

UMA ANÁLISE DA SENSITIVIDADE DE ANTENAS PATCH DE MICROFITA

Antonio Luiz Pereira de Siqueira CAMPOS

Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte, Unidade de Ensino Descentralizada da Zona Norte de Natal, Rua Brusque, 2926, Conjunto Santa Catarina – Potengi, 59112-490, Natal – RN, 4005-9509, e-mail: antonioluiz@cefetrn.br

RESUMO

Antenas patch de microfita podem ser usadas em diversos sistemas de telecomunicações e em diferentes faixas de frequência, como microondas e ondas milimétricas. Desta forma, a análise de antenas patch tem sido considerada em diversos trabalhos. O desenvolvimento dessas antenas é simplificado pelo conhecimento da sensibilidade de suas principais características em função dos parâmetros físicos considerados. Entretanto, foi observado que a análise do efeito de tolerâncias da frequência de ressonância de antenas patch de microfita com substratos isotrópicos não foi desenvolvida ainda. Neste trabalho, uma análise para o efeito de tolerâncias da frequência de ressonância é desenvolvida para antenas patch de microfita. Os elementos considerados são o patch retangular e circular. Esses elementos são colocados sobre uma camada dielétrica isotrópica. A sensibilidade é analisada em função dos parâmetros físicos da estrutura. O modelo da linha de transmissão é usado para determinar a frequência de ressonância da estrutura analisada. Após isso, o estudo dos efeitos das tolerâncias é desenvolvido para as antenas analisadas como uma função dos parâmetros estruturais considerados.

Palavras-chave: Sensitividade, Antenas patch, Patch retangular, Patch circular.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de antenas de microfita é simplificado pelo conhecimento da sensibilidade das suas principais características como função dos parâmetros físicos considerados. Neste trabalho, uma análise do efeito das tolerâncias da frequência de ressonância é desenvolvida para antenas do tipo patch retangular e circular de microfita sobre uma camada dielétrica isotrópica, como função dos parâmetros físicos. Estas estruturas podem ser usadas em diversos sistemas de telecomunicação, nas faixas de microondas e ondas milimétricas. Apesar da análise de antenas patch ter sido considerada em outros trabalhos (D'ASSUNÇÃO, 2000), (NELSON, 1990) observou-se que a análise para o efeito das tolerâncias da frequência de ressonância de antenas de microfita sobre substratos isotrópicos ainda não tinha sido feita.

Por isso, o objetivo deste trabalho é o de investigar o efeito das tolerâncias da frequência de ressonância de antenas patch de microfita, sobre uma camada dielétrica isotrópica, ilustradas na Figura 1. Nesta análise, os resultados numéricos da frequência de ressonância como uma função dos parâmetros físicos das antenas são obtidos através do modelo da linha de transmissão (BALANIS, 1996). Resultados numéricos são obtidos para a sensibilidade da frequência de ressonância. Estes resultados permitem a determinação do efeito das tolerâncias em função de parâmetros físicos.

