Estudo de Simulação numérica e caracterização das propriedades dielétricas em Microoondas da cerâmica Al_2O_3 + (x) TiO_2 para aplicação como ARD.

Raphael Victor Barros Campos (IFCE/LOCEM), Luiz Nonato Lopes de Oliveira (IFCE/LOCEM), Marcelo Antônio Santos da Silva (UFC/LOCEM), Daniel Xavier Gouveia (IFCE/LOCEM), Antônio Sergio Bezerra Sombra (UFC/LOCEM), Jorge Fredericson de Macedo Costa e Silva (IFCE/GDESTE)

Resumo - O presente trabalho apresenta as características de uma antena ressoadora dielétrica (ARD) fabricada a partir da matriz cerâmica de alumina (Al_2O_3) com a adição de óxido de titânio (TiO_2). Favorecendo sua utilização em circuitos de micro-ondas e RF. Confirmou-se o material como boa alternativa para a aplicação em telecomunicações como ARD.
Palavras-chave: Antenas; cerâmicas; perda de retorno; diagrama de radiação.

INTRODUÇÃO

As recentes conquistas no setor de telecomunicações em paralelo aos avanços nas ciências dos materiais têm contribuído para um novo cenário de tecnologias e dispositivos para a comunicação sem fio.[1].

DESENVOLVIMENTO

Neste trabalho os ressoadores dielétricos foram preparados misturando-se os óxidos Al_2O_3 (Alcoa) e TiO_2 (Vetec). Os cilindros cerâmicos foram preparados com uma mistura dos óxidos e álcool polivinílico (PVA) e submetidos a uma prensa uniaxial, sob uma pressão constante de 220 kPa num molde metálico. Foi utilizada a técnica de Hakki-Coleman [5], [6]. Para a aquisição de dados foi utilizado o *Network Analyzer* da Agilent modelo N5230A. As simulações computacionais foram realizadas através do software *High Frequency Strutural Simulator* (HFSS).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O arranjo experimental para as medidas realizadas é mostrado na Figura 1. Os resultados experimentais foram comparados com simulações numéricas realizadas no software *High Frequency Strutural Simulator* (HFSS®) da Ansoft, a fim de validar os valores experimentais que podem ser observados na Tabela 1, onde são exibidos os dados das medições para todas as ARDs fabricadas (nas proporções de 2,5% a 10% de óxido de Titânio).

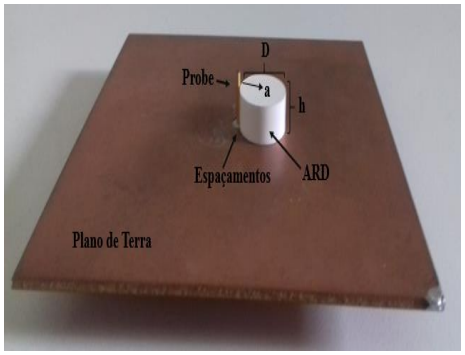

Figura - 1. Arranjo experimental. Própria do autor.

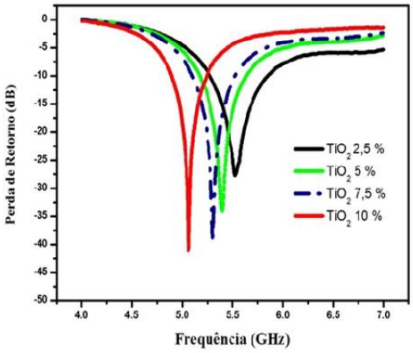

Figura - 2. Perda de retorno para as ARD's.

Os resultados obtidos para as ARDs testadas são mostrados na figura 2, (perda de retorno) Todas as amostras testadas estão dentro da faixa de 5GHz.
Pode-se notar que a frequência no modo $HE_{11\delta}$ diminui com a adição de TiO_2, isto se deve ao aumento da permissividade dielétrica promovida pela adição do TiO_2.

