

DISPOSITIVO PORTÁTIL PARA ANÁLISE DE BIOSPECKLE LASER

JOSÉ IGOR REINAN SANTOS¹, MARIELLY RODRIGUES SANTOS², ADILSON MACHADO ENES³, DIEGO ANDRADE PEREIRA⁴, LUIZ DIEGO VIDAL SANTOS⁵, WELINGTON GONZAGA DO VALE⁶

¹ Graduando Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Sergipe - UFS, (79) 9 9896-9779, igorsantos.pt107@gmail.com

² Graduanda Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Sergipe - UFS, (79) 9 9661-3120, mariellyrodrigues10@gmail.com

³ Professor Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Sergipe - UFS, (79) 9 9822-4381, adilsonenes@ufs.br

⁴ Graduando Eng. Mecânica, Universidade Federal de Sergipe - UFS, (79) 9 9670-2077, diegoandrade_senai@yahoo.com.br

⁵ Graduando Eng. Agrônômica, Universidade Federal de Sergipe - UFS, (79) 9 9606-3350, vidal.center@academico.ufs.br

⁶ Professor Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Sergipe - UFS, (79) 9 8118-0573, valewg@gmail.com

Apresentado no
XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020
23 a 25 de novembro de 2020 – Congresso On-line.

RESUMO: O biospeckle laser é um fenômeno óptico de interferência já bem descrito na literatura, conforme os trabalhos de Braga jr, (2000) e Enes (2005). Como existe uma correlação entre as perturbações observadas no fenômeno e processos biológicos, o estudo de suas aplicações tem ganhado força na Engenharia Agrícola, sobretudo para análise de sementes. Estudos demonstram que a identificação dos fenômenos decorrentes da atividade biológica em materiais é possível por meio de técnicas de análise de frequências como a Transformada de Fourier (ENES, 2005). Outro fator que contribui para que ocorram alterações nos padrões de speckle dinâmico é a atividade de água. Desde 2015 diversos estudos foram realizados no LAPROT (Laboratório de Prototipagem da UFS) a fim de dominar o método, passando por técnicas de quantificação, mapeamento e tratamento de frequências. Atualmente, os esforços têm se concentrado na criação de um dispositivo portátil de análise, que com poucas adaptações, possa realizar os mesmos procedimentos experimentais que são realizados em um PC do tipo desktop comum. Diante do exposto, este trabalho tem por objetivo avaliar um método, portátil e de baixo custo, para capturar e processar dados do biospeckle laser. Para tanto, os algoritmos de processamento foram adaptados para uma plataforma de processamento ARM, tomando por base um Raspberry Pi 3 Modelo B+.

PALAVRAS-CHAVE: Processamento de imagens, Speckle dinâmico, Raspberry Pi.

PORTABLE DEVICE FOR BIOSPECKLE LASER ANALYSIS

ABSTRACT: The biospeckle laser is an optical interference phenomenon that has been well described in the literature, according to the works of Braga jr, (2000) and Enes (2005). As there is a correlation between the disturbances observed in the phenomenon and biological processes, the study of its applications has stood out in Agricultural Engineering, especially in the area of seed analysis. Studies show that the identification of phenomena resulting from biological activity in materials is possible through frequency analysis techniques such as the Fourier Transform (ENES, 2005). Another factor that contributes to changes in dynamic speckle patterns is water activity. Since 2015, several studies have been carried out at LAPROT (UFS Prototyping Laboratory) in order to master the method, including techniques for quantification, mapping and treatment of frequencies. Currently, efforts have been focused on creating a portable analysis device that, with few adaptations, can perform the same experimental

procedures that are performed on a common desktop PC. Given the above, this work aims to evaluate a portable and low-cost methodology to capture and process data from biospeckle laser. For that, the processing algorithms were adapted for an ARM processing platform, based on a Raspberry Pi 3 Model B +.

KEYWORDS: Image processing, Dynamic Speckle, Raspberry Pi.

