

ANTENA PARA DETECÇÃO DE CÂNCER DE MAMA COM O USO DE SIMULADOR ELETROMAGNÉTICO DE ONDA COMPLETA

Resumo: Câncer de mama é um dos mais comuns entre as mulheres no mundo, sendo responsável por cerca de 28% dos novos casos a cada ano, afetando também, de forma rara, à homens. O exame mais utilizado para diagnóstico da doença é a mamografia, um exame doloroso e que apresenta riscos de radiação (R. TIPA, O. BALTAG, 2004), além de possuir limitações, não sendo capaz de detectar tumores em estágio inicial e em garotas mais jovens. Por conta da característica invasiva da mamografia e de sua ineficiência em detectar tumores em certas situações, abriu-se margem nos últimos anos para pesquisas de métodos alternativos de detecção de câncer de mama, um desses métodos será abordado nesse trabalho. Com o uso do software CST STUDIO 2016, foram simuladas duas antenas diferentes, uma corneta, e uma Vivaldi, e a partir de seus Parâmetros S, e aplicada um Inversa de Fourier sobre as curvas, é possível obter a distância que o tumor se encontra das antenas, garantindo sua detecção.

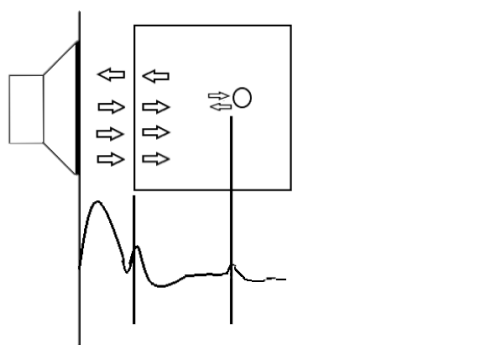
Palavras-chave: Câncer de mama. Antena. Vivaldi. Detecção.

1. Introdução

A mamografia é um exame bastante invasivo, o que faz com que algumas mulheres, por não se sentirem confortáveis, ou por sentirem-se violadas, não o realizar, porém no momento, esse é o único exame capaz de detectar a presença de tumores no seio de forma eficaz. A não realização desse exame pode acarretar na falta de diagnóstico de um problema muito sério que poderia ser tratado antes de chegar em uma situação de alto risco à paciente. Foi com esse pensamento que estudos a cerca de outros métodos de detecção de tumores mamários foi iniciado.

Como um parâmetro fundamental da antena, o parâmetro S foi o utilizado para a detecção de tumores, dentro de um tecido saudável. O parâmetro S é a resposta do sinal enviado pela antena, a antena envia e recebe o sinal, sempre havendo perda de retorno nesse caminho de transmissão, essa curva gerada pela perda de retorno é chamada de parâmetro S, e se souber analisá-la é possível determinar a distância aproximada do objeto a ser encontrado. Como o tumor maligno e o tecido saudável do seio possuem diferentes tipos de permissividade e condutividade e sinais registradas na curva de resposta.

