

Avaliação da influência do ambiente na medição de VSWR de antenas

Evaluation of site influence in measuring VSWR from antennas

Fabrizio Gonçalves Torres¹, Marcelo Sanches Dias¹

¹ IPT

E-mail: fabrigt@ipt.br

Resumo: Na medição de VSWR de antenas há diversos fatores que podem ocasionar erros de medição, inclusive o ambiente em que a medição esteja sendo realizada. Neste trabalho, é abordado o grau de influência do ambiente na medição do VSWR de uma antena, na faixa de 2 GHz a 6 GHz, por meio da avaliação da reprodutibilidade.

Palavras-chave: VSWR, antena, micro-ondas, reprodutibilidade.

Abstract: In VSWR measurement of antennas there are several factors that can cause measurement errors, including the site for which the measurement is being performed. In this work, it will be approach the degree of influence of the environment on the VSWR measurement of an antenna at 2 GHz to 6 GHz, through the evaluation of reproducibility.

Keywords: VSWR, antenna, microwave, reproducibility.

1. INTRODUÇÃO

Em circuitos com sinais em alta frequência, os efeitos de reatância indutiva e capacitiva se tornam muito significativos. Nestas condições, o uso de modelo ondulatório é mais apropriado para a análise do circuito.

Quando uma onda senoidal propaga-se em uma linha de transmissão, sucessivas reflexões podem ocorrer devido às diferenças de impedância. Essas sucessivas reflexões formam um padrão de interferência constante, chamado de onda estacionária.

A taxa de onda estacionária, ou VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*) é a taxa do valor máximo e mínimo do envelope resultante do padrão de interferência.

A medição de VSWR é realizada por meio de um analisador de rede vetorial (VNA), que, por sua vez, aplica um sinal na entrada do circuito (V_T) e mede a reflexão do sinal (V_R). Por meio de (1), o VSWR pode ser obtido [1].

$$VSWR = \frac{1 + \frac{V_R}{V_T}}{1 - \frac{V_R}{V_T}} \quad (1)$$

Entretanto, ao se tratar da medição de uma antena, cuja finalidade é a irradiação de um sinal eletromagnético, as reflexões devido à propagação do sinal V_T no ambiente podem retornar à antena e interferir na medição do VSWR.

1.1 Análise estatística do experimento

Para avaliar o grau de interferência do ambiente na medição de VSWR de antenas, é utilizada a análise estatística, de acordo com [2]. As medições obtidas de VSWR são verificadas utilizando-se o teste de Grubbs.

Teste de Grubbs consiste em comparar G (2) com os valores obtidos da tabela de valores críticos para o teste de Grubbs, com nível de significância de 5 %.

$$G_i = \frac{\left(Y_i - \sum_{i=1}^P \frac{Y_i}{P} \right)}{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^P \left(Y_i - \sum_{i=1}^P \frac{Y_i}{P} \right)^2}{(P-1)}}} \quad (2)$$

Onde,

Y_i : Valor de VSWR obtido para cada ambiente.

P : número de ambientes, cuja antena foi instalada.

O valor Y_i é considerado aberrante (*outlier*) se seu respectivo G for maior que o valor crítico tabelado.

Reprodutibilidade, segundo [3], é uma precisão de medição conforme um conjunto de condições, as quais incluem diferentes locais, operadores, sistemas de medições e medições repetidas no mesmo objeto ou em objetos similares.

Para comparação, é calculada a reprodutibilidade (3), de acordo com [2], para dois conjuntos de valores: com *outliers* e sem *outliers*.

$$s_R^2 = \left[\frac{T_2 T_3 - T_1^2}{T_3(p-1)} - s_r^2 \right] \left[\frac{T_3(p-1)}{T_3^2 - T_4} \right] + \frac{T_5}{(T_3 - p)} \quad (3)$$

Onde,

s_R^2 = reprodutibilidade

p = número de ambientes, cuja antena foi instalada

$$T_1 = \sum n_i \bar{y}_1$$

$$T_2 = \sum n_i \bar{y}_i^2$$

$$T_3 = \sum n_i$$

$$T_4 = \sum n_i^2$$

$$T_5 = \sum (n_i - 1) s_i^2$$

n_i = número de leituras de VSWR para cada ambiente e nível

\bar{y}_i = valor médio de VSWR para cada ambiente e nível

s_i^2 = variância das leituras de VSWR para cada ambiente e nível

2. ARRANJO EXPERIMENTAL

São realizadas medições de VSWR com a antena instalada em diversas condições de ambiente. No total, são considerados seis ambientes.

- Dentro de uma câmara anecóica, com a antena direcionada para a parede da câmara e afastada a distâncias de 2,5 m e 1,3 m;
- Ambiente aberto, com a antena direcionada para uma parede metálica e afastada a distâncias de 2,5 m, 1,3 m, 0,22 m e 0,053 m.

Para cada ambiente, são aplicados quatro níveis de potência na entrada da antena: -40 dBm, -20 dBm, 0 dBm e 10 dBm.

Para cada ambiente e nível aplicado, é considerado como o valor de VSWR, o maior valor dentro da faixa de frequência de 2 GHz a 6 GHz.