INTRODUÇÃO: O biospeckle é um fenômeno óptico de interferência que ocorre quando há incidência de luz coerente em materiais cuja interação óptica possa ser categorizada como sendo rugosa. Diversos estudos apontam que materiais biológicos, de uma maneira geral, oferecem superfícies, nas quais, a interação com a luz coerente provoca as perturbações de interferência que dão origem ao fenômeno. Levando-se em conta que nesse tipo de material as atividades estão diretamente relacionadas com a viabilidade celular, troca de gases, respiração, atividade microbiana e atividade de água (aw), o biospeckle tem sido estudado como uma potencial ferramenta na análise de qualidade e viabilidade de sementes (SILVA, 2007), (ROMERO, 1999). Na Engenharia Agrícola, os esforços no emprego da técnica têm se concentrado na busca por métodos rápidos, objetivos e não destrutivos para a avaliação de materiais biológicos, sobretudo na área de sementes, sendo os principais estudos relacionados à avaliação de viabilidade e vigor, diferenciação, mapeamento de áreas com atividades distintas (BRAGA JR, 2000), avaliação do teor de água e identificação de agentes patogênicos (BRAGA JÚNIOR et al., 2005). As principais metodologias abordadas para o estudo do biospeckle visam aplicações laboratoriais com procedimentos de coleta e processamento de dados em etapas separadas, sendo necessário o uso de um computador do tipo Desktop e, muitas vezes, o uso de softwares proprietários, como por exemplo o MATLAB. As técnicas empregadas na análise são baseadas na variação temporal dos dados com estatísticas de primeira e segunda ordem, tais como a História Temporal do Speckle (STS), Matrizes de Ocorrências Modificadas (MOC), Diferenças Generalizadas (DG), Fujii e Momento de Inércia (MI). Até o momento, as propostas de utilização do biospeckle laser têm ficado restritas ao laboratório, uma vez que diversos fatores como a vibração ambiental e ruídos externos podem interferir nas medições, exigindo um ambiente controlado. Diante dos fatos apresentados, este trabalho teve por objetivo avaliar um método, portátil e de baixo custo, para capturar e processar dados do biospeckle laser.

O Método Fujii é baseado no cálculo da visibilidade entre os pixels da imagem registrados ao longo do tempo, como visto na Equação 1 a seguir:

$$I(x,y) = \sum_{K=1}^{N-1} \left(\frac{I_{K+1}(x,y) - I_K(x,y)}{I_{K+1}(x,y) + I_K(x,y)} \right)$$

Equação 1 – Equação dos Método de Fujii (E. R. SILVA, 2007).

Em que,

N - Total de imagens gravadas;

x,y - Posição dos pixels nas imagens;

I(x,y) - Valor de intensidade na posição (x,y) na imagem;

O método das Diferenças Generalizadas (DG) É uma versão simplificada do método Fujii, em que um mapa é construído com base nas diferenças entre os pixels da imagem registrados durante o monitoramento (E. R. SILVA, 2007), como podemos ver na Equação 2 a seguir;

$$I(x,y) = \sum_K \sum_I |I_{K+I}(x,y) + I_K(x+y)|$$

Equação 2 – Equação dos Método das Diferenças Generalizadas (DG), (E. R. SILVA, 2007).

Em que,

I(x,y) - Valor de intensidade na posição (x,y) na imagem;

x,y - Posição dos pixels nas imagens;

Do ponto de vista da dispersão de luz, o tecido biológico pode ser considerado um grupo de estruturas que refletem a luz incidente separada por espaços vazios e absorvem a luz incidente. A atividade do biospeckle é composta por um conjunto de objetos planos que andam aleatoriamente e possuem uma barreira reflexiva que reflete toda a luz que incide sobre ele sem alterar a fase, como visto na Equação 3.

$$MI = \sum_{ij} M_{ij}(i-j)^2$$

Equação 3 – Equação do momento de inércia, (NASCIMENTO et al., 2007).

Em que,

MI - Módulo de dispersão de intensidades (Momento de Inércia);

M_{ij} - Matriz de ocorrência de intensidades de níveis de cinza representados por i e j;

i - Intensidade 1;

j - Intensidade 2;

A análise das atividades simuladas pelo modelo é baseada no valor do Momento de Inércia (MI). O módulo de dispersão da intensidade é obtido somando a soma da intensidade (i) à intensidade (j) multiplicada pelo quadrado de sua diferença de posição.

