



Desenvolvimento de um dispositivo de leitura para o monitoramento do processo de produção de fertilizantes

Development of a reading device for the monitoring the fertilizer production process

João Geronimo Rodrigues Bracht¹,

Ricardo Schneider²

RESUMO

Fertilizantes foliares desempenham um papel vital na agricultura, otimizando a absorção de nutrientes e minimizando desperdícios. No entanto, obstáculos tecnológicos, notadamente o tamanho das partículas, podem prejudicar sua eficácia. Isso aumenta a necessidade de medições precisas, mas os sedígrafos convencionais tem preços e tamanhos dispendiosos. Este projeto almeja desenvolver um dispositivo acessível para determinar o tamanho médio de partículas em suspensões de fertilizantes e avaliar a estabilidade das formulações com aditivos estabilizadores. O dispositivo consiste em um tubo com iluminação *LED* (Diodo Emissor de Luz), conectado a um minicomputador e uma câmera que controla a captura de imagens ao longo do tempo. As imagens são posteriormente transferidas para análise em *Python* utilizando *Matplotlib*. O processo implica na seleção de uma área de referência no fundo branco da imagem e pontos no tubo. A extração das componentes *RGB* (Vermelho, Verde, Azul) das imagens possibilita a criação de gráficos de intensidade de luz em função do tempo. Futuramente, numa tentativa de se obter as alturas *pixelizadas*, após conversões métricas, será aplicada a Lei de Stokes para determinar o tamanho das partículas. Este dispositivo promete aprimorar a aplicação de fertilizantes foliares em lavouras, simultaneamente reduzindo custos e tornando a medição de partículas acessível.

PALAVRAS-CHAVE: fertilizantes foliares, monitoramento, minicomputador, sedígrafo.

ABSTRACT

Foliar fertilizers play a vital role in agriculture, optimizing nutrient absorption and minimizing waste. However, technological obstacles, notably particle size, can hamper its effectiveness. This increases the need for accurate measurements, but conventional sedigraphs are expensive in price and size. This project aims to develop an affordable device to determine the average particle size in fertilizer suspensions and evaluate the stability of formulations with stabilizing additives. The device consists of a tube with *LED* (Light Emitting Diode) lighting, connected to a minicomputer and a camera that controls image capture over time. The images are later transferred for analysis in *Python* using *Matplotlib*. The process involves selecting a reference area on the white background of the image and points in the tube. Extracting the *RGB* (Red, Green, Blue) components from images makes it possible to create graphs of light intensity as a function of time. In the future, in an attempt to obtain *pixelated* heights, after metric conversions, Stokes' Law will be applied to determine particle size. This device promises to improve the application of foliar fertilizers to crops, simultaneously reducing costs and making particle measurement accessible.

KEYWORDS: Foliar fertilizers, monitoring, minicomputer, sedigraph.

¹ Bolsista do(a) Programa de apoio à execução de projetos tecnológicos via parceria com entidades públicas e privadas da DIREC - Diretoria de Relações Empresariais e Comunitárias. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil E-mail: bracht@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 8596606944662908.

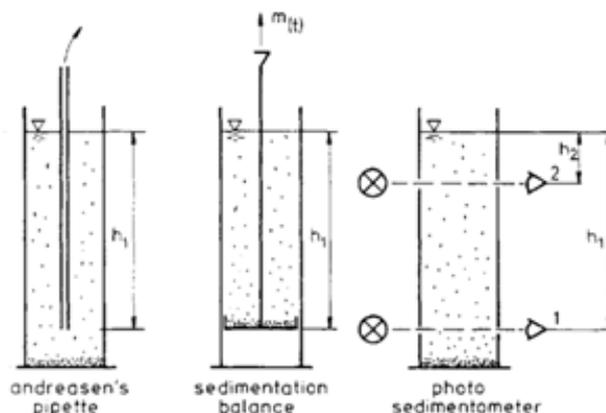
² Docente no Curso/Departamento/Programa. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil. E-mail: rikardos17@gmail.com. ID Lattes: 0680583757403350.

