

EXPOSIÇÃO

02
27

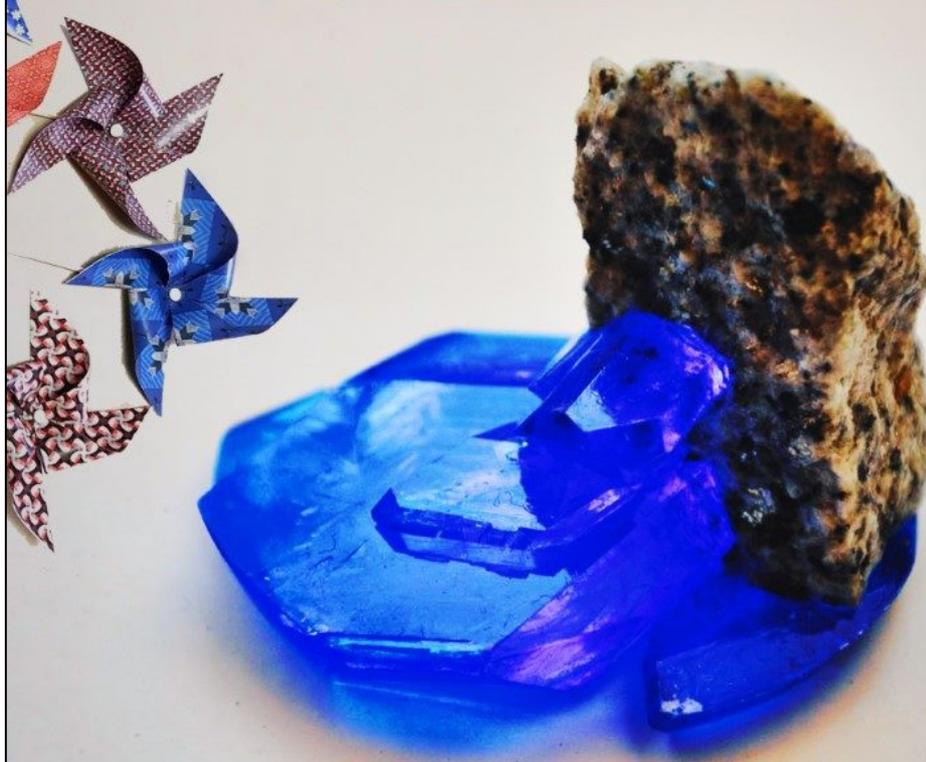
NOVEMBRO
— 2020 —

QUÍMICA, ARTE E CRISTAIS

de Clementina Teixeira

ONLINE EM

www.cm-penamacor.pt



BIBLIOTECA MUNICIPAL
DE PENAMACOR
Tel.: 277 394 931
biblioteca@cm-penamacor.pt





A minha formação de base como Engenheira Química da FEUP (1974) levou-me a querer fazer coisas de utilidade imediata para a sociedade. Esse pensamento esteve sempre presente ao longo do meu trajecto profissional, iniciado em 1973, ainda como estudante da FEUP e bolseira da Sonae. O meu percurso como docente desta Faculdade terminou em 1980, quando ingressei no IST, trocando a Engenharia pela Química, área em que me doutorei em 1986. Desisti da docência em 2012, data da aposentação, mas continuei o mesmo trajecto como colaboradora, dedicando-me à divulgação da Ciência. Posso dizer que encontrei o meu caminho ao especializar-me em Química: a sua vertente Inorgânica, mais ligada à Geologia e à Química da Água deslumbram-me pela sua potencial ligação à Arte. A estética dos cristais que faço crescer e das reacções que observo à lupa estereoscópica fazem-me sonhar e partilhar esse sonho convosco. Talvez assim possa contribuir para ajudar os jovens a encontrarem mais cedo a sua vocação.

Exposição “Química, Arte e Cristais” na Biblioteca Municipal de Penamacor

Clementina Teixeira

Centro de Química Estrutural e

Departamento de Engenharia Química,

Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa,

Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa.



1. Padrões decorativos com cristais: a Química ligada ao Design e à Arte.

Diversos padrões decorativos foram criados para impressão em papel, têxteis e acrílicos, seguindo a estratégia do projeto de microscopia, “**Artesãos do Século XXI**”, numa exposição realizada na Biblioteca Municipal de Penamacor em 2009, financiada pela Ciência Viva [1], em colaboração com o Centro de Química Estrutural do Instituto Superior Técnico. Esta exposição ainda continua a circular pelas escolas, embora se encontre numa fase mais restrita de divulgação nas redes sociais, devido à fase de pandemia que atravessamos. De facto, inclui actividades que implicam a utilização de microscópios e lupas estereoscópicas que teriam manifestamente problemas de manutenção para evitar o contágio entre os seus utilizadores [2, 3]. Um outro projeto que costuma ser apresentado em conjunto, centra-se no crescimento de **cristais químicos** em laboratório, criando pequenas **esculturas** de cristais em rochas, minerais e conchas, todas com superfícies rugosas que estimulam o crescimento a partir de soluções aquosas muito concentradas (sobressaturadas), deixadas arrefecer, lentamente, em repouso. Este método laboratorial de Química é conhecido como **Cristais “On the Rocks”** e foi criado em 1993 [4], imitando, em parte, o crescimento de cristais na Natureza. Os dois projectos foram presentemente englobados num único que aposta na estética da Química e das Ciências em geral, e que também passou a ligar-se à Arte e ao Design de artistas consagrados como é o caso dos pintores do realismo contemporâneo, Jacob Christina Poen de Wijs (1948-2014, a título póstumo), Jantina Peperkamp e ainda Duma Arantes [5-7]. Nesta pequena exposição virtual, apenas vos posso oferecer as imagens dessas “esculturas” e para isso escolhi o melhor composto da coleção, o mais conhecido, colorido e fácil de cristalizar, o **sulfato de cobre pentahidratado** ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), que muitos por aqui conhecem, já que é utilizado para sulfatar as vinhas como fungicida. Os cristais deste sal hidratado podem crescer em qualquer superfície rugosa e também em cristalizador ou placa de Petri sem qualquer suporte, ficando então com um aspecto de lâminas, a que chamamos **cristais de hábito tabular**. Com o tempo este composto perde parte das suas águas de hidratação e fica opaco, sem brilho e com um tom azul acinzentado mais claro. No entanto, no seu interior, a composição química

é a mesma. A visualização à lupa estereoscópica (de 8x a 126x) é espectacular, mas um pouco intrigante, já que em lâminas finas, achatadas (diz-se de hábito tabular), ficam com um tom esverdeado. Nas figuras seguintes podemos observar alguns destes cristais que ficaram lá longe, no Instituto Superior Técnico, e também numa exposição do Centro Ciência Viva de Estremoz, os Cristais Artificiais.



Figura 1 – Sulfato de cobre pentahidratado em placa de Petri. Cristais de cultura obtidos em laboratório por evaporação isotérmica (a temperatura baixa, constante, até 5-7°C) e em repouso. Os poliedros que podem formar, classificados em relação à sua simetria, pertencem ao sistema triclínico.

Na Fig. 2, os cristais foram observados e fotografados à lupa estereoscópica (fotomicrografias). Na Fig. 3, cresceram num Múrice, e foram conservados numa caixa, ao abrigo do pó e humidade. A coloração verde da concha resulta de uma reação entre a solução do sulfato que é ácida, com o carbonato de cálcio da concha, originando outro composto de cor verde, um carbonato básico de cobre [8]. Na Fig. 4, os cristais já velhinhos (preparados em 2003), cristalizados numa rocha vulcânica, parecem baços, pois perderam a água de hidratação (Centro Ciência Viva de Estremoz, Fig.5). Este fenómeno designa-se por eflorescência e pode ser minimizado por aplicação de verniz de unhas transparente nos cristais, ou pincelando-os cuidadosamente com água gelada para remover a camada desidratada. Foram ampliados à lupa estereoscópica e a fotomicrografia pode ser vista na mesma figura.

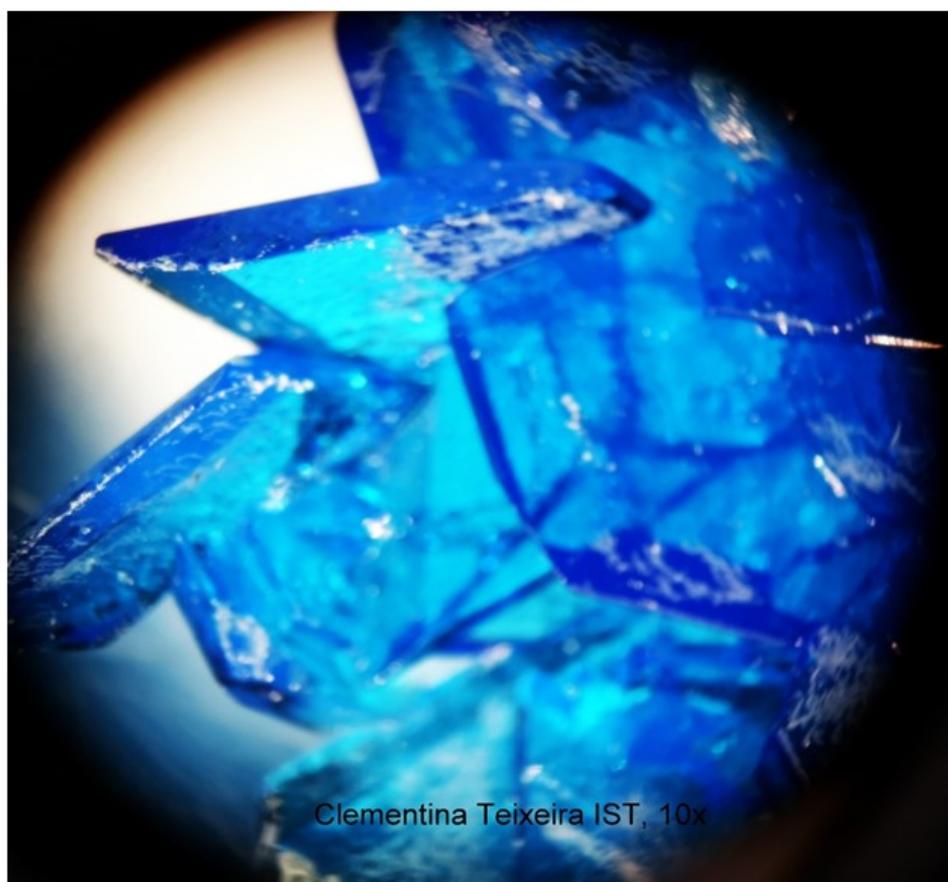
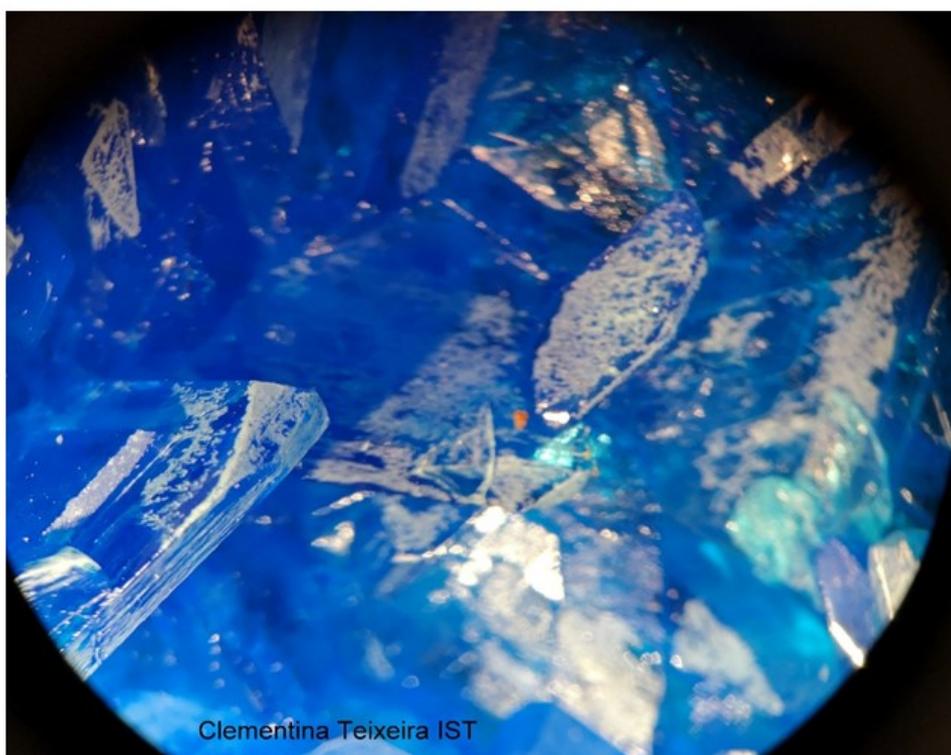


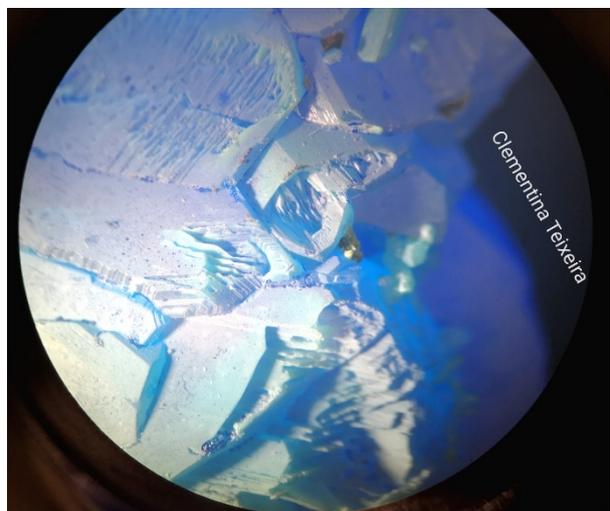
Figura 2 – Sulfato de cobre pentahidratado em placa de Petri, observados à lupa estereoscópica, 10x.



Figura 3 – $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ cristalizado numa concha de Múrice, a qual é atacada pela solução, ficando esta com uma cor esverdeada. Os cristais têm mais de 20 anos, e foram guardados numa caixa, ao abrigo do pó, humidade e luz. Coleção de cristais de cultura “On the Rocks”.



Figura 4 – $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ cristalizado em rocha vulcânica, já parcialmente desidratado. Em baixo, ampliação destes cristais à lupa estereoscópica, 20x.



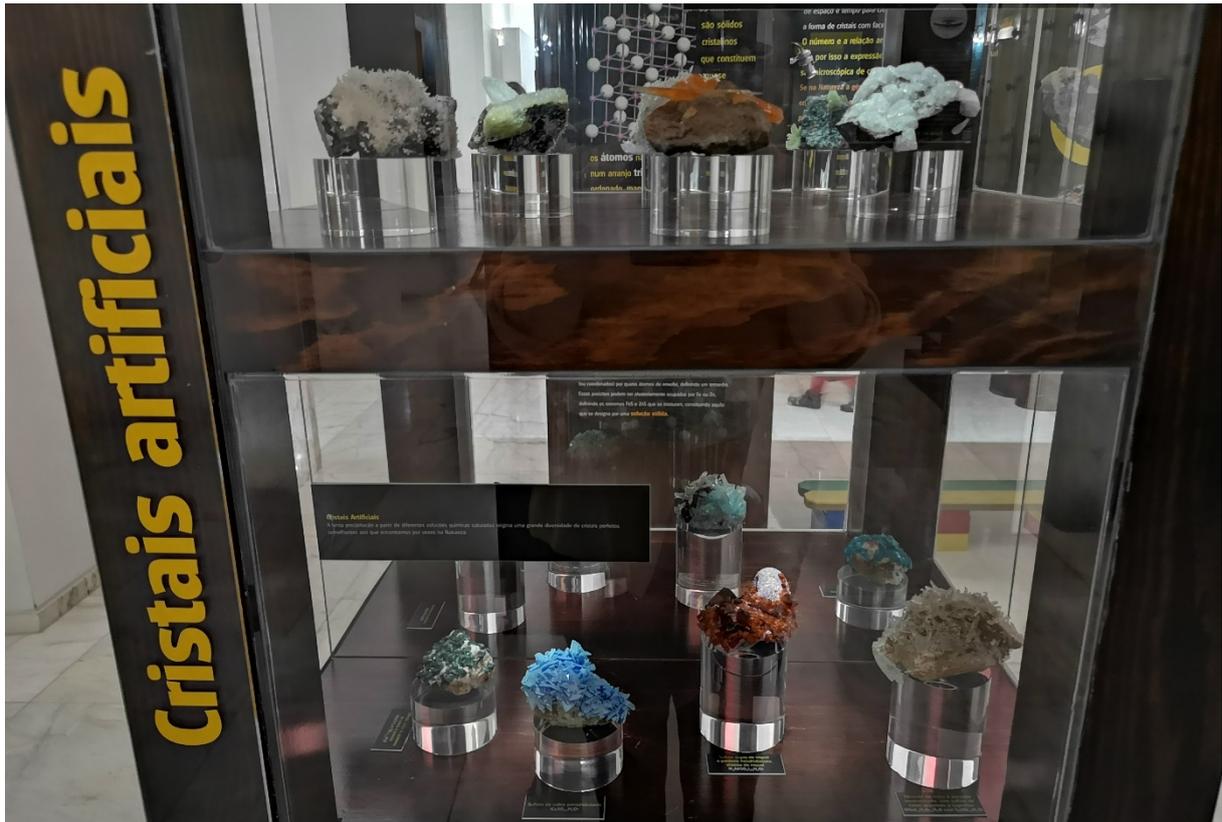


Figura 5 – Amostras preparadas por mim e pela minha equipa em 2003 estão em exibição no Centro Ciência Viva de Estremoz desde a sua abertura em 2005. Na prateleira de baixo, vê-se a amostra da Fig.4.

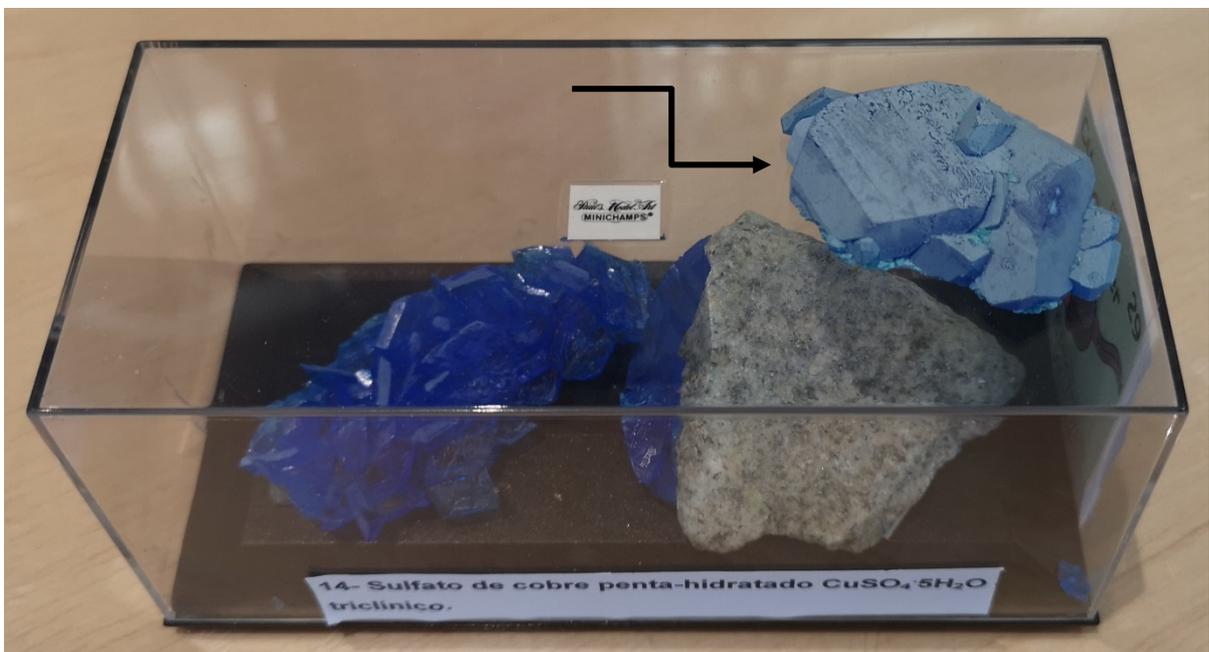


Figura 6 – O sulfato de cobre pentahidratado cristaliza em qualquer suporte. Em cima, do lado direito, uma amostra de um agregado de cristais sem qualquer suporte, com 20 anos, assinalada com a seta, com o composto já desidratado à superfície, amostra que foi observada à lupa, com os resultados na Fig. 7.