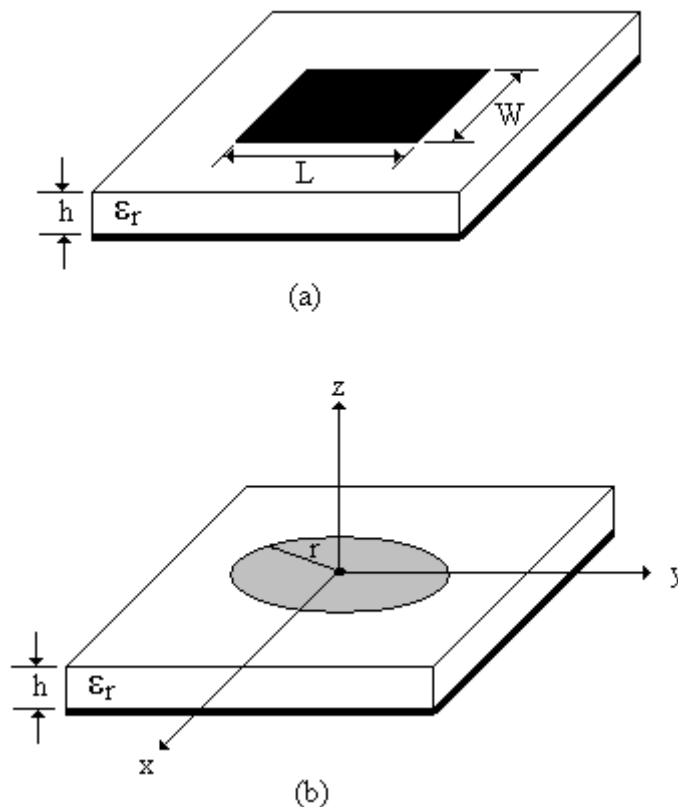


Figura 1 – Antena de microfita: (a) patch retangular e (b) patch circular.

2. EFEITO DAS TOLERÂNCIAS

A frequência ressonante de uma antena de microfita é função dos parâmetros estruturais da antena, tais como: a largura, W , o comprimento, L , a espessura do substrato, h , e a permissividade elétrica relativa, ϵ_r , do substrato. As variações nos valores de W , L , h , r ou ϵ_r pode mudar a frequência de ressonância da antena de microfita.

As propriedades do substrato, o processo de fabricação e alguns outros fatores determinam a precisão de fabricação das antenas de microfita. Na verdade, há algumas tolerâncias na produção que devem ser consideradas, como erros na construção do patch e na espessura e constante dielétrica do substrato. Todos estes fatores contribuem para a ocorrência de variações nas características das antenas de microfita construídas. Um protótipo de antena de microfita normalmente não permite qualquer tipo de ajuste. Por isso, é importante que durante o processo de construção, o efeito das tolerâncias dos parâmetros principais deve ser considerado.

O efeito das tolerâncias na frequência de ressonância da antena de microfita pode ser analisado utilizando a técnica da sensibilidade. Esta técnica é o método mais fácil de prever o comportamento no pior dos casos, o que corresponde a um grupo específico de tolerâncias. O conhecimento da sensibilidade é útil, nos casos em que os desvios nos parâmetros podem ser considerados como acréscimos. Isto implica que a frequência de ressonância da antena de microfita deve ser variada lentamente em função das variações do parâmetro em torno do valor exato do mesmo.

Tem-se observado que a mudança máxima na frequência de ressonância da antena patch de microfita devido às tolerâncias pode ser avaliada usando as seguintes equações para o patch retangular (GUPTA, 1979):

$$\left| \frac{\Delta f_r}{f_r} \right| = \left| \frac{\Delta W}{W} S_W^{f_r} \right| + \left| \frac{\Delta L}{L} S_L^{f_r} \right| + \left| \frac{\Delta h}{h} S_h^{f_r} \right| + \left| \frac{\Delta \epsilon_r}{\epsilon_r} S_{\epsilon_r}^{f_r} \right| \quad (1)$$

e para o patch circular:

$$\left| \frac{\Delta f_r}{f_r} \right| = \left| \frac{\Delta r}{r} S_r^{f_r} \right| + \left| \frac{\Delta h}{h} S_h^{f_r} \right| + \left| \frac{\Delta \epsilon_r}{\epsilon_r} S_{\epsilon_r}^{f_r} \right| \quad (2)$$

Desta forma, a sensibilidade de uma característica A como função de um parâmetro B é dada por (GUPTA, 1979):

$$S_B^A = \frac{B}{A} \frac{\partial A}{\partial B} \quad (3)$$

A influência das tolerâncias pode ser reduzida utilizando-se técnicas melhoradas de fabricação e substratos com menores tolerâncias. A precisão necessária para a fabricação do elemento que compõe uma antena patch será determinante para as características elétricas da antena e uma função das tolerâncias dos parâmetros do substrato.

3. RESULTADOS NUMÉRICOS

Nesta análise de sensibilidade, os principais parâmetros da antena patch de microfita foram variados, permitindo a determinação de diversas curvas em função dos parâmetros ϵ_r , W , L e h .

