

CARACTERIZAÇÃO ELÉTRICA DE MICRO E NANO DISPOSITIVOS

Stefanos Homero Linakis, Leandro Tiago Manera, José Alexandre Diniz

e-mail: stefanos_linakis@hotmail.com, diniz@ccs.unicamp.br

Centro de Componentes Semicondutores - CCS

Apoio: CNPq

Palavras-chave: Semicondutores – Nanotecnologia - Silício



Introdução

Sensores semicondutores fazem parte de uma grande quantidade de equipamentos eletrônicos modernos. Estes dispositivos têm aplicações, muitas vezes, até fantásticas e são implementados com o objetivo de realizar medições, i.e. aferir quantidades à cerca de um determinado parâmetro, como temperatura, umidade e pressão. Para isso, é necessário conhecer o funcionamento destes sensores, isto é, saber como eles operam. Em suma, devemos conhecer sua *caracterização elétrica*.

Este Projeto foca justamente nesta idéia: explorar o funcionamento elétrico de sensores semicondutores, estes empregados no próprio *Centro de Componentes Semicondutores*, utilizando inclusive conceitos de *ruído elétrico em micro e nanodispositivos* para a análise. Para realizar esta tarefa foi utilizado como base um sensor produzido no próprio CCS: um sensor bolométrico, também conhecido como termistor, ou resistor variante com a temperatura do local.

Metodologia

Praticamente, todo o Projeto foi implementado na Sala de Medidas do Centro de Componentes Semicondutores, recorrendo-se a *softwares* de análise gráfica mais específicos quando necessário.

Inicialmente, transistores de efeito de campo (*MOSFET*) foram caracterizados para que se pudesse compreender o funcionamento destes componentes, ou seja, descrever seu comportamento elétrico. Com isso, parâmetros fundamentais destes dispositivos foram analisados, como, por exemplo, suas respectivas curvas características - tensão de dreno, V_{ds} , em função da corrente de dreno, I_d , transcondutâncias e impactos das correntes de fuga. A *Figura 1* ilustra a lâmina de transistores *MOSFET*.



Figura 1 – Lâmina de silício com transistores *MOSFET*

A lâmina acima é uma amostra didática produzida com a própria tecnologia do CCS. A *Figura 2*, por sua vez, representa um esquema mais detalhado, juntamente com um transistor utilizado no processo de caracterização.

