

Cristalogênese: uma atualização técnica do método

Spadotto, Anselmo José¹; Harkaly, Alexandre²; Mendoza, Eduardo³; Bertalot-Bay, Marco⁴; Pimenta, Sérgio⁵

1 UNESP; 2 IBD - Instituto Biodinâmico; 3. ELO – Instituto Elo; 4. ELO – Instituto Elo; 5. ELO – Instituto Elo

ABSTRACT

Crystal genesis: a technical atualization of the method

This work presents the integration of the initials techniques of crystals' generation with modern methods of images' analyses in two dimensions, looking for a basic reference material for future works.

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

RESUMO

Este trabalho apresenta a integração das técnicas iniciais de geração de cristais (cristalogênese) com modernos métodos de análises de imagens em duas dimensões, objetivando colocar à disposição dos pesquisadores um material de fácil consulta para trabalhos futuros.

Palavras-chave: *cristais, Pfeiffer, SPA-BOX, fractals.*

1. INTRODUÇÃO

Embora pouco conhecida, mesmo em outros lugares do mundo, a técnica da cristalogênese tem mostrado resultados interessantes durante muito tempo. Atualmente, as recentes descobertas científicas têm permitido novos avanços que poderão integrar essa técnica.

A gênese dos cristais é uma função das condições iniciais do sistema e, nesse sentido, as estruturas cristalinas formadas podem representar ou caracterizar os materiais formadores. A partir desse ponto, alguns estudos emergiram ainda no século XVII empregando a simples evaporação de substâncias típicas ou de combinações de substâncias, onde, na maioria das vezes o solvente era o elemento que seria acionado a cristalizar. O cloreto de cobre foi considerado, e ainda o é, como um solvente próprio para o estudo de muitas outras substâncias, tanto de origem vegetal como animal. Dentre os sais que têm sido estudados para serem empregados na cristalogênese podemos citar o cloreto de cobre (II) ($\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) que mostrou-se o mais versátil por produzir uma gama bastante grande de formas quando misturado com diferentes soluções. Soluções de mesma composição produzem os mesmos padrões (antigamente chamados de hábitos) de cristais, permitindo que os experimentos sejam reproduzíveis.

Os primeiros trabalhos relacionando caos e fractais com cristalogênese empregando a fórmula Spadotto estão sendo realizados pelo Dr. Spadotto, dentro do projeto *Fractal Food*.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi o de colocar à disposição dos pesquisadores uma atualização do método de cristalogênese com a Teoria do Caos e dos Fractais.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Este item foi desenvolvido a partir da análise da evolução do método de cristalogênese.

O denominado “Método de Pfeiffer” (Pfeiffer, 1930) foi utilizado para os primeiros trabalhos com cristalogênese. Foi esse pesquisador quem testou e concluiu que o cloreto de cobre em solução era o melhor para esse tipo de trabalho, sendo atualmente o mais recomendado para aplicações com materiais biológicos. No início a cristalogênese com cloreto de cobre foi empregada em trabalhos com solução aquosa de sangue para o diagnóstico de moléstias. A proposta fundamental de Pfeiffer foi aperfeiçoada e, atualmente, é usada muito favoravelmente em plantas em alguns laboratórios na Europa.

Trumpp & Rascher (1936) ao empregarem a cristalogênese seguiram a linha de Pfeiffer, reafirmando a confiança no antecessor e, nesse período, surgiu o termo, que ainda é empregado, “diagnose por cristalização”. A tônica inicial foi o diagnóstico de doenças de animais e seres humanos com a análise de sangue, mas, seguiram-se com igual importância os trabalhos com extratos vegetais. Para vegetais, esses autores notaram a influência da adubação nos padrões de cristalogênese e nas pesquisas com hormônios obtidos da hipófise total e de lóbulos anterior e posterior, tiroxina, insulina, adrenalina, androsterona, extrato de ovário, os resultados foram variáveis. Concluíram que com exceção do androsterona, cada um dos hormônios promove distintas cristalizações do cloreto de cobre, o que o resultado mais surpreendente foi obtido com o hormônio da hipófise. Citam também esses autores, a possibilidade de detectar gravidez com a cristalogênese de urina, sendo que método semelhante é empregado atualmente.

