



# As **engenharias** agregando conhecimento em setores emergentes de **pesquisa e desenvolvimento 2**

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

**Atena**  
Editora  
Ano 2022



# As engenharias agregando conhecimento em setores emergentes de pesquisa e desenvolvimento 2

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

**Atena**  
Editora  
Ano 2022

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



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

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

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

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

**Conselho Editorial****Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

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

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

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

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



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



# As engenharias agregando conhecimento em setores emergentes de pesquisa e desenvolvimento 2

**Diagramação:** Daphynny Pamplona  
**Correção:** Mariane Aparecida Freitas  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Henrique Ajuz Holzmann

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 As engenharias agregando conhecimento em setores emergentes de pesquisa e desenvolvimento 2 / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0141-4

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.414222104>

1. Engenharia. I. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

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



## APRESENTAÇÃO

Na sociedade atual, onde cada vez mais se necessita de informações rápidas e eficientes, o repasse de tecnologias é uma das formas mais eficazes de se obter novas tendências mundiais. Neste cenário destaca-se as engenharias, as quais são um dos principais pilares para o setor empresarial. Analisar os campos de atuação, bem como pontos de inserção e melhoria dessa área é de grande importância, buscando desenvolver novos métodos e ferramentas para melhoria contínua de processos.

Estudar temas relacionados a engenharia é de grande importância, pois desta maneira pode-se aprimorar os conceitos e aplicar os mesmos de maneira mais eficaz. O aumento no interesse se dá principalmente pela escassez de matérias primas, a necessidade de novos materiais que possuam melhores características físicas e químicas e a necessidade de reaproveitamento dos resíduos em geral. Além disso a busca pela otimização no desenvolvimento de projetos, leva cada vez mais a simulação de processos, buscando uma redução de custos e de tempo.

Neste livro são apresentados trabalho teóricos e práticos, relacionados a área de engenharia, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente. De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais. Sendo hoje que utilizar dos conhecimentos científicos de uma maneira eficaz e eficiente é um dos desafios dos novos engenheiros.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

MINIATURIZAÇÃO DE UM ARRANJO LOG-PERÍODICO QUASE-FRACTAL DE ANTENAS DE MICROFITA PARA APLICAÇÕES EM REDES DE COMUNICAÇÃO SEM FIO NA FAIXA DE 2,44 GHZ

Elder Eldervitch Carneiro de Oliveira

Pedro Carlos de Assis Júnior

Vinícius Nunes de Queiroz

Marcos Lucena Rodrigues

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221041>

### **CAPÍTULO 2..... 14**

A NORMATIZAÇÃO COMO MEIO DE INCENTIVO A DISSEMINAÇÃO DAS MICRORREDES ATRAVÉS DE POLÍTICA DE IMPOSTO E TARIFAÇÃO

Kelda Aparecida Godói dos Santos

Pedro André Zago Nunes de Souza

André Nunes de Souza

Haroldo Luiz Moretti do Amaral

Fábio de Oliveira Carvalho

Pedro da Costa Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221042>

### **CAPÍTULO 3..... 27**

ESTUDO DO CONSUMO RESIDENCIAL DE ÁGUA VIA IOT EM RESERVATÓRIO COM CONTROLE DE NÍVEL AUTOMATIZADO

Eduardo Manprin Silva

Luís Miguel Amâncio Ribeiro

Selton de Jesus Silva da Hora

Rogério Luis Spagnolo da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221043>

### **CAPÍTULO 4..... 34**

SISTEMA SUPERVISÓRIO E CONTROLE MIMO ATRAVÉS DE LÓGICA

Márcio Mendonça

Gilberto Mitsuo Suzuki Trancolin

Marta Rúbia Pereira dos Santos

Carlos Alberto Paschoalino

Marco Antônio Ferreira Finocchio

Francisco de Assis Scannavino Junior

José Augusto Fabri

Edson Hideki Koroishi

André Luís Shiguemoto

Celso Alves Corrêa

Kazuyochi Ota Junior

Odair Aquino Campos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221044>

**CAPÍTULO 5..... 50**

**EMPILHADEIRA AUTOMÁTICA**

Camila Baleiro Okado Tamashiro

Edison Hernandez Belon

Gabriel Pucharelli Molina

Filipe Cortez

Joao Victor de Elmos da Silva

Joao Vitor da Silva Santana

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221045>

**CAPÍTULO 6..... 53**

**INTENSIVE RAINFALLS AND IONIZING RADIATION MEASUREMENTS IN FEBRUARY 2020 IN SÃO JOSÉ DOS CAMPOS BRAZIL REGION**

Inacio Malmonge Martin

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221046>

**CAPÍTULO 7..... 62**

**ANÁLISE DE FALHA DE QUEBRA DE MANCAL SNH517 EM FERRO FUNDIDO CINZENTO EN GJL-200 (EN 1561) EM REGIME DE TRABALHO**

Cristofer Vila Nova Fontes

Marcelo Bergamini de Carvalho

João Mauricio Godoy

Sérgio Roberto Montoro

Amir Rivaroli Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221047>

**CAPÍTULO 8..... 71**

**PULSE TRANSIT TIME DETECTS CHANGES IN BLOOD PRESSURE IN RESPONSE TO GALVANIC VESTIBULAR STIMULATION AND POSTURE**

Adriana Pliego Carrillo

Rosario Vega

Daniel Enrique Fernández García

Claudia Ivette Ledesma Ramírez

Enrique Soto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221048>

**CAPÍTULO 9..... 78**

**EVIDENCIA INICIAL DE LAS ACCIONES DE ADAPTACIÓN DE EMPRESAS COLOMBIANAS A LA PANDEMIA CAUSADA POR EL SARS-COV2**

Lucas Adolfo Giraldo-Ríos

Jenny Marcela Sanchez-Torres

Diana Marcela Cardona Román

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221049>

**CAPÍTULO 10..... 85**

**AVALIAÇÃO DO CONFORTO HUMANO DE PISOS MISTOS (AÇO-CONCRETO)**

## SUBMETIDOS A CARGAS DINÂMICAS RÍTMICAS

Elisângela Arêas Richter dos Santos

Karina Macedo Carvalho

Miguel Henrique de Oliveira Costa

José Guilherme Santos da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210410>

