

# STUDY OF ANTENNAS POLARIZATIONS AND ITS EFFECTS IN TRANSMITTED SIGNALS

**Anderson A. Schwertner<sup>1</sup>, Leonardo S. Mai<sup>2</sup>, Mauro F. Rodrigues<sup>3</sup>, Paulo S. Sausen<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Acadêmico do curso de engenharia elétrica da Unijuí

<sup>2</sup>Acadêmico do curso de engenharia elétrica da Unijuí, bolsista FAPERGS PROBITI

<sup>3</sup>Professor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias- Unijuí

[anderson0854@hotmail.com](mailto:anderson0854@hotmail.com); [leonardo.mai@unijui.edu.br](mailto:leonardo.mai@unijui.edu.br); [mauro.rodrigues@unijui.edu.br](mailto:mauro.rodrigues@unijui.edu.br); [sausen@unijui.edu.br](mailto:sausen@unijui.edu.br);

*Abstract. Radio waves are a electromagnetic type of radiation, created by the simultaneous oscillation of both an electric and a magnetic field perpendicular to each other. This paper presents a literature review on the theme, in order to consolidate the knowledge regarding the polarizations of antennas. An analysis correlating the effect of cross polarization, this is due to use of antennas with opposite polarizations for transmitting and receiving signals, with the resulting attenuation of the received signal was performed. For a better understanding of the subject, basic concepts about antenna polarization will first be discussed.*

**Palavras-chave:** Onda eletromagnética.

Polarização de antenas. Perdas de sinal.

## 1. INTRODUÇÃO

Até mesmo nos dias atuais a denominação de inventor do rádio ainda é dividida entre o padre e cientista brasileiro Roberto Landell de Moura e, o físico italiano Guglielmo Marconi, entretanto, seus conceitos de funcionamento são bem conhecidos.

Após sua invenção, o rádio passou a ser o carro chefe dos meios de comunicação no início do século XX, posteriormente, teve seu uso reduzido devido ao surgimento da televisão e da internet. Contudo, a tecnologia introduzida por este advento continua sendo utilizada na atualidade, podendo ser citado como exemplos a telefonia móvel e as redes de dados *wireless*.

As ondas de rádio são ondas eletromagnéticas, ou seja, são ondas

formadas pela oscilação simultânea de um campo elétrico e de um campo magnético perpendiculares entre si. No entanto, existem vários tipos de ondas eletromagnéticas; além das ondas de rádio e TV, também temos: micro-ondas, raios infravermelhos, radiação visível (luz), raios ultravioletas, raios X e raios gama. O que diferencia uma onda eletromagnética das outras é o seu comprimento de onda ( $\lambda$ ), isto é, a distância entre dois picos consecutivos de uma onda.

Dentro destes conceitos, este artigo tratará das polaridades de antenas existentes, como identificar a polaridade de uma antena. Com principal enfoque na relação entre a perda de sinal de ondas eletromagnéticas, causado pela utilização de antenas com polaridades descasadas para transmissão e recepção.

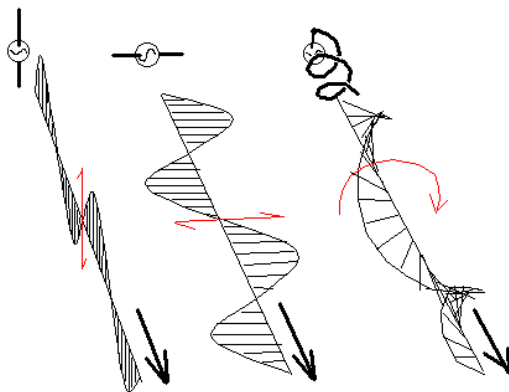
## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Uma onda eletromagnética é o conjunto de uma onda elétrica e uma onda magnética, que se deslocam em planos defasados 90° entre si.