Inicialmente, foi investigado o comportamento da frequência de ressonância como função da largura do patch retangular, W . A estrutura considerada foi ilustrada na Figura 1. Os parâmetros L , h e ϵ_r foram fixados em 0,5cm, 0,1cm e 4,4, respectivamente, e W foi variado de 0,2 a 0,3cm. Note que a frequência de ressonância não apresentou alterações significativas para pequenas variações de W . Assim, uma pequena sensibilidade frequência de ressonância em função de W foi observada, como pode ser visto na Figura 2. Na verdade, quase um comportamento linear foi obtido, assim como uma pequena variação de 0,172GHz para a frequência de ressonância, quando W variou entre os valores mínimo e máximo considerados.

A Figura 3 ilustra o comportamento da sensibilidade em função do comprimento do patch. Para o parâmetro L , uma variação de 0,1cm no comprimento do patch retangular causou uma mudança de 2,422GHz na frequência de ressonância da antena. Foi observado que a dependência da sensibilidade da frequência de ressonância com o comprimento do patch retangular L tem um comportamento quadrático e é maior se comparado à sensibilidade em função de W .

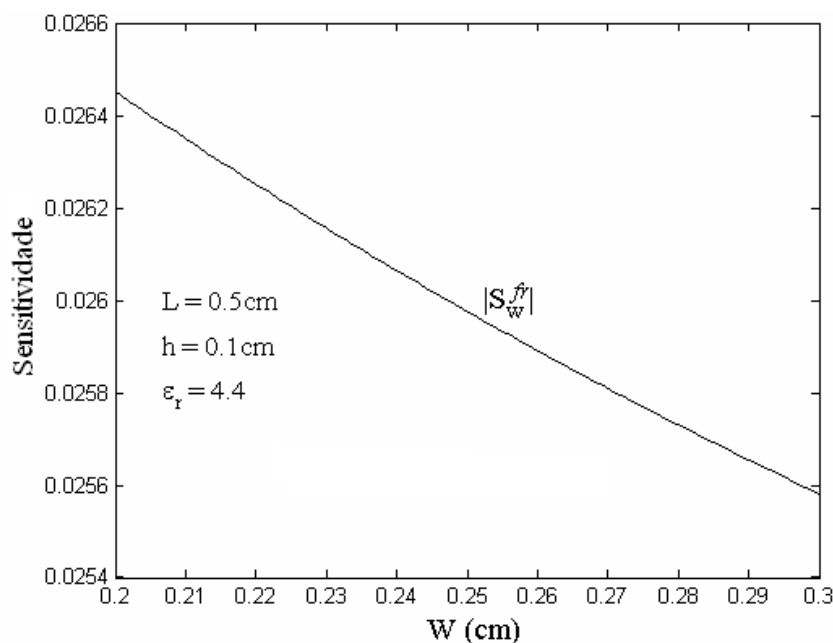


Figura 2 – Comportamento da sensividade em função da largura do patch.

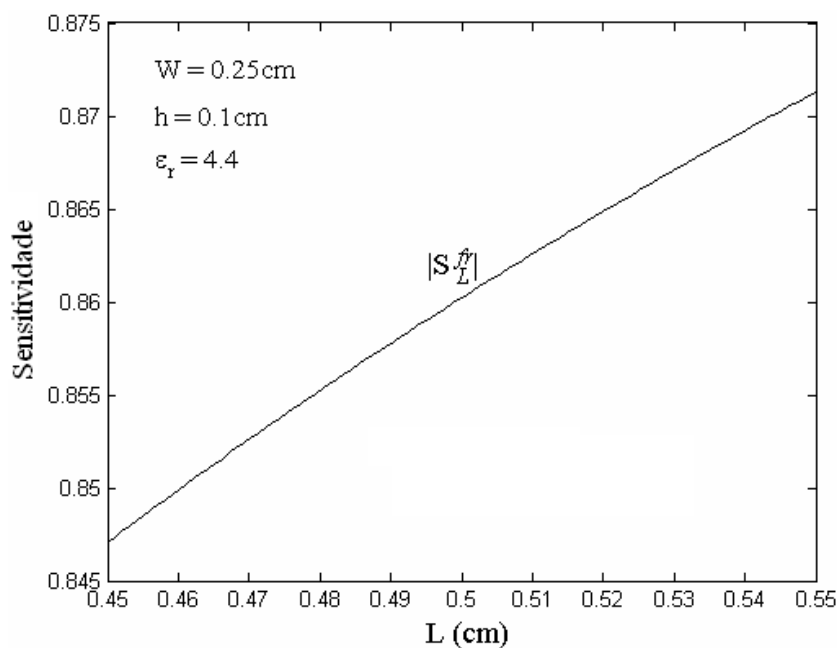


Figura 3 – Comportamento da sensividade em função do comprimento do patch.