## **CAPÍTULO 11..... 100**

### PANORAMA DAS POLÍTICAS DE PARCERIAS PÚBLICO-PRIVADAS (PPP'S) EM AEROPORTOS BRASILEIROS

Débora Comin Dal Pozzo

Caroline Miola

Humberto Anselmo da Silva Fayal

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210411>

## **CAPÍTULO 12..... 112**

### ENCERRAMENTO DE ATIVIDADE INDUSTRIAL: DIRETRIZES PARA DESENVOLVIMENTO DE PLANOS DE DESATIVAÇÃO

Loiva Zukovski

Marlene Guevara dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210412>

## **CAPÍTULO 13..... 125**

### USO DE INDICADORES SOCIOAMBIENTAIS PARA ANÁLISE DOS IMPACTOS DO USO PÚBLICO NO PARQUE NACIONAL DO PAU BRASIL, PORTO SEGURO - BA

Bianca Rocha Martins

Michele Barros de Deus Chuquel da Silva

Gabriela Narezi

Valter Antonio Becegato

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210413>

## **CAPÍTULO 14..... 138**

### AVALIAÇÃO DE NÍVEL DE MATURIDADE DE CULTURA DE SEGURANÇA EM ORGANIZAÇÃO DO TERCEIRO SETOR

Rodrigo Ferreira de Azevedo

Gilson Brito Alves de Lima

Licínio Esmeraldo da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210414>

## **CAPÍTULO 15..... 152**

### THE EVOLUTION OF REGULATION OF THE AIR NAVIGATION ACTIVITY IN BRAZIL

Marcus Vinicius do Amaral Gurgel

Jefferson Luis Ferreira Martins

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210415>

**CAPÍTULO 16..... 169**

ESTUDO DE *BACKGROUND* GEOQUÍMICO ambiental em ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA (aid) DA MINERAÇÃO

Flávio de Moraes Vasconcelos  
Gabriel Melzer Aquino  
Nathália Augusta Ferreira Sales Coutinho  
João Santiago Reis

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210416>

**CAPÍTULO 17..... 183**

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE DRENAGEM ÁCIDA E LIXIVIAÇÃO DE METAIS EM PILHAS DE ESTÉRIL E BARRAGEM DE REJEITOS DE MINERAÇÃO

Nathália Augusta Ferreira Sales Coutinho  
Flávio de Moraes Vasconcelos  
Hairton Costa Ferreira  
Marcos Rogério Palma  
Denner Dias Ribeiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210417>

**CAPÍTULO 18..... 197**

ESTUDO DE TRATABILIDADE DA ÁGUA DA CAVA DA MINERAÇÃO RIACHO DOS MACHADOS PARA DESCARTE DO EFLUENTE

Flávio de Moraes Vasconcelos  
Nathália Augusta Ferreira Sales Coutinho  
Igo de Souza Tavares  
Ernesto Machado Coelho Filho  
Luiz Lourenço Fregadolli

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210418>

**CAPÍTULO 19..... 204**

MEDIÇÃO DE DESCARGA LÍQUIDA: MÉTODO DO MOLINETE NA BACIA DO RIO JI-PARANÁ (RONDÔNIA)

Renato Billia de Miranda  
Frederico Fábio Mauad  
Denise Parizotto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210419>

**CAPÍTULO 20..... 218**

APLICAÇÃO DE MATRIZ FILTRANTE DESFLUORETADORA, COMPOSTA POR SISTEMA CÉRIA/CARVÃO ATIVADO DE COCO (*Coccus nucifera* L.), EM ÁGUAS COMPLEXAS DO SEMIÁRIDO PARAIBANO

Carlos Christiano Lima dos Santos  
Poliana Sousa Epaminondas Lima  
João Jarllys Nóbrega de Souza  
Tainá Souza Silva  
Rodrigo Lira de Oliveira  
Carlo Reillen Lima Martins

Ilauro de Souza Lima  
Ana Sabrina Barbosa Machado  
Maria Soraya Pereira Franco Adriano  
Alexandre Almeida Júnior  
Isabela Albuquerque Passos Farias  
Fabio Correia Sampaio

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210420>

**CAPÍTULO 21.....233**

RESPONSIBLE MANAGEMENT OF XANTHATES TO ENSURE THE SUSTAINABILITY OF MINING INDUSTRIES IN LATIN AMERICA

Maria Andrea Atusparia Cierro  
Fredy Castillejo  
Gloria Valdivia  
María Atusparia

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210421>

**CAPÍTULO 22.....251**

COBERTURA DE PILHA DE ESTÉRIL EM CLIMAS SEMI-ÁRIDOS

Flávio de Moraes Vasconcelos  
Nathália Augusta Ferreira Sales Coutinho  
Michael Milczarek  
Rodrigo Dhryell Santos  
Luiz Lourenço Fregadolli

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210422>

**CAPÍTULO 23.....258**

SÍNTESE E QUEBRA DE EMULSÃO ÓLEO EM ÁGUA (O/A) VIA AQUECIMENTO E ADITIVAÇÃO COM NONILFENOL POLIETOXILADO

Heithor Syro Anacleto de Almeida  
Geraldine Angélica Silva da Nóbrega  
Diego Ângelo de Araújo Gomes  
Rafael Stefano Costa Mallak,  
Francisco Klebson Gomes dos Santos  
Alyane Nataska Fontes Viana

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210423>

**CAPÍTULO 24.....268**

DESESTABILIZAÇÃO DE EMULSÃO (O/A) DO PETRÓLEO BRUTO UTILIZANDO ÁLCOOL LAURÍLICO ETOXILADO ALIADO A VARIAÇÃO DA TEMPERATURA

Rafael Stefano Costa Mallak  
Heithor Syro Anacleto de Almeida,  
Geraldine Angélica Silva da Nóbrega  
Francisco Klebson Gomes dos Santos  
Alyane Nataska Fontes Viana  
Diego Angelo de Araujo Gomes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210424>

<b>CAPÍTULO 25.....</b>	<b>280</b>
ESTUDIO PARA EVITAR LA CONTAMINACIÓN POR MEDIO DE LA COMBUSTIÓN DEL GAS METANOS IN REALIZAR UNA RECUPERACIÓN ENERGÉTICA Vilma Del Mar Amaya Gutiérrez  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210425">https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210425</a>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>285</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>286</b>

# CAPÍTULO 1

## MINIATURIZAÇÃO DE UM ARRANJO LOG-PERÍODICO QUASE-FRACTAL DE ANTENAS DE MICROFITA PARA APLICAÇÕES EM REDES DE COMUNICAÇÃO SEM FIO NA FAIXA DE 2,44 GHz

