DETERMINAÇÃO DA DIMENSÃO FRACTAL EM IMAGENS DE CRISTALOGÊNESE VEGETAL ATRAVÉS DO MÉTODO SPA-BOX

Spadotto, A. J.[1]; Barberis, P. L.[2]; Tófole, C. A.[3]; Thomazini, M.[4]; Antunes, C. C. M.[5]

1. Pesquisador, UNESP - Botucatu; 2. Estagiária, UNESP - Botucatu; 3. Aluna, FMVZ – UNESP - Botucatu; 4 e 5. Alunos, FREA - Avaré

spadotto@surfnet.com.br

Agradecimentos

SEBRAE, IBD, FREA, Universidade de Bonn - Alemanha

ABSTRACT

Images of vegetable crystal genesis produced in the University of Bonn in Germany were analyzed. Through SPA-BOX method and the Spadotto formula, it was determined the fractals dimensions (D) of the images being verified that it was possible to characterize for that method two groups of vegetables according to the agricultural system production: a group with vegetables produced with the conventional system (D=1.410±0.014) and another one for the organic system (D=1.343±0.007).

Key words: crystals, Pfeiffer, SPA-BOX, fractals

RESUMO

Foram analisadas imagens de cristalogênese vegetal produzidas na Universidade de Bonn na Alemanha. Através do método SPA-BOX e da fórmula Spadotto, foram determinadas as dimensões fractais (D) das imagens constatando-se que foi possível caracterizar por esse método dois grupos de vegetais segundo o sistema de produção agrícola: um grupo com vegetais produzidos com o sistema convencional (D=1.410±0.014) e um outro, pelo sistema orgânico (D=1,343±0,007).

Palavras chave: cristais, Pfeiffer, SPA-BOX, fractais

1. Introdução

Com os recentes avanços da Ciência e da Tecnologia novas técnicas estão sendo aplicadas em quase todas as áreas de atividades. Dentre as inovações científicas e tecnológicas, talvez, a que mais está se expandindo é aquela conhecida como complexidade, ou seja, com aplicações de *caos* e *fractais*. Os conceitos de caos e fractais estão gerando aplicações em tecnologia de ponta, entretanto, poucos são os profissionais que estão preparados para empregá-los. Em termos práticos, existem alguns poucos métodos para se determinar a dimensão fractal, sendo que dois destes foram

desenvolvidos pelo Dr. Anselmo José Spadotto: o MC-D para determinar a dimensão fractal em 3D, e o SPA-BOX para determinar a dimensão fractal em 2D e 1D.

A cristalogênese é um método para produzir imagens (cristais) de substâncias cristalizáveis como extrato vegetal, sangue, leite, dentre outros materiais, sendo que estas imagens têm padrões estruturais que podem caracterizar as substâncias que as originaram. Foi o pesquisador alemão *Pfeiffer, M.* quem na década de 30 divulgou esse método que ganhou muitos adeptos no mundo todo. Entretanto, a interpretação visual de sistemas complexos necessitava de muita experiência prática para se chegar a resultados satisfatórios em termos científicos, sendo que muito poucos pesquisadores atingiam esse ponto de eficiência. Atualmente, existem no mundo alguns poucos centros que trabalham com essa linha de pesquisa, destacando-se a Universidade de Bonn na Alemanha e o projeto *Fractal Food* que é coordenado pelo Dr. Spadotto, sendo que este foi o pioneiro na associação de cristalogênese com dimensão fractal.

A cristalização como um fenômeno que ocorre com os sais pela adição de substâncias em solução já foi estudada em 1783 por Romé de Lisle. Groth (1906) foi quem primeiramente referiu-se à grande tendência à ramificação e encurvamento das agulhas cristalinas de cloreto de cobre, a partir de cristais obtidos em soluções ácidas.

O primeiro trabalho objetivando empregar cloreto de cobre para caracterizar soluções e detectar propriedades utilizáveis, especialmente para o diagnóstico de moléstias, foi realizado por Pfeiffer (1930).

Morris & Morris (1941) procuraram detectar a natureza de substâncias presentes com o glicogênio na preparação a partir de milho doce e cujo efeito se fazia notar nos modelos de cristalização.

Trabalhando com plantas, Kruger (1949) estudou a influência da hora da coleta do material sobre o modelo de cristalização. Constatou uma decrescente clareza da configuração geral do modelo à medida que a coleta se fazia cada vez mais tarde.