Figura 1 – Comportamento do sinal e sua resposta



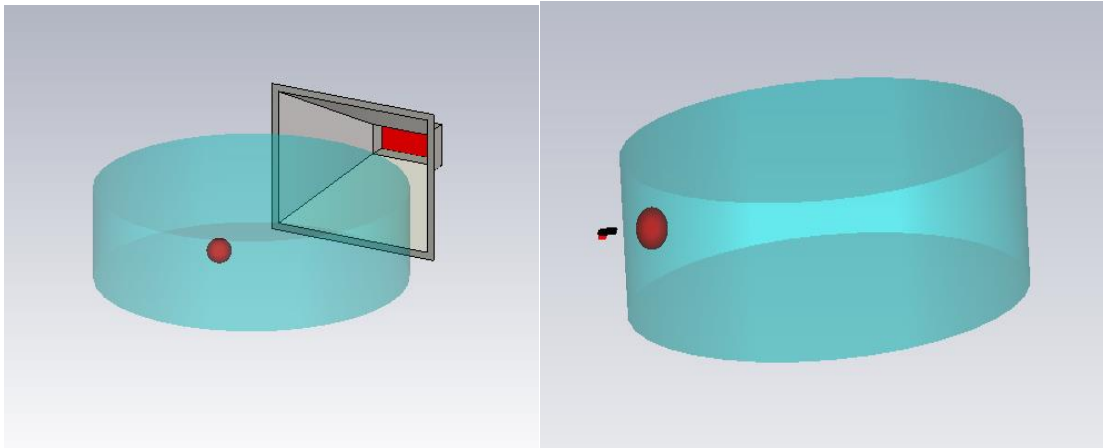
Fonte: Autoria própria

2. Metodologia

Primeiramente, foi-se usado uma antena corneta nos primeiros testes para comparação posterior com a antena *Vivaldi*. Tanto na simulação com a *Vivaldi*, quanto com a corneta, utilizou-se um modelo cilíndrico de raio igual a 50 mm e $\epsilon=10$ e $\sigma = 0,5$ representando o seio e dentro uma esfera de raio igual a 4 mm e $\epsilon=50$ e $\sigma = 0,7$ para a representação do tumor (figura 2). Um tumor de 4 mm de raio já é considerado em estágio pré-clínico, conforme é mostrado na figura 2. A antena corneta simulou com um intervalo de frequência de 0 – 10 GHz, enquanto a antena *Vivaldi* simulou em um intervalo de 0 – 25 GHz, como o tumor é muito pequeno, foi necessário o uso de bandas X e K para que fosse possível a detecção. Como parâmetros para o corpo e o tumor, usou-se uma tabela já determinada pelos estudos de (...), vide figura 4.

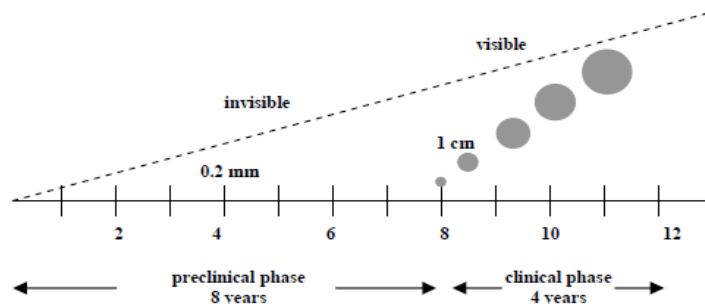
A antena nesse primeiro momento foi colocada estática em frente ao corpo, com o tumor alinhado em frente a ela, o objetivo inicial era observar se no ambiente mais favorável as antenas seriam capazes de detectar o alvo desejado. Como resposta obteve-se os parâmetros S especificados na figura 3, que apresentam duas curvas, pois para que seja possível analisar anomalias, no caso, a existência de um tumor no corpo, é necessário observar como se comporta a curva resposta de um corpo completamente saudável, portanto foram realizadas duas simulações para cada antena, uma para o corpo sem o tumor e outra com o corpo com o tumor. A partir desses resultados, como o parâmetro S é uma resposta em função da frequência e para calcular a distância que se encontra o tumor é necessário o tempo de resposta, como especificado na equação 1, aplica-se a função inversa de *Fourier* na curva, o CST possui essa aplicação como uma de suas funções de pós-processamento, para que fosse possível analisar a curva no domínio do tempo.

