

CARACTERIZAÇÃO DA ATENUAÇÃO DE SINAIS DE RÁDIO FREQUÊNCIA PROVOCADA POR BLOCOS CERÂMICOS E DE GESSO

AMANDA KARINE MIRANDA DE OLIVEIRA¹, MARIA ELIZABETH TEIXEIRA SANTANA PRAXEDES², ERICA N. M. G. PINTO³, KLEBER CAVALCANTI CABRAL⁴, VALDEMIR PRAXEDES DA SILVA NETO⁵

¹ Mestranda do PPgEEC, UFRN, Natal-RN, amandakarinemiranda@outlook.com;

² Mestranda do PPCIVAM, UFRN, Natal-RN, maria.elizabeth.teixeira.104@ufrn.edu.br;

³ Dr. Prof. do PPCIVAM, UFRN, Natal-RN, erica.gurgel@ufersa.edu.br;

⁴ Dr. Prof. do PPCIVAM, UFRN, Natal-RN, kleber.cabral@ufersa.edu.br;

⁵ Dr. Prof. do PPgEEC, Departamento de Engenharia de Comunicações, UFRN, Natal-RN,

valdemir.praxedes@ufrn.br

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC

15 a 17 de setembro de 2021

RESUMO: O desenvolvimento tecnológico e os avanços nos estudos de sistemas de comunicação baseados em rádio-frequência (RF) têm fomentado diversas pesquisas, com destaque para a propagação de sinais de RF no ambiente *indoor*. No entanto, ainda há um espaço não preenchido no que diz respeito à pesquisa sobre a influência de materiais da construção civil no desempenho de propagação desses sinais de rádio. Este trabalho tem como objetivo estudar o comportamento dos sinais de RF ao alcançarem obstáculos de elementos construtivos baseados em blocos cerâmicos e blocos de gesso com intuito de determinar experimentalmente a atenuação provocada por esses materiais, que são comumente empregados em alvenarias de vedação. Um esquema para medição é proposto neste trabalho e amostras desses materiais foram submetidas aos sinais de RF na faixa de frequência entre 700 MHz a 2500 MHz. Foram analisadas em 03 amostras de cada tipo de material e os resultados medidos para a atenuação dos sinais foram estatisticamente tratados e comparados. Os resultados indicam que a atenuação do sinal de RF depende do tipo de material empregado e de sua composição, sendo portanto, necessário desenvolver estudos na tentativa de propor novos materiais que atendam aos requisitos de resistência demandados pela construção civil e minimize as perdas de propagação desses sinais no ambiente *indoor*.

PALAVRAS-CHAVE: Propagação Indoor. Atenuação. Blocos Cerâmicos. Blocos de Gesso.

CHARACTERIZATION OF RADIO FREQUENCY SIGNAL ATTENUATION CAUSED BY CERAMIC AND WALLBOARD BLOCKS USED IN BRICKWORK

ABSTRACT: Technological development and advances in the studies of communication systems based on radio-frequency (RF) have fostered several researches, with emphasis on the propagation of RF signals in the indoor environment. However, there is still an unfilled space with regard to research on the influence of building materials on the propagation performance of these radio signals. This work aims to study the behavior of RF signals when reaching obstacles of construction elements based on ceramic blocks and plaster blocks in order to experimentally determine the attenuation caused by these materials, which are commonly used in sealing masonry. A measurement scheme is proposed in this work and samples of these materials were subjected to RF signals in the frequency range between 700 MHz to 2500 MHz. Three samples of each type of material were analyzed and the results measured for signal attenuation were statistically treated and compared. The results indicate that the attenuation of the RF signal depends on the type of material used and its composition, therefore, it is necessary to develop studies in an attempt to propose new materials that meet the resistance requirements demanded by civil construction and minimize the propagation losses of these materials. signals in the indoor environment.

KEYWORDS: Indoor propagation. Attenuation. Ceramic Blocks. Wallboard Blocks.