A Figura 4 exibe o comportamento da sensividade em função da espessura do dielétrico, h . A espessura do substrato foi variada de 0,08 a 0,12cm. A frequência de ressonância variou aproximadamente 0,435GHz para uma variação de 0,04cm em h . A sensividade tem um comportamento quadrático em função da espessura do dielétrico. Pode-se observar ainda que a sensividade da frequência de ressonância em função de h é menor que em função de L .

A Figura 5 mostra a sensividade da frequência de ressonância como uma função da permissividade elétrica relativa do substrato. Por exemplo, uma variação de 4,2 para 4,6 no valor de ϵ_r causou uma mudança de 0,555 GHz, na frequência de ressonância. A curva mostra um

comportamento quadrático da sensibilidade da frequência de ressonância em função da permissividade ϵ_r .

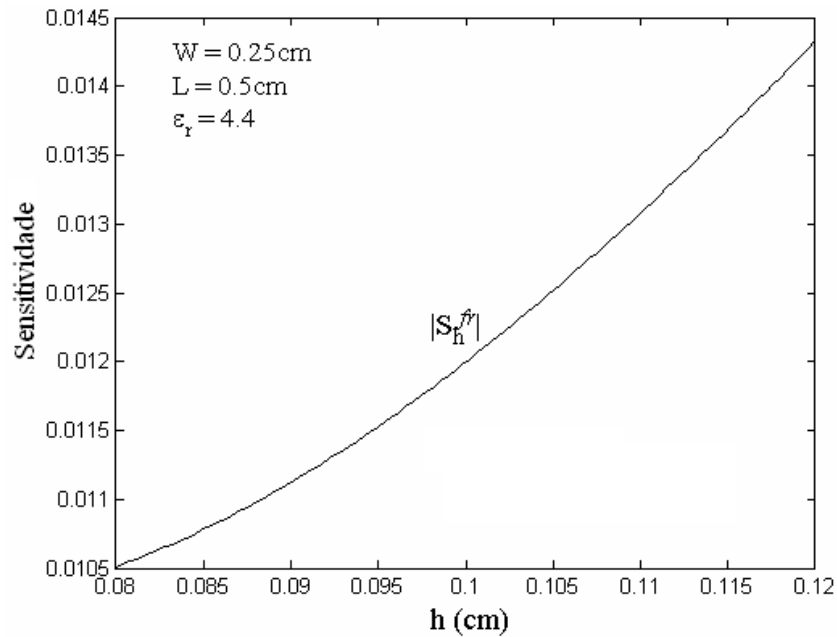


Figura 4 – Comportamento da sensibilidade em função da espessura do dielétrico.