Kleber & Harturg (1959) estudaram com muito detalhe a cristalização do cloreto de cobre a partir de soluções aquosas, na presença de diferentes companheiros de soluções.

Mandelbrot (1982), no seu livro que é base para a compreensão dos fractais, apresenta-os com as seguintes características fundamentais: auto-similaridade, mesma dimensão em qualquer escala e lacunaridade, sendo que esta última corresponde às irregularidades nas formas.

Paumgartner et al. (1981) que compararam superfície e volume de membranas celular com dimensão fractal, encontrando os sugestivos resultados: membrana mitocondrial externa D=1,09 no corte transversal e D=2,09 no espaço, membrana mitocondrial interna D=1,54 no corte transversal e D=2,54 no espaço, e retículo endoplasmático D=1,72 no corte transversal e D=2,72 no espaço. Além dessas observações, os autores relacionaram a dimensão fractal obtida em corte transversal ou área (D_2) com a dimensão fractal obtida no espaço ou volume (D_3) na seguinte equação $D_3 = D_2 + 1$.

Keough et al. (1991), já com técnicas computadorizadas mais aprimoradas, digitalizaram os perímetros de superfícies das membranas de diferentes tipos de células, para descobrir se através de micrográficos eletrônicos se poderia descrever o perímetro pela dimensão fractal. Os valores de D variaram entre 1,02 a 1,34, sendo os valores de D independentes da magnitude de escala, e são idênticos para células de tipos idênticos.

Spadotto et al. (1997) mostraram que a fórmula Spadotto ($D = \log(V_2) / \log(\sqrt[b]{M})$) pode ser usada com segurança para determinar as dimensões inteiras e fractais, com base em 1D, 2D e 3D. No caso de trabalhos relacionados com o Box-counting ou com o SPA-BOX, esta mesma fórmula mostrou-se eficiente Spadotto & Seraphim (1998).

2. Objetivo

O objetivo deste trabalho foi o de identificar pela dimensão fractal e através do SPA-BOX imagens de cristalogênese vegetal, relacionando com sistemas de produção.

3. Materiais e Métodos

Foram tomadas 08 imagens de cristalogênese vegetal produzidas na Universidade de Bonn da Alemanha, dentro das atividades do projeto *Fractal Food*. Dessas 08 imagens, 04 foram de plantas produzidas pelo processo convencional de agricultura e 04 foram produzidas pelo sistema orgânico.

O método empregado para as determinações de dimensões fractais foi o SPA-BOX, com as imagens sendo inseridas numa malha de 2mm em 100% da imagem original, sendo que a aplicação da fórmula Spadotto para referência 2D (\(D = \log V_2 / \log \sqrt{M}\)) completou as determinações. Foram feitas 04 repetições para cada inserção.

4. Resultados e Discussão

Quadro 1:

Dimensões fractais médias (D) de imagens de cristalogênese vegetal obtidas.

Sistemas de Produção	D	N
Convencional	1,410 ± 0,014*	4
Orgânico	1,343 ± 0,007*	4

*Desvio Padrão da Média

A interpretação das imagens de cristalogênese, conforme as pesquisas iniciais, foram feitas sem a inclusão do fator dimensão fractal, sendo evidenciado por Groth (1906), Pfeiffer (1930), Morris & Morris (1941), Kruger (1949) e Kleber & Harturg (1959) e esta metodologia se perpetuou até recente data. As primeiras análises dimensionais com dimensão fractal e cristalogênese, foram feitas no Brasil dentro do projeto *Fractal Food* pelo Dr. Spadotto.

Os resultados de dimensão fractal encontrados neste atual trabalho estão de acordo com as outras determinações de estruturas semelhantes em 2D, conforme apresentado por Mandelbrot (1982) na definição de fractais, Paumgartner et al. (1981) e Keough et al. (1991) com membranas celulares. Já a resolução apresentada por Spadotto et al. (1997),

mostra que os resultados de análises em 2D com o SPA-BOX ou com o Box-counting para os modelos de ajustes e para os trabalhos anteriores, mostraram que os resultados caracterizam estruturas semelhantes pela dimensão fractal. Os resultados apresentados no Quadro 1 mostram, pela dimensão fractal, a distinção entre os dois grupos de vegetais produzidos por sistemas diferentes, o convencional e o orgânico, sendo os resultados coerentes com a literatura especializada, conforme mostrado no item "Introdução".