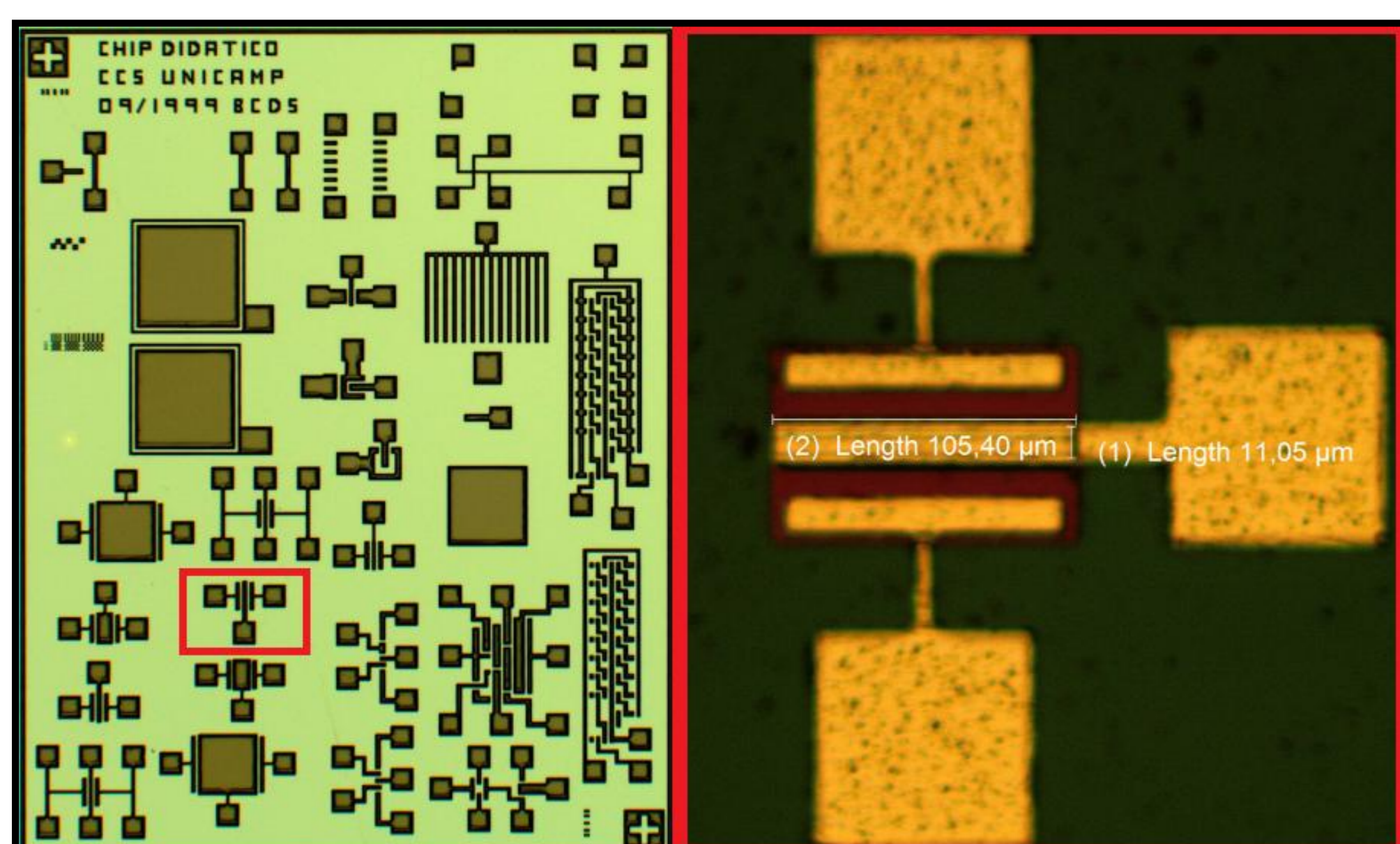


Figura 2 – Perfil microscópico da lâmina de silício, ilustrando os semicondutores da amostra, com destaque para o transistor caracterizado e suas dimensões

Com os conceitos de caracterização de semicondutores desenvolvidos, o bolômetro foi então analisado e estudado.

Aliado a este conhecimento, foi empregado um outro conceito de análise, este, por sua vez, vinculado ao próprio ruído elétrico em dispositivos semicondutores - sinais de corrente e tensão dependentes da frequência, por exemplo, capazes até de interferir no modo de operação do componente. Assim, foi necessário um estudo em frequência do bolômetro, i.e. seu funcionamento em função da frequência de operação.

Entretanto, o que este Projeto deseja mostrar é algo além e extremamente valioso na análise de micro e nanocomponentes. Conhecer seu comportamento em frequência, principalmente o impacto do ruído elétrico, pode fornecer características estruturais do próprio dispositivo analisado!!

Resultados e Discussão

Através da caracterização dos transistores *MOSFET*, propriedades interessantes destes dispositivos foram analisadas. O *Gráfico 1*, por exemplo, ilustra as curvas características do transistor apresentado na *Figura 2*.