INTRODUÇÃO

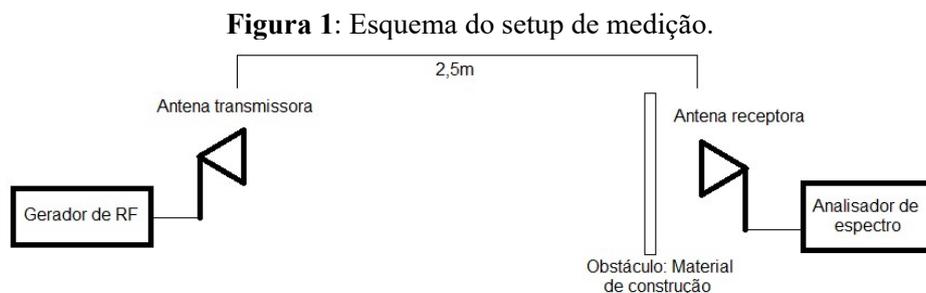
Com o crescimento da indústria de comunicações, a utilização de sistemas baseados em rádio para as comunicações internas, tornou-se estritamente necessária. Devido ao elevado número de dispositivos e a quantidade de informações sendo transferidas a investigação detalhada do mecanismo pelo qual os sinais transmitidos são modificados pelo ambiente por onde estão sendo propagados precisa ser investigada (RICHTER, 2019). Desta forma, visa-se facilitar o desenvolvimento de estratégias de comunicação, assim como, parâmetros de projeto para layout de edifícios com a finalidade de melhor suportar os sistemas de comunicação de rádio (LIU *et al.*, 2022). Nesta perspectiva, este trabalho visa caracterizar quanti a perda de potência do sinal de radiofrequência provocada por blocos cerâmicos (CHOROSZUCHO; STECKIEWICZ, 2019) e blocos gesso de parede, por meio da determinação da constante de atenuação do mesmo.

Na construção civil, encontram-se fatores contribuintes para a atenuação de um sinal, podendo aumentar as perdas dependendo da conformidade e disposição da alvenaria construída. Além das barreiras físicas, outros fatores podem dificultar a complexidade dos cálculos e implicam diferentes coeficientes de atenuação, o que pode influenciar as medidas de uma predição. Além disso, as características dos materiais que constituem os obstáculos físicos como a espessura das paredes, os revestimentos e os tipos de acabamentos, aumentam o grau de dificuldade dos cálculos de imprecisões dos resultados (ZHEKOV; FRANEK; PEDERSEN, 2020) (HOSSEINI *et al.*, 2021).

Apresentado o problema em questão, tem-se em vista que é devido a esses motivos que se pode afirmar a necessidade de um estudo detalhado dos materiais de construção civil, para se entender melhor como se comporta a atenuação do sinal que está sendo transmitido, e assim melhorar a eficiência da transmissão; partindo da hipótese de que outros materiais utilizados para construção possam substituir o padrão atual, para um melhor desempenho.

MATERIAL E MÉTODOS

Para determinação da atenuação provocada pelos materiais, foi proposto um esquema de medição, conforme encontra-se disposto na Figura 1. O esquema de medição compreendeu basicamente o uso de duas antenas do tipo cornetas de modelo SAS-571 700 MHz-18 GHz, um gerador de sinal de RF (sinal de radiofrequência) e um analisador de espectros que servirá como instrumento de medidas das amplitudes dos sinais.



Fonte: Autor (2022)