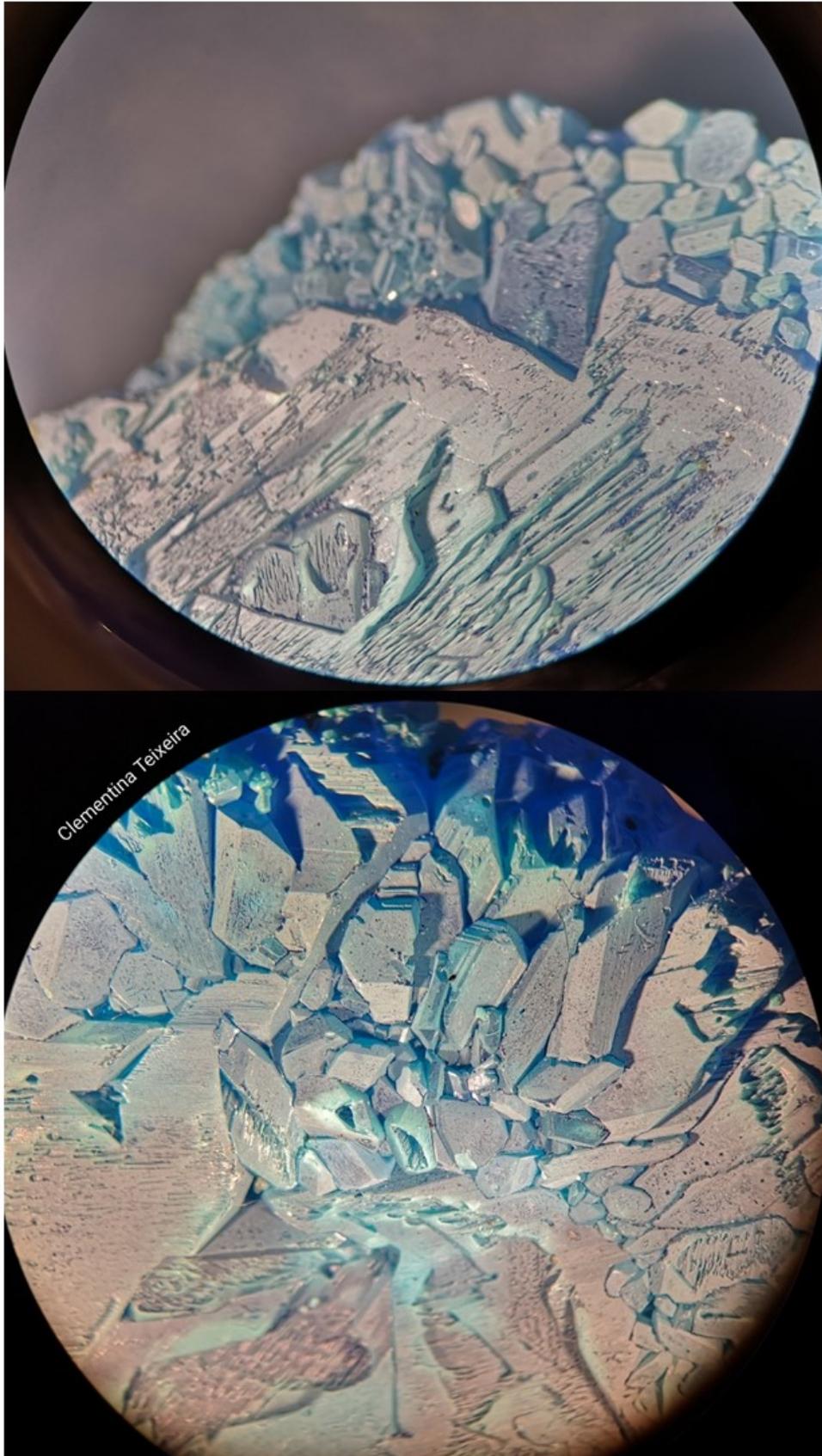


Figura 7 – $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, cristais eflorescentes, lupa estereoscópica, 20x, exemplar da Fig. 6.

Uma amostra já desidratada pode ser vista na Fig. 6, um agregado de grandes cristais já parcialmente desidratados, formados durante a preparação dos cristais “On the Rocks”: existem sempre alguns que crescem fora do suporte rugoso. As fotomicrografias desta amostra podem ser vistas na Fig. 7, e foram obtidas com um telemóvel com câmara fotográfica de boa qualidade, encostado à ocular da lupa estereoscópica. O ideal seria ter uma câmara acoplada à ocular, ou uma lupa estereoscópica trinocular, como se mostra na Fig.8. Esse equipamento foi usado no meu projecto, mas já está muito obsoleto. Os melhores resultados têm sido mesmo conseguidos com telemóveis (ie, LG®, Huawei®). Na Fig.9, mais experiências de observação à lupa estereoscópica, no Agrupamento de Escolas de Ribeiro Sanches, no decorrer de vários projectos Ciência Viva, que envolveram toda a comunidade escolar de Penamacor e a Biblioteca Municipal.



Figura 8 – Na Biblioteca Municipal de Penamacor, durante as actividades experimentais de Química na Kulturlândia, em Julho de 2008. Nesta figura vê-se uma lupa estereoscópica trinocular, com câmara de vídeo, colocada na vertical, ligada a um monitor (Sony®), não observável na imagem. Durante estas actividades também tirámos muitas fotos e filmámos com câmaras digitais encostadas à ocular. Também se podem observar aqui duas lupas estereoscópicas mais simples, do Agrupamento de Escolas de Ribeiro Sanches, assinaladas com setas. Os equipamentos mais caros, como é o caso da lupa Nikon®, exigem maior supervisão quando usados pelos visitantes. No entanto, as lupas escolares também permitem obter fotomicrografias bastante razoáveis.



Figura 9 – Observação à lupa estereoscópica nas actividades de projectos Ciência Viva no Agrupamento de Escolas Ribeiro Sanches, Penamacor em 2008 e 2009. Ao pé da janela, em cima, cristais “On the Rocks” e redes cristalinas rigorosas dos cristais, modelos miniatura BeEVERS® (hoje, Miramodus Molecular Models®). Lupas estereoscópicas binoculares de base diascópica em uso.

A par do método “On the Rocks” também tenho inserido no meu projeto o crescimento de cristais sem qualquer suporte, em recipientes designados por placas de Petri e em cristalizadores, Fig. 10. Nestas condições a evaporação em repouso é privilegiada, pode implicar a utilização de um frigorífico para manter a temperatura entre 5-7°C, e os cristais ficam lindíssimos, muitas vezes com hábito tabular. Os resultados para o sulfato de cobre pentahidratado nas Figs. 11 e 12 mostram que cristaliza em cristais tabulares, nos quais se podem observar as suas imperfeições: retenção do solvente (água), bolhas de ar, sombras de crescimento e impurezas. A cor que observamos em lâmina fina pode ser esverdeada, no caso de usarmos uma base diascópica na lupa, Fig.10,11, com iluminação por baixo, geralmente proveniente de uma lâmpada de incandescência. Na Fig. 12 pode-se ver o mesmo cristal, com outra ampliação, e já sem o tom esverdeado, sobre papel fde filtro. A própria qualidade da luz influencia o aspecto dos cristais: por exemplo, a prata iluminada com luz fria (fibras ópticas, Fig.10) tem brilho prateado (acinzentado), ao passo que com luz de lâmpada incandescente pode apresentar tonalidades mais douradas.

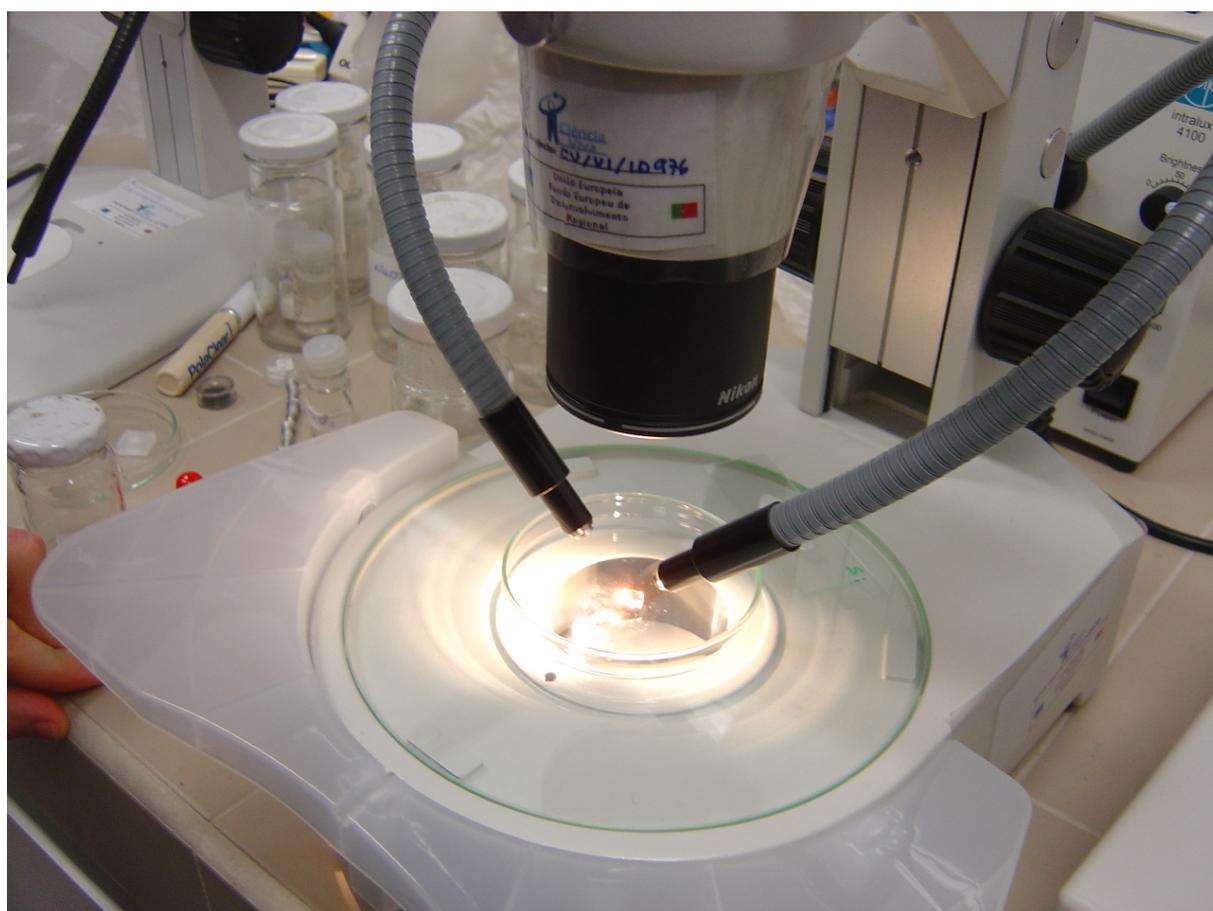


Figura 10 – Observação de cristais em placa de Petri, numa lupa binocular Nikon®, com base diascópica (luz por baixo) e iluminador de luz fria, com fibras ópticas. A lupa possui placas opacas para funcionar sem luz por baixo.

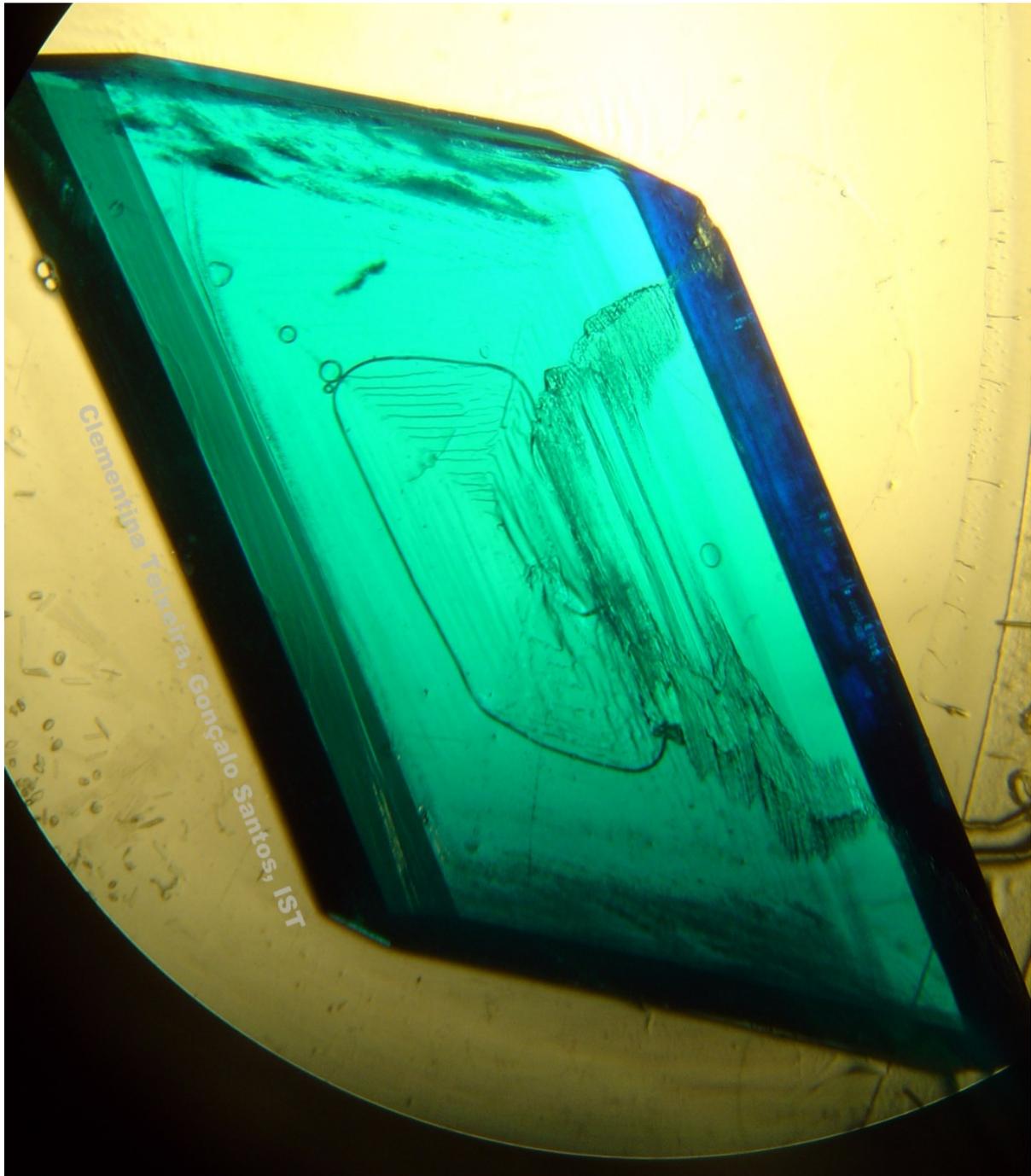


Figura 11 – Observação de cristais de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ em placa de Petri, numa lupa binocular Nikon®, com base diascópica (luz por baixo) e iluminador de luz fria, com fibras ópticas. Ampliação, 63x. A cor esverdeada é em parte devida ao tipo de iluminação, ampliação de 63x. São visíveis duas bolhas de ar numa das arestas, sombras de crescimento e também bolhas de ar ou de solvente, água, dentro do cristal. Preparação de Gonçalo Santos (cristalização a partir de uma solução sobressaturada) [3].

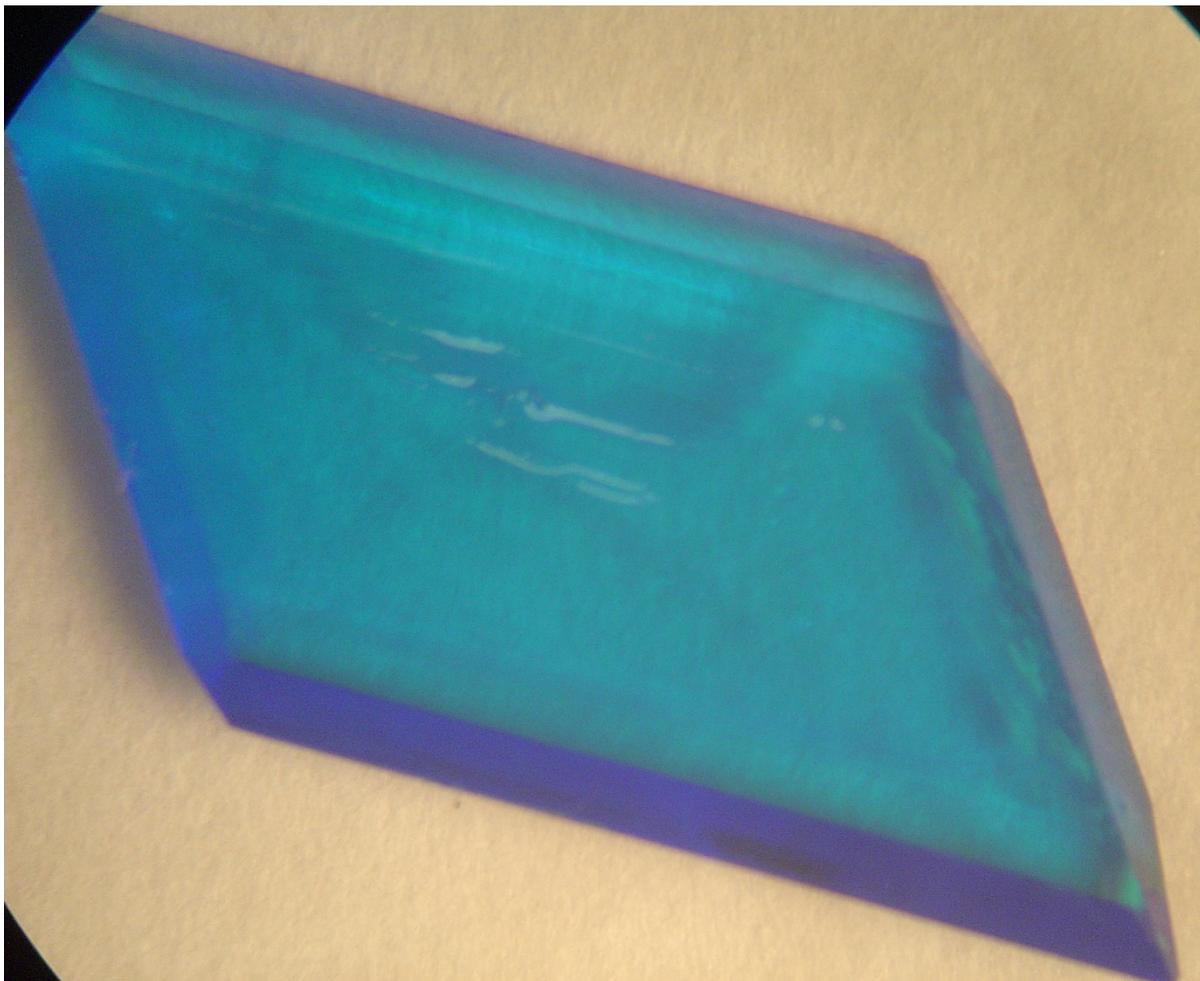


Figura 12 – Observação de cristais de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ em placa de Petri, numa lupa binocular Nikon®, sobre papel de filtro e com ampliação de 10x. Trata-se do mesmo cristal da Fig. 11. Por aqui se vê o efeito das condições de iluminação. Preparação e fotomicrografia de Gonçalo Santos [3]. Quem diria que é o mesmo cristal?

