

# Caracterização Estatística do Canal Sem Fio sob Influências de Umidade e de Temperatura

Letícia Moreira Valle e Ugo Silva Dias

**Resumo**— Este artigo de iniciação científica apresenta o estudo de caracterização estatística do canal sem fio na faixa de 900 MHz sob influência de umidade e de temperatura. Uma rede de sensores foi desenvolvida especialmente para realizar as análises propostas. Diversas medições de campo foram realizadas no campus na Universidade de Brasília e uma rica base de dados foi coletada e armazenada em memória. Foram identificadas, especificamente, as flutuações que os sinais sem fio sofrem devido a variação de umidade e de temperatura dos ambientes. Além disso, foram obtidas estatísticas de primeira ordem afim de caracterizar os ambientes medidos. Por fim, o modelo generalizado de desvanecimento  $\alpha$ - $\mu$  foi confrontado com os dados práticos e um excelente ajuste pode ser observado.

**Palavras-Chave**— Canal sem fio, caracterização, distribuição  $\alpha$ - $\mu$ , temperatura, umidade.

## I. INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado das novas gerações de sistemas de comunicações sem fio apresenta um avanço rumo a novas redes globais, convergentes e inteligentes que provêm acesso a uma ampla gama de serviços às mais remotas localidades. Para prover tais serviços de forma satisfatória, diversas características do ambiente sem fio devem ser levadas em conta. Na trajetória entre transmissor e receptor, além da perda de propagação, o sinal pode ser bloqueado por obstruções físicas – o sombreamento – e sofrer múltiplas reflexões, espalhamentos e difrações – o multipercurso. Consequentemente, a amplitude e a fase do sinal que chegam ao receptor exibem flutuações aleatórias, variando de acordo com o ambiente de propagação onde os usuários estão imersos, o que caracteriza o fenômeno do desvanecimento. Tais flutuações deterioram o desempenho da comunicação e podem ser observadas, inclusive, sob a influência das variações de umidade de ar e de temperatura.

Neste contexto, este trabalho visa caracterizar estatisticamente o canal sem fio sob influência de umidade e de temperatura. Uma rede de sensores nômade foi desenvolvida para este fim utilizando o kit radiuino DK102 e os módulos de comunicação BE900 [1], conforme ilustra a Figura 1. O sistema foi sintonizado para operar na banda não licenciada ISM de 915MHz e com 3 sensores de temperatura e de umidade acoplados às placas, um deles em condição de linha de visada e os outros dois sem visada direta com a antena transmissora. As flutuações que os sinais sem fio sofrem devido às variações de umidade e de temperatura dos ambientes foram investigadas na prática. As funções densidade de probabilidade (PDF) foram obtidas a partir dos dados de campo e o modelo generalizado de canal sem fio  $\alpha$ - $\mu$  [2] foi investigado.

Os autores pertencem ao Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília-DF, Brasil (e-mail: leticiavalle@ieec.com.br, udias@unb.br). Este trabalho foi parcialmente financiado pelo CNPq.



Fig. 1. Kit de Desenvolvimento DK102.

## II. CANAL SEM FIO SOB INFLUÊNCIA DE UMIDADE E DE TEMPERATURA

Umidade, temperatura e pressão são condições intrínsecas ao ambiente de propagação e contribuem diretamente para as mudanças de potência dos sinais sem fio. Em uma dada pressão constante, quanto maior for a umidade e a temperatura do ambiente, maior será a quantidade de gotículas de água no ar, que em contato com as ondas eletromagnéticas contribuem para o aumento da refratividade, que ocasiona o multipercurso e, por conseguinte, evidencia o desvanecimento de pequena escala. Caso tal fenômeno seja significativamente intenso, a distribuição do sinal sem fio torna-se cada vez mais aleatória. Em contrapartida, caso o fenômeno oposto seja observado, a distribuição do sinal sem fio torna-se mais determinística.