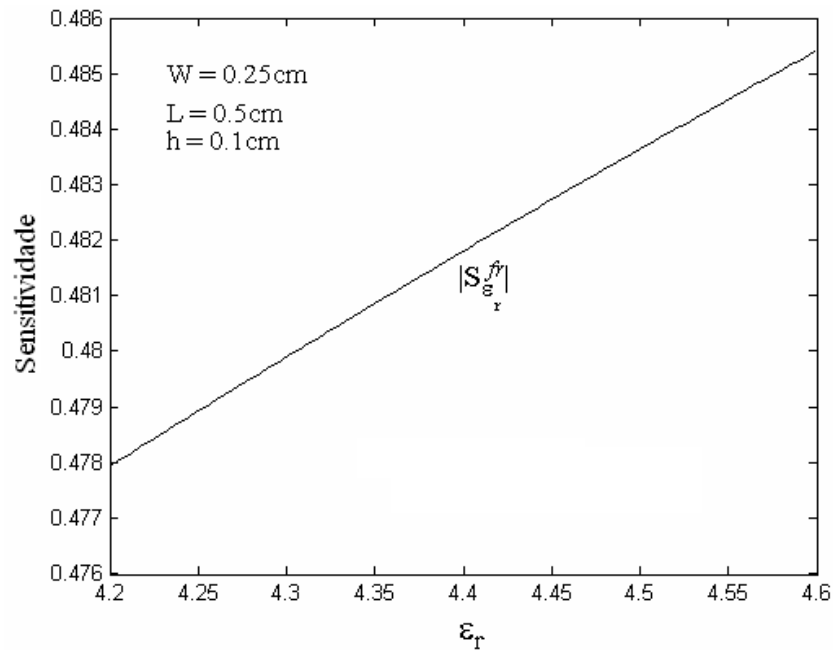


Figura 5 – Comportamento da sensibilidade em função da permissividade elétrica relativa do dielétrico.

Os valores obtidos para a frequência de ressonância na realização deste trabalho foram utilizados nas equações (1) e (2) para determinar os valores correspondentes às máximas variações. A Figura 6 mostra a máxima mudança na frequência de ressonância da antena patch retangular em função da frequência.

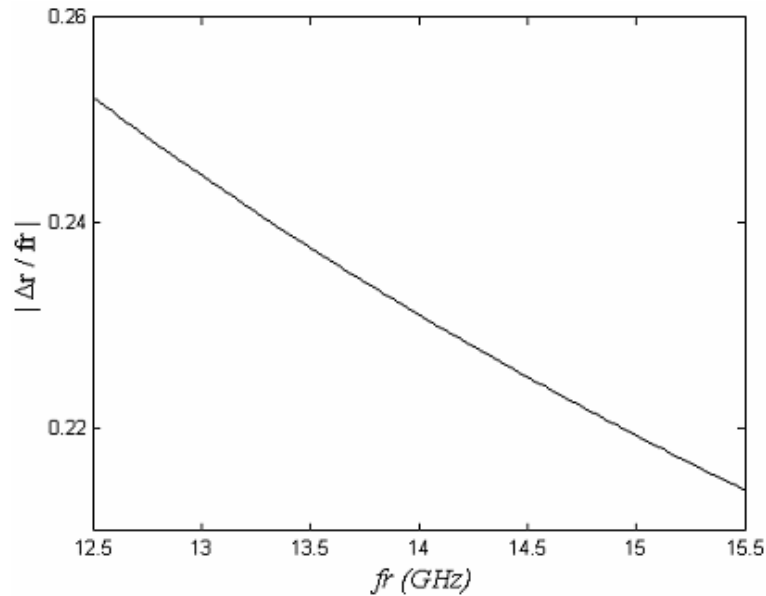


Figura 6 – Máximas variações na frequência de ressonância.

A sensibilidade da antena patch circular também foi analisada neste trabalho. Foi investigado o comportamento da sensibilidade da frequência de ressonância em função dos parâmetros físicos da antena patch circular, ϵ_r , h e r . A estrutura considerada foi mostrada na Figura 1 (b).

Na primeira análise, a espessura e a permissividade elétrica do substrato foram fixados em 0,1cm e 4,4, respectivamente, e foi variado o raio, r , da antena de 0,18 a 0,22cm. A frequência de ressonância apresenta alterações significativas para as variações de r . Na verdade, um comportamento quadrático foi obtido, como pode ser visto na Figura 7. Uma variação de 3,62 GHz para a frequência de ressonância ocorreu quando r variou entre os valores mínimo e máximo considerados. Isto mostra que o raio, r , é um parâmetro importante na construção da antena patch circular.