Na Fig. 13, podemos observar um dos cristais mais bonitos deste composto, que preparei por crescimento sobre rocha vulcânica em Novembro de 2008, a partir de uma solução de 50 g de composto para 100 mL de água. Esta foi aquecida até dissolução completa do sal, deixando depois arrefecer lentamente, até à temperatura ambiente, na altura cerca de 7°C e em repouso. O tempo de crescimento foi apenas de um dia, pois o laboratório (Química Inorgânica) estava gelado. A fotografia, feita recentemente no Museu Alfredo Bensaúde, é uma das vertentes actuais do projecto, a fotografia científica, valorizando muito o exemplar (coleção de cristais do CQE/DEQ) [9]. Também na Fig.14 podemos ver o mesmo composto cristalizado em granito, suporte que estimula muito o crescimento destes cristais. As fotografias científicas foram tiradas na Escola Secundária Maria Amália Vaz de Carvalho e apresentadas num Congresso da Casa das Ciências [10].

Na Fig. 15 apresento uma fotografia macro dos cristais da Fig. 1, (telemóvel Huawei®). Foram colocados na base diascópica de uma pequena lupa estereoscópica escolar que foi usada, apenas,



Figura 13 – Sulfato de cobre pentahidratado em rocha vulcânica, preparação minha de 2008. Fotografia científica divulgada em 2020, Dia Internacional dos Museus, IST. Crédito fotográfico: Prof. M.F. C. Pereira [9].

para suporte e iluminação. Aliás, como utilizei uma placa transparente para colocar a caixa de Petri com os cristais, consegue-se ver na foto a parte interior metálica da base da lupa e a lâmpada de iluminação (incandescência). O mesmo pode ser feito com cristais dentro de um cristalizador, e o efeito do rebordo de vidro destes materiais de laboratório fica muito bem nas fotografias macro.

Além da fotografia científica, o projecto engloba a ligação à Arte desde 2000, com uma coleção de quadros de Cristina Fontoura Carvalhão, professora da área de Educação Visual, em exposição permanente no IST, Torre Sul [2]. Um exemplo pode ser visto na Fig. 16, com um quadro de sulfato de cobre pentahidratado numa concha de Múrice, tendo como fundo a espiral de crescimento da concha. A ilustração científica de cristais, feita com todo o rigor, também é equiparada, em grau de dificuldade, ao desenho da mão, como tento explicar ao associar o quadro da Cristina à pintura da mão de Leonardo da Vinci, na mesma Figura. As ilustrações científicas antigas de Botânica, Zoologia, etc. são muitas vezes equiparadas a verdadeiras obras de Arte como é o caso das obras artísticas da Natureza de Ernst Haeckel [11].



Figura 14 – Fotografia científica (Escola Maria Amália Vaz de Carvalho, Exposição Artesãos do Século XXI). Sulfato de cobre pentahidratado em granito [10]. Foto incluída no cartaz desta Exposição.

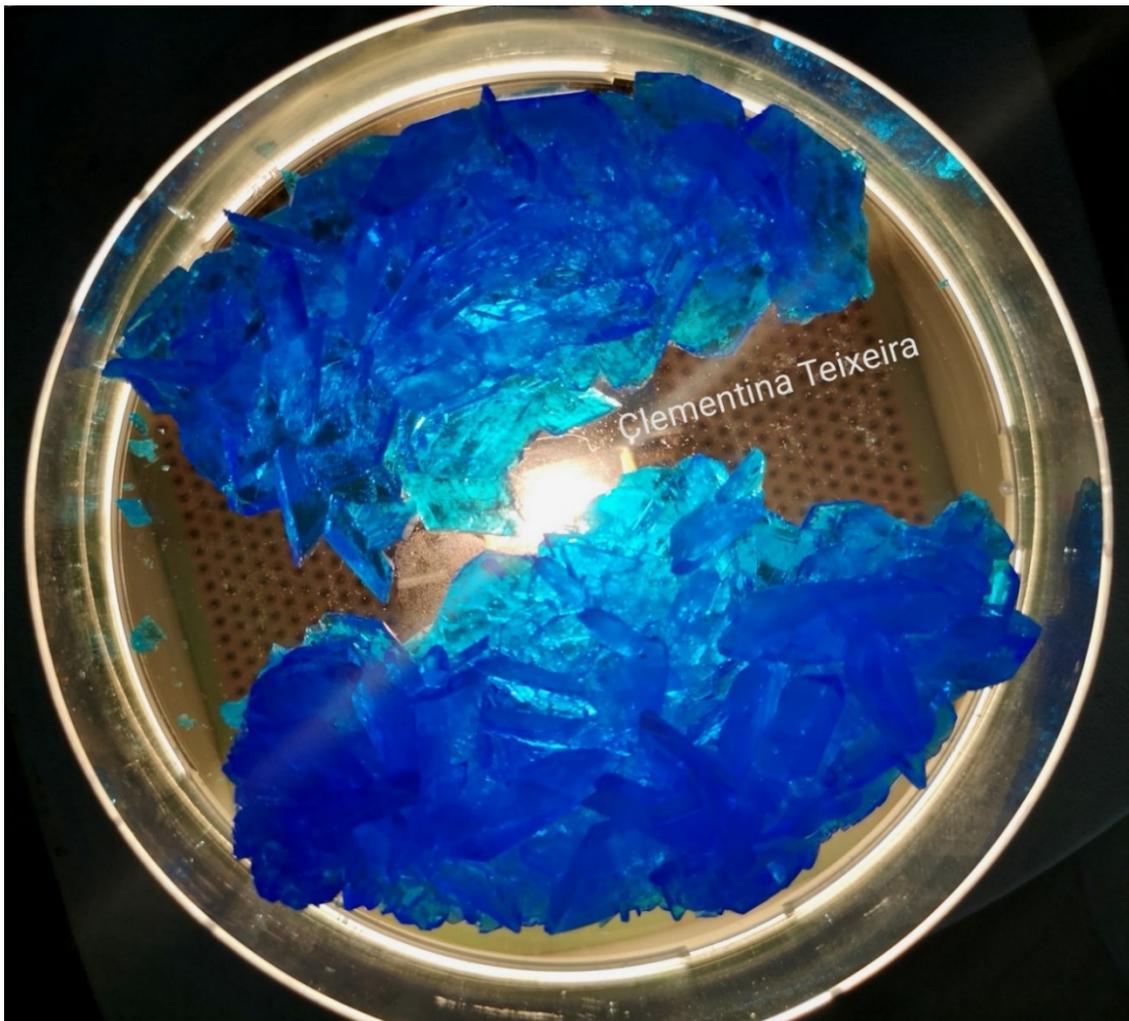


Figura 15 – Fotografia macro dos cristais de sulfato de cobre da Fig.1, colocados na base diascópica duma lupa estereoscópica binocular.

Nas Figs. 17-24 apresento alguns padrões decorativos construídos a partir das imagens dos cristais de sulfato de cobre pentahidratado, seguindo um método anteriormente explicado [8]. Nestes trabalhos a Química liga-se ao Design, baseando-se em regras de simetria muito simples (reflexão, translação, rotação) muitas delas incluídas, de forma expedita, em aplicações para telemóveis. Alguns dos padrões decorativos foram impressos em papel para construir figuras de origami, e como sugestões para criar, impressos em tecidos, máscaras sociais, T-shirts, sacos, patchwork. Os padrões também podem ser impressos em acrílico, para efeitos decorativos.

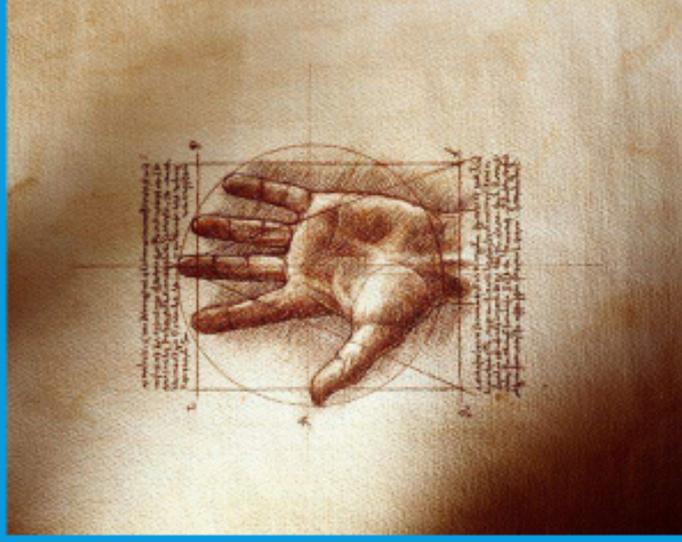
Na segunda parte desta exposição, apresento padrões criados pelo programa GeCla, Gerador e Classificador de simetrias, da Associação Atractor. São dados exemplos para a reação mais carismática da Química, que corresponde à formação do cloreto de sódio, por reação de ácido clorídrico com soda cáustica em presença de indicador universal de pH [12].

Exposição Torre Sul do Instituto Superior Técnico
Cristina Fontoura Carvalhã, Clementina Teixeira, 2000

sulfato de cobre pentahidratado $CuSO_4 \cdot 5H_2O$

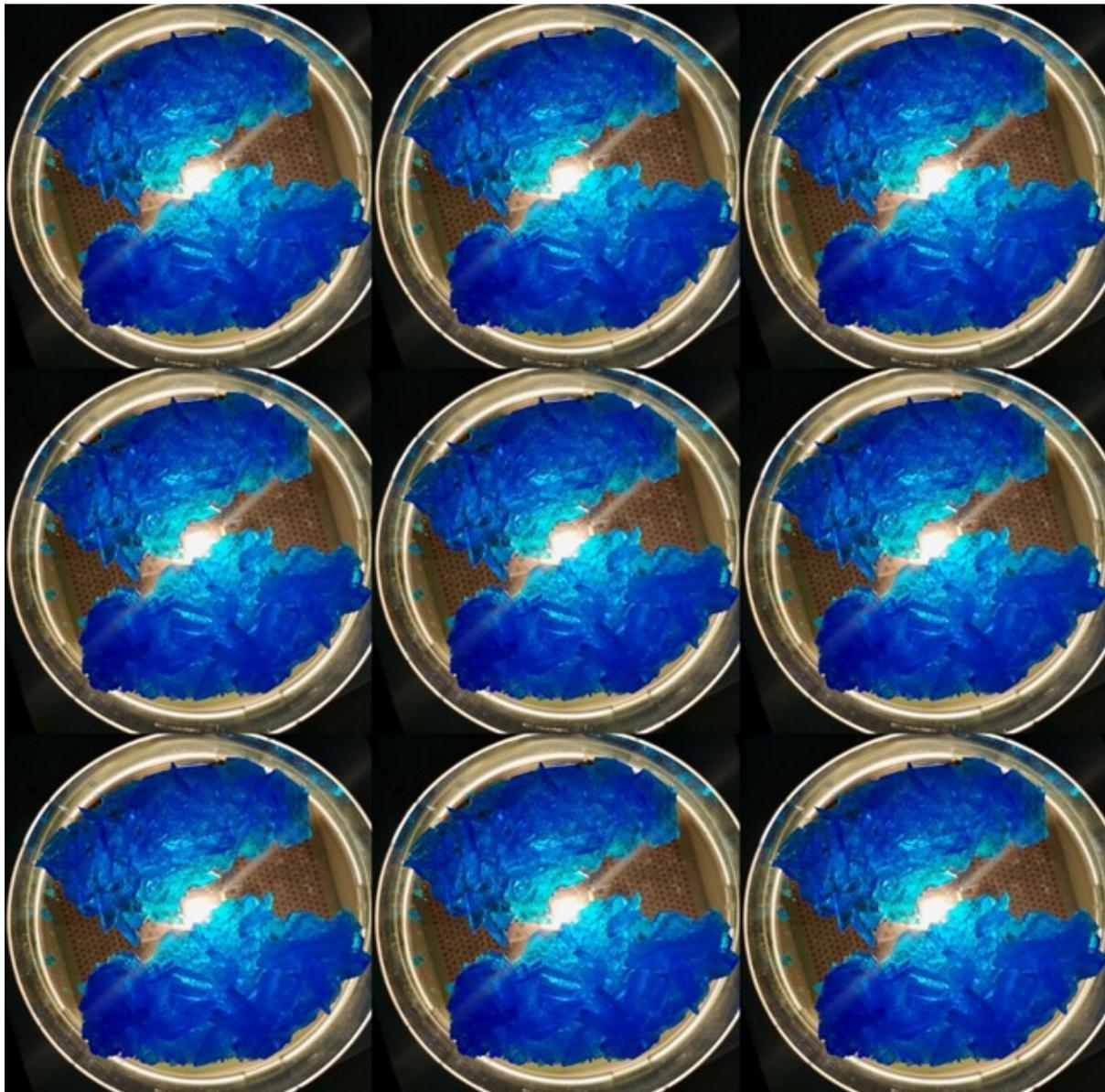


Ciência e Arte
Arte "On the Rocks"



Leonardo Da Vinci, Grau de Dificuldade

Figura 16 – Arte "on the Rocks" de Cristina Fontoura Carvalhã. Sulfato de cobre em Múrice. Ao lado um trabalho de Leonardo Da Vinci, comentado no texto.



Cu ■ 29
Copper



Electric Wires

Cu Copper 29
colored metal,
conducts heat and
electricity well;
wires, cookware,
brass (Cu-Zn),
bronze (Cu-Sn),
coins, pipes,
blue crab blood

elements.wlonk.com

Keith Enevoldsen, Tabela Periódica dos Elementos. elements.wlonk.com. O sulfato de cobre pentahidratado é um dos compostos de cobre mais conhecidos, utilizado como fungicida e na indústria química de síntese. Esta Tabela foi divulgada durante 2019, Ano Internacional da Tabela Periódica. Existe uma versão em Português (Brasil).

Figura 17 – Padrão obtido por simetrias de translação a partir da fotografia macro dos cristais da Fig. 15. Apenas a repetição do motivo segundo duas direcções ortogonais.

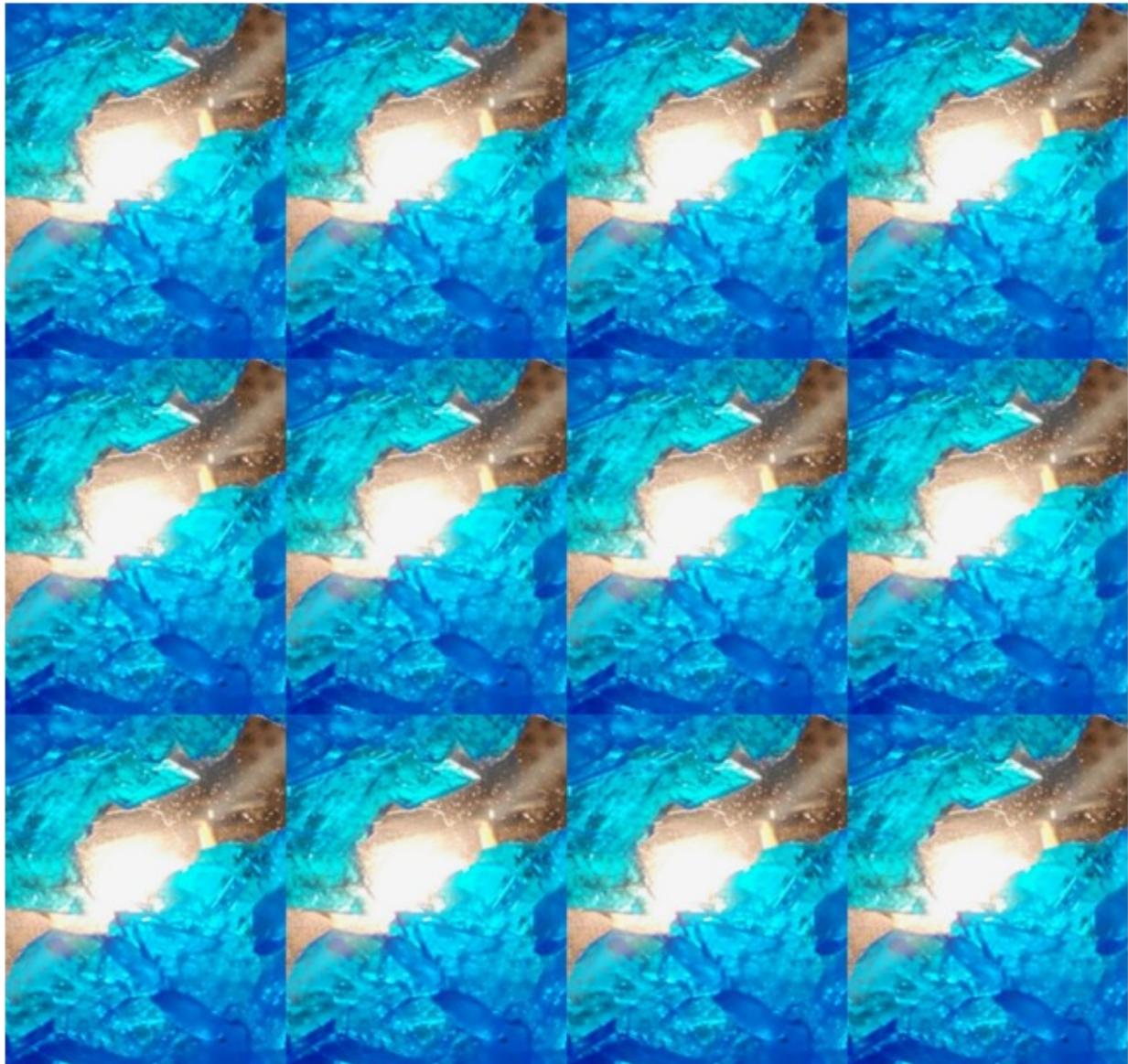


Figura 18 – Padrão obtido por simetrias de translação a partir de uma secção da fotografia macro dos cristais da Fig. 15. Apenas se fez a repetição do motivo, 12 vezes, segundo duas direcções ortogonais. Em relação ao padrão anterior, aumentou-se a ampliação da foto macro. A cor do sulfato de cobre pentahidratado torna-se mais esverdeada em cristais tabulares de pequena espessura e foi isso que aconteceu: a foto apanhou os cristais de menor espessura. No fundo vê-se a lâmpada de incandescência usada na base diascópica da lupa. Esta apenas foi usada como suporte.