O estudo do câncer obteve resultados muito interessantes com os trabalhos de Pfeiffer, Trumpp e Rascher, conforme foi relatado por Trumpp & Rascher (1936). Com a finalidade de diagnóstico, estudaram organismos animais e humanos com o emprego de amostras de sangue de vários órgãos identificando padrões de cristalizações que foram denominadas de *transversais*.

Os estudos com plantas atacadas por patógenos foram reforçados em um trabalho publicado na Inglaterra por Pfeiffer (1940). Ele estudou a ação de fungos em diferentes órgãos de plantas comparando com plantas sãs. Observou a formação de números diferentes de centros de cristalização, bem como o comprimento das agulhas.

Dentre as dificuldades encontradas nas análises das placas de cristalogênese, algumas foram resolvidas ainda em 1940. Cruner (1940) introduziu a luz polarizada no exame das placas de cristalogênese mostrando que esse instrumento pode melhorar o diagnóstico dos cristais, mostrando como média de 94% de acertos em diagnóstico de câncer. Já em Krebs (1947), o índice de acertos foi menor. Para 110 casos de carcinoma (100%), 78% foram positivos, 14% foram duvidosos e 8% negativos.

Morris & Morris (1941) observaram que pequenas quantidades de proteínas podem afetar a cristalização a partir de polissacarídeos. O efeito da proteína depende mais intimamente da quantidade do que da sua relação com polissacarídeos.

Jung (1952) testou 11 sais como reagentes em cristalogênese de sangue animal. Empregou sulfato de potássio, sulfato de sódio, sulfato de magnésio e sulfato de amônio, cloreto de potássio, cloreto de sódio e cloreto de ferro, nitratos de potássio e nitratos de sódio, alume de potássio e oxalato de amônio. Os resultados foram infrutíferos, sendo que o autor relacionou a esse insucesso as variações de pH no processo de cristalização.

Entretanto, os estudos mais completos sobre cristalogênese com cloreto de cobre vieram somente treze anos mais tarde. Dana & Dana (1953) descreveram com mais detalhes as estruturas cristalinas relacionando com os minerais envolvidos na solução. Nesse período, já estava difundido entre os pesquisadores o termo "hábito de cristalização", que ainda é encontrado em muitos trabalhos atuais, referindo-se às propriedades de certos solventes em formar cristais após a desidratação da solução.

Além do pH, a natureza do meio pode influenciar na cristalização e, nesse sentido, Philipsborn (1955) esclarece que um meio coloidal deve ser considerado no processo de cristalogênese.

Kleber & Hartung (1959) validaram a produção de cristais para a cristalogênese por resfriamento além do aquecimento, em trabalhos que duravam de 4 a 8 dias.

Dos trabalhos básicos citados anteriormente e das técnicas ainda empregadas para a interpretação das imagens, pode-se resumir que as análises se baseiam em: cor, curvatura das agulhas, número de núcleos, ângulos das agulhas, formas típicas, densidade estrutural por área, comprimento das agulhas, dentre outros. Entretanto, em Leonhardt (1954) já é observado que o problema na interpretação das formas é uma questão de geometria.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este item propõe uma atualização do método de cristalogênese.

Quanto mais versátil for um solvente, ou seja, quanto maior for a sua capacidade em formar cristais diferentes em presença de outras substâncias, mais interessante esse seria para a cristalogênese. A variabilidade de hábito, portanto, refere-se e está diretamente relacionada a capacidade de uma substância em revelar o seu "companheiro", sendo que isso é apregoado ainda hoje como foi relatado por Pfeiffer (1930) trabalhando com cloreto de cobre.

Basicamente a cristalogênese pode ser considerada como uma técnica de diagnóstico (Trumpp & Rascher, 1936). Os pesquisadores que trabalham com esse método buscam, primeiramente, identificar estruturas e processos através das formas de cristais, sendo que isso corresponde a transferência de informações entre sistemas, conforme é aplicado dentro do projeto *Fractal Food*. Entretanto, conforme estes mesmos autores, nem todas as substâncias podem ser analisadas, devendo ser aperfeiçoada a cristalogênese.

