

## CONTRASTAÇÃO ENTRE AS TEXTURAS DE SOLOS ARENOSOS E ARGILOSOS POR *SPECKLE*

Rafael Alves da Silva<sup>1</sup>  
Dr. Sidney Leal da Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Aluno do CST em Automação Industrial; e-mail: rafael.silva537@fatec.sp.gov.br

<sup>2</sup>Professor da FATEC Itaquera; e-mail: grupoopticaaplicacoes@gmail.com

**Áreas do Conhecimento:** Ciências Exatas e da Terra; Física; Óptica Aplicada.

**Palavras-chave:** *Speckle*. Solo arenoso. Solo argiloso. Granulometria de solo. THSP.

### INTRODUÇÃO

A composição granulométrica do solo está intrinsicamente conectada à capacidade de permeabilidade, sendo esta uma característica que interfere no crescimento saudável do plantio. Tais afirmações estão indicadas em trabalhos, como Centeno *et al.* (2017). Um solo com textura mais argilosa do que arenosa contém uma maior retenção de água, proporcionando maior umidade e, consequentemente, gerando uma maior liberação de nutrientes às plantas com menor necessidade de irrigação. Sendo assim, identificar as propriedades de um solo é importante para planejar como uma determinada plantação será efetuada de modo a obter uma maior qualidade e produtividade. Relacionado aos estudos de solo na agricultura, o trabalho recente de Santos *et al.* (2020) apresenta um método que correlaciona o fenômeno *biospeckle* aos diferentes níveis de umidade induzida no argissolo vermelho-amarelo.

*Speckle* é um ramo da óptica que detecta o comportamento estático ou dinâmico da interferência em superfícies opticamente rugosas iluminadas por luz coerente em um período de tempo. As informações são capturadas e os dados analisados por meio de métodos computacionais (WESTPHALEN NETO, 2019) como, por exemplo, o *Time History Speckle Pattern* (THSP), que efetua a construção de um arquivo formado por linhas de *pixels* de imagens capturadas do *Speckle* e é utilizado para analisar o fenômeno resultante (BRAGA JUNIOR; RIVERA; MOREIRA, 2016). Alguns trabalhos publicados, como os de Prazak e Ohlidal (2001) e Silva *et al.* (2017) apresentam a relevância de aplicações das técnicas e métodos da interferometria *Speckle* nas áreas de Engenharia e Física, buscando compreender contrastes e irregularidades em superfícies de materiais.

### OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi identificar as diferenças entre texturas de solo arenosas e argilosas de acordo com a predominância percentual granulométrica em perspectiva qualitativa e quantitativa, utilizando-se da técnica óptica de interferometria *Speckle* para comparação qualitativa das imagens de padrões instantâneos das amostras e, além disto, de análise por método computacional fundamentada no THSP e Teoria de Erros que permite a obtenção de resultados automáticos fornecidos via algoritmo construído para gerar gráficos quantitativos de intensidade média relativa entre os pares de amostras utilizados.

### METODOLOGIA

A Figura 1 apresenta uma fotografia do modelo de interferômetro *Speckle* de reflexão que é utilizado durante os trabalhos como configuração experimental: (1) *Laser* de HeNe (com comprimento de onda de  $632,8 \times 10^{-9} \text{m}$  e potência de  $2,1 \times 10^{-2} \text{W}$ ); (2) Filtro espacial (objetiva de 10x de aumento e *pinhole* com diâmetro de  $2,5 \times 10^{-5} \text{m}$ ); (3) Lente plano-convexa; (4) Íris (ajustada a  $2,0 \pm 0,2 \times 10^{-2} \text{m}$ ); (5) Espelho plano; (6) Amostra; (7) Câmera digital; (8) Computador.

**Figura 1** – Foto da configuração experimental.



**Fonte:** Grupo de Óptica e Aplicações da Fatec Itaquera (2021).

O padrão de interferência conhecido como *Speckle* é observado por uma câmera digital, com capacidade de registro de 25 quadros/s contendo largura de 640 *pixels* e altura de 480 *pixels*, e os vídeos gerados são armazenados em um computador. Os 10 vídeos, com 10s de duração, para cada amostra em 10 pontos diversos são registrados e armazenados. Para análise dos vídeos é aplicado o método *Time History Speckle Pattern* (THSP), consistindo na separação dos vídeos em quadros, realizando o corte das imagens geradas e juntando-as em uma nova que contendo uma montagem com todos os cortes.