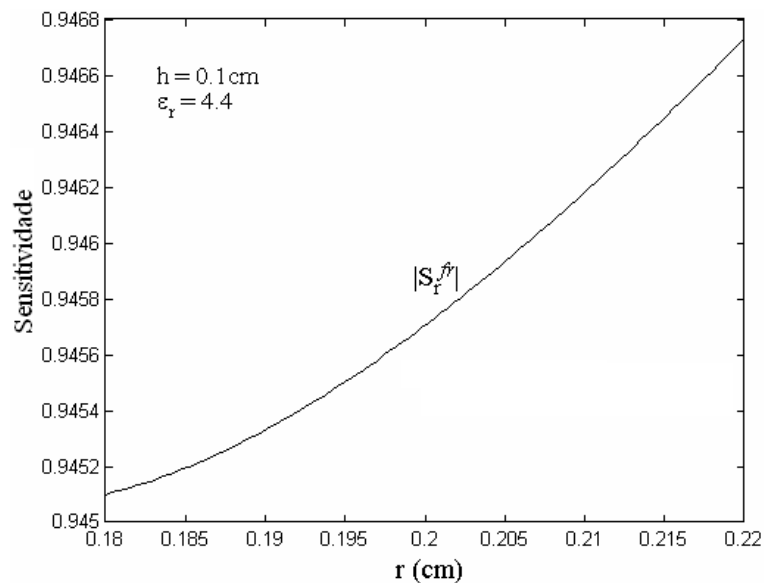


Figura 7 – Comportamento da sensibilidade em função do raio do patch circular.

A Figura 8 exibe o comportamento da sensibilidade da frequência de ressonância em função da espessura do dielétrico, h . A espessura do substrato dielétrico variou de 0,08 a 0,12cm. A frequência de ressonância mudou aproximadamente 0,439 GHz para uma variação de 0,04 cm de h . A sensibilidade diminui em função do valor da espessura, como uma função quadrática. A análise mostra que a frequência de ressonância é menos sensível à espessura do dielétrico do que ao raio do patch circular.

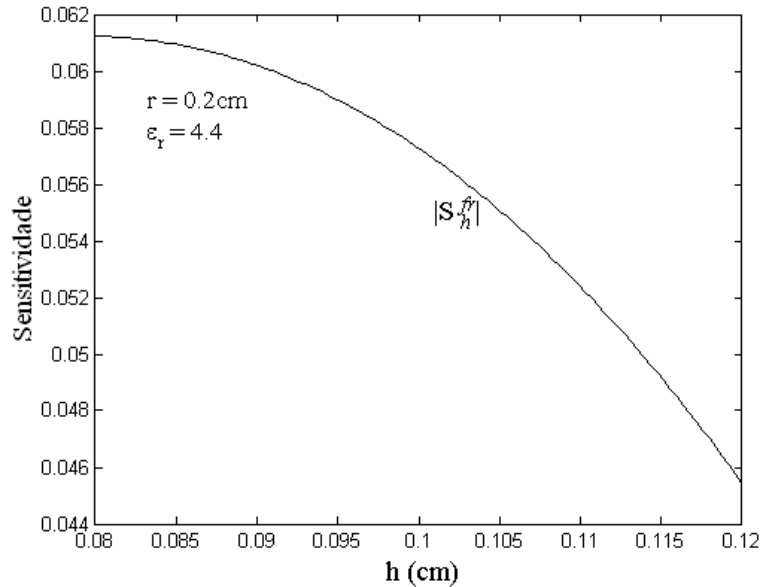


Figura 8 – Comportamento da sensibilidade em função da espessura do dielétrico da antena patch circular.

A Figura 9 mostra a sensibilidade da frequência de ressonância em função da permissividade elétrica relativa do substrato. Uma variação de 4,2 para 4,6 em ϵ_r provocou uma mudança de 0,715 GHz, no valor da frequência de ressonância. Pode-se ver ainda que, a sensibilidade da frequência de ressonância tem um comportamento linear em relação ao valor da permissividade elétrica relativa do substrato, ϵ_r . A análise mostra que a frequência de ressonância é mais sensível à permissividade elétrica relativa do substrato do que à espessura do dielétrico.