A polarização de uma onda eletromagnética refere-se ao eixo em que a onda elétrica está presente. Este eixo pode ser o das abscissas e, portanto, a polarização será chamada de horizontal. Ou a onda elétrica encontra-se no eixo das ordenadas, portanto, denominada vertical. Estas duas polarizações são chamadas de lineares. Existe ainda um método de polarização mista que utiliza ambas as polarizações lineares para formar uma chamada circular. Nesta, são geradas

duas ondas elétricas, uma vertical e outra horizontal, de mesma amplitude. Estas ondas são então enviadas para a antena com defasagem de  $\frac{1}{4}$  de comprimento de onda. Contudo, devido à impossibilidade de gerar dois sinais elétricos com amplitudes idênticas, na utilização prática desta topologia acaba-se criando a quarta forma de polarização, chamada de elíptica. A Figura 1 demonstra as polarizações lineares e circulares.

Figura 1 - Polarizações de ondas eletromagnéticas



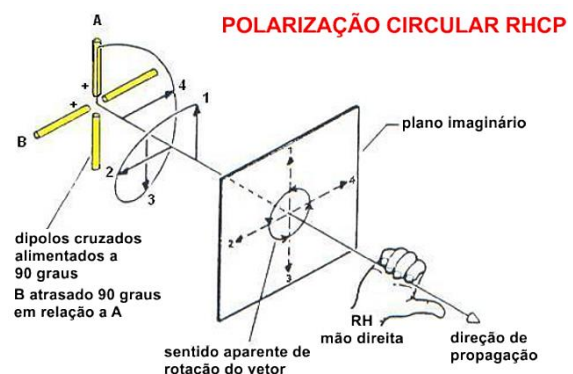
Fonte: ZURMELY, R.M. 2008.

A figura 2 mostra dois dipolos cruzados **A** e **B**, sendo **B** alimentado com 90 graus de defasamento (atrasado) em relação ao dipolo **A**, e alimentados com as polaridades instantâneas indicadas (+). No pico positivo da tensão senoidal aplicada ao dipolo **A**, este gera o vetor **1**, que será o primeiro a deixar a antena e a atravessar o plano. Um quarto de período mais tarde, é a vez do dipolo **B** receber o pico positivo da senóide, pois está atrasado 90 graus, e gerar então o vetor **2**, que será o segundo a atravessar o plano imaginário, e assim por diante, quando chegar o pico negativo no dipolo **A** gerando o vetor **3**, e depois o pico negativo da senóide no dipolo **B** gerando o vetor **4**. [1]

Na Figura 2, é apresentada uma onda com polarização circular à direita (em inglês: *RHCP Right-Hand Circular Polarization*), porque o vetor gira no sentido anti-horário (regra da mão direita) ao atravessar um plano imaginário e perpendicular ao eixo de propagação, e visto pelo lado do plano por

onde a onda sai deste plano a rotação fica invertida, no sentido horário. Trocando a fase para +90 graus, ou invertendo a polaridade (fase) de uma das ondas, teremos uma onda com polarização circular a esquerda *LHCP (Left-Hand circular polarization)*. Portanto, por determinação da IEEE, a polarização de uma onda Circular ou Elíptica é dada pelo sentido de rotação da onda elétrica vista por detrás da fonte geradora do sinal. [2]

Figura 2 - Polarização circular da Mão Direita



Fonte: ZURMELY, R.M. 2008.

Além destas informações, também será necessário um correto entendimento sobre as grandezas relacionadas ao mensuramento de sinais. Sendo estas: dB; dBi e dBm. O dB é uma expressão logarítmica que referencia a comparação entre duas grandezas. Portanto, permite definir ganhos, atenuações e relação sinal/ruído. Estes valores são definidos pela equação 1, na qual, G1 e G2 são as grandezas a serem relacionadas.

$$Q(dB) = 10 \log_{10} \left( \frac{G1}{G2} \right) \quad (1),$$

Já o dBi é uma unidade utilizada para representar a comparação entre ganhos de antenas. Esta, relaciona o ganho de determinada antena em sua região de operação, ao ganho de uma antena isotrópica. Sendo esta um modelo padrão ou ideal de antena, inexistente no mundo real, em que a potência do sinal é igualmente distribuída em todas as direções. Uma antena real e com ganho de 10 dBi possui, na sua região de operação, 10 dB de ganho a mais em relação

ao contido por uma antena isotrópica que apresente 0 dB.