Data de aceite: 01/02/2022

### Elder Eldervitch Carneiro de Oliveira

Universidade Estadual da Paraíba  
João Pessoa - PB

### Pedro Carlos de Assis Júnior

Universidade Estadual da Paraíba  
Patos – PB

### Vinícius Nunes de Queiroz

Universidade Estadual da Paraíba  
Patos – PB

### Marcos Lucena Rodrigues

Universidade Estadual da Paraíba  
Patos – PB

**RESUMO:** O grande avanço nas redes de Telecomunicações e mais precisamente nas redes e comunicações móveis, a exemplo das redes 4,5G e 5G, tornam a busca por dispositivos compactos, com propriedades multi-frequência bem atrativas a essas aplicações. Por esses motivos as antenas, arranjos de antenas e os circuitos planares são excelentes dispositivos capazes de funcionar nessas aplicações, isso em virtude de suas características, tais como: baixo custo, baixo peso e capacidade de operar em altas frequências. Nesse contexto, este trabalho consiste no projeto numérico e experimental de um arranjo de antenas de microfita log-periódico quase-fractal fazendo uso da curva de Koch nível 2. O arranjo foi projetado para operar na faixa de frequência de 2,44 GHz, onde temos muitas aplicações, além de ser uma faixa livre

para testes pertencente a banda ISM (*Industrial Scientific and Medical*). O arranjo foi projetado por meio do *software Ansys Designer™*, onde foi possível conseguir um dispositivo menor, com uma redução de aproximadamente 41% quando comparado a um arranjo retangular convencional para a mesma faixa de frequência. Uma vez o dispositivo projetado, o mesmo passou por uma série de simulações com o intuito de investigar o comportamento em frequência desse dispositivo. Para isso, foi realizada medições dos parâmetros de espalhamento (parâmetros S) associados ao arranjo de antenas proposto. A estrutura apresentou boas características de radiação e baixas perdas de retorno, com os resultados concordando muito bem entre si.

**PALAVRAS-CHAVE:** Arranjo log-periódico quase-fractal, Curva de Koch, Comunicação sem fio.

**ABSTRACT:** The great advance in Telecommunications networks and more precisely in networks and mobile communications, such as 4.5G and 5G networks, make the search for compact devices with multi-frequency properties very attractive to these applications. For this reason, antennas, antenna arrays and planar circuits are excellent devices capable of working in these applications, due to their characteristics, such as: low cost, low weight and ability to operate at high frequencies. In this context, this work consists of the numerical and experimental design of a quasi-fractal log-periodic microstrip antenna array using the level 2 Koch curve. The array was designed to operate in the 2.44 GHz frequency range, where we have many

applications, in addition to being a free range for tests belonging to the ISM band (Industrial Scientific and Medical). The array was designed using Ansys Designer<sup>TM</sup> software, where it was possible to achieve a smaller array, with a reduction of approximately 41% when compared to a conventional rectangular array for the same frequency range. Once the device was designed, it went through a series of simulations in order to investigate the frequency behavior of this device. For this, measurements of the scattering parameters (S parameters) associated with the proposed antenna array were performed. The structure showed good radiation characteristics and low return losses, with the results agreeing very well with each other.

**KEYWORDS:** Quasi-fractal log-periodic array, Koch curve, Wireless communication.

## 1 | INTRODUÇÃO

Com a consolidação no setor de Telecomunicações e das tecnologias de quarta geração, mais conhecido como 4G, oferecendo serviços baseados em IP (Voz e Dados), com uma experiência de internet de banda larga rápida, sendo o foco principalmente nas mais diversas aplicações, com uma boa taxa de transmissão de dados e baixa latência, as pesquisas em comunicações móveis ganharam ainda mais relevância por parte da comunidade científica, na busca por dispositivos móveis, com conexão sem fio, eficientes e de preferência a um custo relativamente baixo para sua produção em larga escala. Daqui para frente, essa será uma linha de pesquisa muito estudada devido a sua importância para tecnologias emergentes, por exemplo a tecnologia de quinta geração (5G), já em pleno funcionamento em alguns lugares do mundo, mais que ainda no Brasil se encontra em fase de testes para uma futura implementação (ANATEL, 2022).

Essa tecnologia de quinta geração (5G), vai exigir ainda mais recursos dos dispositivos móveis de telecomunicação, isso em virtude da mesma proporcionar além da melhoria na velocidade, espera-se que a rede 5G gere um ecossistema massivo para a Internet das Coisas (IoT), no qual as redes móveis possam atender às necessidades de comunicação de bilhões de dispositivos conectados, com um equilíbrio justo entre velocidade, latência e custo.

Esse grande avanço tecnológico aliado as limitações de espaço cada vez mais perceptível nos equipamentos modernos, fazem das tecnologias de circuitos planares um importante recurso para projetos de dispositivos móveis para possíveis aplicações nas mais diversas áreas de interesse (OLIVEIRA, 2008). Tais dispositivos se apresentam como candidatos em potencial a aplicações em sistemas de comunicações sem fio, uma vez que a miniaturização desses dispositivos e o funcionamento em várias faixas de frequências são requisitos requeridos pelos aparelhos de comunicação modernos (MALEK, et al., 2019). Neste mercado competitivo, o surgimento de novas tecnologias sem fio resulta em demandas crescentes por antenas compactas/multibandas, que permitam, por exemplo, a união de diferentes tecnologias sem fio em dispositivos portáteis sem perda de desempenho.

Diversas técnicas de miniaturização dos dispositivos estão sendo estudadas e

aplicadas envolvendo estruturas planares, são elas: i) utilização de substratos dielétricos de alta permissividade elétrica (CHAUDHURI, et al. 2013), aumento do comprimento elétrico da antena por meio de otimização de sua geometria utilizando estruturas fractais (OLIVEIRA, 2008). Muitas são as aplicações que necessitam que o dispositivo opere em modo multi ressonante, por exemplo, o telefone celular modo *dual-band* é um bom exemplo de dispositivo sem fio multifrequência. Essa operação *dual-band* para o caso do GSM, envolve transmissão e recepção em 850 MHz e 1850 MHz. Antenas tradicionais são incapazes de conseguir esse tipo de comportamento.

O uso da geometria fractal no projeto de arranjo de antenas apresenta vantagens em termos de miniaturização e a capacidade de operar em múltiplas bandas de frequência de ressonância com características de radiação similares (BHATTACHARYYA, 2020). Em comunicações de longa distância, uma antena com baixa capacidade diretiva deixa de ser atrativa. Neste sentido, para contornar esse problema um arranjo de antenas proporciona um melhor desempenho, uma vez que, por meio da radiação de seus elementos agregados, permite radiar o máximo da energia em uma direção particular e muito pouca em outras direções (GARG, et al., 2001). Dessa forma, uma maior concentração de energia em uma determinada região apresenta uma melhor capacidade de irradiação por parte da antena, conseqüentemente apresenta uma maior diretividade e um maior ganho quando comparado a uma antena patch retangular convencional (BALANIS, 1997).