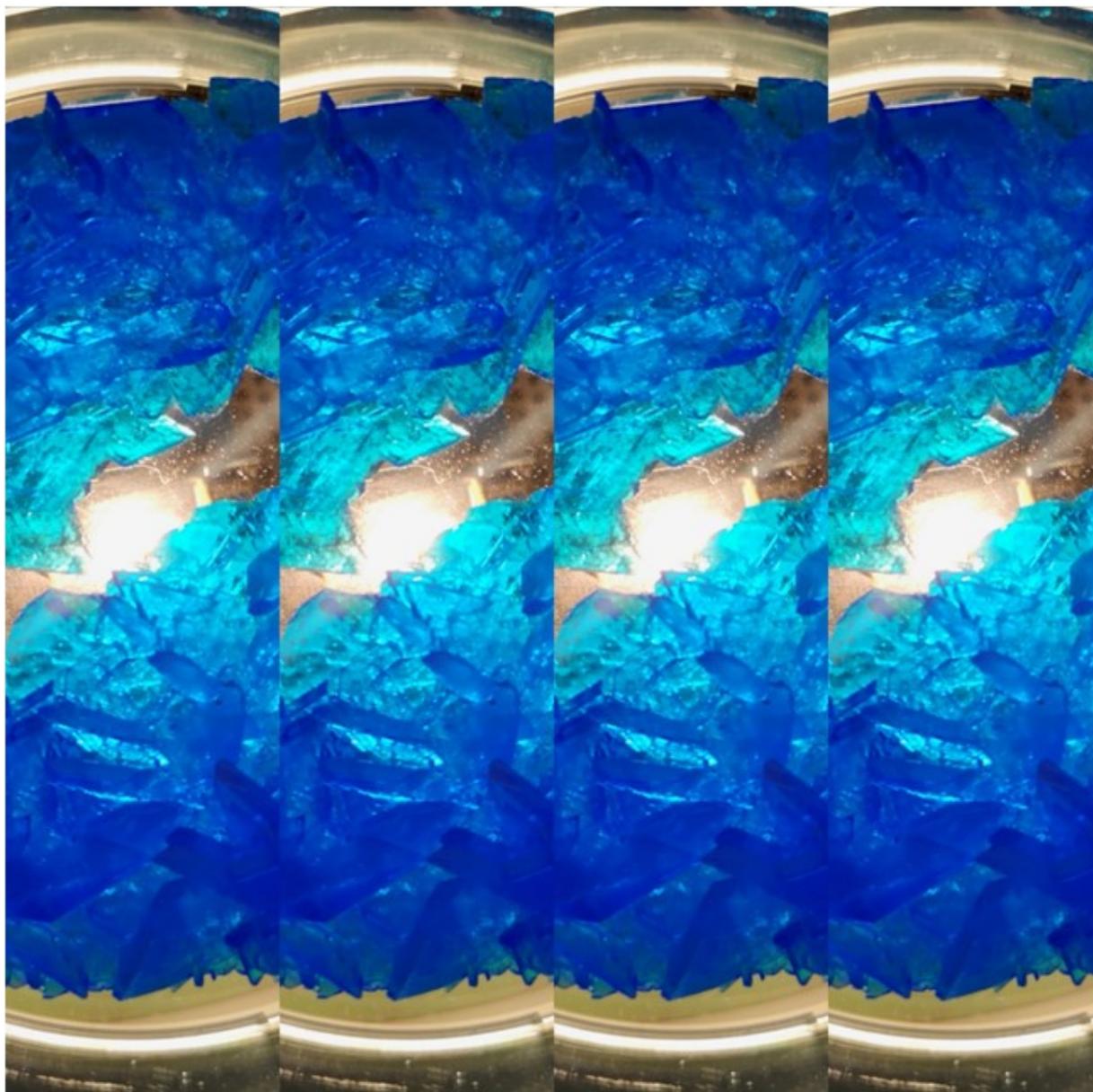


Figura 19 – Padrão, um friso, obtido por simetrias de translação a partir de uma faixa da fotografia macro dos cristais da Fig. 15. Apenas se fez a repetição dessa faixa quatro vezes, seguindo a mesma direcção.

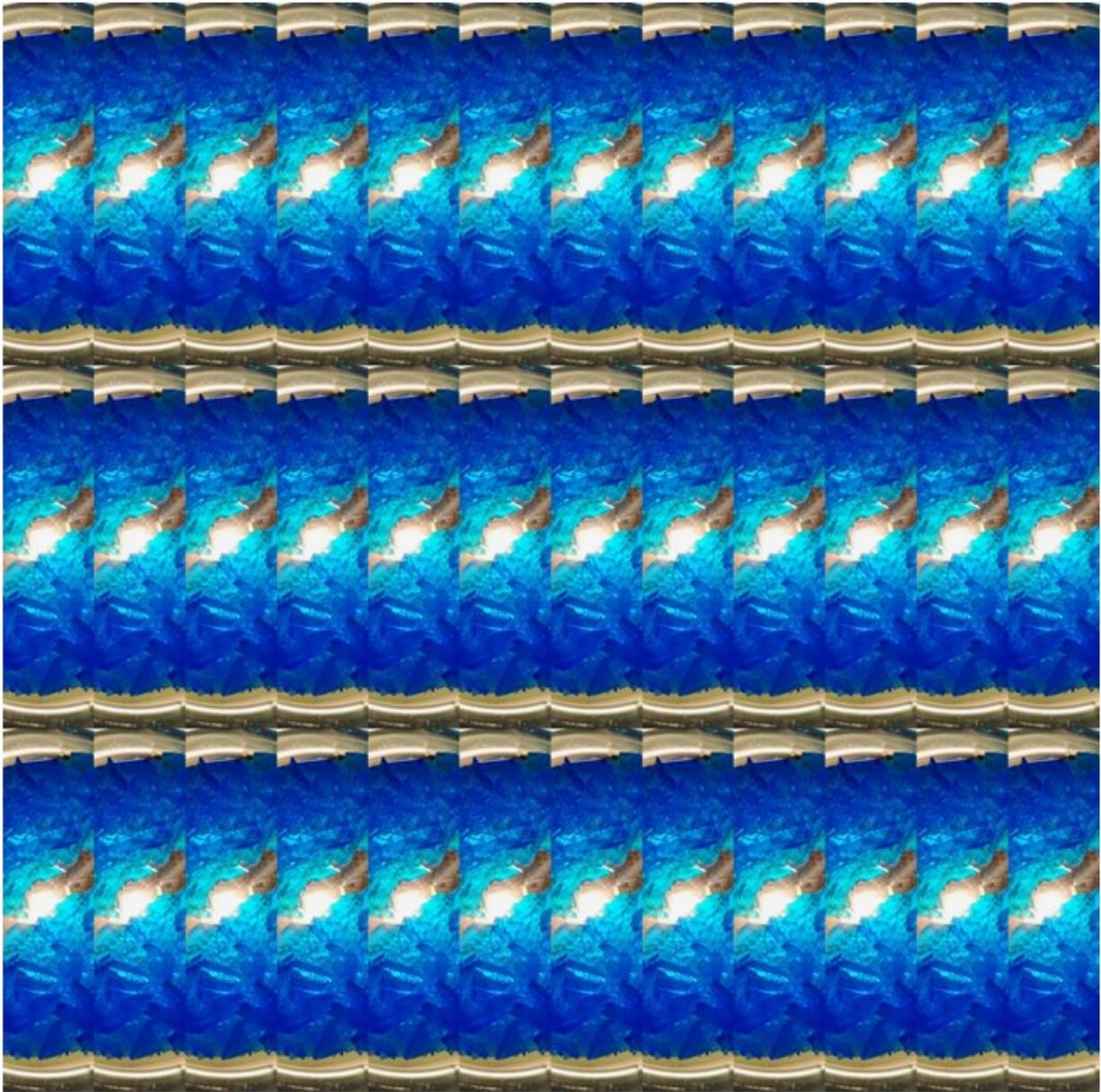


Figura 20 – Padrão constituído por três frisos, construídos pelo mesmo processo da Fig. 19. Primeiro é construído e aumentado o friso da Fig. 19, ao todo repete-se a faixa 12 vezes, por simetrias de translação. A seguir esse friso é repetido por simetria de translação, numa direcção ortogonal, mais duas vezes, dando um total de três frisos. Para aplicação em acrílico.

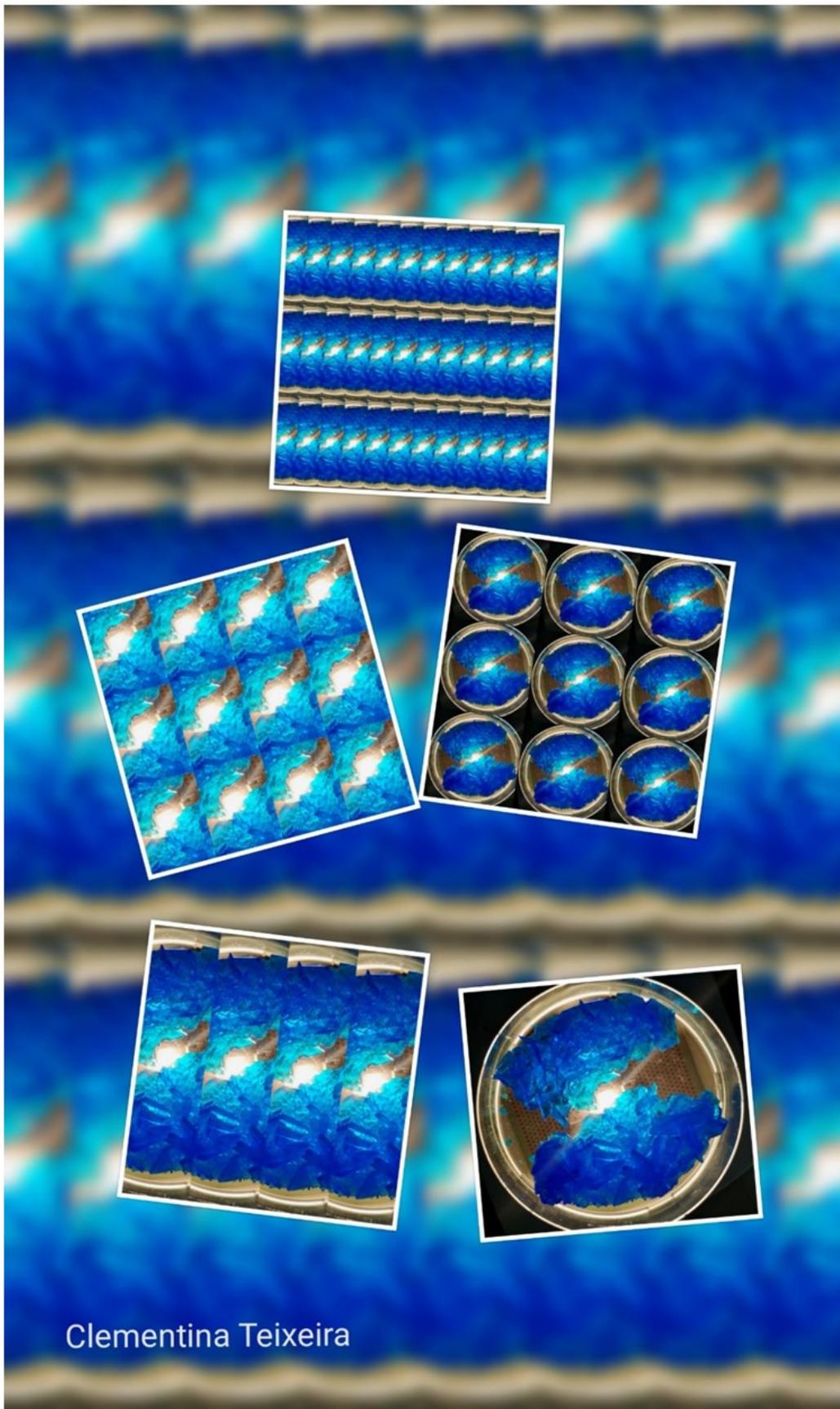


Figura 21 – Reunião dos padrões das Figuras 15 (original), 17-20, num único, sobre um fundo fosco.

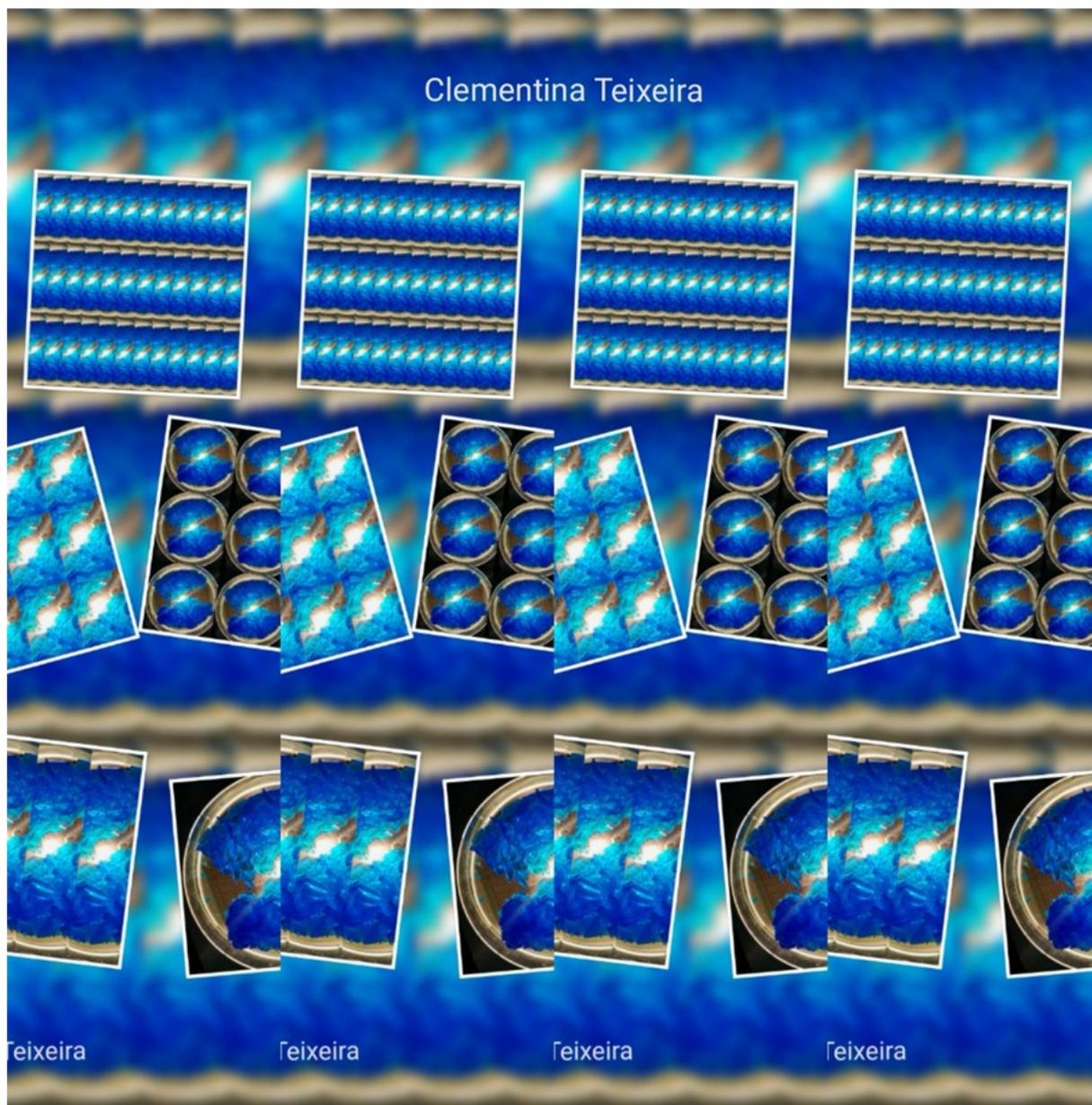


Figura 22 – Padrão construído por simetria de translação a partir de uma faixa retangular do padrão da Fig. 21. repetida quatro vezes. Para imprimir em acrílico ou tapete de rato.

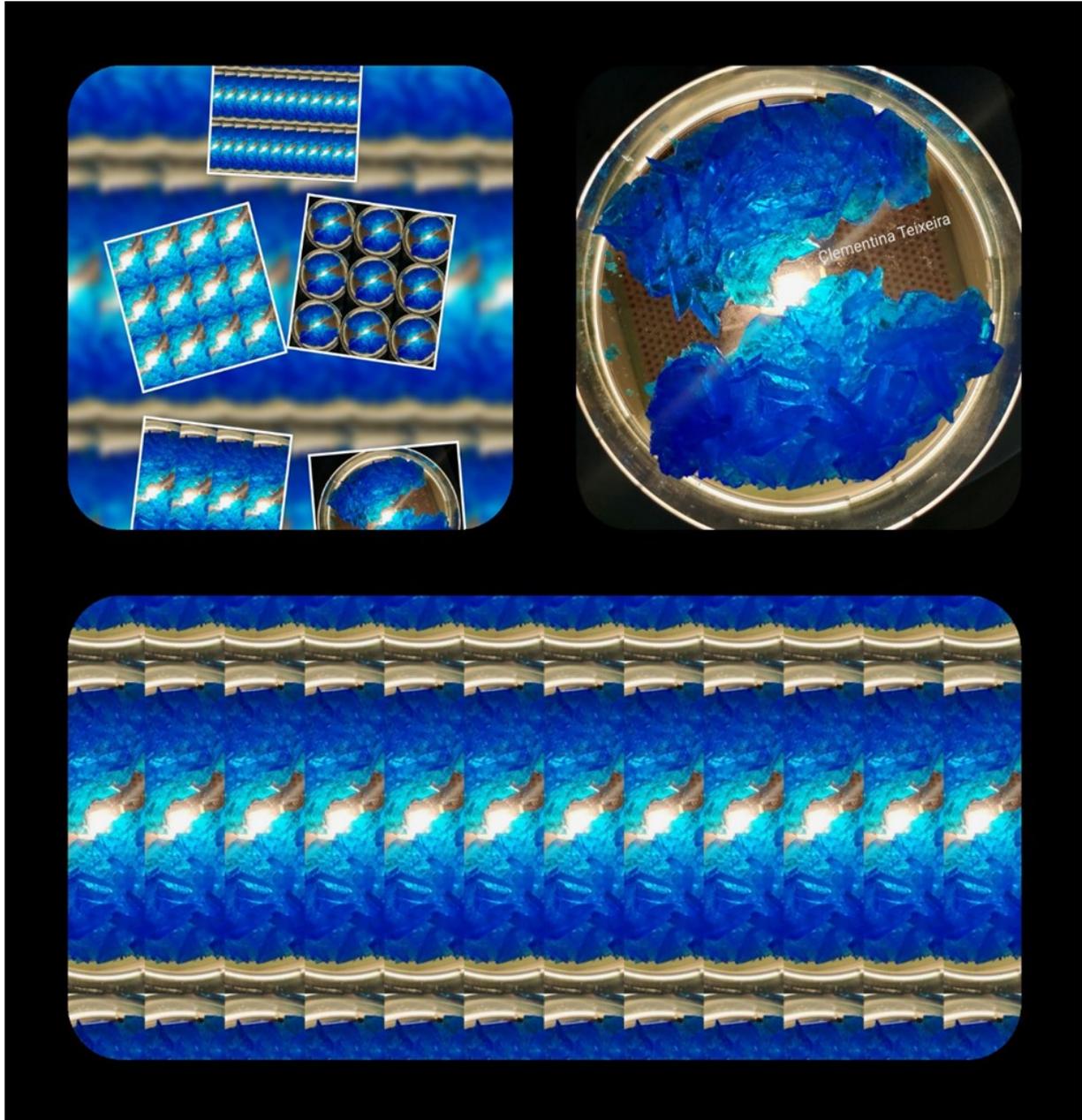


Figura 23 – Formatação de figuras com os padrões anteriores, fotomanipulação. Para impressão em acrílico ou tapete para rato.