Cada arquivo THSP, possuindo  $n$  (linhas)  $\times$   $m$  (colunas) *pixels* com valores de 0 a 255 que estão associados às intensidades da luz. A intensidade média relativa, em cada arquivo THSP,  $\langle I \rangle_l$  ( $l = 1, 2, \dots, p$ ), é então determinada pela expressão:

$$\langle I \rangle_l = \frac{1}{n \times m} \sum_{k=1}^{n \times m} I_k \quad (1)$$

$$\sigma_{\langle I \rangle_l} = \pm \sqrt{\frac{1}{(n \times m)(n \times m - 1)} \sum_{k=1}^{n \times m} (I_k - \langle I \rangle_l)^2} \quad (2)$$

sendo  $I_k$  o valor de intensidade de cada *pixel* e  $I_{\max}$  o valor máximo de intensidade entre os valores de todos os *pixels*, para efeito de normalização.  $\sigma_{\langle I \rangle_l}$  é a incerteza estimada de cada  $\langle I \rangle_l$  a partir da teoria de distribuição gaussiana (VUOLO, 1996).

Para efeito de contrastação entre as distribuições de intensidades relativas das amostras com maior teor de areia em relação às amostras com maior teor de argila é realizada uma normalização dos valores  $\langle I \rangle_l$ . Isto permite a obtenção de gráficos de intensidade média por intervalo de tempo médio, fundamentados nos procedimentos padrões de tratamentos estatísticos a partir da Teoria de Erros (VUOLO, 1996).

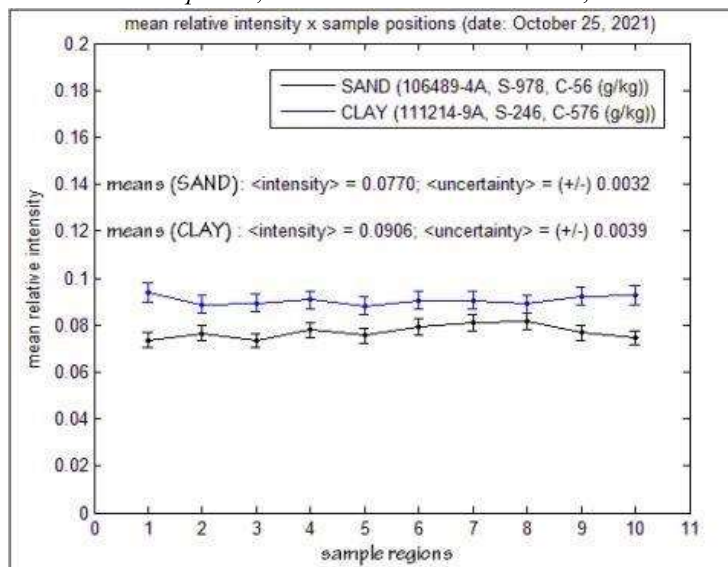
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio dos vídeos registrados, é possível observar um maior movimento na superfície da amostra com maior percentual de argila, comparado ao movimento na superfície da amostra com maior percentual de areia. Os movimentos estão associados às mudanças no posicionamento das interferências *Speckle*, mesmo com as superfícies “estáticas”. Este resultado aponta, qualitativamente, neste caso de contrastação entre solos, que as superfícies das amostras com maior teor de areia, por possuírem grãos

maiores, produzem mais absorções da luz e, portanto, menos interferências devido ao menor espalhamento.