INTRODUÇÃO

Fertilizantes foliares são parte essencial da produção agrícola mundial. O fornecimento de nutrientes via foliar apresenta vantagens com relação à absorção e a quantidade de material utilizado. Tendo em vista que boa parte dos nutrientes não são lançados ao solo, podendo gerar lixiviação posterior, a aplicação foliar tem lugar destaque pela sua eficiência. Entretanto, alguns desafios tecnológicos são marcantes principalmente com relação ao tamanho de partícula que precisa atender certos parâmetros para evitar, por exemplo, entupimento dos bicos de aplicação, e de uma melhor absorção por parte da planta. Mesmo assim, busca-se sempre a melhora da entrega de nutrientes, utilizando tecnologias de moagem para criar formulações mais concentradas em suspensão, sendo a medição do tamanho das partículas importante para diversas propriedades dos fertilizantes. Contudo, devido ao tamanho e preço dispendiosos dos sedígrafos, torna-se inviável levá-los a campo para realizar tais medições.

Usualmente a técnica de espalhamento a laser estático (*Static Laser Scattering* (SLS)) pode ser aplicada para determinação da distribuição de tamanho de partículas. Adicionalmente, o princípio da sedimentação pode ser aplicado em técnicas conhecidas: Pipeta de Andreasen, Balanço de Sedimentação, e Sedimentometria (STAUDINGER; HANGL; PETCHL, 1985). Em todos os sistemas requer-se a preparação de uma suspensão de partículas num líquido com baixa concentração. Inicia-se a medição após completa agitação das partículas. A desvantagem dos sistemas descritos é que, em alguns casos, são necessárias cerca de 12 horas ou mais para a medição. Observe a figura 1 as técnicas citadas:

Figura 1 – Posições de leitura para determinação da distribuição de tamanho das partículas.



Fonte: Adaptado da referência (STAUDINGER; HANGL; PETCHL, 1985).

Desta forma, este estudo tem como objetivo a criação de um dispositivo para determinação do tamanho médio das partículas em suspensões de fertilizantes, bem como avaliar a estabilidade de soluções com aditivos estabilizadores presentes nas formulações, e a partir desses aspectos, conseguir uma melhor aplicabilidade nas lavouras. Para tal objetivo, dar-se-á a utilização do processo de captura fotográfica em relação ao tempo, através de minicomputador. .

MATERIAIS E MÉTODOS

O Minicomputador e a Camera

O *Raspberry Pi3*® (Figura 2) é um minicomputador de placa única desenvolvido pela Raspberry Pi Foundation, oferecendo uma plataforma de baixíssimo custo e consumo de energia extremamente reduzido, sendo ideal para uma ampla gama de aplicações de computação. Dotado de um processador de 1,2 GHz, além de 1 GB de memória *RAM* (em inglês: "memória de acesso aleatório"), tornando-o capaz de executar uma variedade de sistemas operacionais, incluindo o *Raspbian* (uma distribuição Linux otimizada do próprio fabricante).

Figura 2 – Raspberry® Pi3® e PiCamera®



Fonte: Imagem do fabricante, 2022.

A *PiCamera*® também é desenvolvida pela Raspberry Pi Foundation. Tem por características ser compacta e oferecer qualidade de imagem sólida, com resolução de 8 megapixels. É capaz de capturar imagens estáticas de alta qualidade, tornando-a ideal para projetos fotográficos e videográficos. Sua conexão dá-se através de um conector específico na placa e é alimentada diretamente, eliminando a necessidade de fontes de energia adicionais tornando simples e eficiente sua integração ao minicomputador. Pode ser controlada e programada usando linguagens de programação como Python. O fabricante fornece bibliotecas e módulos em linguagem Python que facilitam o controle da câmera e a captura de imagens e vídeos.

Iluminação

Deu-se a escolha de um *LED* de 10W pela necessidade de uma saída de luz intensa, com tonalidade branca, fundamental para reprodução fiel das componentes *RGB*. O controle de brilho é realizado por potenciômetro, que agindo como um regulador de intensidade luminosa, permite ajustar o *LED* de acordo com a preferência do operador. A fonte de alimentação de 12V e 3A é fundamental para o funcionamento estável do *LED*. Realizou-se também a incorporação de uma lâmina difusora na tampa para espalhamento uniforme da luz, eliminando reflexos indesejados no "vértice" dos tubos de ensaio.