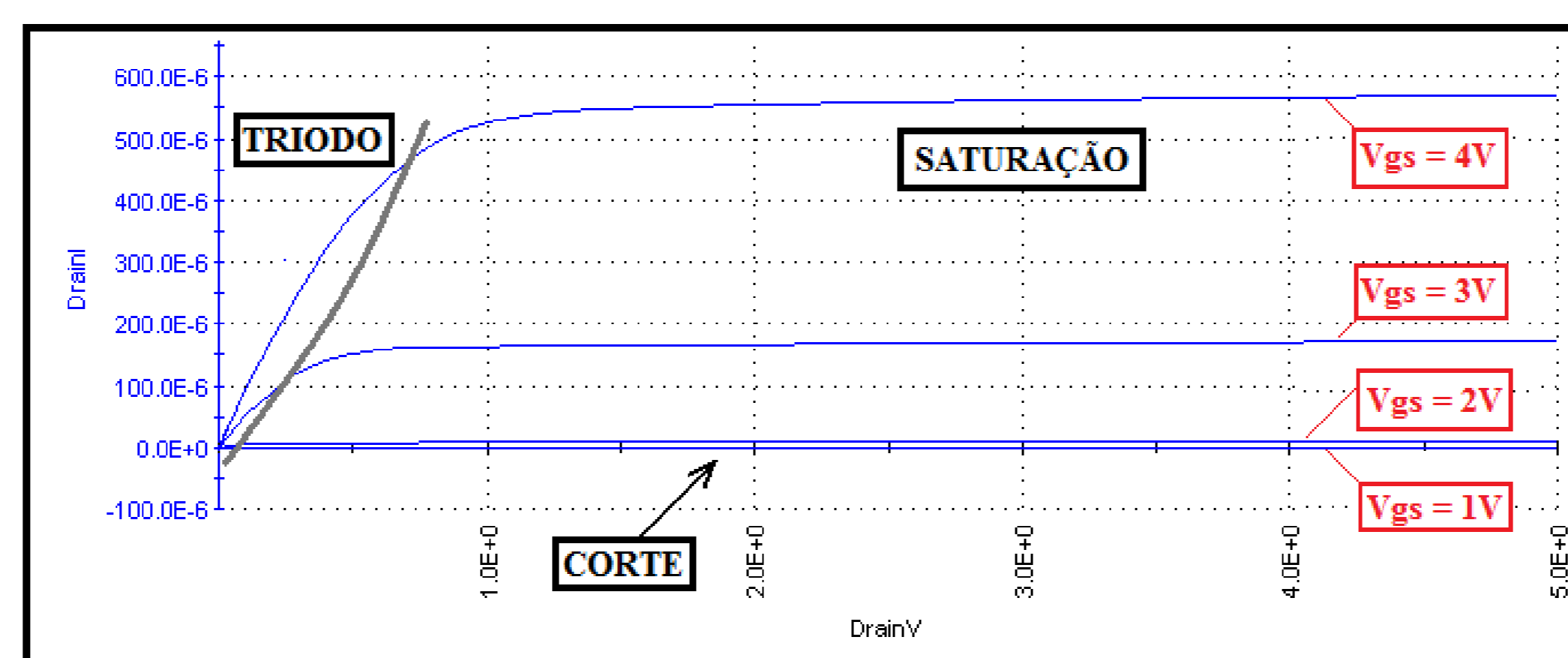


Gráfico 1 – Curvas características parametrizadas pela tensão de porta V_{gs} , destacando-se os modos de operação do semicondutor

O *Gráfico 2*, por sua vez, representa o sensor bolométrico, ilustrando a relação de sua corrente com a tensão aplicada: o comportamento linear clássico dos resistores, onde sua resistência elétrica é praticamente constante.

