atraso de fase no sinal recebido por uma fonte.

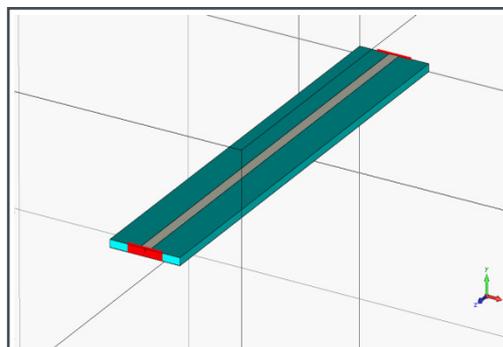


Fig. 1. Exemplo de uma linha de microfita que possui a função de atrasar a fase de um sinal em alta frequência.

O trabalho foi realizado, considerando a relação entre a largura(W) da fita e a altura do substrato(h) como:

$$a = \frac{W}{h} > 1 \quad (1)$$

Em que a largura da fita é de 2,86 mm e a altura do substrato FR4 é de 1,6 mm. Para este caso a impedância de saída é dada pela relação:

$$Z_0 = \frac{120\pi}{\sqrt{\epsilon_{ef}}} \cdot \frac{1}{a + 1,393 + 0,667 \cdot \ln(a + 1,444)} (\Omega) \quad (2)$$

A frequência de trabalho(f) das linhas é da ordem de 1,80 GHz, o que nos dará um comprimento de onda igual a:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{1,8 \times 10^9} \cong 0,167m \quad (3)$$

Considerando que a impedância de saída é casada para 50 Ω temos que a permissividade efetiva é dada por:

$$\epsilon_{ef} = \left(\frac{120\pi}{50} \cdot \frac{1}{a + 1,393 + 0,667 \cdot \ln(a + 1,444)} \right)^2 \quad (4)$$

Obtendo um valor de permissividade efetiva igual a 3,62.

Quando é necessário efetuar um casamento de impedância da estrutura da Figura 1, com a impedância da carga, deseja-se verificar o casamento que a microfita é capaz de produzir. Para se obter um defasamento de Ψ (em graus), é só, lembrar das expressões:

$$\psi = \beta \cdot l \quad (5)$$

$$\beta = \frac{2\pi}{\lambda_g} (m^{-1}) \quad (6)$$

Para as expressões das eqs. (5) e (6), tem – se que β é a constante de fase, λ_g é o comprimento de onda guiada na microfita e l é o comprimento da microfita. Então ao realizar manipulações algébricas nas eqs. (5) e (6) chega – se a:

$$\psi = \frac{2\pi \cdot l}{\lambda_g} \quad (7)$$

Com os valores da permissividade efetiva e do comprimento de onda no vácuo λ_0 , pode – se calcular o comprimento de onda guiada que é dado por:

$$\lambda_g = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_{ef}}} \cdot \lambda_0 = 0,0878 = 87,8mm \quad (8)$$

E a constante de fase para este caso que é:

$$\beta = \frac{2\pi}{\lambda_g} = 71,56 \text{ m}^{-1} \quad (9)$$

De acordo com o descrito na literatura para construir as linhas de transmissão em microfita com o atraso desejado, no final ter-se-iam linhas de comprimento muito pequeno. Para solucionar este problema então foi adicionado um comprimento de onda(360°) a mais em cada uma das linhas de atraso. Porém ao realizar este procedimento aumentamos o tamanho do nosso circuito bem como as perdas nas linhas de transmissão. Essas linhas foram simuladas em CST®, porém após a simulação seus comprimentos reais necessários, uma vez que ao inserir as medidas acima, foi verificado que os atrasos requeridos não eram convergentes. Apenas quando a cada linha era inserido um comprimento adicional aproximado de 3,50 mm.

Ao utilizar como referência a eq. (7), a partir do conhecimento do comprimento de onda guiada e com os ajustes descritos, os atrasos obtidos podem ser observados na Tabela I.

| Atraso(°) | Comprimento(mm) |
|-----------|-----------------|
| 360 | 91,38 |
| 405 | 102,28 |
| 450 | 105,93 |
| 495 | 113,25 |
| 540 | 124,23 |
| 585 | 135,20 |
| 630 | 146,18 |
| 675 | 157,15 |
| 720 | 168,12 |

Tabela I- Linhas de atraso obtidas após simulação.