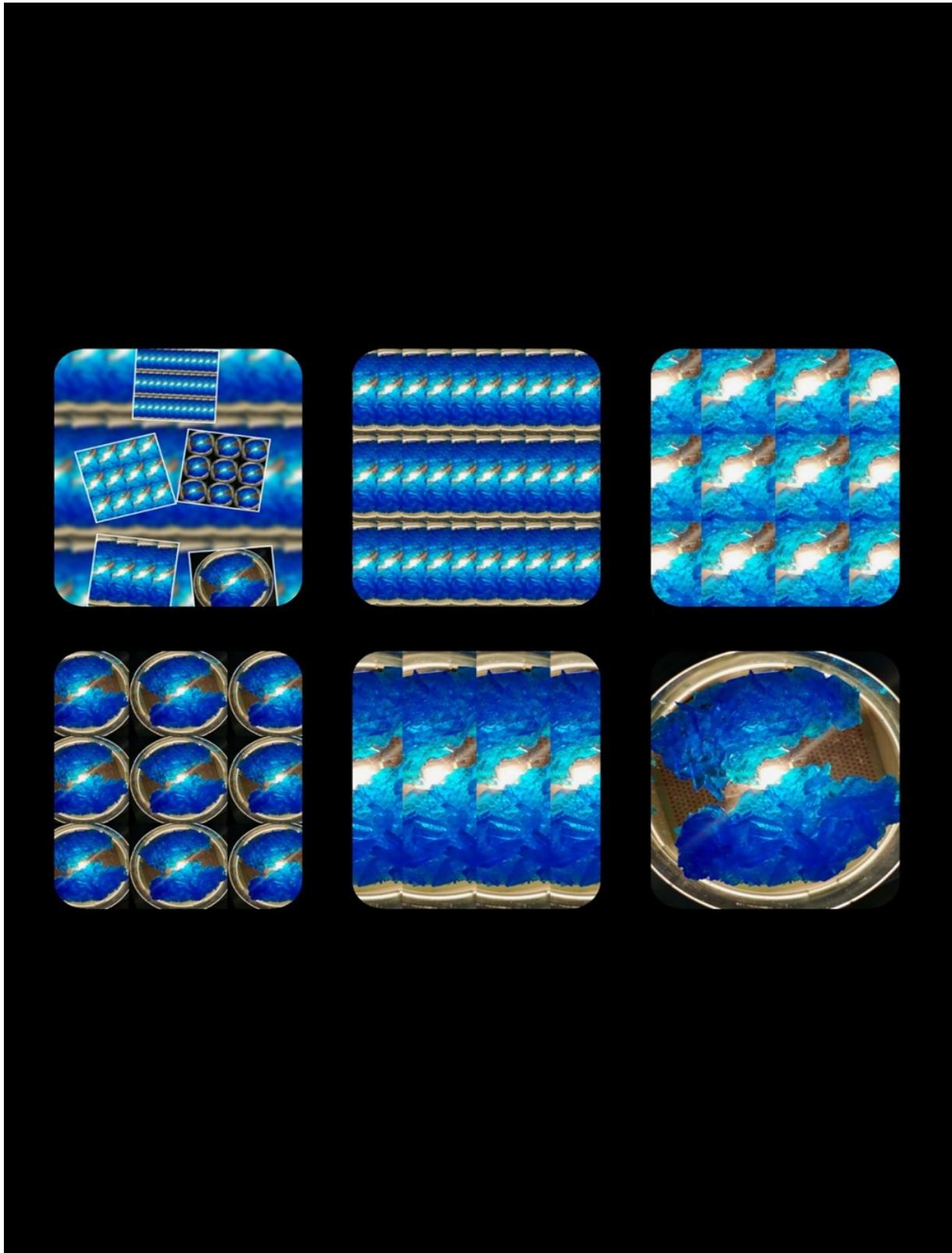


Figura 24 – Formatação de figuras com os padrões anteriores, fotomanipulação. Exemplo de aplicação: capa para caderno.



Figura 25 – Padrões decorativos feitos com aplicações expeditas para smartphone, e pelo método explicado nas figuras anteriores. Cristais de sulfato de cobre pentahidratado parcialmente desidratado, de cor azul

acinzentada, construção a partir da fotomicrografia da Fig. 7, na parte de cima (ampliação à lupa estereoscópica de 20x). Na primeira gravura uma faixa da fotomicrografia repete-se por simetria de translação formando um friso. Na segunda gravura aplica-se este mesmo processo mais vezes, construindo um friso mais longo (8 faixas), que depois passa a ser o motivo, repetindo-se uma vez na direcção perpendicular por simetria de translação. Na terceira figura uma parte da fotomicrografia repete-se por simetria de reflexão. Este padrão é cortado e sofre nova reflexão, formando a quarta figura (dois eixos de simetria de reflexão ortogonais). A quinta figura é obtida por simetria de translação em direcções ortogonais, repetindo-se 4 vezes. O último padrão já nem sei como é que o fiz, mas o processo de translações e reflexões foi repetido várias vezes, com vários cortes pelo meio.

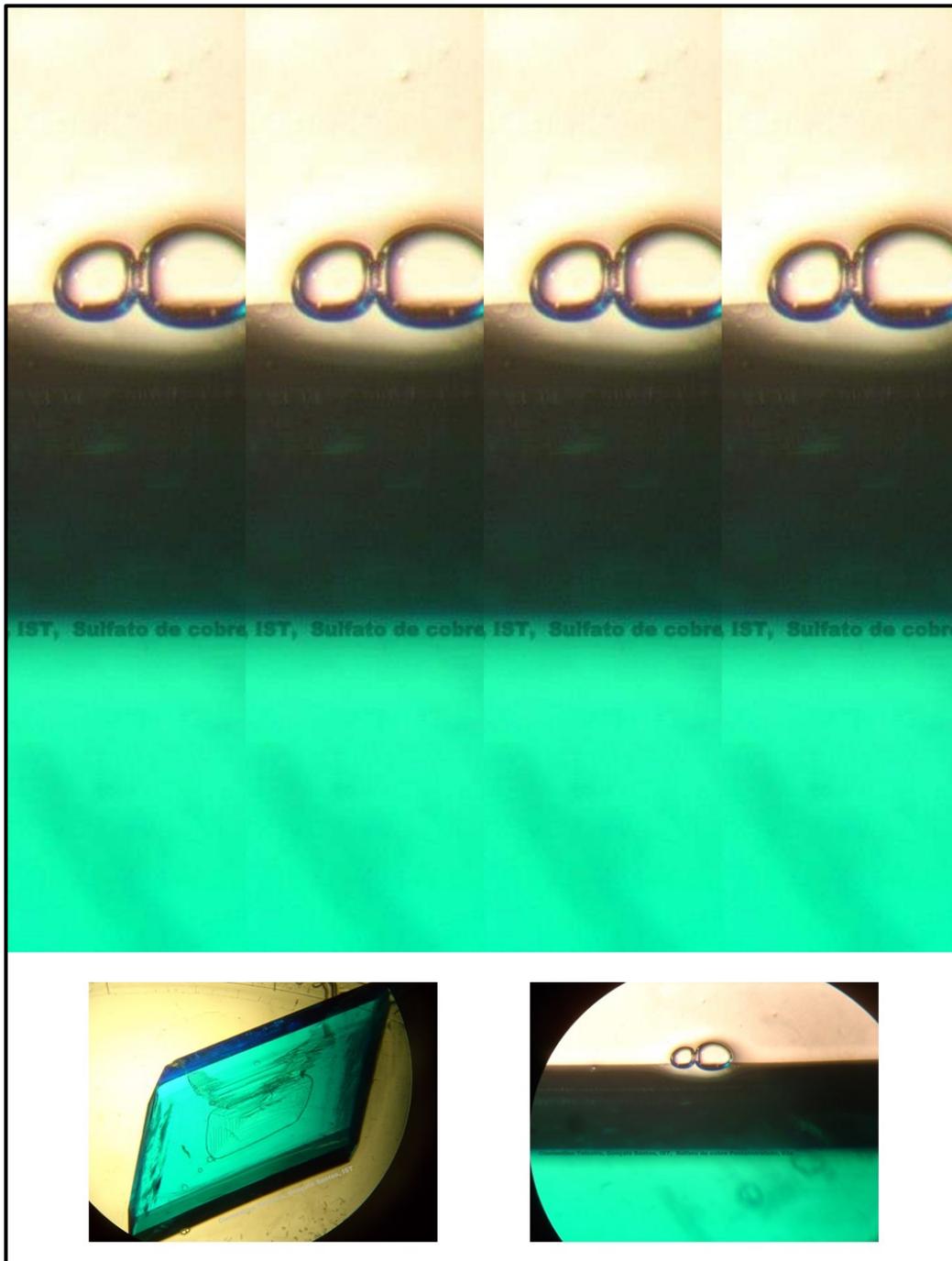


Figura 26 – Padrão feito pelo método de corte de uma faixa, explicado nas figuras anteriores. Cristal de sulfato de cobre pentahidratado, com defeitos (Fig.11). A última fotomicrografia, com duas bolhas adsorvidas no cristal, vai ser usada para gerar os diversos padrões.

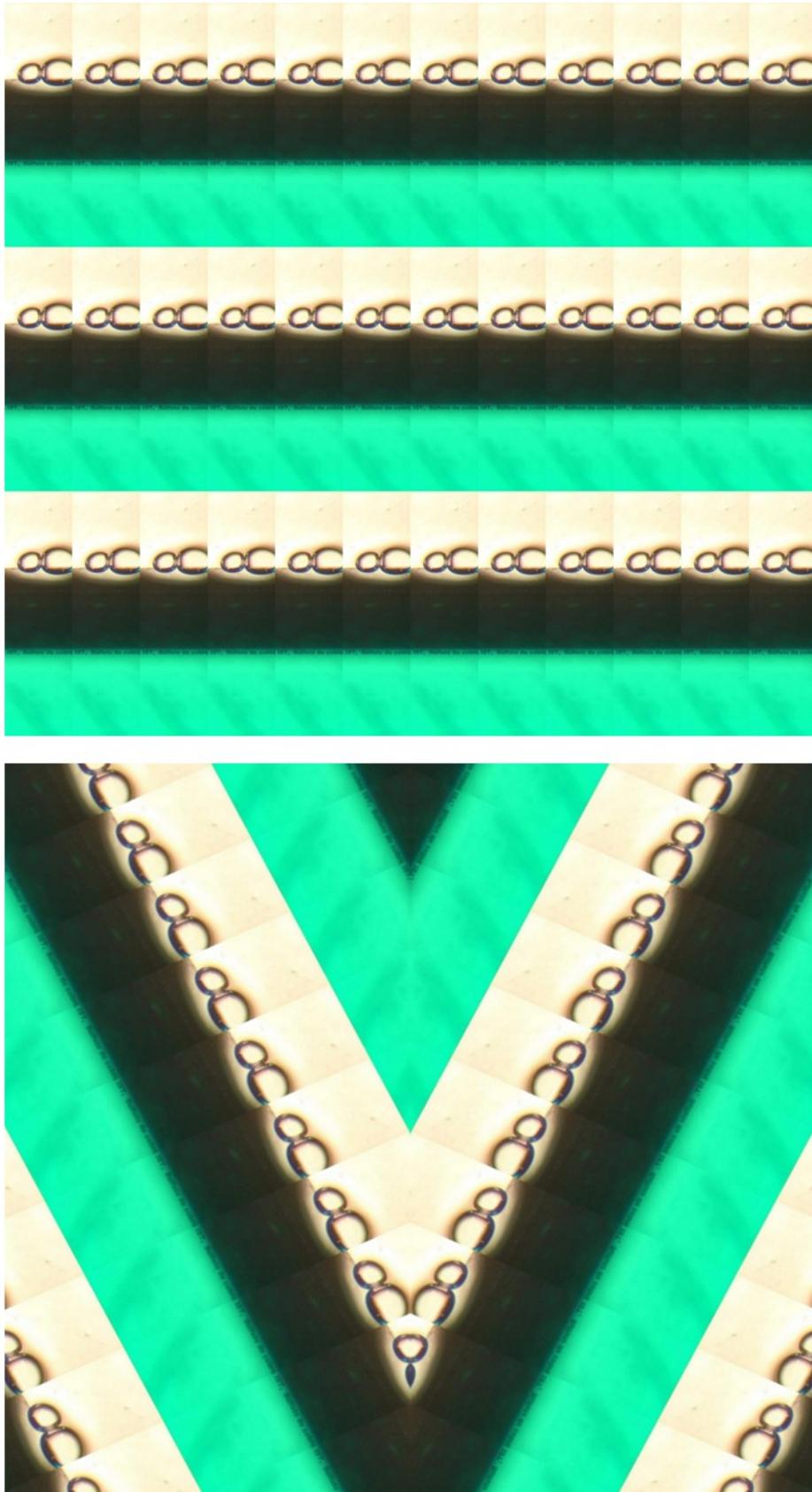


Figura 27 – Padrões gerados da figura anterior, pelo método explicado nas Figs. 15, 17-22,25. Simetrias de translação, em cima; rotação para obter o padrão inclinado, seguida de reflexão, em baixo.

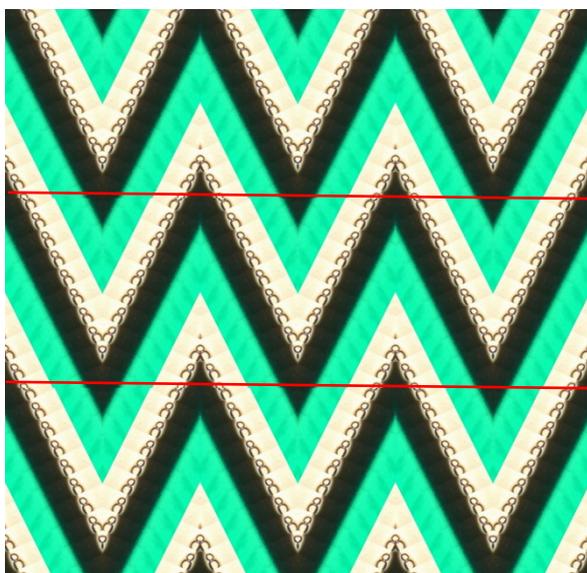


Figura 28 – Padrão derivado da figura anterior, do esquema em baixo, formando um friso por simetria de translação, ao todo 3x, e repetindo todo o friso mais 2x, por translação, na direcção ortogonal, ao todo três faixas, vide o esquema aqui indicado. O uso do Power Point®, passo a passo, permite fazer com calma a classificação das operações de simetria efectuadas, como é o caso do padrão da Fig.29. Basta utilizar a operação formatar desse programa, e inverter na horizontal ou vertical.

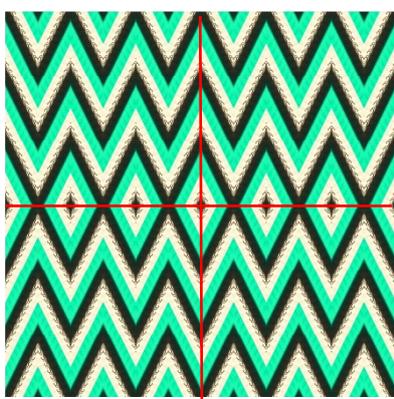
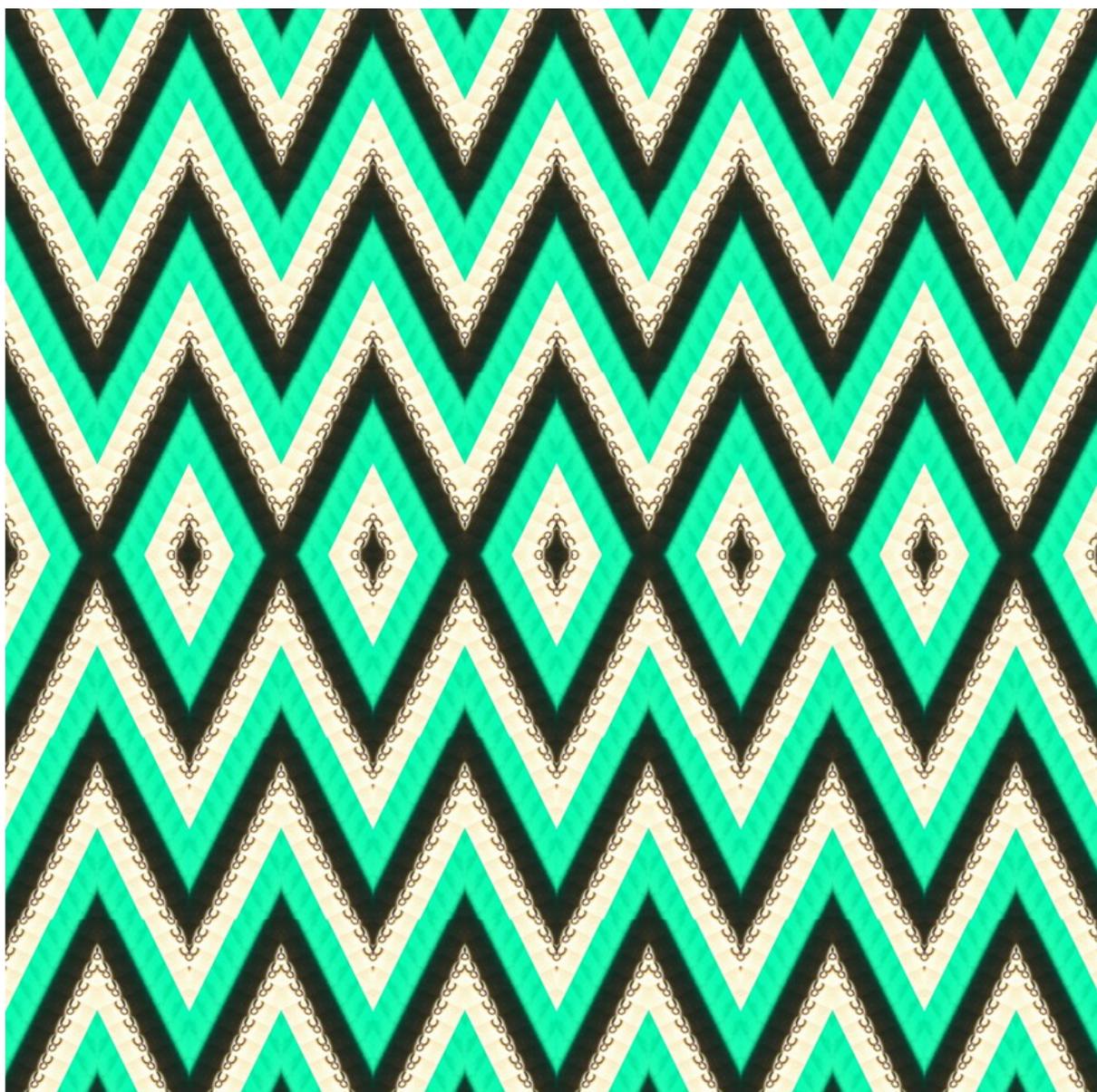


Figura 29 – Padrão derivado da figura anterior, feito por reflexão e translação. Alguns destes padrões podem ser facilmente produzidos em Power Point®. Aqui o padrão da Fig. 28 é repetido num total de quatro vezes. Deixo ao leitor o trabalho de descobrir todas as simetrias envolvidas.



Figura 30 – Padrão com regras de simetria simples, translação, reflexão, corte intermédio e fotomanipulação. Deixo ao leitor o trabalho de descobrir a construção do padrão e todas as simetrias envolvidas. Sugestão: utilizar o Power Point para tentar gerar esta figura, utilizando as ferramentas de formatação.