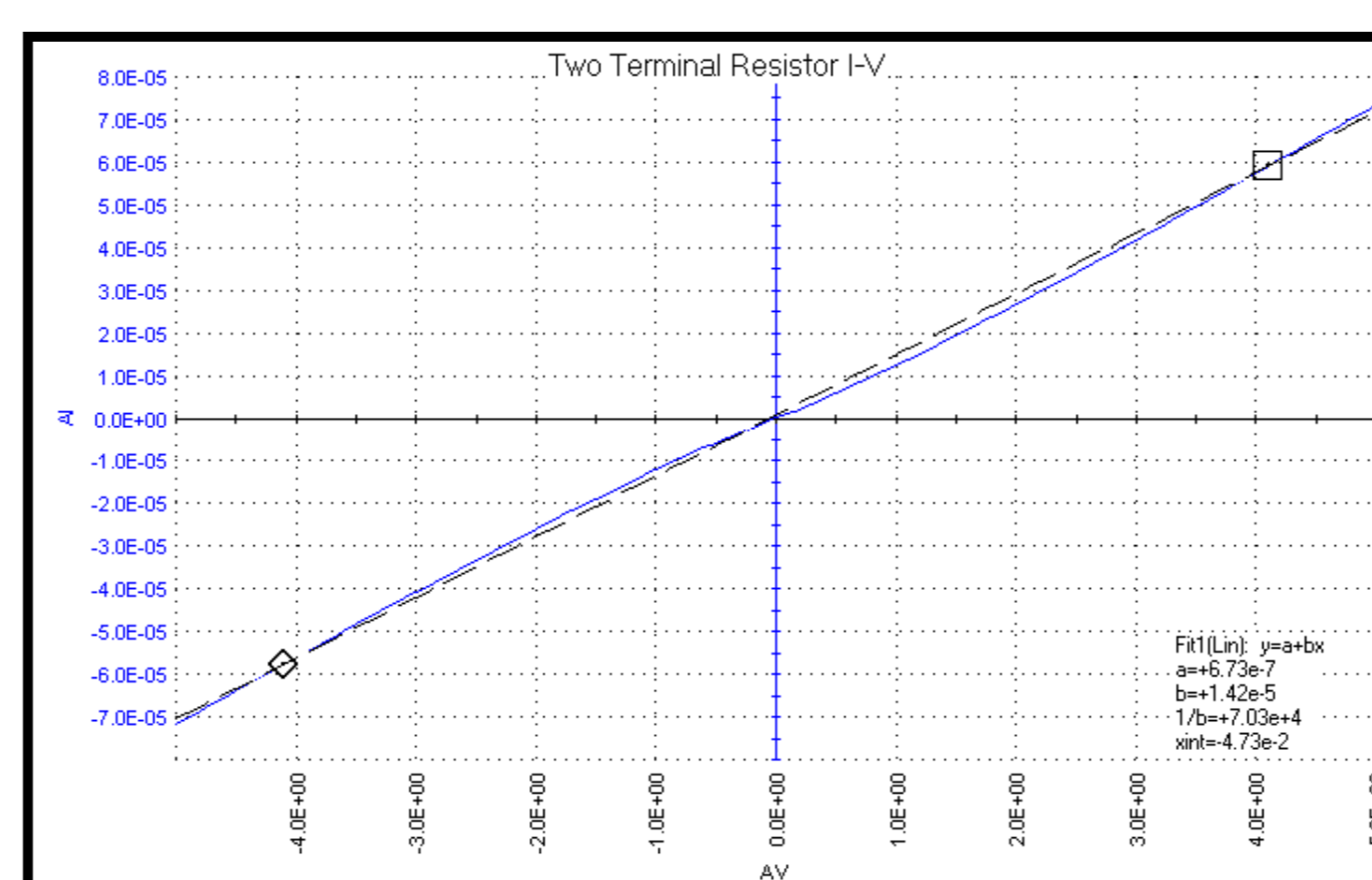


Gráfico 2 – Corrente em função da tensão aplicada no sensor

Com o intuito de avaliar o impacto da resistência nos sinais de ruído elétrico, resistores de valor previamente conhecido foram submetidos a testes, como mostra o *Gráfico 3*.