Após a construção das linhas de transmissão defasadoras, todas as medições para a aquisição da fase são realizadas, seguindo o raciocínio de colocar em um dos braços do dipolo uma linha equivalente aos 0° (elétricos) na frequência de trabalho desejada. E no outro dipolo a linha de atraso equivalente a diferença de fase desejada de se obter. O sinal resultante é a soma dos dois sinais captados pelos dipolos com a inserção destas linhas de atraso. Uma análise fasorial obtida pela soma dos sinais em altas frequências é realizada com o objetivo de conseguir descobrir a fase do sinal transmitido ao considerar a onda completamente polarizada.

Inicialmente uma medida dos níveis de sinal em cada dipolo, de forma individual foi realizada. Depois como pode ser visto na Figura 2 uma linha de microfita equivalente aos 0° (elétricos) foi inserida no braço do dipolo disposto no lado esquerdo, e uma a uma, as linhas com os atrasos desejados eram inseridas no dipolo disposto no lado direito e o nível no somador foi aferido.

3 | RESULTADOS E MEDIÇÕES

As linhas de transmissão construídas e aferidas através de um VNA (Analisador Vetorial de Redes), e o comparativo com o CST[®], podem ser observadas nas ilustrações de 2 a 10.

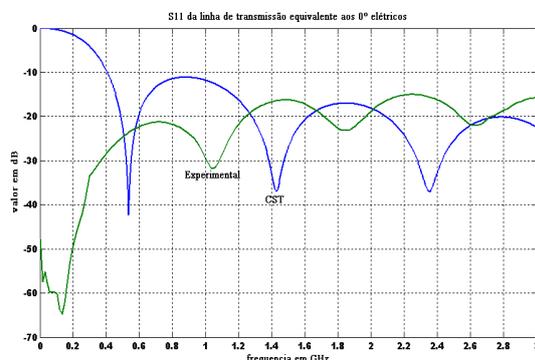


Fig. 2. Coeficiente de reflexão para a linha de atraso equivalente aos 0° (elétricos).

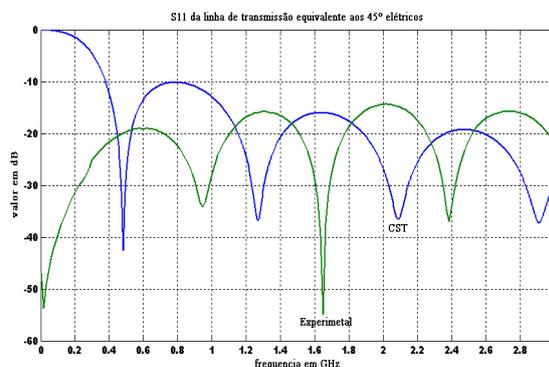


Fig. 3. Coeficiente de reflexão para a linha de atraso equivalente aos 45° (elétricos).

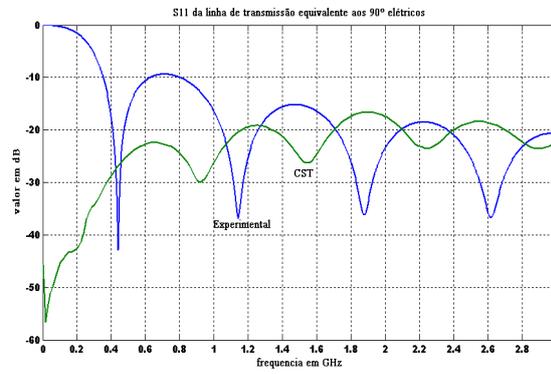


Fig. 4. Coeficiente de reflexão para a linha de atraso equivalente aos 90°(elétricos).

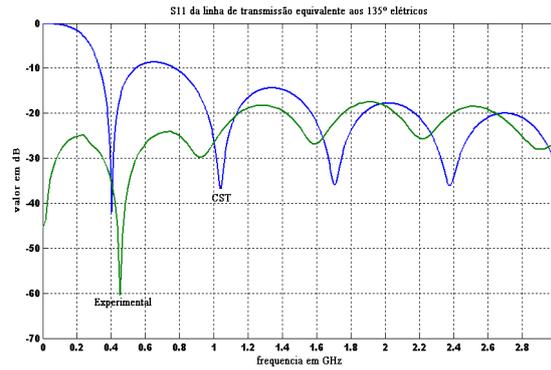


Fig. 5. Coeficiente de reflexão para a linha de atraso equivalente aos 135°(elétricos).