Figura 2: modelos de antenas 1 e 2 com a representação do corpo e do tumor



Fonte: Autoria própria

Figura 3: Evolução do tumor em estado clínico e pré-clínico

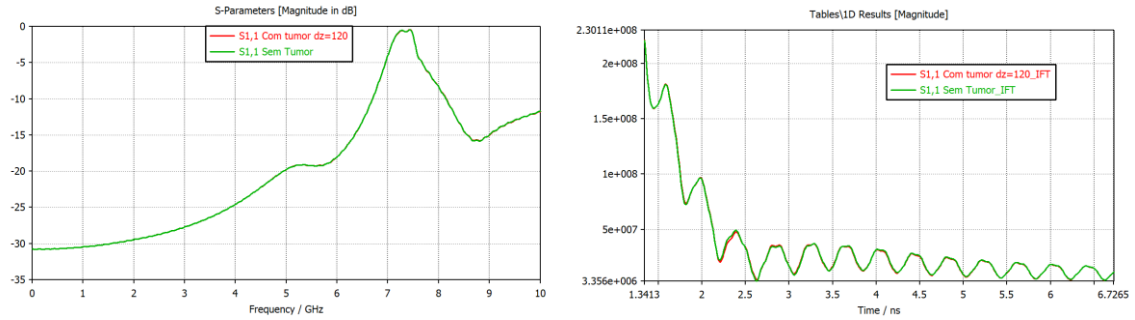


Fonte: R. TIPA; O. BALTAG, 2004

Figura 3:

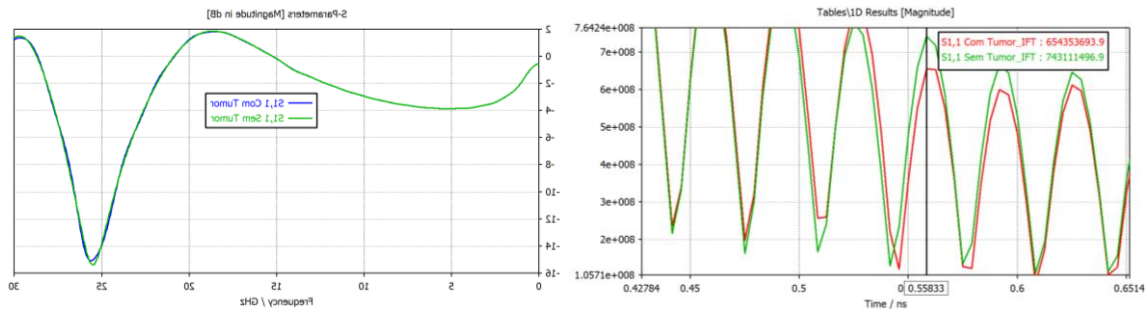
Figura 4: Gráficos respostas Parâmetro S para ambas antenas, com e sem IFFT

Corneta: Sem o IFFT (esquerda) e com o IFFT (direita)



Fonte: Autoria própria

Antena Vivaldi: Sem IFFT (esquerda) e com IFFT (direita)



Fonte: Autoria própria

Com a análise da curva após aplicado o processamento da inversa de *Fourier*, obtêm-se um valor para o tempo de resposta, no caso da antena corneta, com o nódulo colocada a 70 mm da antena o tempo encontrado foi $t = 3,2$ ns, e para a antena *Vivaldi* com o tumor colocado a uma distância de 12 mm da antena, o tempo encontrado foi de $t = 0,588$ ns. A partir desses dados encontrados e da equação 1, é possível definir com proximidade a distância do tumor em relação à antena. Para a antena corneta a distância no eixo Z determinada através das simulações é igual a 67,85 mm, o que equivale a um acerto de 94,9%, um alto índice de precisão. Para a antena *Vivaldi*, o sucesso de detecção foi ainda maior, com a distância encontrada de 11,84 mm, a porcentagem de acerto ficou em 98,68%.