Figura 31 – Padrão obtido por fotomanipulação. Deixo ao leitor o trabalho de descobrir a construção do padrão e todas as simetrias envolvidas. Para isso basta usar o Power Point®!

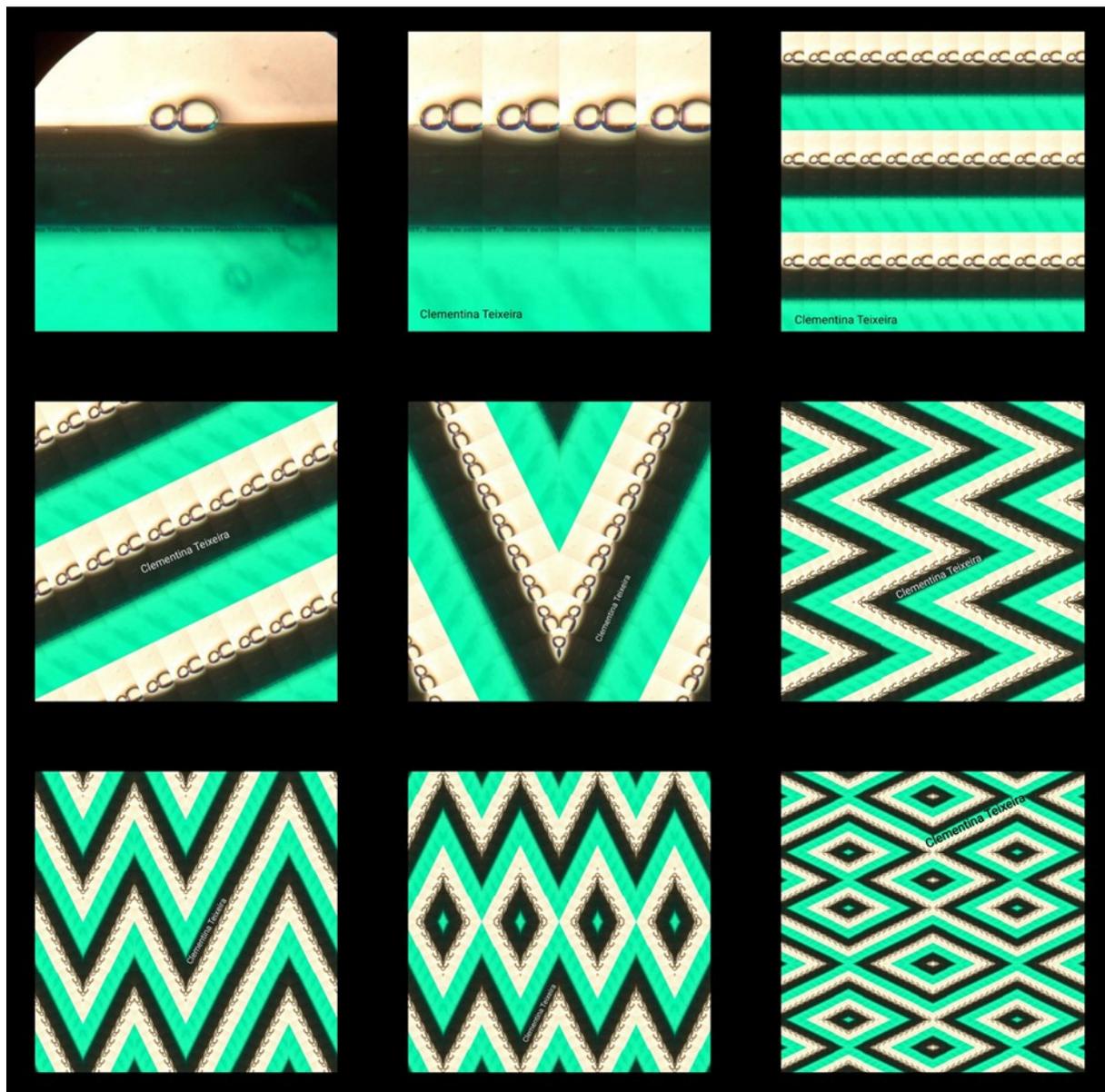
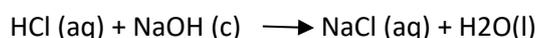


Figura 32 – Montagem de alguns dos padrões das figuras anteriores, construídos a partir da primeira fotomicrografia do cristal de sulfato de cobre pentahidratado observado à lupa estereoscópica com ampliação de 63x. Estes padrões são excelentes para, no seu conjunto, impressos em pano, fazer trabalhos originais de patchwork. Também serão excelentes para fabricar máscaras sociais. Mas cuidado! Todas as máscaras de pano devem ser certificadas para comprovar a sua segurança.

2. Microscopia Química: das reações químicas estudadas à lupa estereoscópica aos padrões químicos decorativos. Outros padrões, integráveis no Estudo do Meio.

Vou apenas focar-me numa única reação, a mais simples: a reação de uma gota de ácido clorídrico diluído, HCl, com uma pastilha da base mais conhecida, soda cáustica, NaOH, para dar um sal, o cloreto de sódio, NaCl e água, H₂O. Como todos estes reagentes são incolores, adicionei 2-3 gotas de um indicador químico, chamado indicador universal de pH, muito concentrado. Este indicador de ácido-

base dá cores parecidas com as que se obtêm a partir do super- conhecido extracto de couve-roxa, embora numa outra sequência de cores diferente, em função do valor do pH. Esta reação foi anteriormente seguida à lupa estereoscópica, por um método que designei por microscopia química [12,13], a filmagem de reações à lupa estereoscópica e ao microscópio:



Os instantâneos dos videoclips gerados [12-14] permitiram construir muitos padrões decorativos, entre os quais saliento as rosáceas obtidas por simetrias de reflexão e as que foram obtidas por rotação, simulando moinhos. Estes moinhos fazem parte de um grande projecto, designado por “soprar” que inclui muitas vertentes: crianças a soprar em moinhos de papel (origami); em bolas de sabão; em dentes de leão; sobre azoto líquido e neve carbónica formando nuvens frias, etc. [15]. Como esta reação e até alguns padrões foram discutidos numa outra publicação [12], sugiro vivamente a sua leitura, para que compreendam a química que se esconde por detrás destas figuras. Além dos padrões que foram impressos em cartolinas, para fazer capas de álbuns, em ímanes para o frigorífico, estes moinhos químicos foram divulgados numa série de gifs e vídeos, conjugados com a Arte de Poen de Wijs, uma série designada por “**Windmills of Chemistry**” [16]. A grande inspiração para a construção destes moinhos, muitos deles por simetria de rotação, remonta há alguns anos atrás, da calçada portuguesa que se encontra nas ruas perto do IST, Fig.33: todos os dias a pisava e dizia, comigo própria, é por aqui que vou começar com as simetrias, as de rotação.



Para a construção da série dos moinhos também contribuiu uma sessão no Pavilhão do Conhecimento sobre simetria, que incluía desde os lenços da minha querida Viana do Castelo, até ao roteiro de Ciência dedicado às simetrias da calçada portuguesa. A rotação e a translação são as simetrias mais fáceis de entender. A reflexão também, embora eu pense que é muito mais difícil de explicar. Os moinhos no meu trabalho têm-se expandido, e chegaram até aos tradicionais da Ericeira e do Oeste, passando depois para as Torres Eólicas, tão abundantes na minha terra adoptiva, Penamacor. Também fazem parte da coleção, e serão incluídas no projecto soprar: aqui será o vento que no seu sopro nos pode dar tempestades e tornados, mas também energia.

Figura 33 – Calçada Portuguesa em Almirante Reis, junto do Instituto Superior Técnico (autor da foto desconhecido).

Na Fig.34, algumas rosáceas foram construídas com o programa de simetria GeCla, gerador e classificador de simetria da Associação Atractor [12, 17]. O mesmo programa foi utilizado nos diversos padrões que se seguem, resultantes da reação $\text{HCl}+\text{NaOH}$ e de outros exemplos integrados no estudo do meio, com é o caso da flor da papoila e as sementes do dente de leão. As torres eólicas de Penamacor também serviram de inspiração com vários padrões nelas inspirados, para integrar no projecto “Soprar”. Finalmente consegui que me fizessem trabalhos de origami de moinhos de vento (Alcina Cruchinho). Como gostaria também de voltar aos meus trabalhos de costura, fazer aplicações de patchwork e máscaras sociais com estes padrões. A deixa aqui fica, como sugestão.

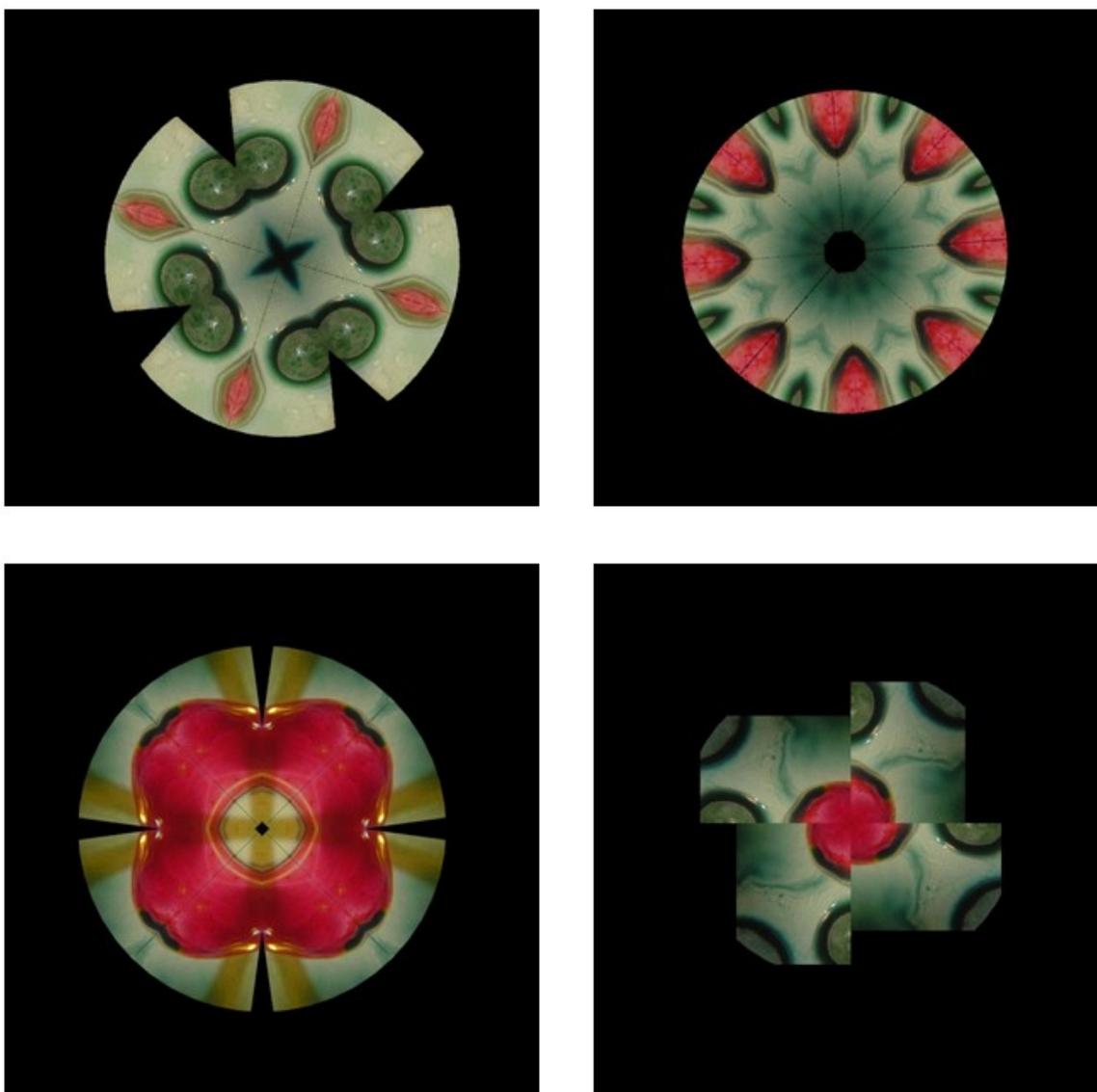


Figura 34 – Rosáceas construídas com o programa de simetria GeCla, gerador e classificador de simetria da Associação Atractor [12, 17]. Reação: $\text{HCl}+\text{NaOH}$ em presença de indicador universal de pH à lupa estereoscópica [14]. Três delas podem representar ventoinhas e susceptíveis de serem ligadas à Arte de Poen de Wijs, na série Windmills of Chemistry, do projecto “Soprar”.

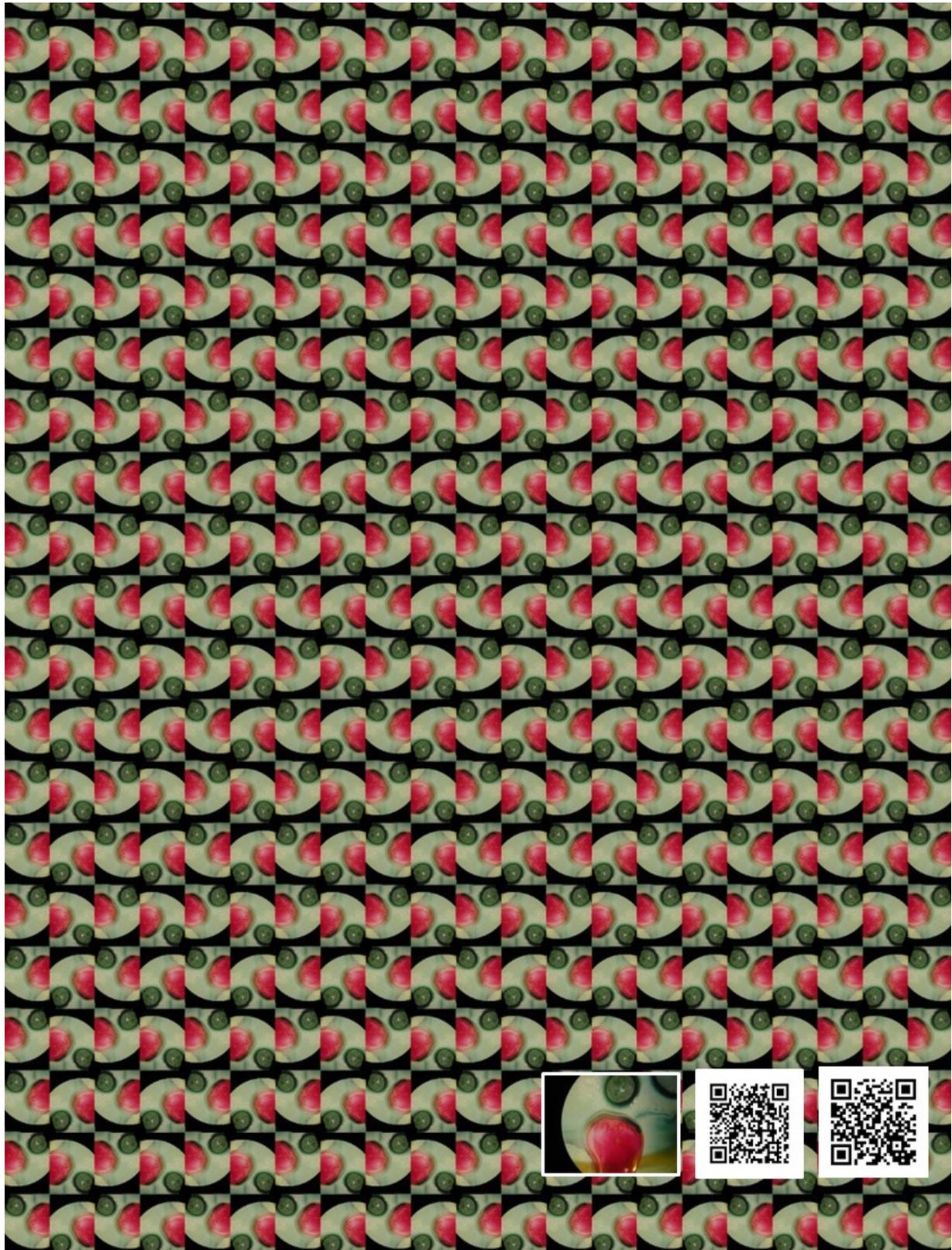


Figura 35 – Padrão gerado pelo GeClá, a partir de uma parte da fotomicrografia (10x) da reação $\text{HCl(aq)} + \text{NaOH(c)}$ em presença de indicador universal de pH, à lupa estereoscópica [14]. As cores indicam meio ácido, a vermelho e meio neutro/básico rodeando a pastilha de NaOH [12,17]. Pode observar-se a gota de ácido, a vermelho, a ir ao encontro da pastilha de NaOH, a verde. Resultado da reacção: nascimento do cloreto de sódio, NaCl.

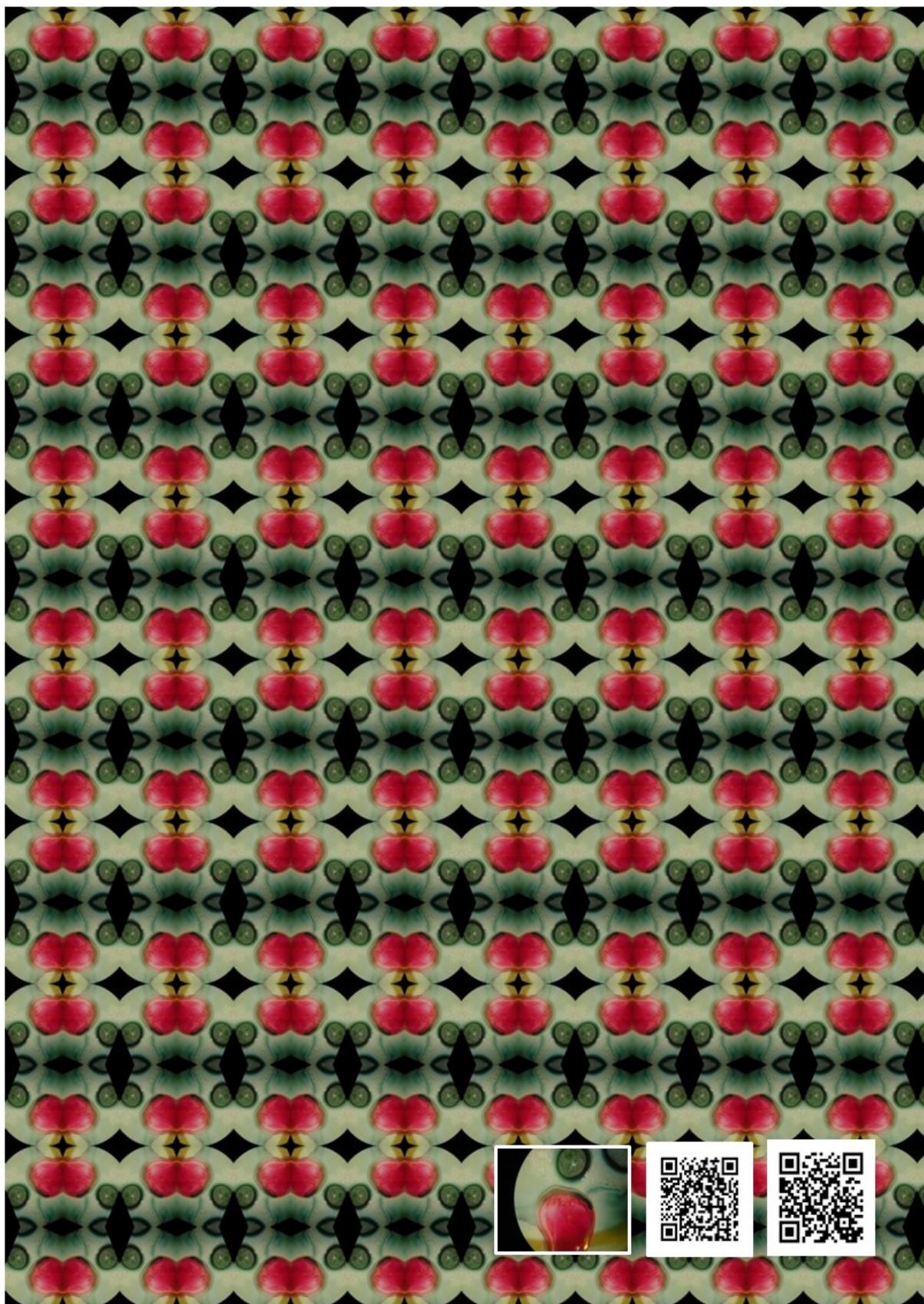


Figura 36 – Padrão gerado pelo GeCl_a, pmm, a partir de uma parte da fotomicrografia (10x) da reação HCl+NaOH em presença de indicador universal de pH, à lupa estereoscópica [14]. As cores indicam meio ácido, a vermelho e meio neutro/básico, verde, rodeando a pastilha de NaOH [12,17].

