

DESENVOLVIMENTO DE UM APARATO EXPERIMENTAL PORTÁTIL PARA O
ESTUDO DE DETECÇÃO DE PARTÍCULAS ATRAVÉS DE
INTERFEROMETRIA

Tiago Tavares Freire¹

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia tavrstiago@gmail.com

Jorge Anderson Paiva Ramos²

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia jorge@uesb.edu.br

O desenvolvimento de metodologias de medição que dispensam o contato direto com amostras têm impulsionado avanços na metrologia, permitindo análises sem interferência espacial. Nesse contexto, o fenômeno óptico do speckle surge como uma ferramenta promissora para registrar alterações em sistemas físicos, especialmente em condições de isolamento que preservam a integridade do material investigado. A utilização de feixes luminosos já se mostrou eficaz em aplicações como detecção de partículas em gases nobres e determinação de dimensões de partículas, onde fótons espalhados em processos quase-elásticos revelam detalhes sobre a dinâmica dos espalhadores, consolidando essa abordagem como recurso fundamental em medições precisas. A pesquisa consiste em : (i) desenvolver um arranjo experimental. (ii) elaborar metodologias teórico-experimentais para processamento de dados; (iii) Obter dados quantitativos e verificar na literatura a aproximação com os resultados esperados. A montagem do dispositivo apoia-se nos princípios da Espectroscopia de Difusão de Laser, empregando um laser vermelho (650 nm) e um sensor CMOS adaptado, originalmente utilizado em mouses ópticos. A seleção desse sensor justifica-se por sua sensibilidade e aptidão para capturar flutuações de radiância em superfícies irregulares, registrando os padrões de speckle produzidos pela interferência dos feixes refletidos. Tais padrões, conforme observado por [3] J. W. Goodman , quantifica em dados relativos a micro deslocamentos das partículas, sendo possível obter informações acerca do deslocamento dessas partículas e da interação com o meio que estão imersas ou flutuantes.

PALAVRAS-CHAVE: speckle; interferometria; sensores óticos ;fotônica; física experimental.

¹Discente tavrstiago@gmail.com

²Dr Professor DCET jorge@uesb.edu.br

DEVELOPMENT OF A PORTABLE EXPERIMENTAL APPARATUS FOR
PARTICLE DETECTION VIA INTERFEROMETRY

ABSTRACT

This research develops a non-contact optical methodology based on laser speckle patterns for precise metrology in isolated physical systems. The experimental setup employs Laser Scattering Spectroscopy principles using a red laser (650 nm) and a repurposed optical mouse CMOS sensor, selected for its high sensitivity to radiance fluctuations on irregular surfaces. The methodology enables quantitative analysis of particle micro-displacements and interactions within their medium through speckle pattern variations, as theoretically established by Goodman's seminal work. The research comprises three main phases: development of the experimental apparatus, establishment of theoretical-experimental data processing protocols, and validation of quantitative results against literature expectations. This approach demonstrates particular efficacy for particle detection in noble gases and dimensional analysis, where quasi-elastically scattered photons reveal scatterer dynamics without spatial interference or sample compromise. The technique represents a significant advancement in contactless measurement by transforming speckle phenomena into reliable quantitative data while preserving material integrity.

KEYWORDS: speckle; interferometry; optical sensors ; photonics ; experimental physics.

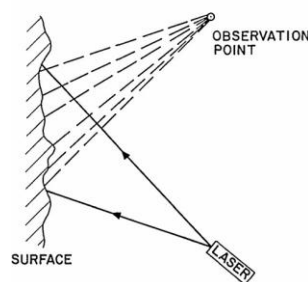
INTRODUÇÃO

Todos os materiais apresentam fenômenos de dispersão e absorção da luz. A construção da óptica moderna contou com contribuições de Snell (1621), Huygens (1690), Young (1802) e Fresnel (1816), que estabeleceram as bases para a compreensão da propagação, interferência e difração. No início do século XX, Rayleigh e Jeans [5] aprofundaram os conceitos de radiância e interação da luz com a matéria, enquanto Rayleigh [6] e Mie [6] formularam teorias fundamentais do espalhamento. Em 1908, observou-se a relação entre flutuações da intensidade média da luz dispersa, movimento das partículas e coeficientes de difusão. Décadas mais tarde, Goodman [3] consolidou o uso da radiância para identificar padrões de deslocamento coloidal, e Gabor [4] contribuiu com fundamentos da interferometria dinâmica.

Nesse contexto, o fenômeno **speckle** destaca-se como resultado do espalhamento característico de Mie em superfícies rugosas ou irregulares Fig. 1. Cada irregularidade atua como uma fonte secundária, originando feixes que, em conjunto, formam um padrão granulado. Esse padrão contém informações sobre a superfície investigada e possibilita registrar alterações em sistemas físicos[2]. Quando o sistema se encontra isolado ou quase isolado, preserva-se a integridade da amostra durante a análise.