A autocorrelação é calculada com base em uma matriz de padrões espaciais, a História Temporal do Speckle (STS) chamada speckles. Para formar um STS, é necessário obter imagens pontuais contínuas ao longo do tempo. Dessas imagens são retiradas uma mesma coluna de imagens capturadas, e com as colunas das imagens forma-se uma nova imagem N x M. Para calcular o Momento de Inércia (MI), o STS foi processado para produzir outra imagem denominada Matrizes de Ocorrências Modificadas (MOC). A MOC é uma matriz de 256 x 256, representando o número de vezes que acontece a mudança de um tom de cinza i para um tom de cinza j, que pode variar de 0 a 255 tons de cinza. Portanto, o algoritmo calcula o número de ocorrências no STS, que é o pixel da imagem com um determinado valor de intensidade i seguido por outro pixel exibindo outro valor de intensidade j, como visto na Equação 4.

$$MOC = N_{ij}$$

Equação 4 – Equação da História Temporal do Speckle (STS), (NASCIMENTO et al., 2007).

Em que,

MOC - Equação da História Temporal do Speckle;

N - Número de ocorrências de sucessivos pixels;

i - Intensidade 1;

j - Intensidade 2;

MATERIAL E MÉTODOS: As etapas experimentais foram divididas em:

Avaliação de sementes de feijão através do Biospeckle: Uma amostra (amostra I) de 300 gramas de sementes de feijão foi submetida a uma imersão em água destilada por 24 horas a fim de atingir estados de maior umidade. A amostra foi acondicionada em uma embalagem hermeticamente fechada e impermeável à água e armazenada à temperatura ambiente (aproximadamente 25 °C) durante 24 horas a fim de se conservar as características físicas e fisiológicas até o início dos ensaios com biospeckle. O tratamento foi, então, submetido à ensaio com biospeckle para obtenção dos valores de Momento de Inércia, Diferença Generalizada, Matrizes de Ocorrências Modificadas e História Temporal do Speckle. Uma segunda amostra (amostra II) também de 300 gramas não foi submetida à imersão e não foi modificada nenhum aspecto de sua umidade, essa segunda amostra foi usada para efeito de comparação e análise de resultados.

Metodologia de captura das imagens: Foi utilizado o Laser HeNe de 632 nm incidindo nas amostras de grãos de feijão, a configuração de aquisição está ilustrada na Figura 1.

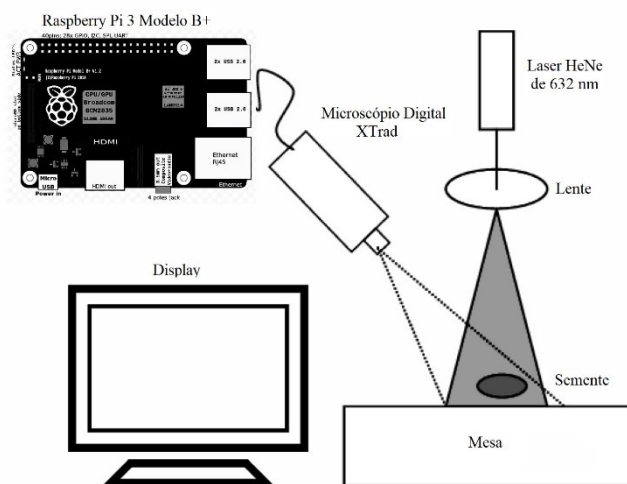


Figura 1 – Diagrama esquemático do sistema de iluminação e aquisição de imagens.

O laser de He-Ne, de 632 nm, passando por um expander de feixe ilumina o lado interno de um cotilédone da semente, e o speckle formado é coletado através de método direto. Utilizou-se um microscópio digital XTrad, registrando os vídeos no formato AVI diretamente no Raspberry Pi 3 Modelo B+, após a aquisição, foi feita segmentação de frames sucessivos do vídeo com o uso do Raspberry Pi 3 Modelo B+, códigos de programação desenvolvidos em laboratório e algoritmos de processamento adaptados, obtendo assim imagens para o processamento, conforme a Figura 2. Os mesmos procedimentos foram realizados em um PC Desktop comum, usando o software Matlab, para fins de comparação.

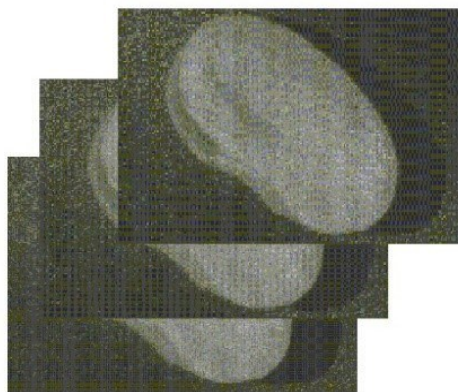


Figura 2 – Exemplo de frames sucessivos após separação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os resultados corroboram os resultados obtidos por Braga Jr, (2000) e Enes (2005), demonstrando existir correlação entre a umidade das sementes de feijão e os níveis de atividade monitorados pelo biospeckle laser. Estas correlações puderam ser obtidas tanto no processamento convencional quanto no processamento adaptado para o Raspberry Pi B+. Os de mapas visuais com áreas de atividades a partir da aplicação do método DG, executado no sistema portátil de processamento pode ser visualizado na figura 3.