Neste contexto, a busca por dispositivos cada vez menores e sem perda de desempenho vem impulsionando as pesquisas na área de telecomunicações e do eletromagnetismo aplicado. A proposta deste artigo consiste no projeto de um arranjo de antenas log-periódico quase fractal operando na banda ISM (*Industrial Scientific and Medical*), mais precisamente na frequência de 2,44 GHz.

## 2 | GERAÇÃO DA CURVA FRACTAL DE KOCH NÍVEL 2

A geometria fractal surgiu através do pesquisador Benoit Mandelbrot na década de 70, baseado em observações de figuras exóticas totalmente inspiradas na natureza, onde Mandelbrot explicou que era possível obter novas figuras a partir de outras figuras complexas por meio da auto similaridade, dado a dimensão exata dessas estruturas (figuras) (MANDELBROT, 1983). A priori, a geometria fractal foi muito utilizada para modelar formas geométricas difíceis, até então não explicadas por meio da geometria Euclidiana, tais como: as formas das galáxias, a forma da folha do brócolis e das samambaias, além de figuras geométricas geradas por computador, etc.

A geometria fractal pode ser definida com uma figura que apresenta auto repetição, sendo gerada por meio de um processo recursivo em que uma fração é idêntica ao todo, diferindo apenas na escala (OLIVEIRA, 2008). Assim, de forma simplificada, um fractal pode ser definido como um objeto auto similar em diferentes graus de ampliação possuindo

simetria através de uma escala, em que cada parte é uma réplica similar a sua parte maior (MANDELBROT, 1983).

Dessa forma, os pesquisadores fizeram uso dessas características dos fractais para aplicações em dispositivos de alta frequência, como é o caso de antenas planares e arranjo de antenas planares (Puente, et al. 1998). As pesquisa nessas áreas apontaram que a propriedade de preenchimento do espaço por parte de um fractal é capaz de reduzir as dimensões dos dispositivos e que a propriedade de auto similaridade seria capaz de reproduzir um comportamento multi-ressonante para esses dispositivos, o que o torna muito interessante em diversas aplicações (OLIVEIRA, 2008). A curva fractal de Koch foi a utilizada no projeto do arranjo log-periódico de antenas proposto neste artigo, onde a mesma pode ser obtida de forma recursiva por meio de 4 (quatro) transformações afins ( $q_i$ ), em que, as quatro transformações fazem a contração de  $1/3$ ;  $q_2$  faz uma rotação de  $-\pi/2$  rad e uma translação de uma unidade para a direita;  $q_3$  faz uma rotação de  $\pi/2$  rad, uma translação de  $3/2$  unidades para a direita;  $q_4$  executa uma translação de 2 unidades para a direita (OLIVEIRA, 2008).

A transformação usada foi a seguinte:  $q_i : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^2$ , para a obtenção da curva de Koch através do método IFS (*Iterative Function System*) é dada na equação (1). A Figura 1 ilustra o processo de construção de uma curva fractal de Koch a partir dos lados de um quadrado (forma iniciadora).

$$q_i(x, y) = \frac{1}{3} \begin{pmatrix} \cos(\theta_i) & -\text{sen}(\theta_i) \\ \text{sen}(\theta_i) & \cos(\theta_i) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e_i \\ f_i \end{pmatrix} \quad (1)$$

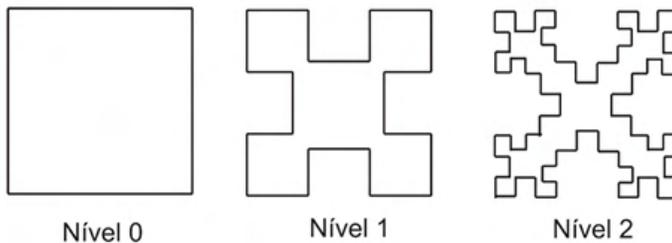


Figura 1 – Geração da curva fractal de Koch.

### 3 | METODOLOGIA EMPREGADA E ESTRUTURA DO ARRANJO DE ANTENAS FRACTAL LOG-PERIÓDICO PROPOSTO

A geometria fractal de Koch em nível 2 foi utilizada para projetar um arranjo log-periódico de antenas patch de microfita para a faixa de frequência das micro-ondas em 2,44 GHz. O arranjo projetado foi denominado de arranjo AKR2, consistindo de três elementos patches ressonantes quando excitados por um gerador de micro-ondas em sua porta de entrada por meio de um conector SMA de  $50 \Omega$ . Para que o projeto do arranjo AKR2 fosse

possível, inicialmente a curva de Koch nível 2 foi adicionada às margens radiante e não radiante de um arranjo log-periódico nível 1 (AKR1) já projetado e conforme descrito em Costa et al. (2014) e mostrado na Figura 2.

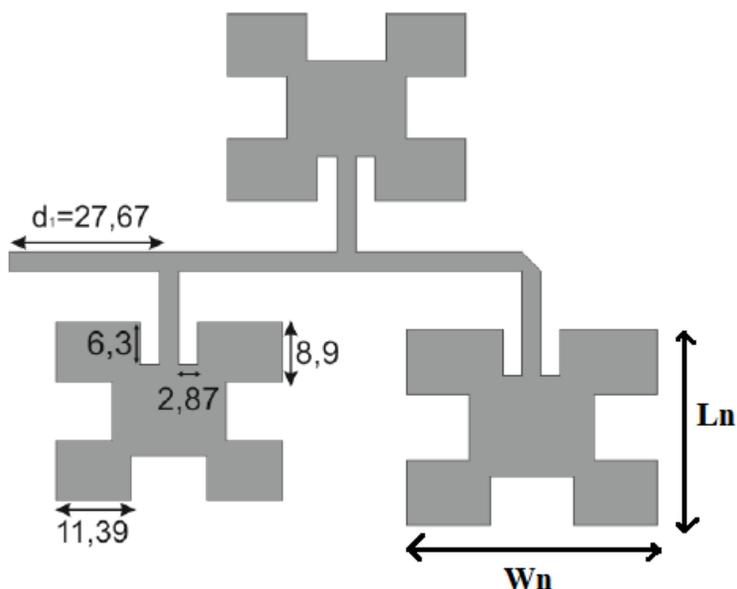


Figura 2 – Arranjo log-periódico nível 1 (AKR1).

Fonte: Costa et al., 2014.