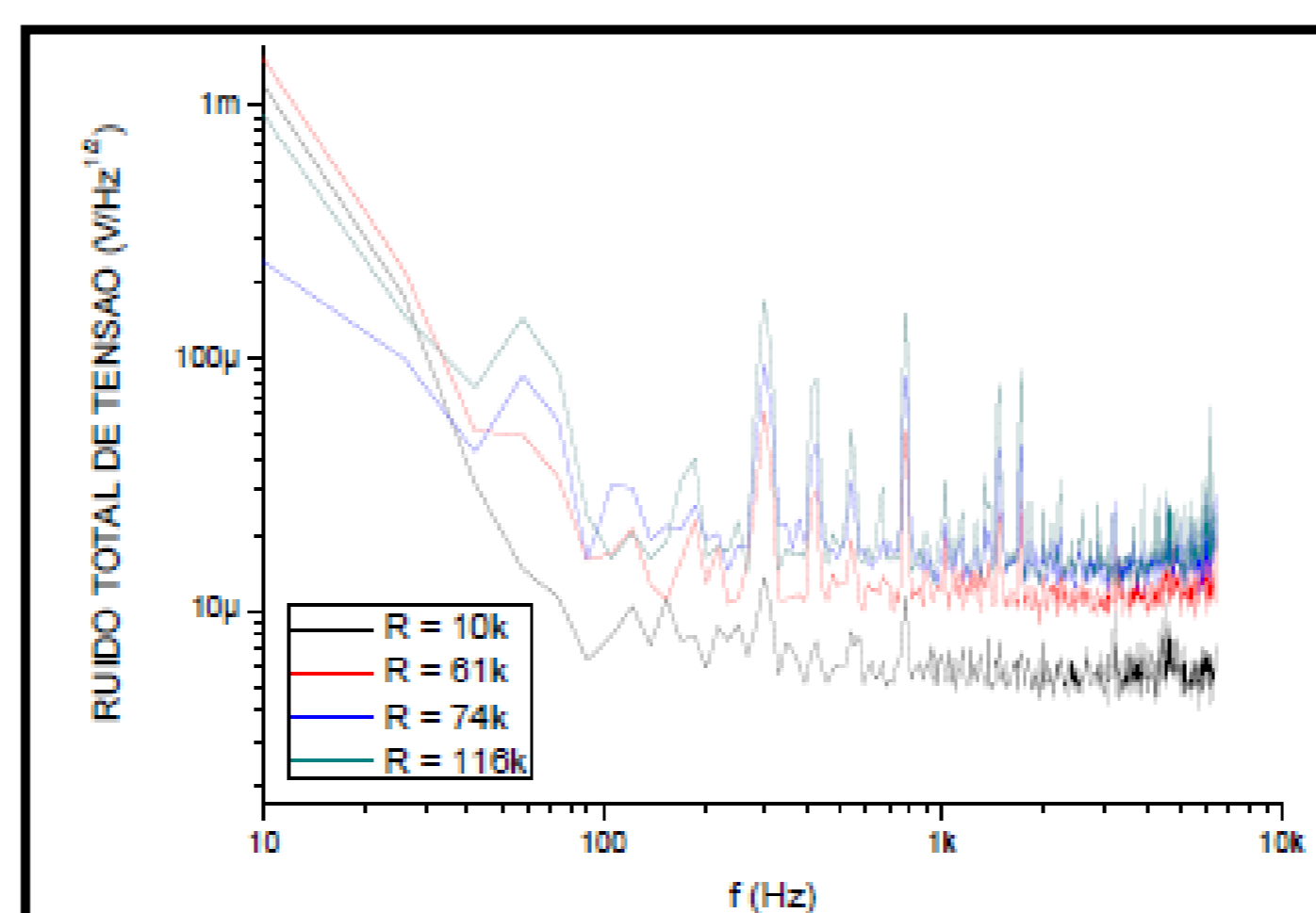


Gráfico 3 – Ruído de tensão total em resistores de valor conhecido

Por fim, o bolômetro foi analisado com respeito ao seu ruído elétrico. Observe o *Gráfico 4* abaixo, este ilustrando o impacto do ruído de tensão intrínseco do dispositivo em função do ruído gerado pelo sistema de análise, este incluindo aparelhos de testes elétricos e de aferição.