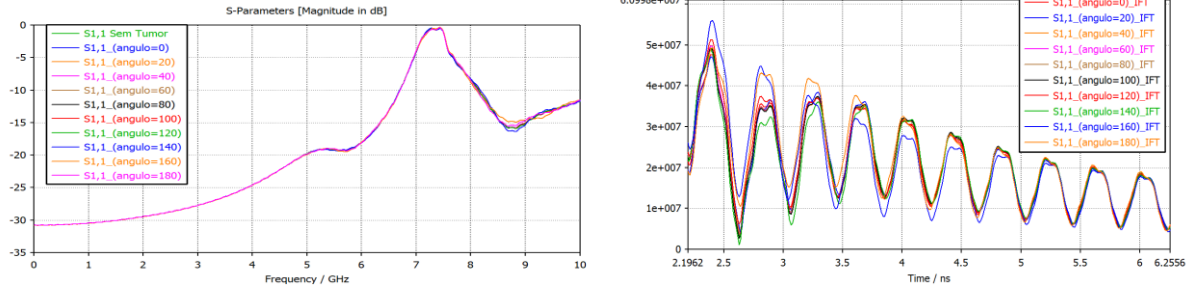
Essas simulações foram realizadas com o nódulo alinhado diretamente com a antena, portanto, caso o tumor estivesse em um ângulo diferente que o 0° da antena, com a *Vivaldi* estática não seria possível detectá-lo. A próxima simulação fez com que as antenas se movessem ao redor do corpo, de 0° à 180° , não sendo necessário ir até 360° , pois o corpo usado é simétrico. Com um passo de 20° para a antena corneta, e de 15° para a *Vivaldi*, as antenas conseguem identificar o tumor mesmo caso ele esteja fora do alcance inicial do sinal enviado pela antena.

Equação 1

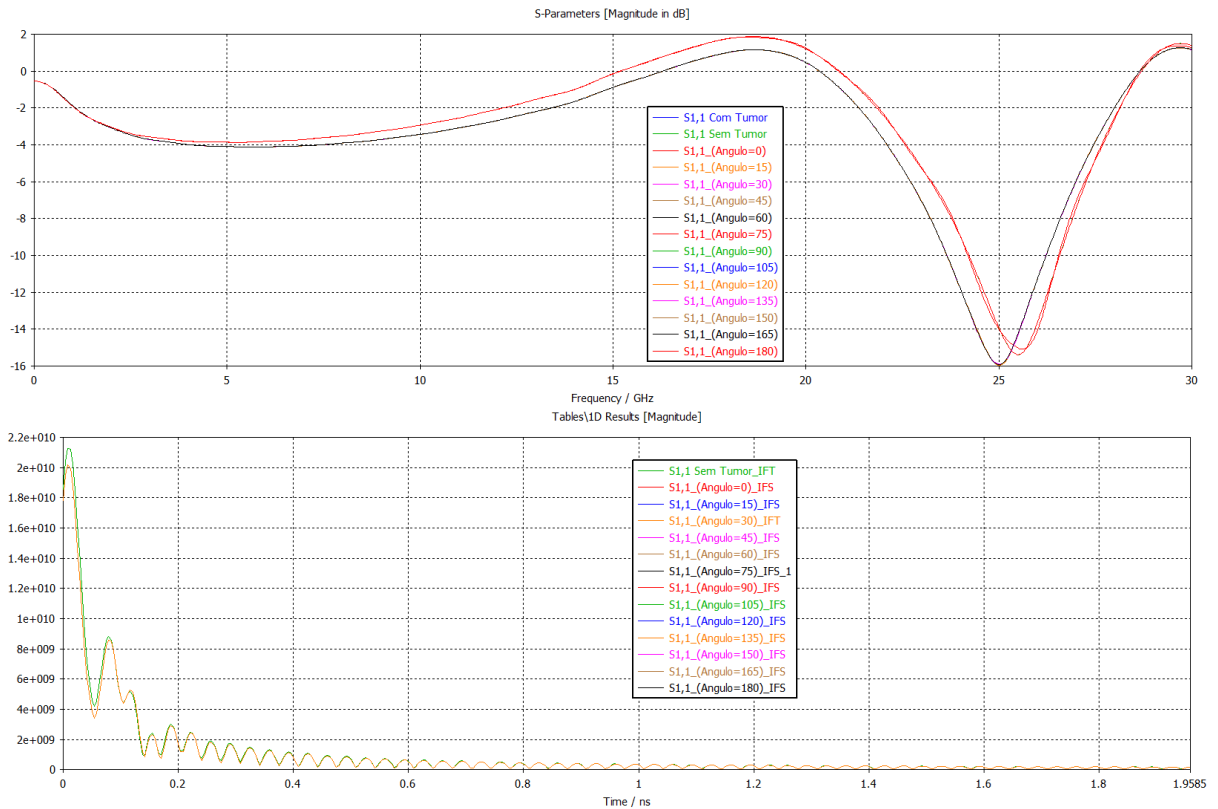
$$2s = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} \cdot t \rightarrow s = \frac{c}{2\sqrt{\epsilon_r}} \cdot t$$