Onde o comprimento do elemento patch é dado por  $W_n$ , a largura dos elementos patches é dado por  $L_n$  e o espaçamento entre eles é dado por  $d_n$ . As demais medidas crescem em uma escala logarítmica por um fator constante de 1,05 mm. Toda a estrutura foi construída em um material de baixo custo, neste caso utilizou-se a fibra de vidro (FR4), com uma espessura ( $h$ ) de 1,5 mm e uma constante dielétrica ( $\epsilon_r$ ) de 4,4.

As dimensões iniciais do projeto do arranjo AKR2 foram obtidas por meio das equações do modelo da linha de transmissão (TLM) descrito em Balanis (1997). As dimensões obtidas por meio desse conjunto de equações serviram de ponto de partida para o projeto de um arranjo log-periódico nível 0 e posteriormente após a aplicação da curva Koch, foi possível obter o arranjo log-periódico de nível 2, conforme mostrado na Figura 3 seguinte. As dimensões iniciais obtidas foram:  $d_n = 22,67$  mm;  $W_n = 37,7$  mm e  $L_n = 29,9$  mm. O comprimento de  $d_n$  que corresponde a linha de excitação foi considerado meio comprimento de onda guiado ( $\lambda_g / 2$ ) na frequência de projeto desejada.

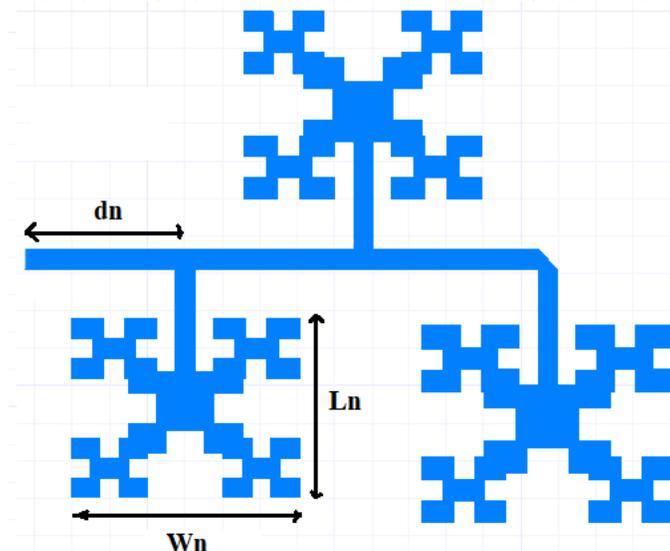


Figura 3 – Estrutura do Arranjo log-periódico nível 2 (AKR2).

A etapa seguinte ao projeto, consistiu em uma série de simulações utilizando um simulador de onda completa (*Ansys Designer*) para caracterização eletromagnética da estrutura proposta, onde suas dimensões foram otimizadas para um bom funcionamento do dispositivo na frequência de 2,44 GHz. As dimensões encontradas foram utilizadas no elemento 1 do arranjo, sendo as dimensões do elemento denominados de  $W_1$ ,  $L_1$  e  $d_1$ . As demais dimensões para os elementos 2 e 3 do arranjo log-periódico estão diretamente relacionados ao fator ( $R$ ) em uma razão de escala logarítmica segundo a equação (2). Esse fator é determinado para a razão da estrutura do arranjo de antenas, pois trata-se de uma razão entre as frequências ( $F$ ) de ressonâncias adjacentes.

$$R = \frac{F_1}{F_2}, \quad F_2 > F_1 \quad (2)$$

Esta propriedade do fator de escala  $R$ , indicará que o arranjo projetado apresentará as mesmas características de radiação em todas as frequências de ressonâncias que tem como base o fator  $R$ . Assim, em Balanis (1997) é apresentado as seguintes equações de projeto:

$$F_r = \frac{c}{2(L + \Delta L)\sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (3)$$

Onde,

$$\Delta L = 0,412 \frac{\varepsilon_{eff}+0,3}{\varepsilon_{eff}+0,3} x \frac{W/h+0,264}{W/h+0,8} \quad (4)$$

$$\varepsilon_{eff} = \frac{\varepsilon_r+1}{2} + \frac{\varepsilon_r-1}{2} x \left(1 + 12 \frac{h}{W}\right)^{-1/2} \quad (5)$$

Onde, Fr é a frequência de ressonância, ΔL é o comprimento Frings e o εeff é a permissividade elétrica efetiva. Para a proposta do arranjo log-periódico de nível 2, o fator R foi considerado igual 1,05 mm, sendo um arranjo formado por três elementos adjacentes, em um arranjo de antenas log-periódica. Os demais elementos foram dimensionados apresentando por base as dimensões do elemento anterior. Conforme mostra a equação (6).

$$R = \frac{Ln+1}{Ln} + \frac{Wn+1}{Wn} + \frac{dn+1}{dn} \quad (6)$$

Utilizando a equações mencionadas, e partindo dos valores iniciais otimizados no simulador, foi possível obter as seguintes dimensões mostradas na Tabela 1 para o arranjo AKR2 log-periódico projetado.

Elemento n	Dimensão dn	Dimensão Wn	Dimensão Ln
1	24,7 mm	34,2 mm	26,7 mm
2	24,7 mm	35,9 mm	28,0 mm
3	24,7 mm	37,7 mm	29,4 mm

Tabela 1 - Dimensões do arranjo AKR2 log-periódico proposto.

Um protótipo de arranjo de antenas quase-fractal nível 2 foi construído (ver Figura 4) e teve seus parâmetros eletromagnéticos medidos em um analisador de rede vetorial (modelo ZVB14 *Rohde & Schwarz*).

Um fato observado no projeto do arranjo AKR2 é que devido ao uso da curva de Koch nível 2 (Figura 1) acabou por aumentar o comprimento elétrico do arranjo proposto, o que consequentemente segundo a relação  $c = \lambda / F$ , fez com que a frequência do dispositivo ressoe e um nível inferior ao desejado que é a frequência em 2,44 GHz, devido a isso se faz necessário um ajuste nas dimensões do arranjo AKR2 de modo a trazer a frequência fundamental para a faixa de 2,44 GHz, resultando assim em uma nova estrutura capaz de funcionar na frequência de projeto desejada.