Trumpp & Rascher (1936) e Pfeiffer (1940) citam algumas estruturas que são normalmente analisadas em imagens de cristalogênese, como as cristalizações transversais, números de centros e comprimentos das agulhas. Embora empíricos, elementos de análise como esses são de extrema valia e ainda são largamente empregados apesar das novas tecnologias recentemente incorporadas à cristalogênese.

Na prática, as estruturas cristalinas formadas na cristalogênese podem formar verdadeiros sistemas complexos estruturais. Assim, para facilitar a análise final, a luz polarizada, Cruner (1940), permite uma observação mais real das estruturas cristalinas, principalmente quando as formas são mais evidenciadas em três dimensões.

Das pesquisas dos anos 40 até a presente data, a percentagem de acertos de diagnósticos de cristalogênese melhorou significativamente. Embora métodos como o SPA-BOX trabalhe com erros experimentais não superiores a 2%, o diagnóstico conforme proposto por Cruner (1940) e Krebs (1947), trabalhando com índices de acerto de 94% e 78% ainda são bem aceitos. Nesse sentido, a inclusão do SPA-BOX é muito interessante.

Tanto a qualidade como a quantidade são passíveis de serem analisadas pela cristalogênese. No caso de proteínas, a quantidade é o fator preponderante segundo Morris & Morris (1941), mas isso não deve ser tomado como regra geral. Casos específicos devem ser estudados, pois, a possibilidade de identificação de dosagens de componentes em colóides é um teste muito importante para a indústria química, mesmo que seja um teste para correr paralelo a outros de rotina.

O pH como parâmetro na cristalogênese é considerado atualmente como o foi em Jung (1952) e Philipsborn (1955). O sistema coloidal é um sistema caos-fractal, portanto, sujeito a pequenas alterações nas condições iniciais, e isso, por si só, mostra que não somente o pH durante o processo é importante, como também o pH inicial.

Termos antigos como “hábito de cristalização” como foi sedimentado por Dana & Dana (1953) ainda são empregados, mas, com a inclusão dos fractais em cristalogênese outros termos poderão surgir.

Em termos químicos, uma solução própria para a cristalogênese é uma solução na qual ocorre grande dispersão de uma substância. O termo coloidal conforme foi adotado por Philipsborn (1955) ainda continua sendo empregado.

É possível obter-se a desidratação por resfriamento além do aquecimento, sendo isso já abordado por Kleber & Hartung (1959). Atualmente, a liofilização (abaixamento da temperatura a -30°C com a ação de uma bomba de vácuo) é um meio rápido de trabalho cujos resultados podem ser obtidos em menos de 24 horas, diferentemente de 4 a 8 dias do final dos anos 50. Entretanto, um cuidado deve ser tomado quanto a natureza das ligações químicas das substâncias: ligações fortes como as de Pontes de Hidrogênio podem apresentar elasticidade imprópria à liofilização.

Elementos de análises como cor, curvatura das agulhas, número de núcleos, ângulos das agulhas, formas típicas, densidade estrutural por área, comprimento das agulhas, dentre outros, são comuns nas referências dos trabalhos com cristalogênese, entretanto, conforme Leonhardt (1954) a compreensão da geometria parece ser um ponto fundamental. Os trabalhos pioneiros com geometria fractal e cristalogênese que estão sendo executados dentro do projeto *Fractal Food* pelo Dr. Anselmo José Spadotto, e divergem da geometria euclidiana proposta por Leonhardt e outros, pois aplicam a geometria fractal através a Fórmula Spadotto e do método prático SPA-BOX (Spadotto *et al.*, 1998 a, b).

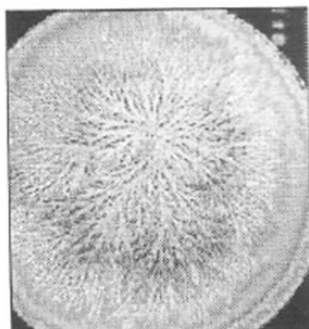


Figura 1: Cristalogênese com 1 núcleo.