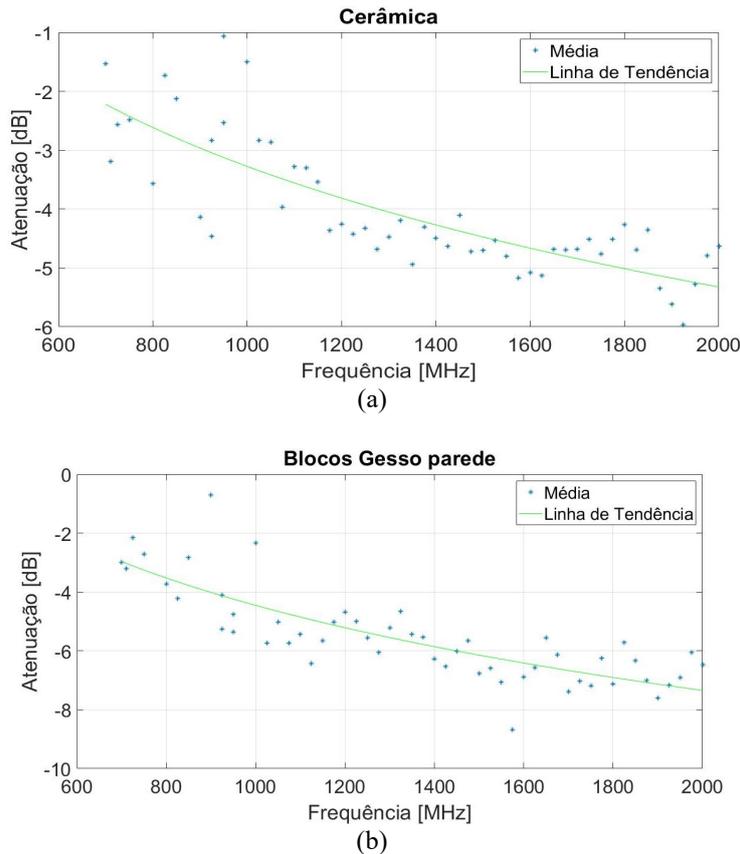
As antenas foram posicionadas a uma distância, entre seus eixos, de aproximadamente 2,5 m para garantir uma região de campo distante para todas as frequências em que as medições foram realizadas, dentro da faixa de frequências analisada. O obstáculo (bloco de gesso e bloco cerâmico) foi posicionado em diferentes pontos entre a antena transmissora e receptora sem ter sido verificado grandes alterações no resultado. Neste sentido, escolheu-se localizar o obstáculo mais próximo da antena receptora para as medições que estão discutidas a seguir. Foram realizadas medições da potência recebida no enlace com e sem obstáculo para se determinar o quanto de perda de potência cada material provocava e um tratamento estatístico foi realizado para os resultados obtidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados medidos da atenuação podem ser estimados como uma linha de tendência logarítmica simplificada do tipo $f = a \cdot \log(x) + b$ [8], onde x representa a frequência, e para os dados obtidos via medição em cada caso, é possível determinar os valores das constantes a e b . A curva da linha de tendência e os valores medidos para a atenuação são mostrados na Figura 2. Os valores de atenuação encontrados foram obtidos através da Eq. 1, sendo realizado a subtração do valor referência que é o espaço livre e com a adição do bloco entre as antenas.

$$\alpha_{(f)} (dB) = \sum_{f_i} \sum_{b_i} \frac{1}{N} [P_{T(f_i, b_i)} (dBm) - P_{f, \epsilon(f_i)} (dBm)] \quad (1)$$

Figura 2: Curva de Tendência para a Atenuação: (a) Blocos Cerâmicos; (c) Placas de Gesso para Parede.



Fonte: Autor (2021)

O valor da atenuação foi determinado a partir da diferença da potência recebida no receptor considerando propagação do sinal sem o obstáculo e a potência recebida quando o obstáculo é posto entre as antenas transmissora e receptora. De acordo com o observado na Figura 2, pode-se afirmar que, no procedimento experimental, a dispersão entre as medidas foi mínima. Verifica-se ainda que os blocos de gesso apresentaram uma maior atenuação que os blocos cerâmicos, para a faixa de frequência considerada na análise.

A curva de tendência traçada é do tipo logarítmica, determinada por meio de processo de regressões lineares para se determinar os coeficientes da função em forma: $f(x) = a \cdot \log(x) + b$. Para cada material obteve-se uma curva de tendência diferente, logo, coeficientes diferentes, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Coeficientes e equações de tendência.

MATERIAL	a	b	EQUAÇÃO
BLOCO CERÂMICO	-2,9561	17,1437	$f(x) = -2,9561 \cdot \log(x) + 17,1437$
BLOCO DE GESSO	-4,1684	24,3388	$f(x) = -4,1684 \cdot \log(x) + 24,3388$

É possível notar nas três figuras anteriores, que existe uma leve dispersão em alguns resultados medidos, porém, em um modo geral, como esperado a atenuação apresentou um aumento para frequências mais altas. Foi possível de se observar que para o caso da cerâmica, houve algumas discrepâncias em alguns valores de frequência, principalmente até os 1000MHz. Depois do valor de 1000MHz, os valores ficaram mais próximos um dos outros, mostrando uma maior conformidade.

No caso do bloco de gesso, os resultados apresentaram maior conformidade com a linha de tendência. Em geral, os valores ficaram mais próximos uns dos outros de cada amostra, havendo pouca discrepância. Com o objetivo de avaliar com mais precisão a atenuação em alguns serviços específicos, três tabelas foram feitas para explicitar os valores medidos para alguns padrões de frequência, calculando a média e o desvio padrão para cada frequência referida. As tabelas 2 e 3, respectivamente, apresentam os valores desses resultados para os blocos cerâmicos e blocos de diferentes serviços de comunicações sem fio.

Tabela 2: Resultados da Atenuação para os Blocos Cerâmicos.