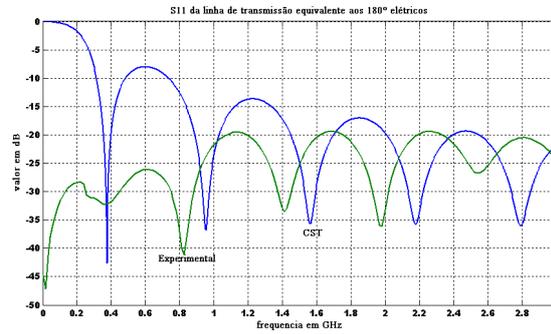


Fig. 6. Coeficiente de reflexão para a linha de atraso equivalente aos 180°(elétricos).

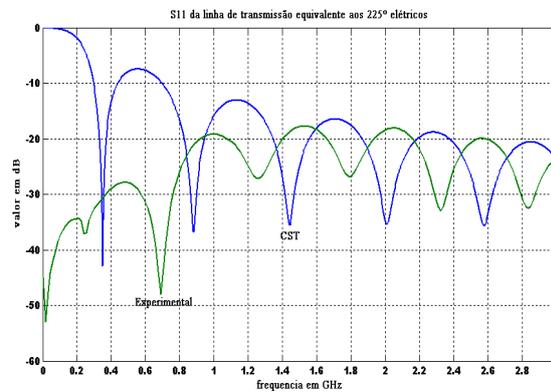


Fig. 7. Coeficiente de reflexão para a linha de atraso equivalente aos 225°(elétricos).

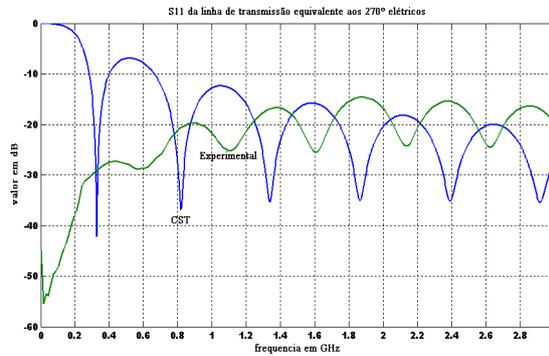


Fig. 8. Coeficiente de reflexão para a linha de atraso equivalente aos 270°(elétricos).

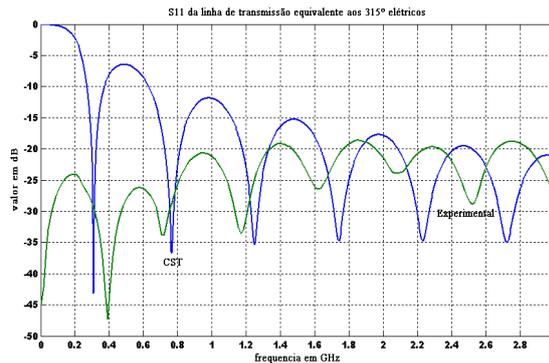


Fig. 9. Coeficiente de reflexão para a linha de atraso equivalente aos 315°(elétricos).

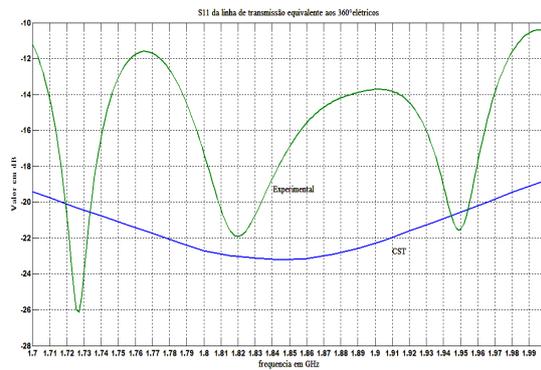


Fig. 10. Coeficiente de reflexão para a linha de atraso equivalente aos 360°(elétricos).