Modelagem 3D do Sedígrafo

Neste projeto específico, foram desenvolvidas quatro partes distintas: a tampa, o corpo, a caixa destinada ao acomodamento da placa Raspberry Pi3®, e dentro da caixa um suporte para a PiCamera®. O material escolhido foi o *PETG* (politereftalato de etileno com glicol) preto, por sua resistência e flexibilidade. Para a impressão, configurou-se a temperatura de bico em 240 graus Celsius e temperatura da mesa aquecida em 85 graus Celsius. A impressora utilizada foi a 3DCloner®, da Indústria Schumacher® Ltda. Nas figuras 3 e 4 estão as imagens das peças impressas.

Os Programas

O primeiro programa foi desenvolvido um programa em *Python* para execução da PiCamera® e assim capturar imagens do tubo de ensaio posicionado no sedigráfico, ao longo do tempo desejado, possibilitando o acompanhamento de mudanças ou reações no tubo de ensaio, fornecendo uma série de imagens que serão posteriormente analisadas. O segundo programa, também desenvolvido em linguagem *Python*, foi concebido através da biblioteca *Matplotlib* para então realizar a análise das imagens e extrair suas componentes *RGB* de intensidade de luz com relação ao tempo, e plotá-las graficamente.

RESULTADOS

Figura 3 – Protótipo do sedígrafo, detalhe do botão de ajuste de brilho na lateral.



Fonte: Imagem do autor, 2023.

Figura 4 – Protótipo com tampa aberta, e com iluminação em funcionamento.



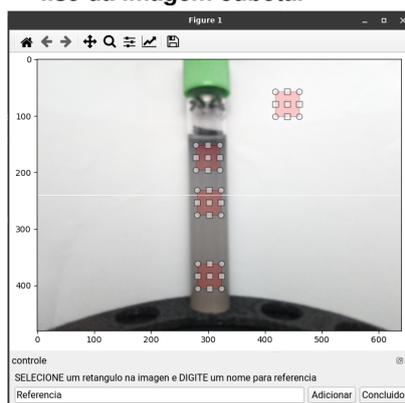
Fonte: Imagem do autor, 2023.

Com relação ao protótipo, foram realizados testes dos mais diversos, alguns revelaram-se desafiadores. Alguns deles citados anteriormente, como o reflexo causado pela iluminação do *LED*. Outros porventura ainda não foram totalmente solucionados, porém os resultados que até agora foram alcançados são extremamente animadores.

O principal teste foi um comparativo, realizado com relação ao trabalho de referência (STAUDINGER; HANGL; PETCHL, 1985), que construiu um protótipo que realizava medições através de sensores de luz. Apesar de não citá-los, pelos comportamentos acredita-se que se tratam de *LDRs*

(em inglês: fotoresistores). Seu teste foi realizado em 15 minutos, e para fins de referência repetimos o teste da mesma maneira através da análise de imagens. Em um tubo de ensaio foi posta uma solução de 10 mililitros de água com vidro em pó de medida granulométrica $45\mu\text{m}$. Após agitação da solução, realizou-se uma sequência de capturas de imagens durante 15 minutos, sendo uma foto disparada a cada segundo. Em seguida, as 900 imagens capturadas foram transferidas para outro computador onde foi realizada a análise das imagens nos pontos mostrados na figura 5:

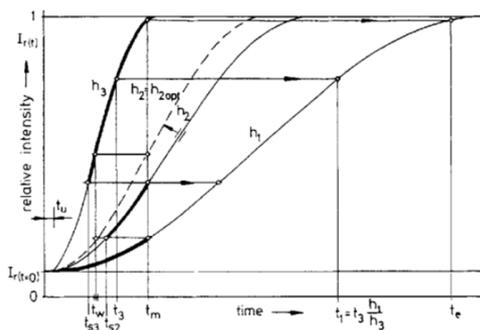
Figura 5 – Interface para selecionar as áreas de análise da imagem cubeta.