		Valores em Δ dB				
Padrão	Freq. (MHz)	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Média	Desvio Padrão
802.11af	700	-1,30	-1,10	-2,20	-1,53	0,59
	705	-2,10	-3,38	-4,10	-3,19	1,01
	708	-2,30	-2,60	-2,80	-2,57	0,25
<i>Wi-Fi HaLow</i> 802.11ah	902	-4,000	-1,50	-2,10	-2,53	1,31
	905	-7,200	-3,00	-3,20	-4,47	2,37
	914	0,00	-2,00	-2,50	-1,50	1,32
	928	-3,600	-3,50	-4,80	-3,97	0,72
Banda L (SMP)	1000	-3,500	-3,10	-3,30	-3,30	0,20
	1300	-4,700	-4,50	-4,70	-4,63	0,12
	1500	-4,300	-5,50	-5,60	-5,13	0,72
	1800	-4,500	-6,90	-6,50	-5,97	1,29
Banda S	2000	-5,040	-6,60	-4,90	-5,51	0,94

Fonte: Autor (2022)

Tabela 3: Resultados da Atenuação para Blocos de Gesso.

		Valores em Δ dB				
Padrão	Freq. (MHz)	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Média	Desvio Padrão
802.11af	700	-2,600	-4,00	-2,40	-3,00	0,87
	705	-2,700	-3,00	-3,92	-3,21	0,64
	708	-2,800	-1,70	-2,00	-2,17	0,57
<i>Wi-Fi HaLow</i> 802.11ah	902	-4,100	-5,10	-5,10	-4,77	0,58
	905	-3,600	-4,10	-4,60	-4,10	0,50
	914	5,200	-6,00	-6,20	-2,33	6,52

	928	-5,800	-5,80	-5,60	-5,73	0,12
Banda L (SMP)	1000	-6,000	-6,80	-6,50	-6,43	0,40
	1300	-6,500	-6,90	-6,20	-6,53	0,35
	1500	-5,000	-7,90	-6,80	-6,57	1,46
	1800	-7,000	-7,10	-7,40	-7,16	0,21
Banda S	2000	-6,300	-7,40	-7,20	-7,00	0,59

Fonte: Autor (2022)

Dentre as amostras de materiais analisadas, verifica-se que as placas de gesso para parede foram as que apresentaram uma maior atenuação média do sinal em cada frequência específica. Isso pode ser explicada tanto pela composição do material como pela estrutura física, pois os blocos de gesso para parede apresentam uma espessura sólida sem vazados. Os valores coletados poderão possibilitar avanços na gestão dos materiais encontrados em edificações, sendo utilizados como fonte de dados para predição de cobertura em ambientes indoor.

CONCLUSÃO

Este trabalho analisou a atenuação provocada por bloco cerâmicos e blocos de gesso em sinais de RF. Os materiais de construção civil quando inseridos entre a visada das antenas cornetas transmissora e receptora, provocam atenuações significativas no sinal de rádio-frequência, que podem comprometer a cobertura do serviço sem fio no ambiente indoor. Com isso é importante estudar alternativas de reduzir a perda desses sinais assim como a possibilidade de desenvolver novos materiais que minimizem o problema da atenuação de sinais no interior de edificações.

REFERÊNCIAS

CHOROSZUCHO, Agnieszka; STECKIEWICZ, Adam. Numerical Analysis of the Building Materials Electrical Properties Influence on the Electric Field Intensity. In: ZAMOJSKI, W. *et al.* **Engineering in Dependability of Computer Systems and Networks**. Springer, 2019. p. 99-109.

HOSSEINI, Nozhan *et al.* Attenuation of Several Common Building Materials: millimeter-wave frequency bands 28, 73, and 91 ghz. **Ieee Antennas And Propagation Magazine**, [S.L.], v. 63, n. 6, p. 40-50, dez. 2021. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).

LIU, Ting-Ting *et al.* Green building materials lit up by electromagnetic absorption function: a review. **Journal Of Materials Science & Technology**, v. 112, p. 329-344, jun. 2022. Elsevier BV.

RICHTER, Ernesto Henrique. **Atenuação de Sinal de Rádio Frequência por Diferentes Materiais no Ambiente Indoor**. 2019. 122f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2019.

ZHEKOV, Stanislav Stefanov; FRANEK, Ondrej; PEDERSEN, Gert Frolund. Dielectric Properties of Common Building Materials for Ultrawideband Propagation Studies. **Ieee Antennas And Propagation Magazine**, v. 62, n. 1, p. 72-81, fev. 2020. . Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).