Por fim, o dBm é uma grandeza referente a potência do sinal transmitido, em comparação com a referência de 1mW, conforme a figura 3.

Figura 3 - Tabela de decibéis miliWatts (dBm)

dBm	mw	dBm	mw
0dBm	1mW	16dBm	40mW
1dBm	1.25mW	17dBm	50mW
2dBm	1.56mW	18dBm	64mW
3dBm	2mW	19dBm	80mW
4dBm	2.5mW	20dBm	100mW
5dBm	3.12mW	21dBm	128mW
6dBm	4mW	22dBm	160mW
7dBm	5mW	23dBm	200mW
8dBm	6.25mW	24dBm	256mW
9dBm	8mW	25dBm	320mW
10dBm	10mW	26dBm	400mW
11dBm	12.5mW	27dBm	512mW
12dBm	16mW	28dBm	640mW
13dBm	20mW	29dBm	800mW
14dBm	25mW	30dBm	1000mW
15dBm	32mW		

## 2.RESULTADOS OBTIDOS

Baseando-se nos conceitos previamente apresentados, é possível perceber que caso ocorra a polarização cruzada, isto é, a utilização de antenas com polarizações diferentes para transmissão e recepção do sinal, haverá atenuações significativas no sinal recebido. Segundo Galuscak e Hazdra [3], esta atenuação pode ser calculada em condições ideais pela equação 2.

$$At(dB) = 10 \log \left[ \frac{1 + \rho_w^2 \rho_a^2 + 2\rho_w \rho_a \cos 2\theta}{(1 + \rho_w^2)(1 + \rho_a^2)} \right] \quad (2)$$

$$\text{Onde } \rho_w = (r_t + 1)(r_t - 1)$$

$$\rho_a = (r_R + 1)(r_R - 1)$$

E  $r_t$  é a razão entre as componentes elétricas que formam o sinal elípticamente polarizado

transmitido, da mesma forma que  $r_R$  é a mesma razão da antena receptora. Além disso,  $\theta$  será a defasagem angular entre os sinais. Excepcionalmente para sinais polarizados linearmente (horizontal ou vertical), pode-se utilizar a forma simplificada, dada pela equação 3.

$$At(dB) = \cos^2(\theta) \quad (3)$$

Onde neste caso,  $\theta$  será o ângulo formado pelas ondas eletromagnéticas transmitidas e a antena receptora.

Como exemplo de utilização da equação 3, é possível calcular a perda de sinal para o caso de utilizar uma antena com polarização vertical contrária ao sinal transmitido. Portanto, com ângulo de defasagem de  $90^\circ$ , o que resultará em uma atenuação de valor infinito. Contudo, na prática esta afirmação não é válida. Isso é causado pelo fato de que mesmo a antena sendo construída com seus dipolos em uma direção, esta, ainda apresentará dimensões no plano perpendicular ao dos dipolos. Com base nestas equações e em experimentos empíricos, Ludwig desenvolveu uma tabela com os dados de polarização e as respectivas eficiências do acoplamento do sinal. [4] Como pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1 - Perdas por polarização cruzada

Polaridade da antena de transmissão	Polaridade da antena de recepção	Atenuação teórica (equações)	Atenuação prática (empíricas)
Vertical	Vertical	0 dB	0 dB
Vertical	Horizontal	$\infty$	-20 dB
Horizontal	Horizontal	0 dB	0 dB
Horizontal	Vertical	$\infty$	-20 dB
Linear V/H	Circular RH/LH	-3 dB	-3 dB
Circular RH	Circular LH	$\infty$	-20 dB
Circular RH/LH	Linear V/H	-3 dB	-3 dB