5. Conclusões

Foi possível identificar pela dimensão fractal e através do SPA-BOX imagens de cristalogênese vegetal de plantas produzidas pelo sistema convencional e pelo sistema convencional e pelo sistema orgânico.

Ilustrações: As Figuras abaixo são exemplos de cristalogêneses.

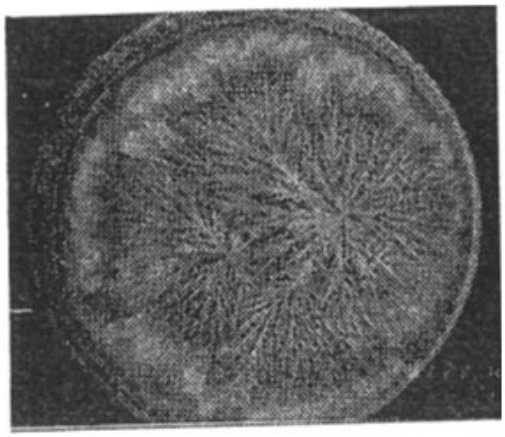


Figura 1

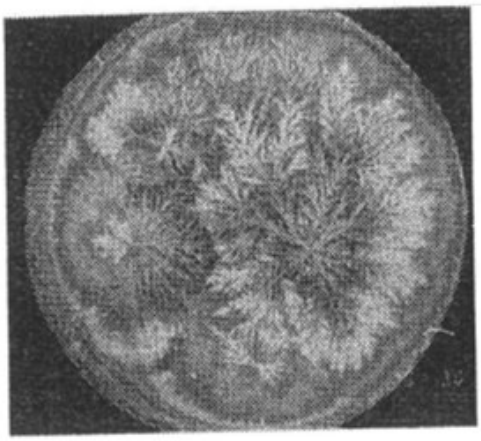


Figura 2

6. Referências

GROTH, P. *Chemische Krystallographie*. Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann. 1906. 626p.

KEOUGH, K. M. W.; HYAM, P.; PINK, D. A.; QUINN, B. Cell surfaces and fractal dimensions. *J. Microscopy*, v. 163, p. 95-99, 1991.

KLEBER, W. & HARTURNG, U. S. *Ein Beitrag zur Kristallisation von Kupfer (II) — Zeitschrift für Kristallographie*, Frankfurt. 1959. 234p.

KRÜGER, H. Tagezeiten-Rhytmen bei Pflanzen. *Weleda-Nachrichten*, v. 22, p. 8-11, 1949.

MANDELBROT, B. B. *The Fractal Geometry of Nature*. W. H. Freeman, San Francisco. 1982. 468p.

MORRIS, D. L. & MORRIS, C. T. Specific effects of certain tissue extracts on the crystallization pattern of cupric chloride. *Journal of Physical Chemistry*, v. 43, p. 623-629, 1938.

PAUMGARTNER, D.; LOSA, G.; WEIBEL, E. R. Resolution effect on stereological estimation of surface and volume and its interpretation in terms of fractal dimensions. *J. Microscopy*, v. 121, p. 51-63, 1981.

PFEIFFER, E. *Kristalle*. Verlag. Stuttgart. 1930. 81p.

SPADOTTO, A. J.; GUERRINI, IVAN A.; REZENDE, M. A.; MIRANDA, J. R. Practical methods for determination of fractal dimension in porous material. In: *WORD CONGRESS ON MEDICAL PHYSICS AND BIOMEDICAL ENGINEERING*, 1997, Nice-French Riviera, Anais..., Nice-French Riviera, 1997.

SPADOTTO, A J & SERAPHIM, O J. Determinação da dimensão fractal pela Fórmula Spadotto e pelo MC-D. *Energia na Agricultura*. v. 12, n. 4, p. 24-31, 1998.

Spadotto, A. J., Barberis, P. L., Tófole, C. A., Thomazini, M., & Antunes, C. C. M. (2000). Determinação da dimensão fractal em imagens de cristalogênese vegetal através do método SPA-BOX. In *Anais do II Simpósio Nacional de Instrumentação Agropecuária (II SIAGRO)* (pp. 107–110). São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 1998.