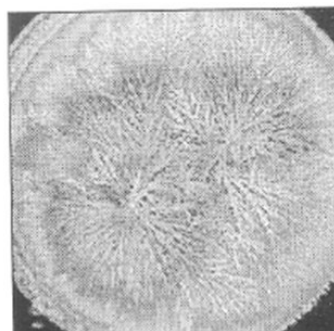


Figura 3: Cristalogênese com 3 núcleos

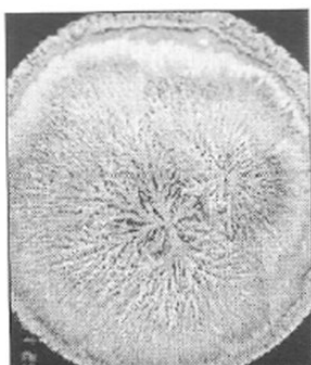


Figura 2: Cristalogênese com 2 núcleos

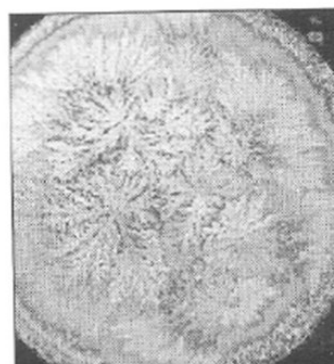


Figura 4: Cristalogênese polinuclear

5. CONCLUSÕES

Com a adoção de novas tecnologias como a geradas pela Teoria do Caos e dos Fractais e o SPA-BOX, a cristalogênese poderá fornecer interessantes subsídios à ciência e à tecnologia.

6. REFERÊNCIAS

CRUNER, O. C. Experience with the Pfeiffer Crystallization method for the diagnosis of cancer. *The Canadian Medical Association Journal*. v. 43, p. 99-106, 1940.

DANA, J. D. & DANA, E. S. *The System of Mineralogy*. John Wiley and Sons, Inc. New York. 1953. 1124 p.

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

JUNG, H. Beiträge zur kristallographischen blutuntersuchung. *Die Pharmazie*. v. 10, p. 628-639. 1952.

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

KREBS, W. Ein beitrage zur kristallographischen Karzinon-Diagnostik nach Pfeiffer. *Helvet. Chir. Acta*. nº 2, p. 232-239. 1947.

LEONHARDT J. Zum Keimbildungsproblem bei Strahlungskristallisaten und gedrillten kristallen. *Min. Und Petrog. Mit.* v. 4, p. 382-385. 1954.

MORRIS, D. L. & MORRIS, C. T. The modification of cupric chloride crystallisation patterns by traces of proteins. *The Journal of Biological Chemistry*. v. 141, p. 515-521. 1941.

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

PFEIFFER, E. Sensitive Crystallization. *Chemical Products and Chemical News*. n. 3, p. 21-25. 1940.

PHILIPSBORN, H. V. Biocristallographie. *Bulletin de la Société Française de Mineralogie et de Cristallographie*. n. 88, p. 267-274. 1955.

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, 1998a.

SPADOTTO, A. J.; GONÇALVES, H. C.; GUERRINI, I. A.; RAMOS, P. R. R.; CHAVES JR., J. C. Aplicação do SPA-BOX para determinação de hemoglobina. In: XXXV REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1998. Botucatu, *Anais...*, Botucatu, 1998b.

TRUMPP J. & RASCHER, S. Nachprüfung der Pfeiffer'schen Angaben über die Möglichkeit einer Kristallographischen diagnostik. *Münchener Medizinische Wochenschrift*. n. 83, p. 1048-1051. 1936.

Agradecimentos: IBD, FREA-FCLA, ZAZ - Botucatu, Universidade de Bonn - Alemanha.

Originalmente publicado em:

SPADOTTO, A. J.; HARKALY, A.; MENDOZA, E.; BERTALOT, M.; PIMENTA, S. C. Cristalogênese: Uma atualização técnica do método. *Agricultura Biodinâmica*, Botucatu, v. 82, p. 4-7, 1999.