Figura 5: Simulação com rotação das antenas em 180° e seus resultados

Antena Corneta: *S-Parameter* (esquerda) e IFFT (direita)



Antena Vivaldi: *S-Parameter* (superior) e IFFT (inferior)

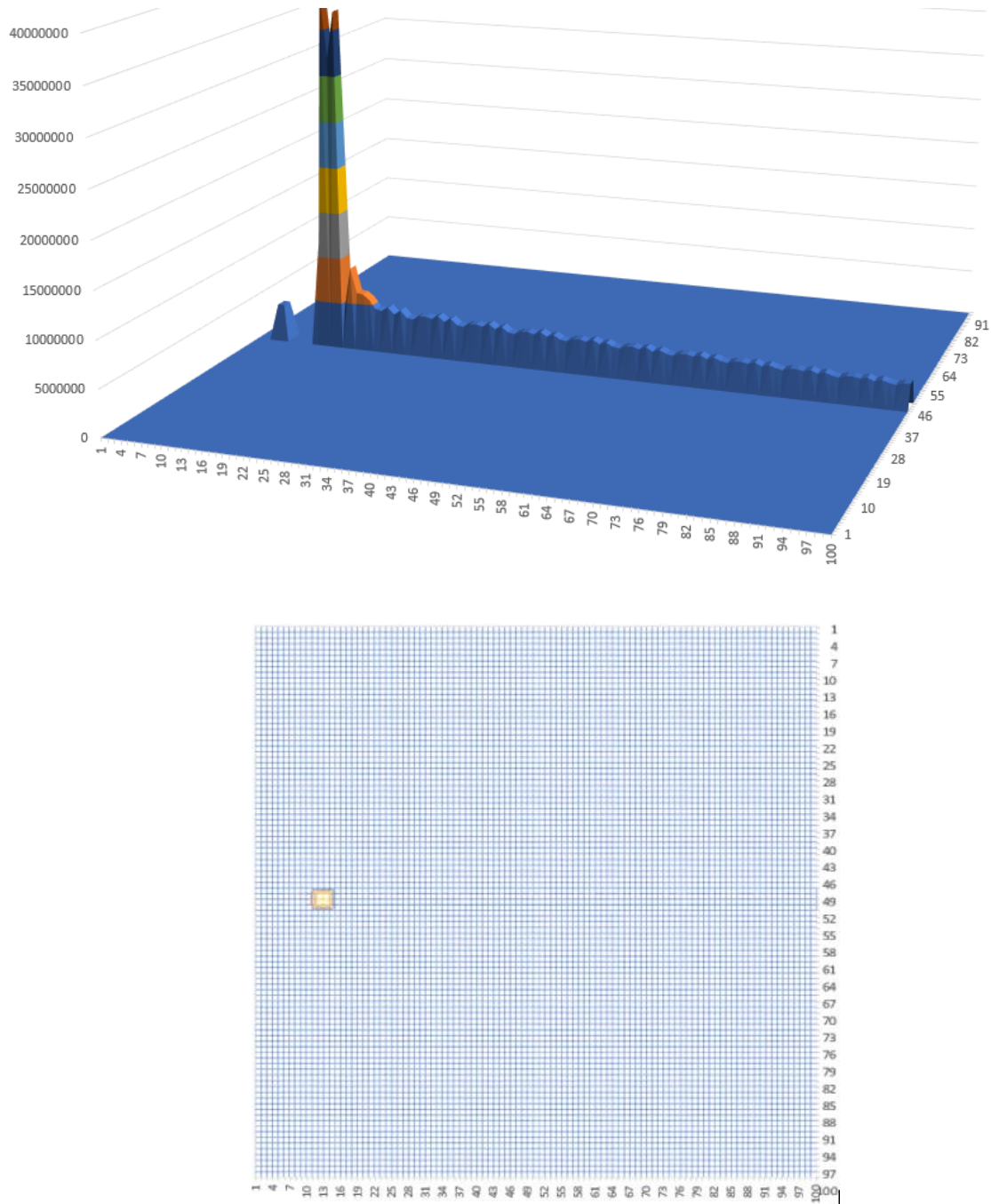


Fonte: Autoria própria

Com os resultados obtidos, o próximo passo foi a geração de imagem do sinal. Com o uso do *Matlab* como *software* para os cálculos e a princípio o *Excel* para a geração de imagem a partir das planilhas geradas, um gráfico em três dimensões foi gerado, como teste foram usados os resultados da antena *Vivaldi* para o tumor de 4 mm de raio e distância em Z de 12 mm. No *Matlab* é realizado a importação dos dados gerados pelas curvas IFFT com e sem tumor,

separando-as em matrizes e subtraindo os dados da curva do corpo com tumor e sem tumor, é obtido uma matriz apenas com a intensidade do tumor e seus tempos equivalentes, ao exportar essa matriz para o *Excel* e os dados foram reduzidos de 2004 para 100, obtendo um valor de intensidade para cada milímetro do corpo. Ao colocar as intensidades em uma matriz de 100 x 100, uma representação do seio de raio de 100 mm, gera-se um gráfico de superfície no próprio *Excel*, para obter a imagem do tumor. Como o corpo usado na simulação era homogêneo, a tumor se destaca como um ponto na localização em que ele se encontra.

Figura 6: Imagem gerada a partir da matriz de intensidade



Fonte: Autoria própria

3. Conclusão