O presente trabalho tem como objetivo sintetizar aplicações do *speckle* e propor um arranjo experimental para registrar dados quantitativos desse fenômeno. Essa proposta integra a tradição da óptica e da fotônica, que já aplicaram feixes de luz na detecção de partículas em gases nobres e na determinação de tamanhos pela técnica de espalhamento quase-elástico de fótons. Nessas situações, a luz espalhada reflete o caráter aleatório descrito pela mecânica estatística clássica. Como contribuição, este estudo busca desenvolver habilidades em Física Experimental, Física Aplicada e técnicas de Óptica e Fotônica, no âmbito de uma iniciação científica.

FIGURA 1



Fonte : GOODMAN, J. W. Some fundamental properties of speckle. Journal of the Optical Society of America(1976)

MATERIAIS E MÉTODOS

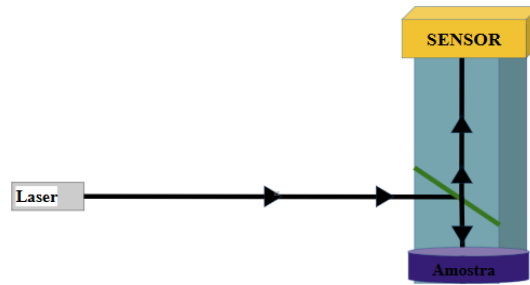
Para o experimento foi utilizada uma configuração alternativa baseada em um mouse óptico modificado, no qual o sensor foi adaptado para funcionar de forma independente por meio de um microcontrolador Arduino, permitindo a coleta de dados sem a necessidade de conexão direta a um computador. O arranjo experimental, mostrado na Fig. 2 inclui ainda um laser de aproximadamente 680 nm, alimentado por uma fonte estável, empregado como feixe de iluminação. A montagem óptica foi elaborada de modo a alinhar o sensor e o laser, garantindo uma configuração geométrica adequada, conforme descrito na literatura [7].

Inicialmente, utilizou-se um composto de grafite, o qual foi cuidadosamente disperso em água destilada, de modo a gerar uma suspensão coloidal com partículas em movimento aleatório. Esse movimento é caracterizado pelo processo de flutuação e dissipação associado ao fenômeno do movimento browniano [7]. A presença dessas partículas na amostra fornece o meio físico necessário para que ocorram variações na intensidade da luz espalhada.

Com essa preparação, a amostra foi posicionada na configuração óptica do aparato, permitindo que o feixe incidente interage diretamente com as partículas em suspensão. A luz espalhada pelo sistema foi registrada pelo sensor modificado, originando padrões de *speckle* que contêm informações sobre a dinâmica do sistema.

Assim, o arranjo experimental desenvolvido integra de maneira simples e de baixo custo os elementos fundamentais para a coleta de dados quantitativos do fenômeno de interação *speckle*. Essa configuração representa uma alternativa viável para estudos em óptica e fotônica, possibilitando a análise de deslocamentos e flutuações em sistemas físicos de interesse da pesquisa.

FIGURA 2



Fonte: autor do trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos resultados analisados a partir dos dados quantitativos e comparados com a literatura, podemos destacar que de fato a luz ao interagir com partículas coloidais, apresentam característica difusa, diante disso, esse espalhamento após ser registrado pelo sensor produziu dados que representam duas características fundamentais do fenômeno, a presença das partículas sendo constatada usando a radiância da luz sobre suas estruturas através do sensor, e o registro do comportamento difuso que as partículas sofrem devido ao aquecimento do meio, aumentando as vibrações das moléculas de água e influenciando as partículas de grafite, expondo o caráter de dissipação e flutuação

CONCLUSÕES/CONSIDERAÇÕES

Concluimos que o equipamento produzido tem um grande potencial para o desenvolvimento de estudos de fenômenos óticos e se mostrou muito eficiente na aferição de informações de um sistema simples e conhecido utilizando os conceitos da interação da luz com a matéria, importantes para aplicações tecnológicas. O arranjo experimental permitiu quantificar e interpretar os dados obtidos com uma metodologia simples e eficaz para o equipamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] J. W. Goodman. Some fundamental properties of speckle. Stanford: Department of Electrical Engineering, Stanford University, 1976.

- [2] M.I. M.Feitosa, O. N. Mesquita. Wall-drag effect on diffusion of colloidal particles near surfaces: A photon correlation study. Belo Horizonte: Departamento de Física, Universidade Federal de Minas Gerais, 1991.
- [3] GOODMAN, J. W. Some fundamental properties of speckle. Journal of the Optical Society of America, v. 66, n. 11, p. 1145–1150, nov. 1976.
- [4] GABOR, D. Holography 1948–1971: Abstract of Nobel Lecture, 11 December 1971. Nobel Foundation, 1971.
- [5] Eisberg, R.; Resnick R. Física Quântica. Átomos, Moléculas, Núcleos e Partículas. Editora Campus (1998). p. 24 - 31 .
- [6] HECHT, Eugene. *Óptica*. 2. ed. São Paulo: Addison Wesley, 1998. p. 115 - 145
- [7] GONÇALVES, Kennedy Batista. Validação e aplicação do uso da tecnologia Espectrômetro Portátil de Espalhamento de Luz em testes sorológicos: um novo teste de diagnóstico, baseado em fotônica e nanotecnologia, para detecção de anticorpos. 2022. 112 f. Dissertação (Mestrado em Física) – Programa de Pós-Graduação em Física, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022. p. 40 - 46.