Figura 1. Medições realizadas na câmara anecóica



Figura 2. Antena direcionada a uma parede metálica

O equipamento utilizado para a medição do VSWR é um *Network Analyzer*, marca R&S e modelo ZVL6. Segundo [4], o equipamento possibilita medição de parâmetro S na faixa de frequência de 9 kHz a 6 GHz. Para a faixa de frequência analisada (2 GHz a 6 GHz), o equipamento possui as seguintes características:

- *Dynamic range*: 115 dB, até 5 GHz e 110 dB acima de 5 GHz
- *Power accuracy*: < 1 dB, a -10 dBm

A antena utilizada no experimento é uma antena DRG, marca ETS e modelo 3116.

3. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Na tabela 1, são apresentados os valores médios obtidos para cada condição ambiental e nível aplicado.

Tabela 1. Valores de VSWR

Condição	Nível Aplicado			
	-40 dBm	-20 dBm	0 dBm	10 dBm
1,3 m (Anecóica)	2,09	2,07	2,1	2,24
2,5 m (Anecóica)	2,1	2,09	2,1	2,24
1,3 m (Metálica)	2,05	2,03	2,04	2,18
2,5 m (Metálica)	2,04	2,04	2,05	2,18
0,2 m (Metálica)	2,31	2,27	2,29	2,37
53 mm (Metálica)	3,61	3,47	3,49	3,64

Para cada célula da tabela 1, o resultado do teste de Grubbs é apresentado na tabela 2.

Tabela 2. Teste de Grubbs

Condição	Nível Aplicado			
	-40 dBm	-20 dBm	0 dBm	10 dBm
1,3 m (Anecóica)	S	S	S	S
2,5 m (Anecóica)	S	S	S	S
1,3 m (Metálica)	S	S	S	S
2,5 m (Metálica)	S	S	S	S
0,2 m (Metálica)	S	S	S	S
53 mm (Metálica)	O	O	O	O

Onde,

S: Satisfatório, de acordo com o teste de Grubbs;

O: *outlier*, ou seja, não passou no teste de Grubbs.

A tabela 3 apresenta os valores calculados de reprodutibilidade para cada nível aplicado (com e sem *outliers*).

Tabela 3. Reprodutibilidade

	Reprodutibilidade (%)			
	-40 dBm	-20 dBm	0 dBm	10 dBm
T	16,1	13,8	13,8	13,4
NO	0,57	0,46	0,48	0,27

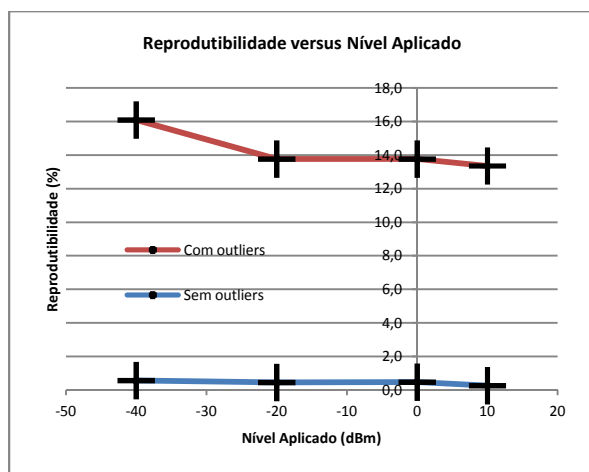
Onde,

T: considerando-se todos os valores;

NO: não considerando os *outliers*.

O gráfico 1 apresenta os valores de reprodutibilidade em função do nível aplicado.

Gráfico 1. Reprodutibilidade X Nível aplicado



4. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, foi verificado que há influência do ambiente na medição de VSWR da antena utilizada. Entretanto, as medições realizadas na câmara anecóica e em ambiente aberto com a antena afastada da parede metálica, a partir de 0,2 m, obtiveram influência do ambiente pouco significativa, ou seja, a reprodutibilidade obtida foi de 0,27 % a 0,57 %.

Esta influência pode se tornar maior, dependendo da frequência de operação da antena.

A faixa de frequência do experimento obtém comprimentos de onda da ordem de 50 mm a 150 mm. Constata-se no experimento que a reprodutibilidade aumenta significativamente quando a antena está próxima da parede metálica a distâncias similares aos do comprimento de onda do sinal irradiado.

Nota-se também que a reprodutibilidade é ligeiramente maior quando aplicada potência de -40 dBm, tanto considerando-se os *outliers* ou não.

Portanto, pode-se concluir que para realizar medições de VSWR de antenas, devem-se tomar precauções para que obstáculos condutivos não estejam muito próximos da antena, de forma que não prejudique os resultados dessas medições.

5. REFERÊNCIAS

- [1] Clyde F. Coombs, Jr, Electronic Instrument Handbook, Second Edition, McGraw-Hill
- [2] ISO 5725 (1994), Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results - Part 2: A basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method
- [3] Vocabulário Internacional de Metrologia - Conceitos Fundamentais e Gerais e Termos Associados (VIM 2012), Inmetro, RJ, Edição Luso-Brasileira, 2012
- [4] R&S Vector Network Analyzer - Specifications, Data Sheet 09.00, março/2013