As Figuras 2 a 4 mostram dados práticos e amostrais obtidos a partir de uma exaustiva campanha de medição realizada no campus da Universidade de Brasília. De forma muito interessante, nota-se a tendência de subida e descida nas curvas de umidade e de temperatura em relação à curva da potência do sinal sem fio. Essa tendência fica mais clara e conclusiva quando observa-se que o gráfico de umidade inicia de forma decrescente, enquanto que o da potência cresce no mesmo intervalo, indicando que o nível de sinal sem fio tende a aumentar quando a umidade diminui. O mesmo comportamento é observado na maioria das mudanças de tendência entre as curvas de temperatura e de potência. Ressalta-se que estes comportamentos foram observados em todas as medidas realizadas.

## III. CARACTERIZAÇÃO ESTATÍSTICA

A caracterização estatística do canal sem fio foi realizada por meio da obtenção das funções densidade de probabilidade dos dados medidos. Para tal fim, os sinais sem fio experimentais foram armazenados em memória de computador para posterior análise. Desta forma, o desvanecimento de larga escala pode ser filtrado por meio do método de janela móvel e, em seguida, o desvanecimento de pequena escala foi obtido para cada medida. (O tamanho da janela utilizado

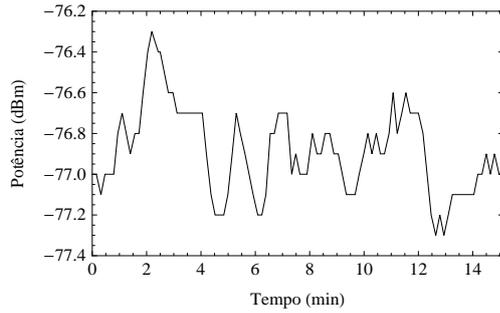


Fig. 2. Dados experimentais. Potência (dBm) vs. Tempo (min).

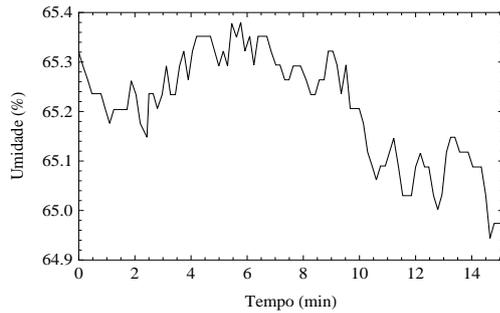


Fig. 3. Dados experimentais. Umidade (%) vs. Tempo (min).

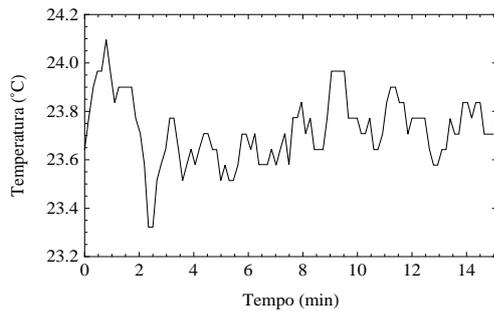


Fig. 4. Dados experimentais. Temperatura (°C) vs. Tempo (min).

neste trabalho foi de  $45\lambda$ , em que  $\lambda$  representa o comprimento de onda). Por fim, as PDFs experimentais de tais envoltórias foram obtidas e confrontadas com a distribuição generalizada de desvanecimento  $\alpha$ - $\mu$  [2].

A distribuição  $\alpha$ - $\mu$  é escrita em termos de parâmetros físicos, sendo  $\alpha > 0$  o parâmetro de potência que caracteriza as não linearidades do meio de propagação e  $\mu > 0$  o número de clusters de multipercurso. Para um sinal em desvanecimento  $\alpha$ - $\mu$  com envoltória normalizada  $P = R/\hat{r}$ , a PDF de  $\rho$ ,  $f_P(\rho)$ , pode ser escrita como [2]

$$f_P(\rho) = \frac{\alpha\mu^\mu \rho^{\alpha\mu-1}}{\Gamma(\rho) \exp(\mu\rho^\alpha)}, \quad (1)$$

em que  $\hat{r} = \sqrt[3]{E[R^\alpha]}$ , e  $\Gamma(z) = \int_0^\infty t^{z-1} \exp(-t) dt$  é a função Gamma. De forma interessante, a distribuição  $\alpha$ - $\mu$  inclui outras distribuições tradicionais como casos particulares, tais quais a Nakagami- $m$  ( $\alpha = 2$ ), Weibull ( $\mu = 1$ ) e Rayleigh ( $\alpha = 2$ ,  $\mu = 1$ ).