É possível observar nas curvas das linhas de transmissão que há uma grande conformidade entre os valores, simulado e medido.

Inicialmente uma medida dos níveis de sinal em cada dipolo, de forma individual foi realizada. Depois como pode ser visto na Figura 11 uma linha de microfita equivalente aos 0°(elétricos) foi inserida no braço do dipolo disposto no lado esquerdo, e uma a uma, as linhas com os atrasos desejados eram inseridas no dipolo disposto no lado direito e o nível no somador foi aferido.

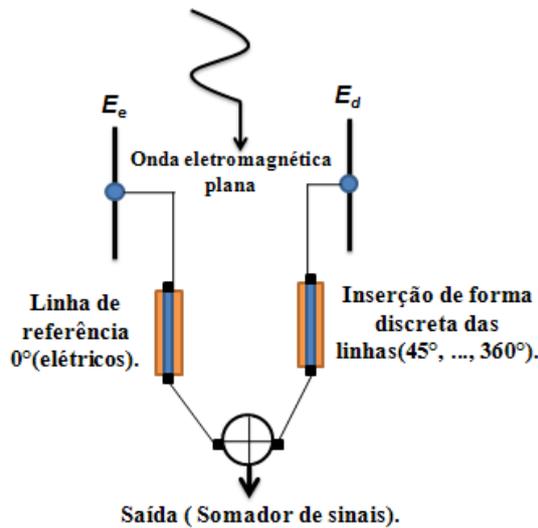


Fig.11. Circuito de validação das linhas de atraso.

Os parâmetros para esta medição considerados foram os seguintes:

- Frequência de operação: 1,8 GHz;
- Distância entre Tx/Rx: $10,37\lambda$;
- Altura do plano de terra: $6,90\lambda$;
- Distância entre os dois dipolos: $\approx 1,0\lambda$;
- Tx: Antena log - periódica orientada à 90° no sentido anti – horário;
- Rx: Dipolos orientados a 90° , paralelos com a Tx;
- E_e = dipolo disposto no lado esquerdo do observador no plano de medição;
- E_d = dipolo disposto no lado direito do observador no plano de medição;

Os níveis de campo foram medidos em cada dipolo estando eles à esquerda ou à direita do observador, (denotando-os E_e e E_d , respectivamente). Ao ser considerado a recepção (Rx) e transmissão (Tx) em fase, tem-se que o sinal recebido tem a forma fasorial aproximada pelas eqs. de (11) a (13)

$$\vec{E}_e = E_e e^{j0^\circ} \hat{e} \left(\frac{V}{m} \right) \quad (11)$$

$$\vec{E}_d = E_d e^{j\theta} \hat{d} \left(\frac{V}{m} \right) \quad (12)$$

$$\vec{E}_r = [\vec{E}_e + \vec{E}_d] \left(\frac{V}{m} \right) \quad (13)$$

Os valores de campo foram medidos, como pode ser observado na Tabela II. Os níveis de campo aferidos pelo analisador de espectro foram convertidos para o nível

equivalente em tensão, medido em mV .

A antena transmissora utilizada foi uma log-periódica disposta de forma paralela aos dipolos e orientada a 90° no sentido anti-horário, tomando como referência o observador olhando a onda se afastar.

| Disposição dos Dipolos | E(mV) |
|-------------------------------------|-------|
| (E_D) | 70,39 |
| (E_E) | 81,44 |
| $(E_E) + (E_D)$ | 98,00 |
| $[E_E(0^\circ)] + [E_D(45^\circ)]$ | 78,30 |
| $[E_E(0^\circ)] + [E_D(90^\circ)]$ | 50,40 |
| $[E_E(0^\circ)] + [E_D(135^\circ)]$ | 22,64 |
| $[E_E(0^\circ)] + [E_D(180^\circ)]$ | 16,93 |
| $[E_E(0^\circ)] + [E_D(225^\circ)]$ | 52,15 |
| $[E_E(0^\circ)] + [E_D(270^\circ)]$ | 75,20 |
| $[E_E(0^\circ)] + [E_D(315^\circ)]$ | 94,20 |
| $[E_E(0^\circ)] + [E_D(360^\circ)]$ | 99,05 |

Tabela II.- Valores obtidos para certificação do circuito de atraso de fase.