Os valores de perda de retorno obtidos indicam a razão entre a energia fornecida para o ressoador e a energia devolvida ao analisador de rede devido ao casamento de impedância entre a antena e a alimentação. Valores de perda de retorno próximos de 0 (zero) dB indicam que toda energia é devolvida à fonte e que o casamento de impedância está muito ruim, valores que mostram um bom casamento de impedância para aplicações práticas estão em torno de -10dB.

Os valores obtidos neste trabalho demonstram que os ressoadores estão operando de forma satisfatória como uma antena, uma vez que as perdas de retorno obtidas nos testes assumem valores em torno de -27,7dB até -40dB, tendo, portanto, para todas as amostras valores de perdas de retorno abaixo de -10 dB o que já justifica sua aplicação como ARD (ver Tabela I). Pode-se observar também no gráfico da Figura 2 que as antenas testadas estão operando na banda C (faixa que vai de 4GHz a 8GHz), geralmente utilizada nos sistemas de telecomunicações para comunicações via satélite e outros sistemas de comunicação sem fio (Wireless).

Parâmetros	2,5%	5,0%	7,5%	10%
D(mm)	14,72	14,71	14,86	14,86
h(mm)	7,07	6,70	6,56	6,44
ϵ_r	9,19	10,15	10,99	12,68
tg $\delta(10^{-3})$	$1{,}10\times10^{-3}$	$1{,}02\times10^{-3}$	$9{,}15\times10^{-4}$	$8{,}23\times10^{-4}$
$f_{HEM11\delta}$	5,53	5,4	5,44	5,06
S_{11} (dB)	-27,7	-34	-38,8	-41,3
Ganho (dBi)	3,23	3,26	3,76	3,35
Eficiência (%)	99,07	98,97	98,87	98,91

TABELA 1 – Parâmetros de antena para as composições TiO_2.
D = diâmetro do ressoador; h = altura do ressoador; tg δ = perda dielétrica.

Os resultados da simulação obtidos via software HFSS mostram que a adição de TiO_2 promoveu um aumento no ganho da ARD, sendo o maior valor de ganho o da amostra com concentração de 7,5% de TiO_2 com ganho de 3,76 dBi. Todas as antenas testadas mostraram através da simulação numérica eficiências acima de 95% com pouca variação entre elas.

Para assegurar que os dados obtidos via simulação numérica fossem os mais próximos a realidade, foram comparadas as impedâncias das antenas experimentalmente com as obtidas via simulação numérica. Os gráficos ilustrados nas Figuras 3 e 4 mostram as impedâncias da parte real e imaginária, respectivamente, e denotam o quão próximo a simulação numérica ficou dos testes experimentais. No gráfico da Figura 3 temos a demonstração da parte real de impedância da antena em função da frequência.

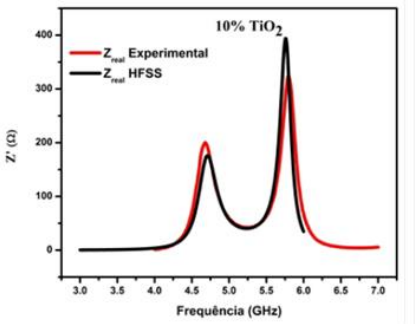

Figura - 3. Parte real da Impedância

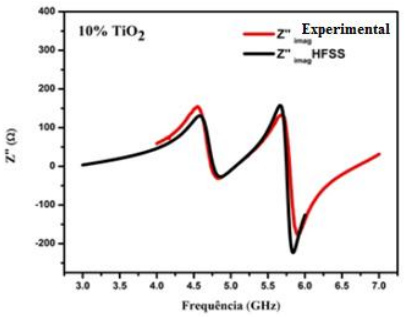

Figura - 4. Parte imaginaria da Impedância

Na Figura 4 são exibidos os resultados da parte imaginária de impedância da antena em função da frequência.

.

Analisando o gráfico da Figura 4 nota-se que há uma boa concordância entre os resultados experimentais e simulados. Na Figura 5 são exibidos os resultados numéricos obtidos para a carta de Smith, está ferramenta é largamente utilizada para obtenção das impedâncias.