As Figuras 5 e 6 mostram as PDFs obtidas experimentalmente, confrontadas tanto com a distribuição  $\alpha$ - $\mu$  quanto com

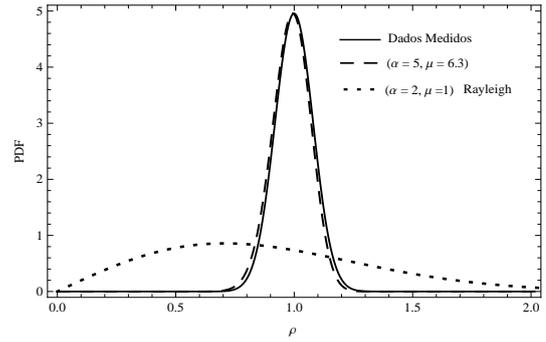


Fig. 5. Umidade = 44.96%. Temperatura = 25.9 °C.

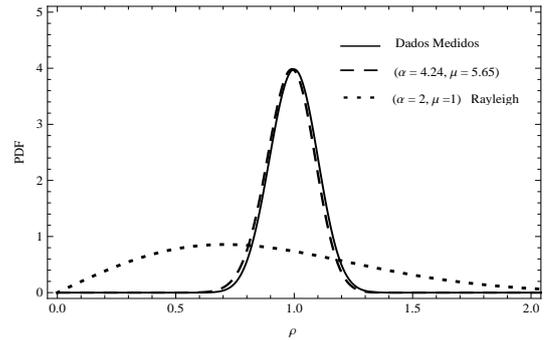


Fig. 6. Umidade = 65.06%. Temperatura 24.1 °C.

o modelo tradicional e bem conhecido de Rayleigh. Nota-se que a distribuição  $\alpha$ - $\mu$  apresentou um excelente ajuste aos dados medidos, sendo observado um desvio médio<sup>1</sup>,  $\epsilon$ , das PDFs experimentais das figuras 5 e 6 de 18.43% e 10.94%, respectivamente, enquanto que os desvios médios entre as PDFs práticas e as da distribuição de Rayleigh foram de 79.11% e 61.97%, respectivamente. Ressalta-se que em todos cenários medidos, a distribuição  $\alpha$ - $\mu$  apresentou um excelente ajuste e bem melhor do que a distribuição de Rayleigh.

#### IV. CONCLUSÕES

As medições mostraram que a umidade e a temperatura influenciam diretamente no comportamento da potência do sinal. Contudo, a umidade mostrou-se ter um peso maior, inclusive nas estatísticas obtidas. Quanto maior a umidade mais espalhada e aleatória foram as PDFs experimentais, e quanto menor a umidade mais concentrada e determinística foram as densidades probabilidade. A distribuição  $\alpha$ - $\mu$  obteve excelentes ajustes em todos os experimentos, o que mostra que o seu uso é bem recomendado em cenários práticos da natureza das medições realizadas neste trabalho.

#### REFERÊNCIAS

- [1] Kit de Desenvolvimento DK102. Radioit. Disponível em: <<http://www.radioit.com.br/produtos/kits-de-desenvolvimento/kit-de-desenvolvimento-dk102>>. Acesso em 09/07/2013.
- [2] M. D. Yacoub, "The  $\alpha$ - $\mu$  Distribution: A Physical Fading Model for the Stacy Distribution", IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 56, no. 1, pp. 27-34, Jan. 2007.

<sup>1</sup>O desvio médio entre os dados experimentais  $x_i$  e os valores teóricos  $y_i$  é definido como  $\epsilon = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|y_i - x_i|}{x_i}$ , em que  $N$  é o número de pontos.