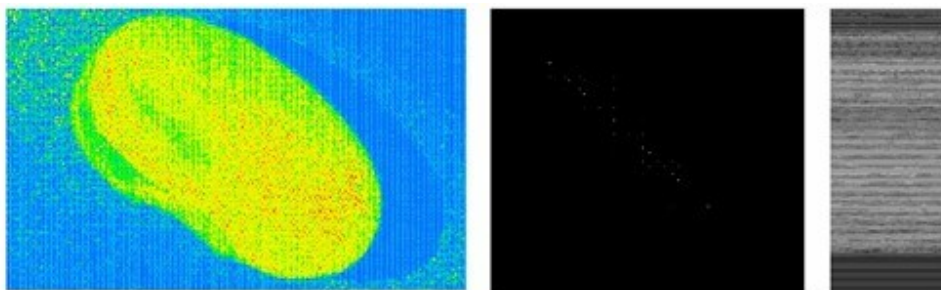


Figura 3 – Mapeamento de atividade, Matrizes de ocorrências modificadas e História temporal do Speckle, respectivamente.

Através do método adaptado, ainda foi possível calcular os valores de Momento de Inércia (MI), comparando-se duas amostras com as umidades, bem como, os valores de Matrizes de Ocorrências Modificadas (MOC) e História Temporal do Speckle (STS). Todos os procedimentos executados a partir do dispositivo portátil se mostraram compatíveis com aqueles processados no PC Desktop e ambos corroboram os resultados observados na literatura.

CONCLUSÕES: Pode-se concluir que os procedimentos de análises desenvolvidos podem ser utilizados como mais uma metodologia para a obtenção de informações relativas aos materiais submetidos ao biospeckle laser, trazendo informações importantes relativas aos materiais estudados, com potencial aplicação no estudo da interação entre a luz laser e o material biológico. Como também se nota foi possível avaliar um método de processamento do biospeckle laser em um dispositivo portátil e de baixo custo, obtendo-se resultado satisfatório.

AGRADECIMENTOS: A Universidade Federal de Sergipe (UFS), ao Departamento de Engenharia (DEAGRI), e ao Laboratório de Prototipagem (LAPROT). Ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC pela concessão da bolsa permitindo a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS:

BRAGA JR, R. A.; RABELO, G. F.; GRANATO, L. R.; SANTOS, E. F.; MACHADO, J. C.; ARIZAGA, R.; RABAL, H. J.; TRIVI, M. Detection of Fungi in Beans by the Laser Biospeckle Technique. **Biosystems Engineering**, San Diego, v. 91, n. 4, p. 465-469, Ago. 2005.

BRAGA JÚNIOR., R. A. **“Bio-Speckle”:** uma contribuição para o desenvolvimento de uma tecnologia aplicada à análise de sementes. 2000. 117 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

E.R. SILVA, **Estudo das Propriedades do Biospeckle e suas Aplicações**, Master Thesis, University of Sao Paulo, Sao Paulo (2007). [Avaliable on-line in www.teses.usp.br].

ENES, A. M. **Análise do comportamento de tecidos vivos e tecidos mortos em sementes de feijão (Phaseolus vulgaris L.) pela ótica do biospeckle laser.** 2005. 32 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

NASCIMENTO, A. L. DO; COSTA JÚNIOR, A. T.; RABELO, G. F.; BRAGA JÚNIOR, R. A. **Desenvolvimento de um modelo para o Biospeckle na análise de sementes de feijão (Phaseolus vulgaris L.).** 2007. Ciênc. Agrotec., Lavras.

ROMERO, G. G. **Estudio y caracterizacion de patrones de speckle que varian en el tiempo.** 1999. 133 p. Tese (Doutorado em Física) - Universidad Nacional de Salta, Argentina.

SILVA, E. R. DA. **Estudo das propriedades do Biospeckle e suas aplicações.** São Paulo, 2007. 112 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Departamento de Física Geral, Universidade de São Paulo.