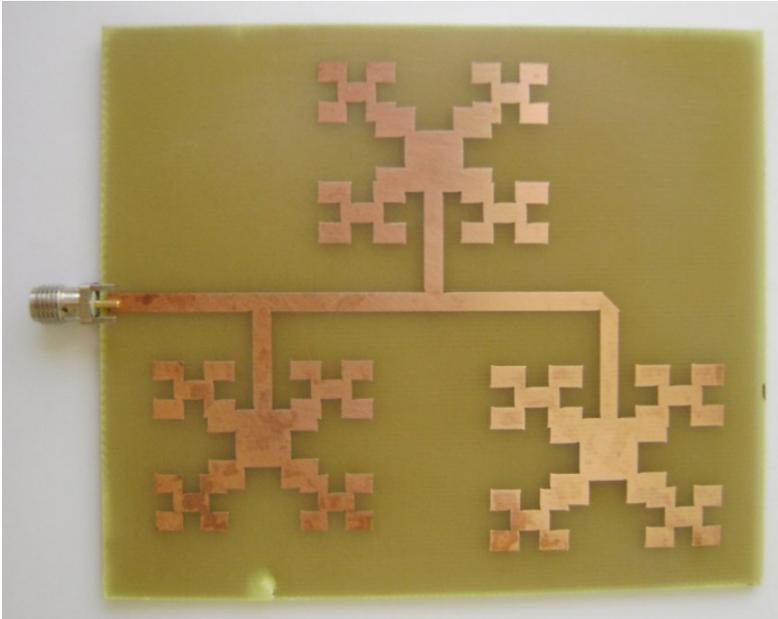


Figura 4 – Arranjo log-periódico AKR2 construído.

Isso é possível de se conseguir ao aplicarmos um fator de compressão (CF) as dimensões do arranjo AKR2 por meio do cálculo desse fator mostrado na equação (7) (OLIVEIRA, 2008).

$$CF = 100\% - ((Fr(\text{GHz})/2,44 (\text{GHz})) \times 100\%) \quad (7)$$

O uso do fator de compressão resultou em novas dimensões para o arranjo de antenas AKR2 proposto, acarretando dessa forma em um novo dispositivo com dimensões inferiores, o qual denominamos de arranjo log-periódico miniaturizado (AKR2 mini), onde o mesmo foi reprojetoado para ressoar na frequência de projeto desejada em 2,44 GHz. Esse arranjo miniaturizado apresentou uma redução em suas dimensões de aproximadamente 41% quando comparada as dimensões do arranjo AKR2 inicialmente projetado. As dimensões em milímetros do arranjo AKR2 mini são mostrados na Tabela 2.

A etapa final do procedimento metodológico empregado no projeto e construção do arranjo log-periódicos de antenas fractais consiste na etapa de medição de seus parâmetros eletromagnéticos (Parâmetros S) que foi realizado no analisador de rede vetorial na faixa de frequência entre 1 – 3 GHz. A faixa de frequência de 2,44 GHz se torna interessante por ser não licenciada e livre para teste em dispositivos de micro-ondas.

Elemento n	Dimensão dn	Dimensão Wn	Dimensão Ln
1	13,5 mm	20,1 mm	15,7 mm
2	14,1 mm	21,1 mm	16,5 mm
3	14,88 mm	22,4 mm	17,5 mm

Tabela 2 - Dimensões do arranjo AKR2 mini log-periódico proposto.

#### 4 I RESULTADOS SIMULADOS E MEDIDOS PARA A ANTENA PROPOSTA

O primeiro resultado experimental do dispositivo proposto consiste na perda de retorno dado em função do seu coeficiente de reflexão (parâmetro  $S_{11}$ ), que consiste na medida da relação entre as potências incidentes e refletidas no conector do arranjo de antenas, e sua fórmula matemática é dado pela equação (8) (BALANIS, 1997).

$$RL = -20\log |S_{11}| \quad (8)$$

O resultado da Figura 5 mostra uma comparação entre os resultados numéricos obtidos na simulação com o resultado medido no analisador de rede vetorial. Desse resultado podemos ver duas ressonâncias, a primeira em 1,41 GHz e o segundo harmônico em 1,51 GHz. Os resultados simulados e medido apresentaram uma boa concordância entre si, com baixas perdas de retorno (perdas de retorno abaixo de -16 dB), o que caracteriza um bom casamento de impedância para a estrutura analisada.

O resultado do coeficiente de reflexão para o arranjo AKR2 mini é mostrado na Figura 6. Similar ao resultado anterior para o arranjo AKR2, o arranjo log-periódico miniaturizado também apresentou duas frequências de ressonância, caracteriza-se assim como um dispositivo *dual band*.

Os resultados simulado e medido concordaram bem, onde o resultado medido na frequência fundamental apresentou uma ressonância de 2,48 GHz e uma perda de retorno abaixo de -30 dB. A largura de banda na primeira ressonância foi de 60 MHz, um pouco abaixo do valor desejado de 83,5 MHz, considerado ideal para aplicações em sistemas de comunicação *wireless*.

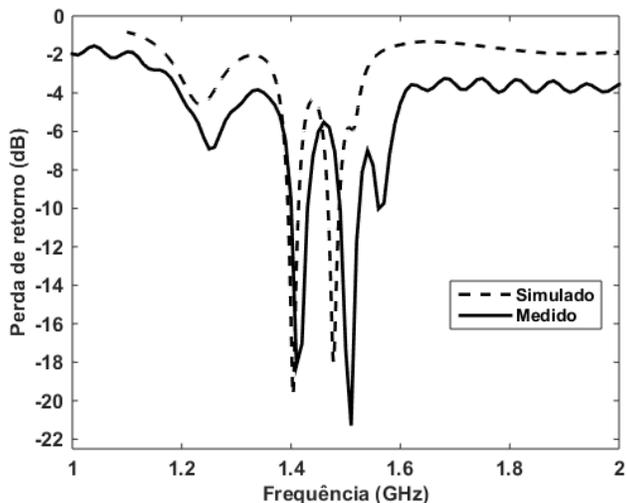


Figura 5 – Resultado de simulação e medição para o arranjo AKR2.

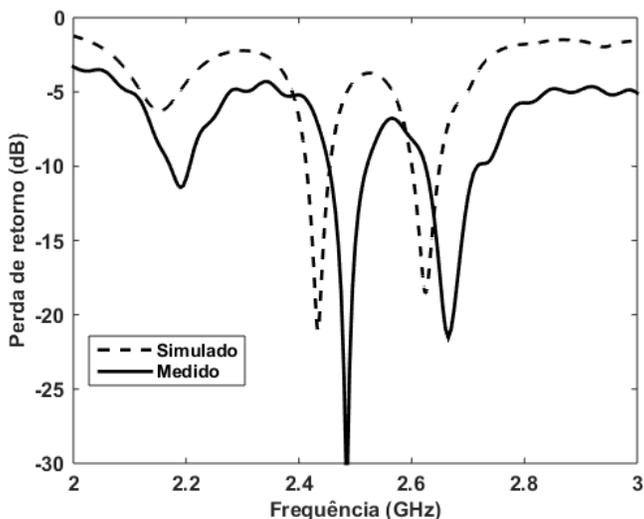


Figura 6 – Simulação e medição para o arranjo AKR2 mini proposto.