A antena *Vivaldi* apresenta maior eficiência na identificação do tumor, apesar de pouca a diferença, em determinadas situações esse erro poderia acarretar em complicações no tratamento. Apenas a função de teste, foi realizado uma simulação com ambas as antenas para um tumor de raio de 2 mm, bem menor que um nódulo em estado inicial. A antena corneta não foi capaz de identificar o nódulo, ocorre uma leve distorção na curva, porém por ser tão mínima não é possível calcular a distância. A antena *Vivaldi*, sozinha também não conseguiu identificar, porém se adicionar outra antena em oposição a ela, foi possível determinar o nódulo com um erro menor que 3%, o que já garante a maior eficácia da antena.

Ainda há muito o que desenvolver dentro do tema, além de otimizar o processo de geração de imagem, é necessário colocar outros obstáculos no modelo do seio, pois o corpo não é homogêneo, a antena tem que ser capaz de diferenciar o tumor dos falsos alarmes. Conseguindo diferenciar, principalmente caso seja feita a partir da permissividade, seria possível diferenciar um tumor maligno de um benigno, pois ambos possuem permissividade diferente.

Agradecimentos

Primeiramente gostaria de agradecer o meu orientador Profº Dr. Edson Tafeli, pelo suporte, correções, o aprendizado que me proporcionou durante a graduação, e pelo empenho dedicado à elaboração desse trabalho.

Agradeço a Universidade Presbiteriana Mackenzie, e ao seu corpo docente, que me proporcionaram o ensino e ambiente necessário para a realização dessa pesquisa.