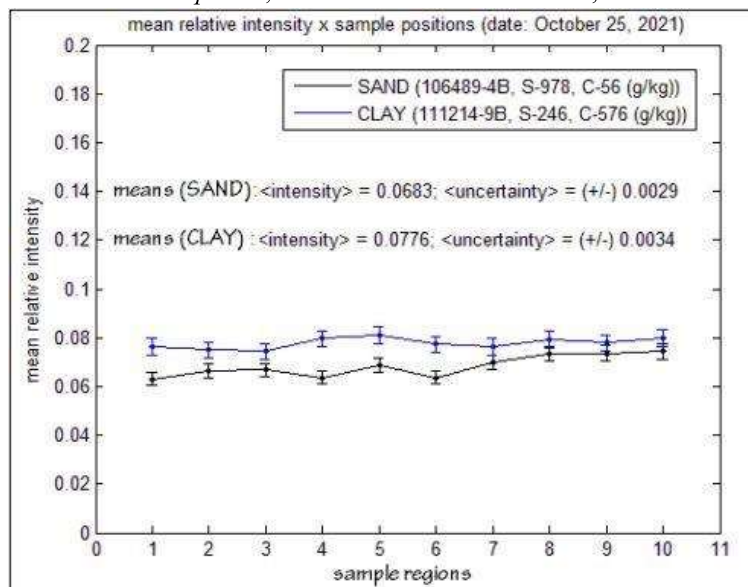
Os gráficos das Figuras 2 e 3 apresentam os resultados dos contrastes das interferências *Speckle* entre amostras com maior proporção de argila e areia, por meio de distribuições de intensidades médias relativas em função das regiões observadas. As amostras com maior proporção de argila estão representadas por pontos azuis e com maior proporção de areia por pontos pretos. As linhas azuis e pretas são guias para indicar visualmente as oscilações das distribuições.

**Figura 2** – Distribuições das intensidades médias relativas normalizadas *versus* regiões de observação das interferências *Speckle*, dos vídeos coletados no dia 1, das amostras tipo A.



**Fonte:** Grupo de Óptica e Aplicações da Fatec Itaquerá (2022).

**Figura 3** – Distribuições das intensidades médias relativas normalizadas *versus* regiões de observação das interferências *Speckle*, dos vídeos coletados no dia 1, das amostras tipo B.



**Fonte:** Grupo de Óptica e Aplicações da Fatec Itaquerá (2022).

Nos gráficos, nota-se que as diferenças das espessuras em amostras de tipo A e B não produziram contrastes relevantes nas distribuições, já que as intensidades médias relativas apresentaram-se muito similares. As distribuições representativas das amostras com maior proporção de argila estão com médias de intensidades relativas normalizadas maiores. Isto confirma, quantitativamente, a hipótese de

que as amostras com maior proporção de argila produzem maior dinâmica de interferência *Speckle*, já que as intensidades estão associadas à maior ou menor “dinâmica” do fenômeno.

## CONCLUSÕES

Conforme resultados adquiridos, a hipótese levantada foi comprovada de maneira qualitativa e quantitativa, apresentando uma opção eficaz de método para análise granulométrica de solos com utilização complementar à outras técnicas. Os dados em vídeos registrados, bem como os gráficos gerados por algoritmo computacional utilizando-se de THSP, demonstram similaridades de resultado e reforçam a exatidão obtida pelo método com intuito de efetuar comparação entre texturas de solo das amostras.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRAGA JÚNIOR, R. A.; RIVERA, F. P.; MOREIRA, J. A. **A practical guide to biospeckle laser analysis: theory and software**. 1. ed. Lavras: UFLA, 2016. 158 p.

CENTENO, L. N. *et al.* Textura do solo: conceitos e aplicações em solos arenosos. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, Pelotas, v. 4, n. 1, p. 31-37, 2017. ISSN: 2448-1661.

PRAZAK, D.; OHLIDAL, M. Laser speckle spectral correlation and surface roughness. *In: CZECH-SLOVAK POLISH OPTICAL CONFERENCE ON WAVE AND QUANTUM ASPECTS OF CONTEMPORARY OPTICS*, 12., 2001, Slovakia. **Anais** [...]. Slovakia: International Society for Optics and Photonics, 2001.

SANTOS, L. D. V *et al.* Avaliação do comportamento do biospeckle em diferentes níveis de umidade do solo. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 5289152908, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n7-892.

SILVA, S. L. da *et al.* Determinação de propriedades mecânicas do aço 1010 sob tensão no regime elástico por meio de speckle dinâmico. **Revista Brasileira de Física Tecnológica Aplicada**, v. 4, n. 1, p. 1-15, 2017.

VUOLO, J. H. **Fundamentos da teoria de erros**. 2. ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 1996. 264 p. ISBN: 9788521200567.

WESTPHALEN NETO, C. **Avaliação do plasma sanguíneo de éguas em diferentes fases reprodutivas pela técnica de biospeckle**. 2019. 452 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2019.