O coeficiente de onda estacionária (VSWR) é o parâmetro ideal para medir a energia devolvida ao gerador na forma de onda estacionária na linha de alimentação. Isso acontece na maioria dos casos devido a um descasamento de impedância na estrutura entre a linha de alimentação e o elemento patch irradiante. Esse parâmetro é dado pela razão entre os coeficientes de reflexão das ondas incidentes e refletidas, conforme a equação (9).

$$VSWR = \frac{1+|S_{11}|}{1-|S_{11}|} \quad (9)$$

A Figura 7 mostra a medição do parâmetro VSWR medido para o arranjo log-periódico quase-fractal AKR2 miniaturizado. O valor obtido na medição foi de 1,05 bem abaixo do valor de corte que corresponde a um VSWR de 2.

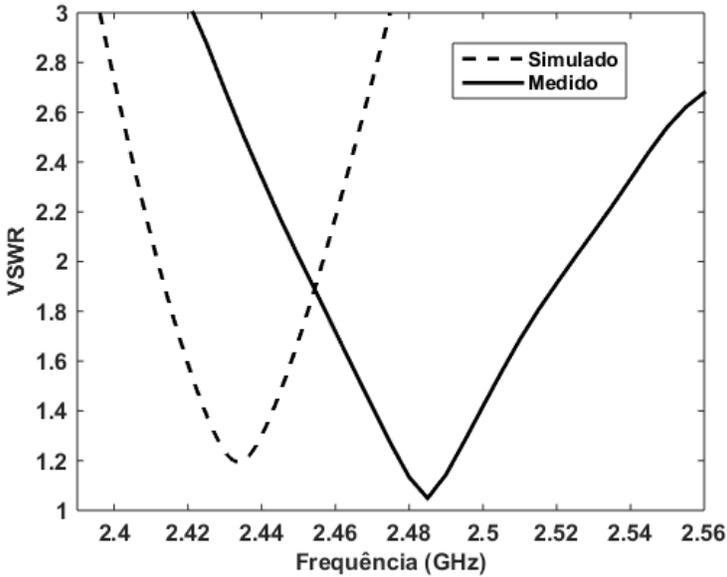


Figura 7 – Resultado medido e simulado de VSWR para o arranjo AKR2 mini.

O resultado da Figura 8 mostra os diagramas de irradiação 2D (plano H) e 3D para o arranjo de antenas log-periódica AKR2 mini. A priori, observamos um diagrama bem comportado, apresentando características direcionais na região de campo distante. O diagrama 2D nos mostra um feixe de radiação com largura de feixe de meia potência (HPBW) de 92,02°, por sua vez, o diagrama de radiação 3D mostra um ganho diretivo de 6,64 dB na direção *broadside* de campo distante.

Todos os resultados obtidos para o arranjo de antenas AKR2 mini se encontram resumidos na Tabela 2.

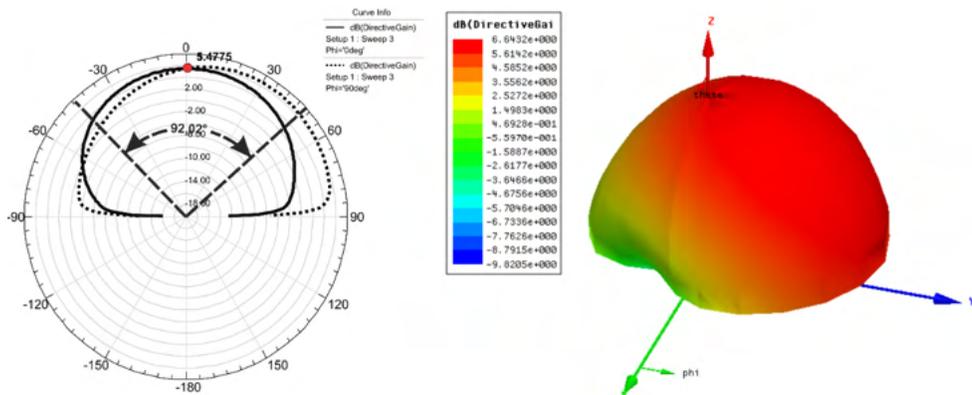


Figura 8 – Diagrama de irradiação 2D e 3D para o arranjo de antenas log periódico AKR2 mini.

Resultados	Arranjo AKR2 mini	
	Simulado	Medido
Frequência de ressonância ( $F_r$ )	2,48 GHz	2,44 GHz
Perda de retorno (RL)	-30,0 dB	-21,0 dB
Largura de banda (BW)	60 MHz	40 MHz
Largura de banda percentual (BW%)	1,64%	2,42%
VSWR	1,05	1,2
Ganho	6,64 dB	—

Tabela 2 – Resultados simulados e medidos para o arranjo de antenas quase-fractal AKR2 mini proposto.

## 51 CONCLUSÃO

Foi proposto nesse trabalho um novo arranjo de antenas utilizando a geometria fractal de Koch de nível 2 em seu projeto. O arranjo foi projetado baseado na escala logarítmica para o espaçamento entre seus elementos irradiantes. A estrutura como um todo foi excitada pela técnica de linha de microfita e seus elementos patches foram desenhados utilizando a curva de nível 2 do fractal de Koch.

O arranjo AKR2 mini teve suas dimensões reduzidas em 41% aproximadamente, o que é de grande valia em projeto de antenas visando aplicações em dispositivos que exijam um baixo perfil. A estrutura AKR2 ressoou na frequência 2,48 GHz, próximo ao valor desejado de 2,44 GHz, apresentando uma largura de banda na frequência fundamental de 60 MHz. O erro estimado entre as frequências simulada e medida foi de 1,64% considerado tolerável e dentro das expectativas do projeto.

O arranjo log periódico AKR2 mini apresentou boas características de irradiação, a priori sem deformações em seu feixe irradiado com um comportamento diretivo, bem acima

da média das antenas patch retangular convencional que é de 2 a 3 dB de ganho.