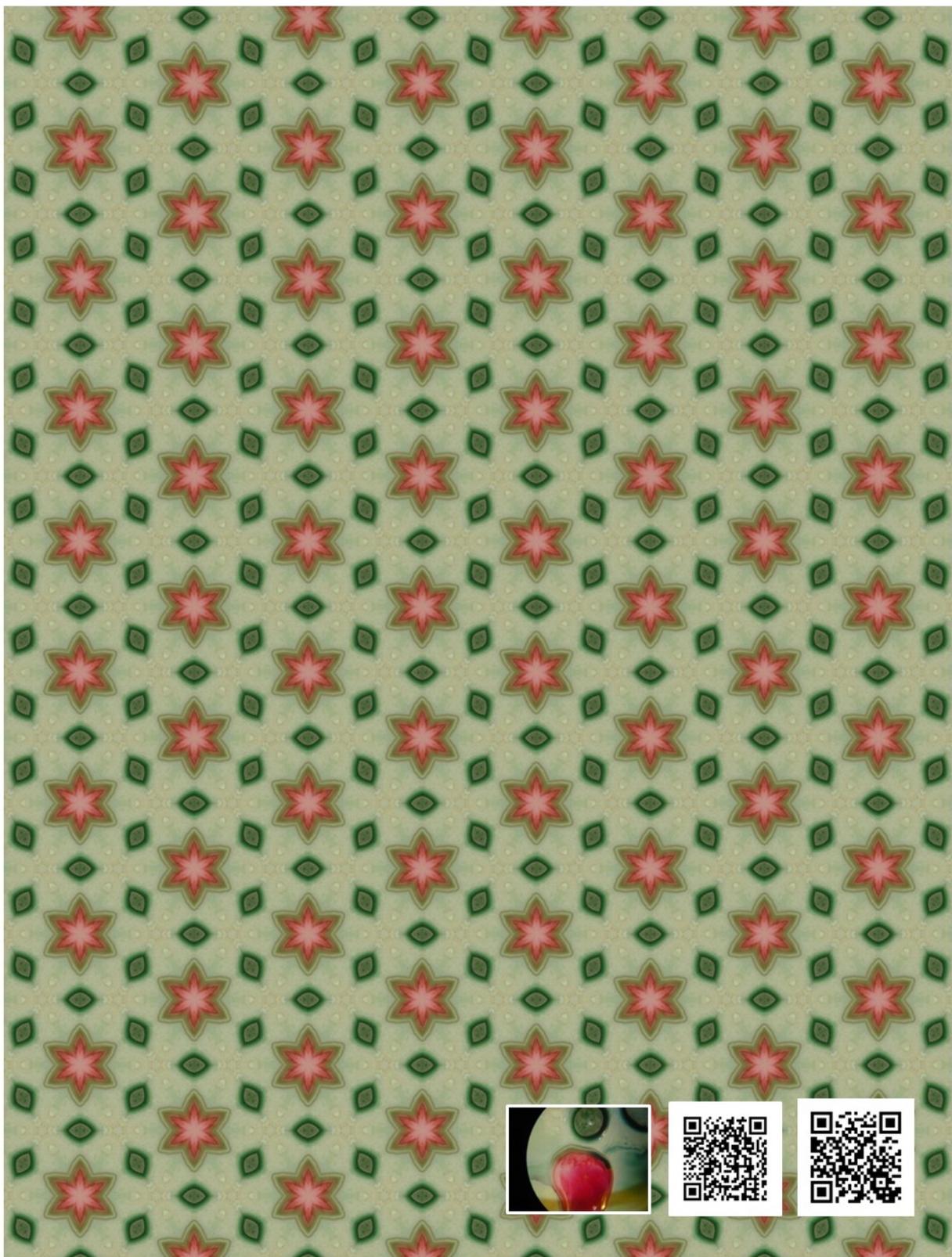


Figura 37 – Padrão gerado pelo GeCl₄, p6m, a partir de uma parte da fotomicrografia (10x) da reação HCl+NaOH em presença de indicador universal de pH, à lupa estereoscópica [14]. As cores indicam meio ácido, a vermelho e meio neutro/básico, verde, rodeando a pastilha de NaOH [12,17].

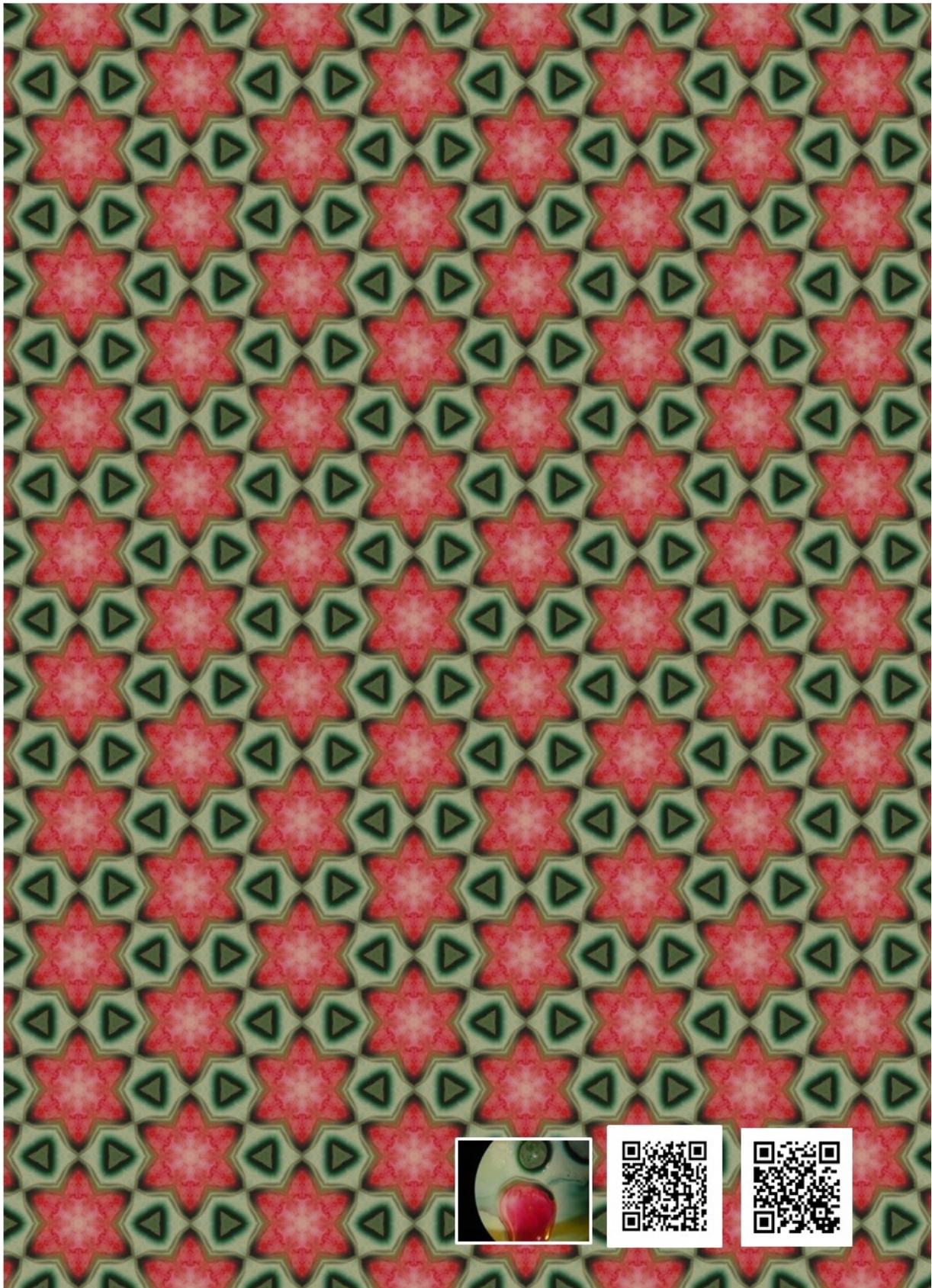


Figura 38 – Padrão gerado pelo GeCl_4 , p6m, a partir de uma parte da fotomicrografia (10x) da reação $\text{HCl}+\text{NaOH}$ em presença de indicador universal de pH, à lupa estereoscópica [14]. As cores indicam meio ácido, a vermelho e meio neutro/básico, verde, rodeando a pastilha de NaOH [12,17].

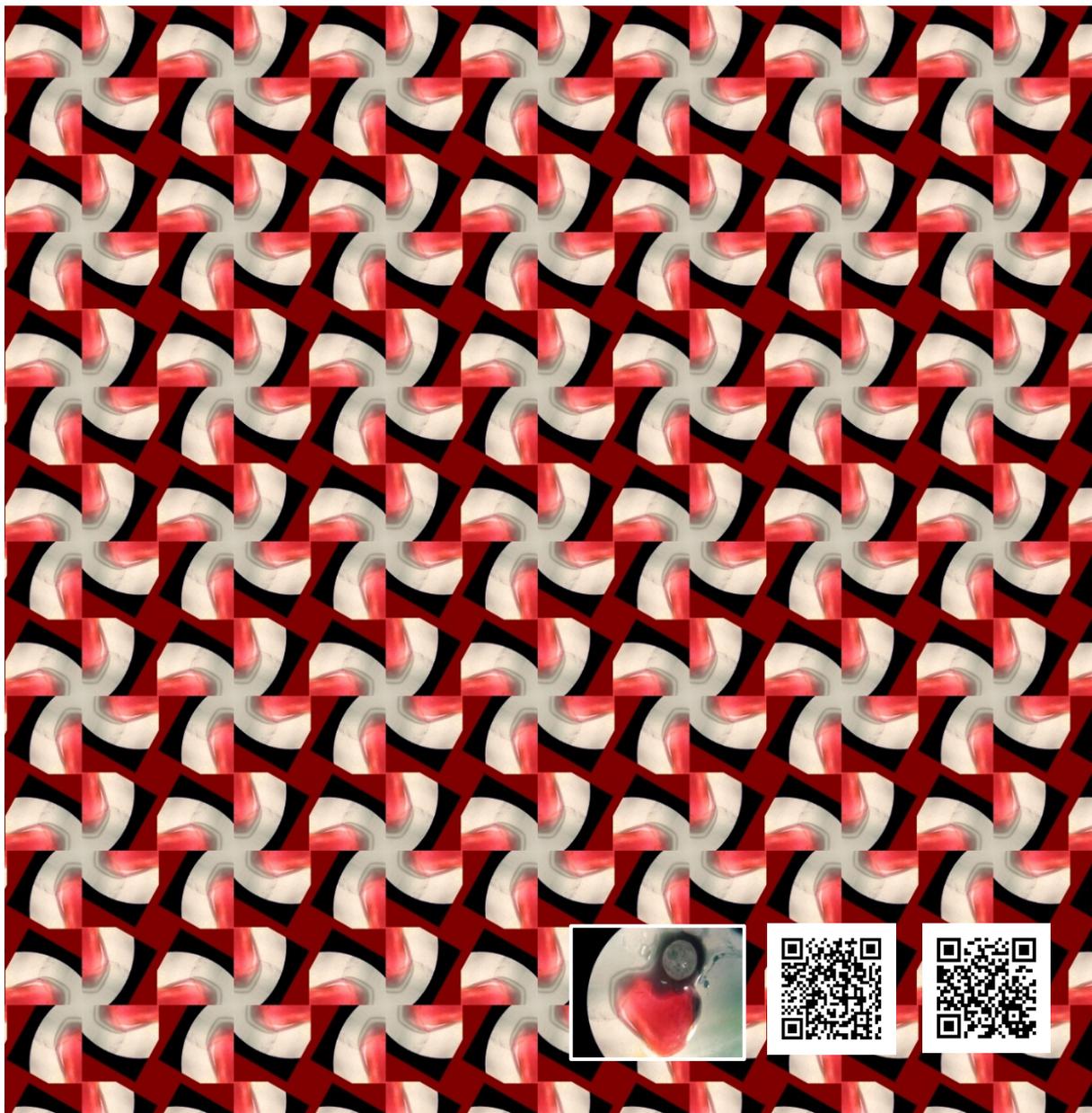


Figura 39 – Padrão gerado pelo GeClá, p4, a partir de uma parte da fotomicrografia (10x) da reação $\text{HCl} + \text{NaOH}$ em presença de indicador universal de pH, à lupa estereoscópica [14]. As cores indicam meio ácido, a vermelho, gota de ácido clorídrico e meio neutro/básico rodeando a pastilha de NaOH, a verde. Reparem que a zona negra resulta do ajuste imperfeito da câmara fotográfica digital à ocular da lupa estereoscópica. Padrão escolhido para construir um dos moinhos de papel que figuram no cartaz da Exposição e na Fig. 39, [12,17].



Figura 40 – Moinhos de papel, origami e fotos de Alcina Cruchinho. Padrões de Química para a minha coleção “Soprar” e não só. À partida qualquer foto pode ser simetrada e fotomanipulada, usando programas com

espelhos virtuais. Os dois azuis da ponta são de sulfato de cobre pentahidratado, cristalizado numa ostra [8]; o azul de cima é um padrão com as torres eólicas de Penamacor; a seguir a este, dois moinhos gerados pelo GeCl_a, reação HCl+NaOH, Figs.39, 41 ; o laranja é de papoilas vistas à lupa estereoscópica, gerado no GeCl_a; o verde acinzentado, igualmente do GeCl_a, com dentes de leão à lupa estereoscópica.

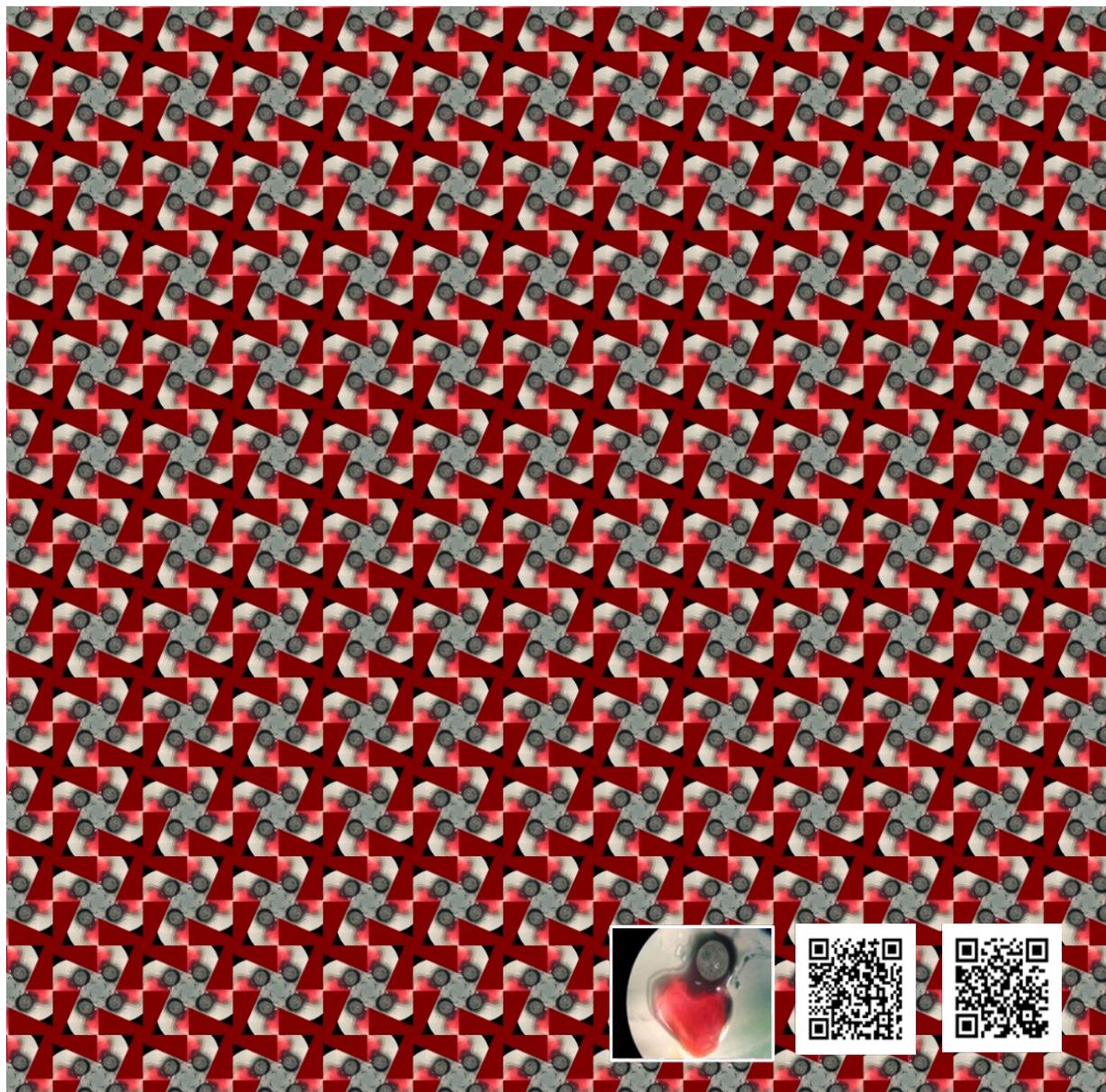


Figura 41 – Padrão gerado pelo GeCl_a, p4, a partir de uma parte da fotomicrografia (10x) da reação HCl+NaOH em presença de indicador universal de pH, à lupa estereoscópica. As cores indicam meio ácido, a vermelho, gota de ácido clorídrico e meio neutro/básico rodeando a pastilha de NaOH [12,14,17]. Reparem que a zona negra resulta do ajuste imperfeito da câmara fotográfica digital à ocular da lupa estereoscópica. Padrão escolhido para construir um dos moinhos de papel que figuram no cartaz da Exposição e na Fig. 40.