Os resultados, simulado de acordo com a eq.(13) e medido de acordo com a Tabela II, podem ser observados na Figura 12, de forma normalizada.

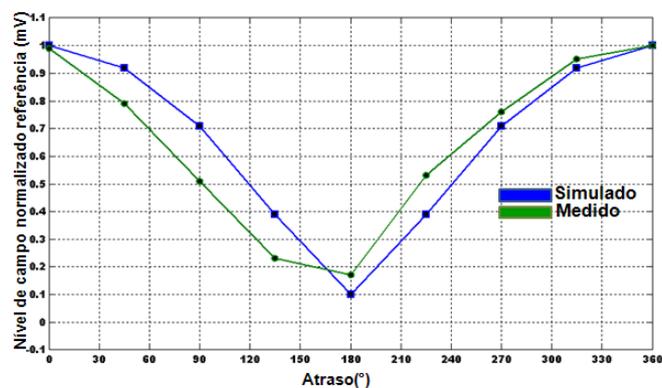


Fig. 12. Comparação entre os resultados simulado e medido para validação das linhas de atraso.

Ao se inserir nos terminais de saída do dipolo disposto à esquerda uma linha equivalente aos 0° elétricos, e no dipolo colocado a direita, para cada atraso desejado uma linha equivalente a esse atraso, o nível de campo resultante foi então aferido. Os níveis de campo ao final, foram normalizados e obtidas as curvas vistas na Figura 12. Como pode-se notar da Figura 12 existe uma grande conformidade entre as curvas, simulada e medida.

4 | CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no experimento possuem como objetivo inserir atrasos em circuitos miniaturizados a baixo custo. Os resultados apresentaram conformidade, porém algumas discrepâncias foram obtidas devido a fatores como:

- Interferência externa no ambiente de medição: O experimento foi realizado em laboratório que não é um absorver eletromagnético, como uma câmara anecóica, por exemplo, logo eventualmente interferências eletromagnéticas irradiadas, podem ter prejudicado as medições;
- Perdas nos cabos e conectores utilizados no sistema de medição: A conexão entre os dipolos e as linhas de transmissão através dos conectores do tipo BNC, interfere nos resultados obtidos, devido a perda em tais conectores;
- Não igualdade nos dipolos utilizados no sistema de recepção: Os dipolos foram construídos para que tivessem as mesmas características, porém não foi obtida a mesma resposta para os elementos receptores;
- Descasamento de impedância tanto na Rx como Tx;
- Comprimento adicional dos conectores nas linhas de transmissão.

Os resultados apresentados no trabalho são satisfatórios, apesar de todas as variáveis existentes no processo de medição. E as discrepâncias observadas justificadas no texto.

REFERÊNCIAS

- [1] Peter Kohns, Yuri Machekhin, “Measurement of Polarization and Applications”, LFNM’ 2002, 3 -5 June, 2002, Kharkiv, Ukraine, pp. 188 – 196.
- [2] N. A. Zakaria, A. A. Sulaiman and A. A. Latip, “Design of Circular Microstrip Antenna”, *IEEE International RF and Microwave Conference Proceedings*, pp. 289 -292, Dec. 2008.
- [3] C. Y. Huang, “Designs for an aperture – coupled compact circularly polarized microstrip antenna”, *IEE Proc. – Microw. Antennas Propag.*, vol. 146, nº 1, pp. 13 – 16, February 1999.
- [4] Rui – Hung Chen and Jeen – Sheen Row, “Single Microstrip Patch Antenna With Switchable Polarization”, *IEEE Transaction on Antennas and Propagation*, vol. 56, nº 4, pp. 922 – 926, April 2008.
- [5] John D. Kraus, *Antennas*, 1ª ed. McGraw – Hill book Company, 1950.
- [6] Shibankoul, Barathi. *Microwave and millimeter wave phase shifters*, vol. 2 Boston, Ed. Artech House, 1992.
- [7] Laurence N. Dworsky. *Modern transmission line Theory and Applications*, Ed. Wiley, 1979.
- [8] Bahl, I. J. and Bhartia, P. *Microwave solid state circuit design*, John Wiley & Sons, USA - 1988.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-432-0