Todos os resultados para os demais parâmetros de antenas (parâmetros S) foram simulados e medidos, apresentando ótima concordância entre seus pares de resultados, com baixas perdas de retorno, caracterizando assim um bom casamento de impedância para essa estrutura. A impedância medida para o arranjo AKR2 foi de 47,97  $\Omega$ , próximo aos 50  $\Omega$  que seria o caso ótimo, com máxima transmissão de energia para os elementos irradiantes.

## REFERÊNCIAS

ANATEL. Agência Nacional de Telecomunicações. Disponível em: <https://www.gov.br/anatel/pt-br/assuntos/5G/tecnologia-5g>. Acesso em: 23 de Jan. 2022.

OLIVEIRA, E. E. C. **Antenas de Microfita com Patch Quase-Fractal para Aplicações em Redes WPAN/WLAN**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

MALEK, N. A.; SABRI, N. A. C.; ISLAM, M. R.; MOHAMAD, S. Y.; ISA, F. N. M. **Design of Hybrid Koch-Minkowski Fractal Dipole Antenna for Dual Band Wireless Applications**, IEEE Asia-Pacific Conference on Applied Electromagnetics (APACE), 2019.

CHAUDHURI, S.; MISHRA, M.; KSHETRIMAYUM, R. S.; SONKAR, R. K. **Wideband Rectangular Dielectric Resonator Antenna Array for ISM Band Applications**. 2020 IEEE Region 10 Symposium (TENSYMP), 2020.

BHATTACHARYYA, A.; BANERJEE, A.; CHATTERJEE, S.; GUPTA, B. **Dual-Band Minkowski Fractal Patch Antenna With Polarization Diversity**. 2020 IEEE Calcutta Conference (CALCON), 2020.

GARG, R.; BHARTIA, P.; BAHL, I.; ITTIPIBOON, A. **Microstrip Antenna Design Handbook**, Boston, USA: Artech House, Inc., 2001.

BALANIS, C. A. **Antenna theory-analysis and design**, 2nd ed. USA: John Wiley & Sons, 1997.

MANDELBROT, Benoit. **The Fractal Geometry of Nature**, New York: W. H. Freeman, 1983.

PUENTE, C.; ROMEU, J.; POUS, R.; CARDAMA, A. **On the Behavior of the Sierpinski Multiband Fractal Antenna**, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 46, pp. 517-524, 1998.

COSTA, J. A. S.; VIEIRA, M. S.; OLIVEIRA, E. E. C.; ASSUNÇÃO, A. G. **Projeto e Análise de um Arranjo Log-periódico de Antenas Quase-fractais para a Banda 2,44 GHz (IEEE 802.11 b/g)**. 16º SBMO - Simpósio Brasileiro de Micro-ondas e Optoeletrônica e 11º CBMag - Congresso Brasileiro de Eletromagnetismo (MOMAG 2014), 2014.

Ansoft Designer (part of ANSYS Inc.) [Online]. Available: [www.ansoft.com](http://www.ansoft.com).

MORETTI, Isabella. "Regras da ABNT para TCC: conheça as principais normas". 2017. Disponível em: <https://viacarreira.com/regras-da-abnt-para-tcc-conheca-principais-normas>. Acesso em: 23/01/2022.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Ações humanas rítmicas 85, 87, 98

Aeroporto 100, 103, 104, 106, 107, 108, 110

Água 15, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 103, 115, 122, 124, 169, 170, 171, 172, 174, 180, 181, 184, 194, 195, 197, 198, 199, 202, 203, 204, 205, 208, 209, 210, 216, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 229, 230, 231, 252, 253, 254, 255, 256, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 274, 275, 276, 277, 279

Análise de conforto humano 85, 97

Análise de vibração 62, 63, 64, 65, 66, 98

Áreas contaminadas 112, 114, 115, 116, 117, 120, 122, 123, 124, 170, 181

### B

Background geoquímico 169, 170, 171, 172, 173, 176, 178, 180, 181, 182

Banho termostático 258, 259, 262, 269, 274

### C

Cobertura de pilha de estéril 251

Comunicação sem fio 1

Concessões 100, 108, 109, 110, 135

Consumo de água 27, 28, 29, 30, 32, 220

Controle de nível 27, 28, 29, 30, 31

Controle Fuzzy-PID 35

Cultura 27, 61, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 146, 148, 149, 150, 151, 168, 232

Curva de koch 1

### D

Desativação de atividades 112

Desativação De Atividades 112, 113, 119

Descarte emergencial 197, 198

Desemulsificação 258, 259, 266

Desestabilização da emulsão 269, 273

Desfluoretação 219

Drenagem ácida de mina 184, 252

## **E**

Emulsão O/A 258, 259, 269

Energias renováveis 14, 15, 16, 17, 20, 232

## **F**

Fermentação alcoólica 35, 36, 39, 41, 44, 48

Ferro fundido cinzento 62, 64

Fluorose 219, 220

## **I**

IoT 2, 27, 28, 29, 33

## **L**

Lixiviação de metais 183, 185, 186, 187, 193, 194, 195, 252

## **M**

Mancal 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70

Maturidade 138, 139, 142, 143, 144, 146, 147, 148, 149, 150

Medição de grandes rios 204

Método do molinete 204, 205, 215

Microrredes 14, 15, 21, 23, 24

Mineração de ouro 197, 251

## **N**

Normas 13, 24, 79, 97, 98, 102, 105, 112, 113, 115, 116, 117, 119, 122, 134, 139, 141, 142, 181, 195, 203, 281

Normatização 14, 15, 17, 18, 20, 24

## **O**

Organização 15, 28, 128, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 220

## **P**

Parcerias público-privadas 100, 102, 103, 104, 109, 110

Pisos mistos de edificações 85

## **Q**

Qualidade da energia 14, 19, 20

Quebra da emulsão 258, 259, 261, 264, 265, 269, 273, 274

## **R**

Recirculador 62, 63, 69, 70

Residencial 27, 29, 31

## **S**

Segurança 18, 20, 21, 39, 43, 50, 106, 118, 120, 133, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 148, 149, 150, 151

Separação O/A 269

Setor aeroportuário 100, 101, 109

Sistema multivariável 35

Sistemas supervisórios 35, 36

Sustentabilidade 17, 20, 102, 116, 123, 219

## **T**

Tensoativos 258, 259, 260, 261, 262, 264, 265, 266, 268, 269, 270, 271, 272, 274, 275, 276, 277, 278, 279

## **V**

Vazão 27, 31, 172, 198, 204, 205, 208, 209, 212, 213, 214, 215, 216



# As engenharias agregando conhecimento em setores emergentes de pesquisa e desenvolvimento 2

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



# As **engenharias** agregando conhecimento em setores emergentes de **pesquisa e desenvolvimento 2**

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