Fonte: Imagem do autor, 2023.

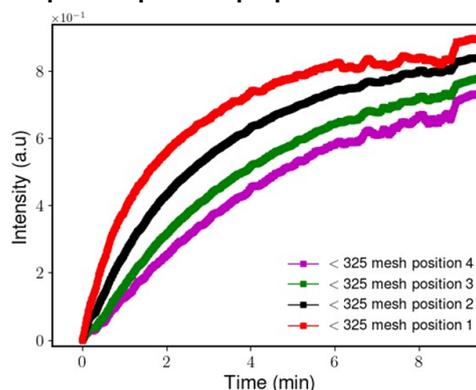
Após a análise das 900 imagens através da rotina Python, obtivemos as componentes RGB. Em seguida, plotamos as componentes no gráfico de intensidade de luz *versus* tempo, e obtivemos curvas similares as obtidas pelo trabalho de referência (STAUDINGER; HANGL; PETCHL, 1985), como observa-se nas figuras 6 e 7:

Figura 6 – Gráfico intensidade de luz versus tempo.



Fonte: Adaptado da referência (STAUDINGER; HANGL; PETCHL, 1985).

Figura 7 – Gráfico intensidade de luz versus tempo obtido pelo dispositivo proposto.



Fonte: Imagem do autor, 2023.

CONCLUSÕES

Este projeto proporcionou uma análise inicial e valiosa sobre as possibilidades futuras de medição da granulometria de partículas em suspensão em fertilizantes foliares através da análise de imagens. No entanto, é importante ressaltar que este é apenas o ponto de partida de uma pesquisa



promissora. Com estudos posteriores, planeja-se explorar ainda mais a riqueza de informações que as imagens podem fornecer.

Um próximo passo importante é a aplicação da biblioteca OpenCV (Cv2) do Python, que permitirá explorar diversas formas de obtenção de alturas pixelizadas com maior precisão. Ao converter esses dados para o sistema métrico, estaremos habilitados a utilizar a Lei de Stokes para estimar com mais exatidão o tamanho das partículas em suspensão pela sedimentação.

Assim, o projeto apresentado serve como um alicerce sólido para futuras investigações, oferecendo perspectivas interessantes e promissoras no campo da granulometria e análise de partículas. A combinação de tecnologia de imagem avançada e métodos analíticos sofisticados nos direciona para um horizonte de descobertas que podem ter um impacto significativo em diversas áreas, desde a ciência ambiental até a pesquisa industrial. À medida que aprofundamos nosso conhecimento e exploramos novos métodos, esperamos contribuir para avanços significativos nesse campo em evolução.

Agradecimentos

Agradecemos de maneira especial a empresa Agro Diferencial LTDA, que através da DIREC - Diretoria de Relações Empresariais e Comunitárias da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR - TD) foi possível a colaboração para este projeto de fundamental importância para o agricultura nacional. Estende-se nosso agradecimento especial ao Prof. Dr. Douglas José Coutinho e ao Prof. Dr. Ernesto Osvaldo Wrasse pela ajuda e pelo espaço cedido pelo Núcleo de Física da UTFPR-TD.

Disponibilidade de Código

Os códigos em questão não estão disponíveis devido à proteção das propriedades intelectuais.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

GODOY, A. C.; NAKANO, A. Y.; SIEPMANN, D. A. B.; SCHNEIDER, R.; PFRIMER, F. W. D.; SANTOS, O. O. 2018. “**Snapshots Analyses for Turbidity Measurements in Water.**” Water, Air, Soil Pollution 229 (12).

SIEPMANN, D. A. B.; SCHNEIDER, R.; NAKANO, A.Y.; PFRIMER, F. W. D.; “**Determinação de turbidez por análise estatística de imagens**”, Número do Processo: BR1020160281075

STAUDINGER, G.; HANGL, M.; PETCHL, P. “**Quick Optical Measurement of Particle Distribution in a Sedimentation Apparatus**”. Fachtagung Granulometrie, Dresden (DDR), 1985.