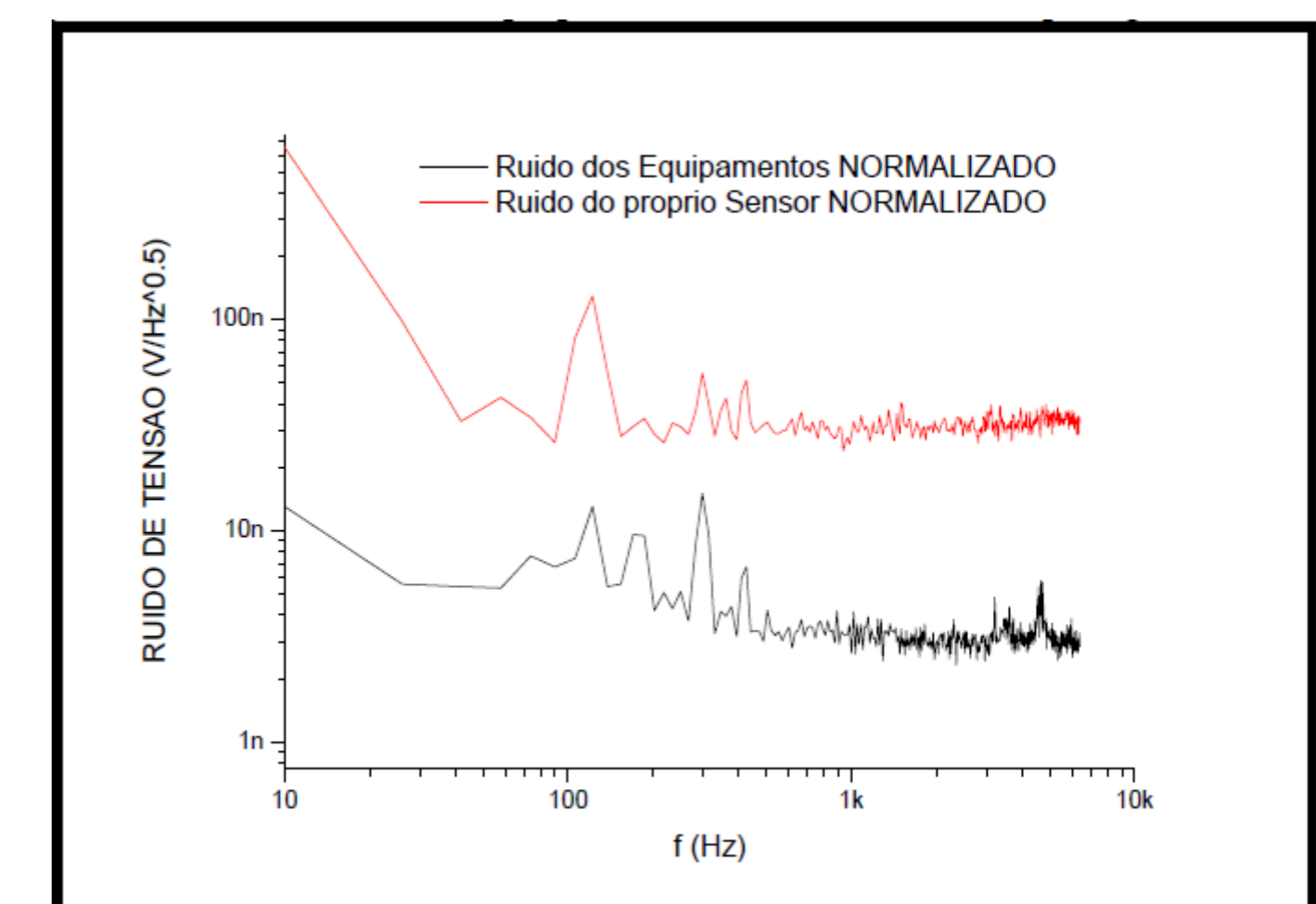


Gráfico 4 – Ruídos de tensão normalizados

Com todo o conhecimento desenvolvido e dados coletados, juntamente com equações próprias da análise de ruído, foi possível estimar com boa aproximação uma importante característica estrutural de sensores: a sua resistência elétrica, esta por volta de $75 \text{ k}\Omega$ no bolômetro. Em outros termos, os sinais de ruído gerados pelo componente foram muito similares aos sinais de ruído elétrico do resistor de $74 \text{ k}\Omega$, este representado no *Gráfico 3*.

Conclusões

De fato este Projeto mostrou-se muito interessante desde seu início. Situações esperadas pela teoria e resultados obtidos foram a todo o momento confrontados, de forma a validar os fenômenos que regem o funcionamento dos micro e nanodispositivos em destaque. Muitas dificuldades foram enfrentadas e contornadas da melhor forma possível. Entretanto, ao final, conseguiu-se obter resultados bons e bastante similares aos esperados na literatura.

Ao final deste trabalho, pretende-se acrescentar ainda uma grande gama de experiência obtida durante esta fase inicial de pesquisa e aprendizado, algo que de certa forma o Supervisor do Projeto cooperou imensamente e que será de grande valia durante a permanência na Universidade. E, quem sabe, também após esta etapa, iniciando novos e promissores caminhos.

Agradecimentos

Agradecimentos especiais ao Prof. Dr. Leandro Tiago Manera por todo o companheirismo e conhecimento adquirido. Pela amizade, apoio e dedicação.

Agradecimentos também ao Prof. Dr. José Alexandre Diniz pelo acompanhamento das atividades e oportunidade de Iniciação Científica.

Referências Bibliográficas

- Sedra, S. and Smith, K.C., *Microelectronic Circuits*, Oxford University Press, 2004;
- Razavi, B., *Fundamentals of Microelectronics*, Wiley, 2008;
- Chantal Gunther, Bruno Guillet, Fiény Kouadio, Jean-Marc Routoure, Laurence Méchin, *Bolometric Applications at Room Temperature*;
- G. Giusi, F. Crupi, C. Ciofi and C. Pace, *Ultrasensitive method for current noise measurements*.