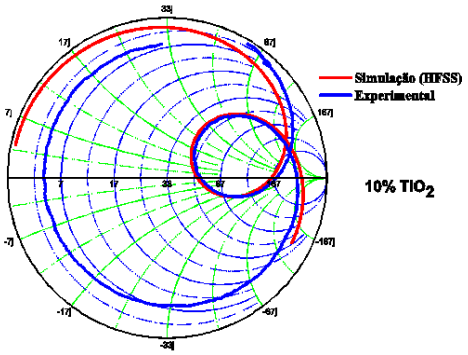

Figura - 5. Carta de Smith.

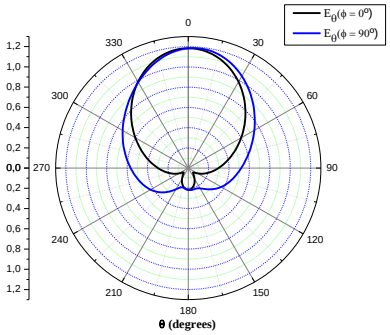

Figura - 6. Diagrama de radiação

Pode-se verificar que as curvas apresentadas no gráfico da Figura 5 tendem mais para o eixo positivo, o que reforça um comportamento mais indutivo para a ARD analisada. Nota-se também no gráfico da Figura 5 que ocorreu poucas diferenças entre os resultados experimentais e simulados para o parâmetro em questão e o casamento de impedâncias na freqüência desejada foi obtido.

Ressaltamos que os resultados mostrados nas Figura 3, 4 e 5 são para a amostra fabricada com adição de 10% de TiO_2, porém, enfatizamos que o mesmo grau de similaridade entre os resultados experimentais e simulados foram observados para as demais peças fabricadas. As respostas para as medidas das perdas de retorno podem ser vistas na Figura 2. Os parâmetros de campo distante podem ser vistos na Tabela 1. Para dar maior confirmação do desempenho da amostra desenvolvida (ARD), ilustramos na Figura 6 o diagrama de radiação. A partir da análise deste diagrama, foram coletadas as informações necessárias para calcular os valores de ganho e eficiência da antena com 10% TiO_2, com o auxílio do Software HFSS. O mesmo perfil foi identificado para todas as outras amostras fabricadas, isto é, todas as amostras testadas seguiram o mesmo padrão de resposta para as características estudadas.

REFERÊNCIAS

[1] M. T. Sebastian, Dielectric Materials for Wireless Communication. Elsevier Science, 2010.

[2] A. Petosa, Dielectric Resonator Antenna Handbook. Artech House, 2007.

[3] A. Petosa and A. Ittipiboon, “Dielectric Resonator Antennas: A Historical Review and the Current State of the Art,” IEEE Antennas Propag. Mag., vol. 52, no. 5, pp. 91–116, Oct. 2010.

[4] K. M. Luk and K. W. Leung, Dielectric Resonator Antennas. Research Studies Press, 2003.

[5] B. W. Hakki and P. D. Coleman, “A Dielectric Resonator Method of Measuring Inductive Capacities in the Millimeter Range,” IEEE Trans. Microw. Theory Tech., vol. 8, no. 4, pp. 402–410, Jul. 1960.

[6] W. E. Courtney, “Analysis and Evaluation of a Method of Measuring the Complex Permittivity and Permeability Microwave Insulators,” IEEE Trans. Microw. Theory Tech., vol. 18, no. 8, pp. 476–485, Aug. 1970.

[7] C. A. Balanis, Antenna Theory: Analysis and Design. Wiley, 2012.

[8] D. M. Pozar, Microwave Engineering. Wiley India, 2012.

[9] S. Long and M. McAllister, “The resonant cylindrical dielectric cavity antenna,” IEEE Trans. Antennas Propag., vol. 31, no. 3, pp. 406–412, May 1983.

[10] A. J. Moulson and J. M. Herbert, Electroceramics: Materials, Properties, Applications. Wiley, 2003.

[11] W. D. Callister and D. G. Rethwisch, Materials Science and Engineering: An Introduction, 9th Edition: Ninth Edition, 9th ed. 2013.