Aplicando-se os dados de atenuação da tabela 1 na equação 1 previamente apresentada, é possível obter o valor da amplitude na forma de uma razão entre o sinal transmitido e recebido. Neste caso, uma onda que devido à polarização cruzada apresentou

atenuação de -3 dB, apresentará amplitude com razão de 0,5 em comparação com a onda original. Esta afirmação fica caracterizada da mesma forma se for feita uma análise prática do recebimento do sinal. Caso uma onda transmitida por uma antena polarizada circularmente, for recebida por uma antena linearmente polarizada, a amplitude do sinal será metade do original. Isso ocorre, pois, a antena linear somente irá acoplar a componente elétrica linear de mesma polaridade que originou a onda circular.

Da mesma forma, a recepção de uma onda linearmente polarizada, por uma antena com polarização linear cruzada, isto é, com polarização linear perpendicular à transmitida, apresentará uma amplitude no recebimento 100 vezes menor que a transmitida. O mesmo ocorre quando é utilizada uma antena circular com polaridade contrária da onda transmitida.

Com base nestas informações, será possível também, determinar a polaridade de uma onda desconhecida. Para isso, será necessária a utilização de três antenas com polaridades diferentes, sendo duas lineares e uma circular. Medindo-se a amplitude de sinal de cada antena, e aplicando as relações da Tabela 1 obtemos a polaridade da onda transmitida.

Se a onda em questão apresentar polaridade linear, uma das antenas lineares irá captá-la enquanto a outra não. Caso for circular, ambas as antenas lineares receberão a onda, porém, com 50% de perda. Já a antena circular, se apresentar amplitude máxima, a onda é de mesma polaridade da antena. Se a amplitude for mínima, então a onda apresenta polaridade oposta em relação à antena.

Deve-se ressaltar que os valores de atenuação aqui apresentados consideram apenas as perdas devido à polarização cruzada, desconsiderando as perdas causadas pelo meio de transporte da onda.

#### 4. CONCLUSÃO

Este estudo demonstra que para o correto funcionamento de um enlace sem fio, é necessário que ambas as antenas envolvidas

no processo estejam em fase, ou seja, com mesma polarização. Pois, desta forma, a única atenuação atuante existente no sistema será devido ao meio em que o sinal está sendo transmitido e efeitos referentes à física presente nesta transmissão.

Verificou-se que a principal polarização de onda existente na realidade, é a polarização elíptica, e, portanto, a melhor escolha de antena para o melhor recebimento deste sinal é uma antena com polarização circular de mesma fase que o sinal transmitido. Caso utilize-se uma antena com polarização linear é preciso considerar que o sinal recebido apresentará perdas de 50%.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPERGS pela bolsa de iniciação tecnológica e a UNIJUÍ.

#### REFERÊNCIAS

- [1]. ZURMELY, R.M. **Polarização de ondas**. 2008. Disponível em <<http://www.qsl.net/py4zbz/antenas/polarizacao.htm>> Acesso em 12 de novembro de 2015.
- [2]. RAMSAY, J.F.; THOMPSON, J.; WHITE, W. **Polarization tracking of antenas**. Conferência, IEEE International Convention Record, Part 5, Antennas; Microwaves; Electron Devices. Nova York, USA. 1966.
- [3]. GALUSCAK, R.; HAZDRA, P. **Circular polarization and polarization losses**, DUBUS Magazine, Hamburgo Alemanha, v.8-2006, p.4-23, 2006.
- [4]. LUDWIG, A., **A simple graph for determining polarization loss**, Microwave Journal, Londres, Inglaterra, v.19, n. 9, 1976.