E por fim agradeço minha família e meus amigos por todo o carinho, e força. Sou grata, especialmente, à minha irmã, e aos meus pais, Adão e Magali, que tanto lutaram pela minha educação. Agradeço também a minha querida avó, que sempre torceu por mim. E não posso deixar de dedicar um agradecimento especial aos meus primos, que estiveram para me distrair nos momentos mais complicados, e aos meus tios e tias, que sempre me incentivaram a continuar. E agradeço à Deus, por minha vida, família e amigos, e por ter me dado força para superar as dificuldades.

Referências

1. AL'HABSI, Samira et al. **Development of Antenna for Microwave Imaging System for Breast Cancer Detection**. Oman, 2016.
2. BRASIL.INCA.. **MAMA**. Disponível em: http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/tiposdecancer/site/home+/mama/cancer_mama>. Acesso em: 25 fev. 2018.
3. GUPTA, Hemant Kumar; SHARMA, Raghvendra; THAKRE, Vandana Vikash. **Breast Cancer Detection by T-Shaped Slotted Planar Antenna**. India, 2017.
4. IBGE (Ed.). **Outubro Rosa incentiva a prevenção do câncer de mama**. 2017. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/17202-outubro-rosa-incentiva-a-prevencao-do-cancer-de-mama.html>>. Acesso em: 25 fev. 2018.

5. J. E Bridges, S. Hagness, A. Taflove, and P. Evanton. **Microwave Discrimination Between Malignant and Benign Breast Tumor**. United State, 2002.
6. R.TIPA; BALTAG, O.. Microwave Thermography For Cancer Detection. In: INTERNATIONAL BALKAN WORKSHOP ON APPLIED PHYSICS, 5., 2004, Constanta. **Thermography, microwave, cancer detection**. Iasi: Não Informado, 2004. p. 371 - 377.
7. S. A AlShehri, S Khatun, A. B. Jantan, R. S. A. Raja Abdullah, R. Mahmud, and Z. Awang. **3D Experimental Detection and Discrimination of Malignant and Benign Breast Tumor using nn-based UWB Imaging System**. *Progress in Electromagnetics Research*, VOL 116, 2011. Pp. 221-237.
8. S.M Salvador, and G. Vecchi. **Experimental Tests of Microwave Breast Cancer Detection on Phantoms. Antennas and Propagation**, *IEEE Transactions on*, vol. 57, no.6, Jun 2009, pp. 1705-1712.
9. TORREALBA-MELÉNDEZ, Richard; OLVERA-CERVANTES, José Luis; CORONA-CHÁVEZ, Alonso. **UWB Microwave Radar Imaging for Detection and Discrimination of Benign and Malignant Breast Tumors Using Circularly Polarized Antennas**. Mexico, 2014.
10. UNAL, İlhami; TURETKEN, Bahattin; SURMELI, Koray. **An Experimental Microwave Imaging System for Breast Tumor Detection on Layered Phantom Model**. 2011. 2 f. Tese (Doutorado) - Curso de Electrical And Electronic Engineering, Yeditepe University, Istanbul, 2011.

ANTENNA FOR BREAST CANCER DETECTION BY USING COMPLETE WAVE ELETRMAGNETIC SIMULATOR

Abstract: *Breast cancer is one of the most common cancer among women in the world, being responsible for about 28% new cases every year, also affecting, rarely, men. The most used exam to make a diagnostic is the mammography, an exam that is painful and offers a radiation contamination risk (R. TIPA, O. BALTAG, 2004), besides it possesses limitations, it's not able to detect tumors in an early stage and in younger girls. Because of its invasive operation and for being ineffective in detecting tumors on certain occasions, it opened a new field for searching of alternatives methods for detecting breast cancer, one of those will be discussed in this article. With the use of the software CST STUDIO 2016, simulations were run for two different antennas, a horn one, and a Vivaldi, and by analyzing their s-parameter after applying the IFFT on the curves, it is possible to figure the distance of the tumor inside the body.*

Keywords: *Breast cancer. Antenna. Vivaldi. Detection.*