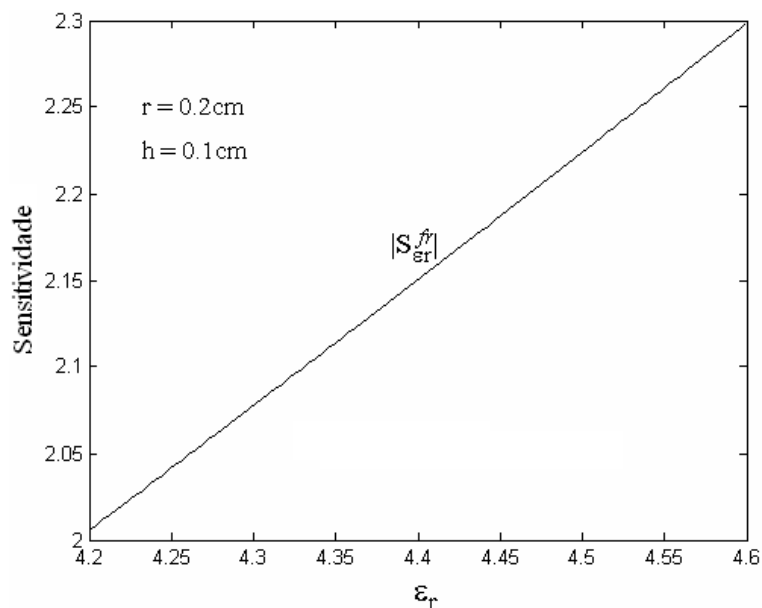


Figura 9 – Comportamento da sensibilidade em função da permissividade elétrica relativa do dielétrico.

Valores obtidos para a frequência de ressonância neste trabalho foram utilizados para determinar as máximas variações. A Figura 10 mostra a máxima mudança na frequência de ressonância da antena patch circular em função da frequência.

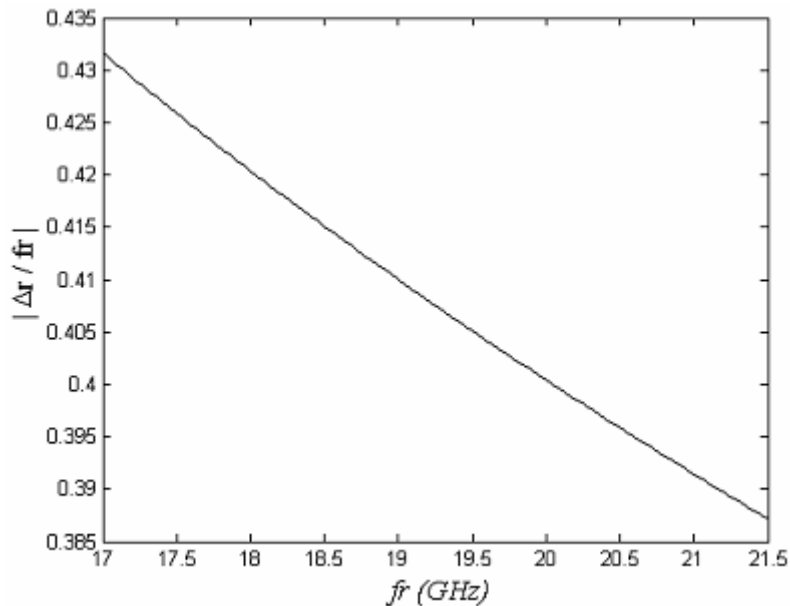


Figura 10 – Máximas variações na frequência de ressonância para a antena patch circular.

4. CONCLUSÕES

A análise da sensibilidade da frequência de ressonância para a antena patch de microfita foi realizada no que diz respeito aos parâmetros estruturais das antenas. Dois tipos de antena patch de microfita foram considerados na presente análise: o patch retangular e o patch circular, ambos sobre uma camada isotrópica dielétrica. Foi observado que a ocorrência de pequenas variações nas dimensões físicas das estruturas produz alterações na frequência de ressonância. Além disso, o parâmetro estrutural que mostrou maior influência na frequência de ressonância da antena patch retangular foi o comprimento, L , enquanto que para a antena patch circular foi o raio, r . Por isso, processos de fabricação precisos devem ser usados para evitar alterações indesejáveis na resposta de antenas de microfita.

REFERÊNCIAS

- BALANIS, C. A., **Antenna Theory Analysis & Design**, IE-Wiley, 2ª Edição, 1996.
- D'ASSUNÇÃO, A. G., SILVA, S. G. e MELO, M. A. B., "Parallel-coupled HTS microstrip antennas on anisotropic substrates", *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol. **25**, pp. 4-8, 2000.
- GUPTA, K. C., GARG, R., e BAHL, I. J., **Microstrip lines and slotlines**, Artech House, 1979.
- NELSON, R. M., ROGERS, D. A., e D'ASSUNÇÃO, A. G., "Resonant frequency of a rectangular microstrip patch on several uniaxial substrates", *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, Vol. **38**, pp. 973-981, (1990).