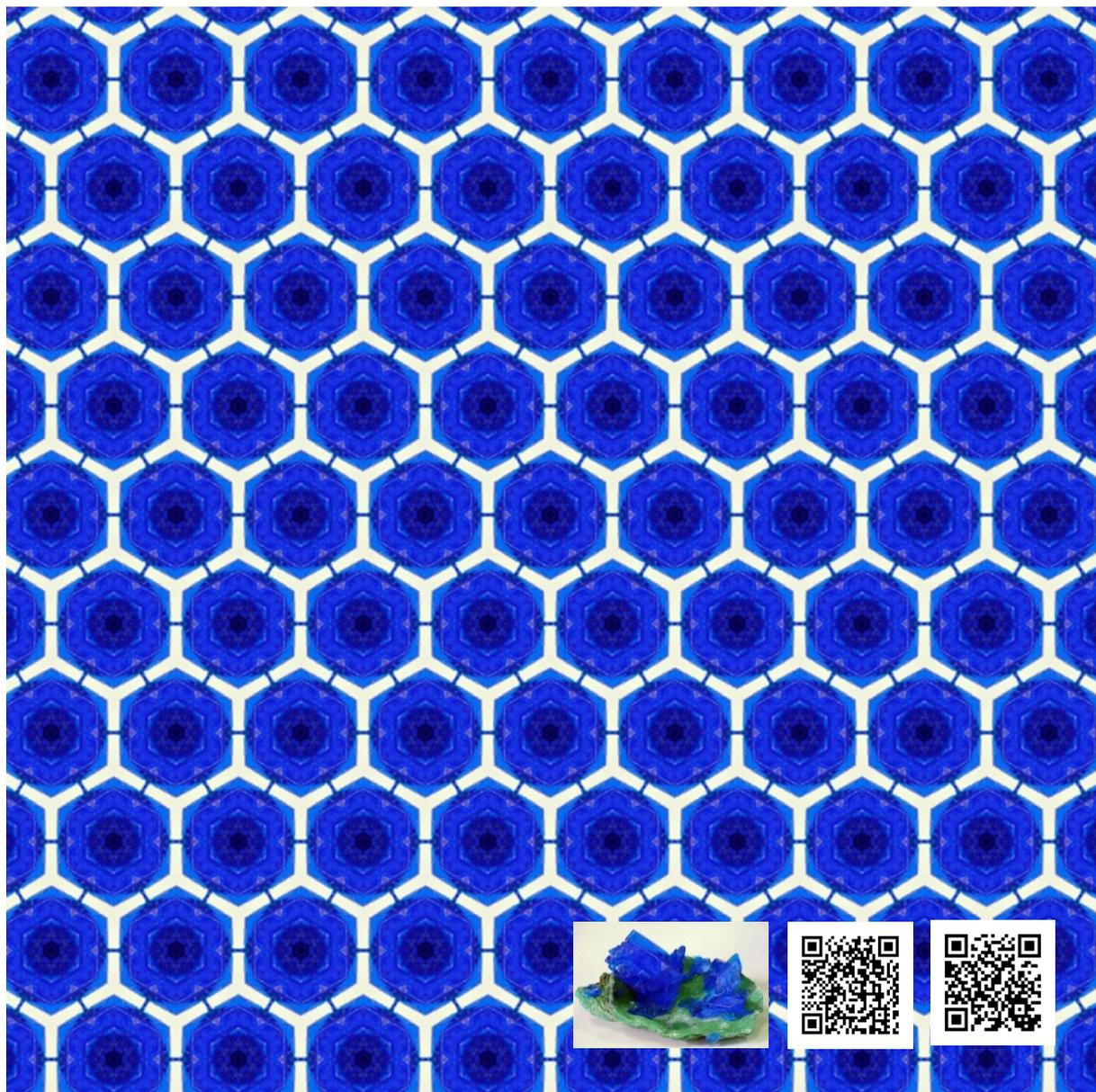


Figura 42 – Padrão gerado pelo GeCl_4 , $p6m$, a partir de uma parte de uma foto de cristais de sulfato de cobre pentahidratado cultivado em casca de ostra, representada na miniatura [8,17]. Padrão escolhido para construir um dos moinhos de papel que figuram no cartaz da Exposição e na Fig. 39.

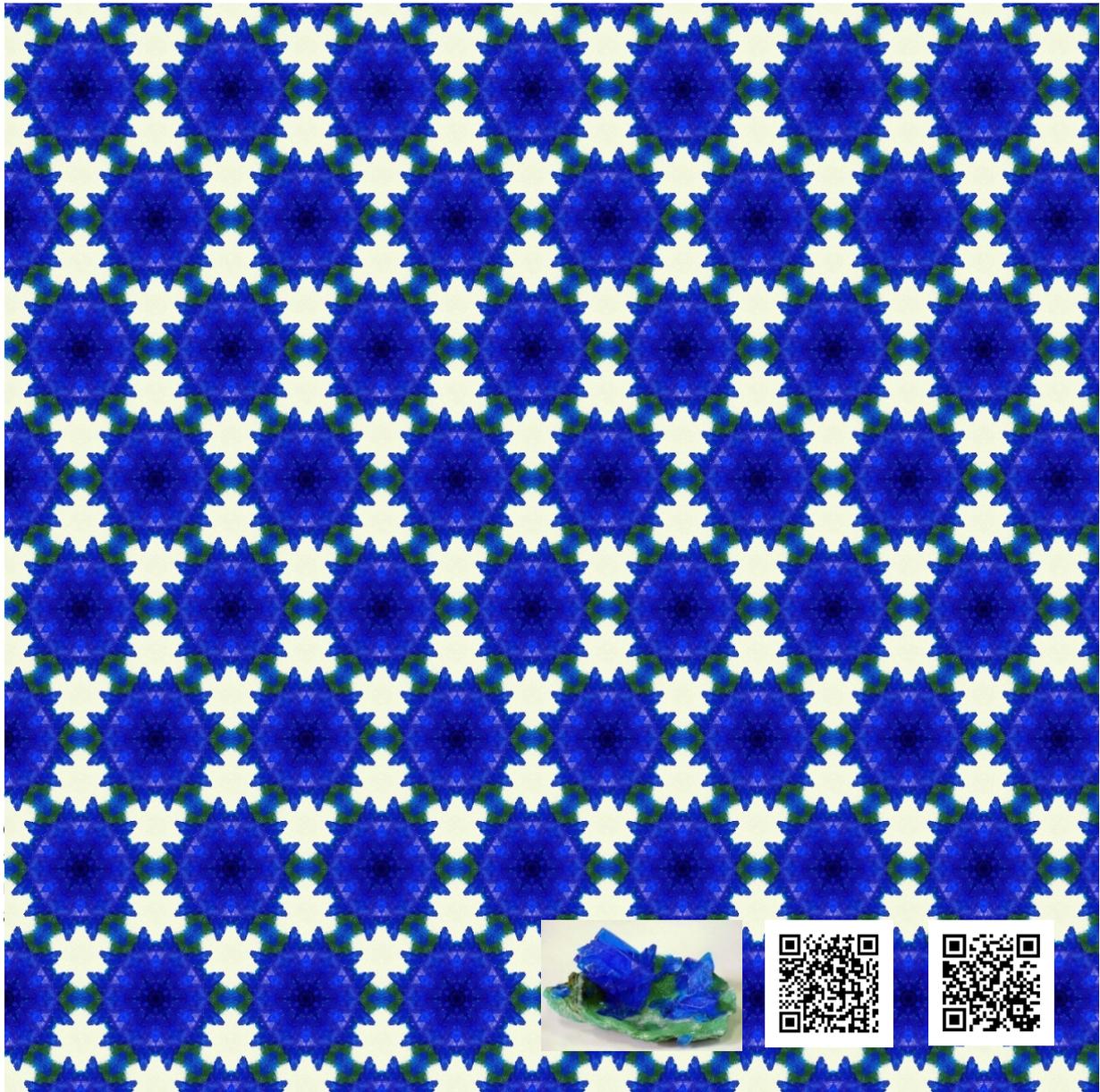


Figura 43 – Padrão gerado pelo GeCl, p6m, a partir de uma parte de uma foto de cristais de sulfato de cobre pentahidratado cultivado em casca de ostra, representada na miniatura [8,17]. Padrão escolhido para construir um dos moinhos de papel que figuram no cartaz da Exposição e na Fig. 40.

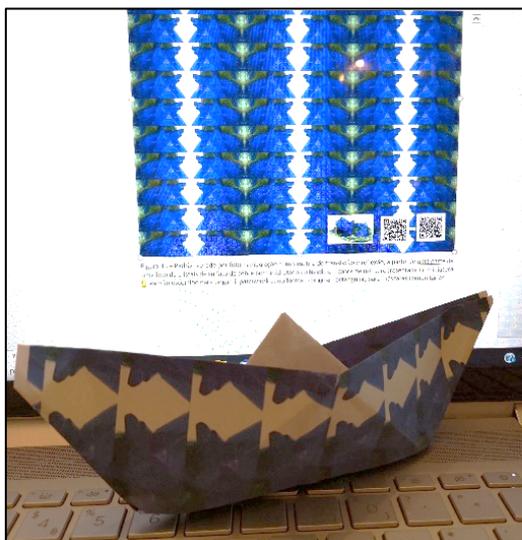
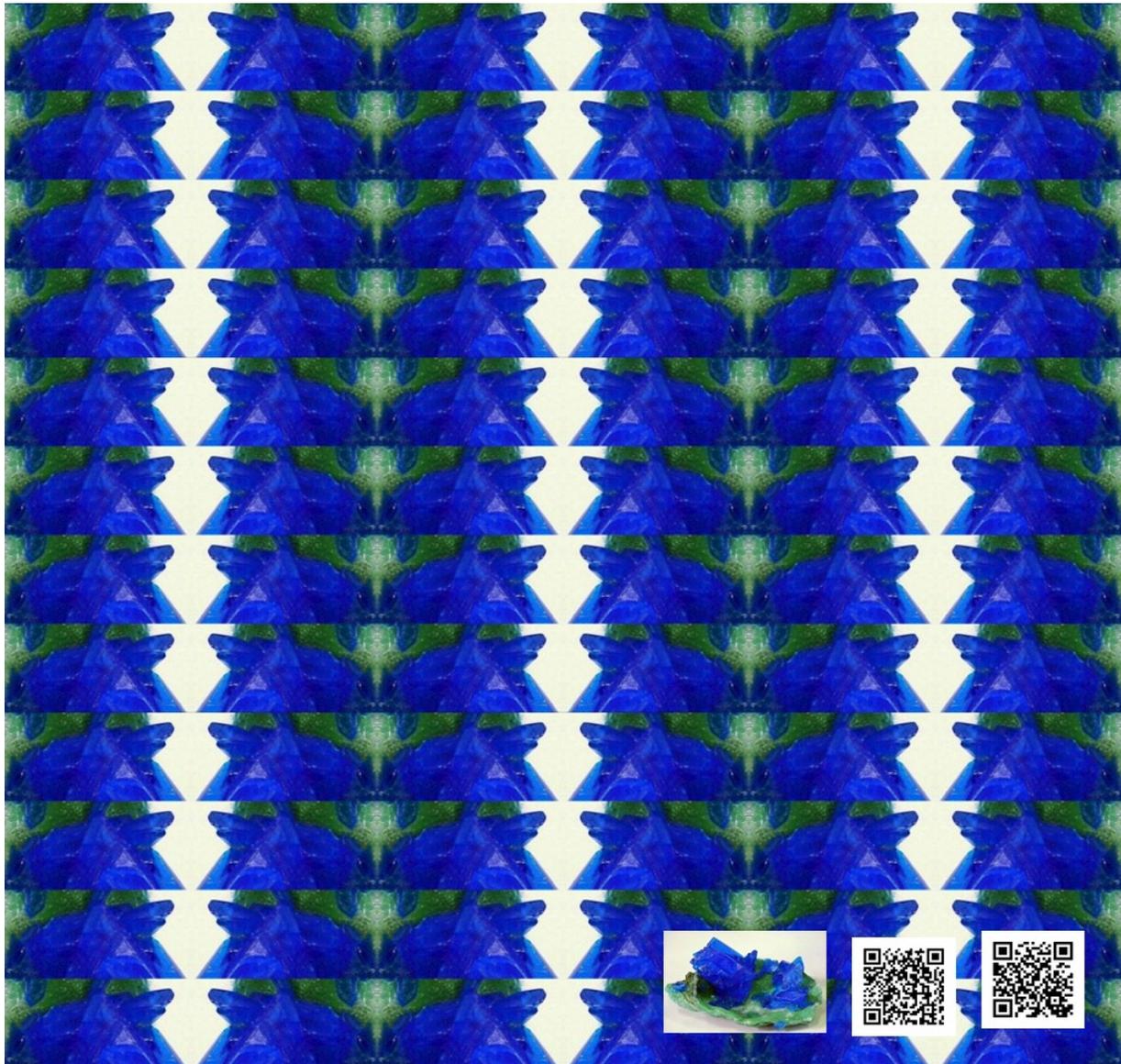


Figura 44 – Padrão gerado por fotomanipulação com simetria de translação e reflexão, a partir de uma parte de uma foto de cristais de sulfato de cobre pentahidratado cultivado em casca de ostra, representada na miniatura [8]. Padrão escolhido para origami (o clássico barquinho), patchwork e, no formato original rectangular, para máscaras comunitárias

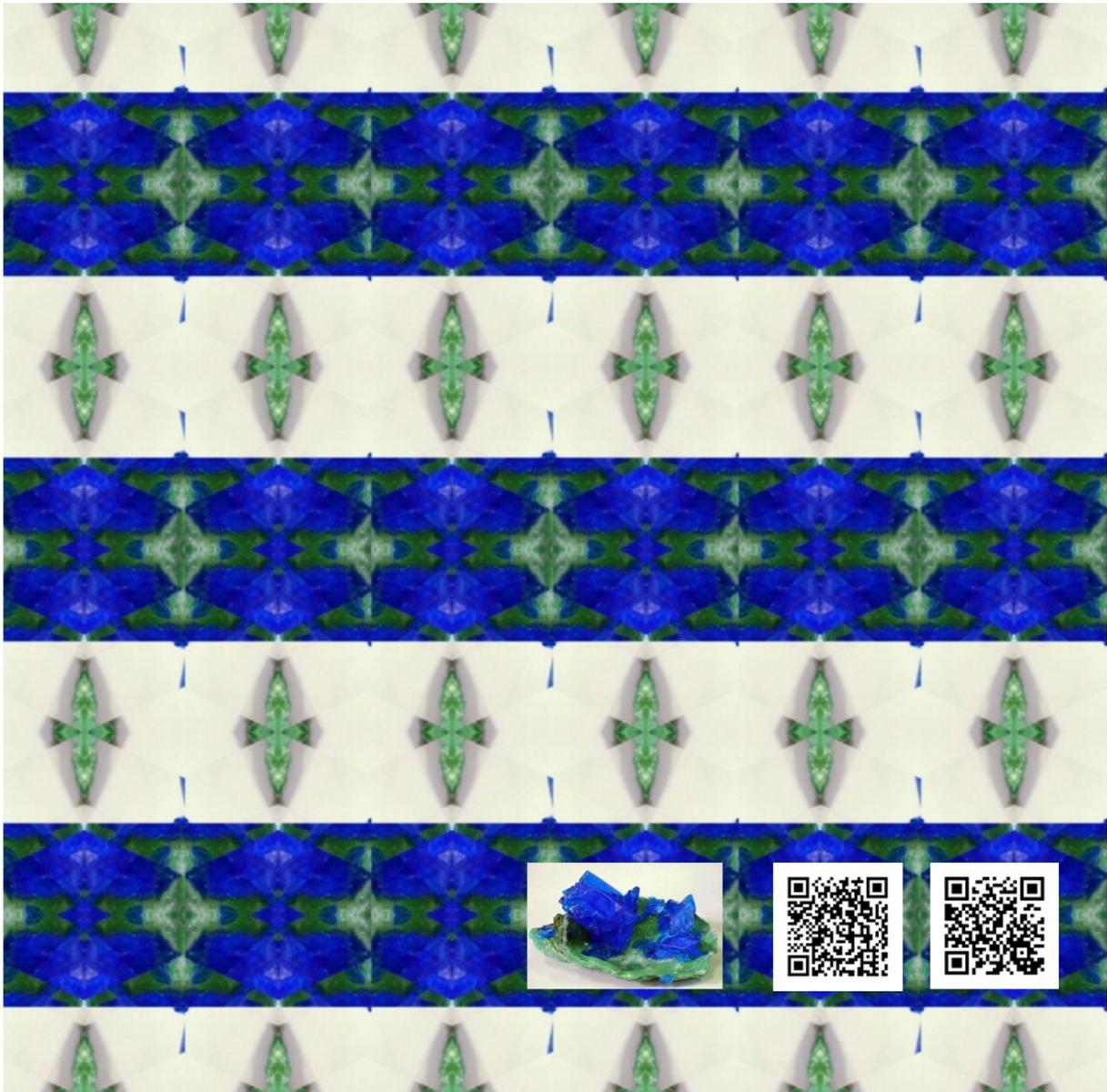


Figura 45 – Padrão gerado por fotomanipulação com simetria de translação e reflexão sucessivas, a partir de uma parte de uma foto de cristais de sulfato de cobre pentahidratado cultivado em casca de ostra, representada na miniatura [8]. Padrão escolhido para origami, patchwork e, no formato original rectangular, para máscaras comunitárias.



Figura 46 – Padrões decorativos já apresentados para fazer os moinhos de papel. Em cima, sugestão para patchwork, após impressão em tecido. Moinho de papel, criado em origami e fotos de Alcina Cruchinho. Padrão do moinho inspirado nas torres eólicas de Penamacor, Fig.46, que irá ser integrado na colecção “soprar”.

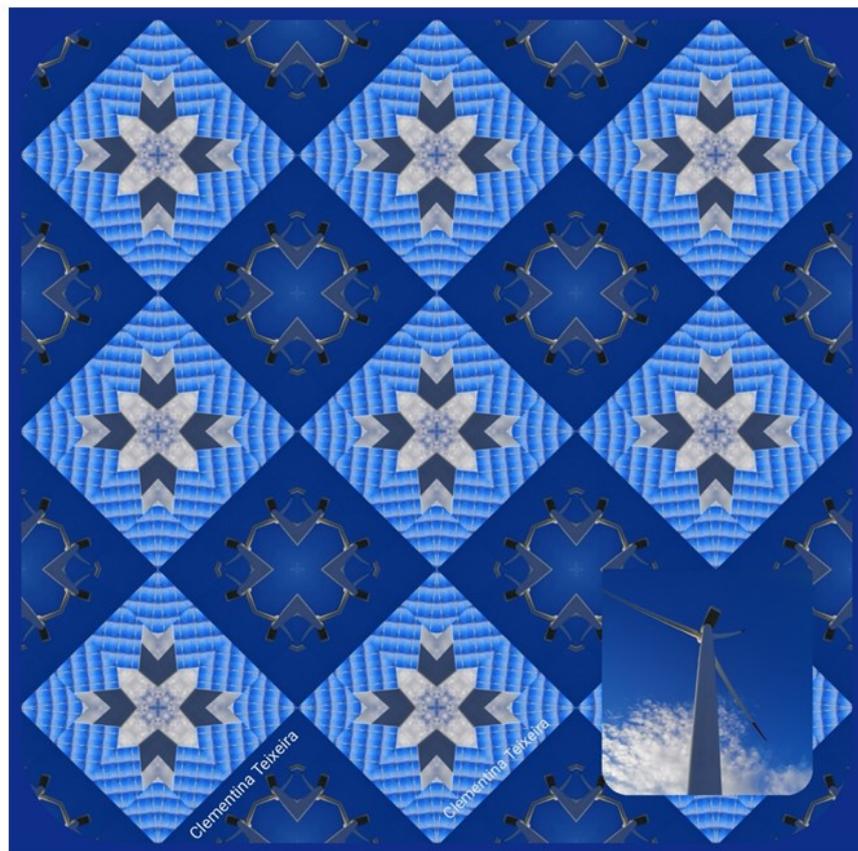


Figura 47 – Padrões obtidos por fotomanipulação com espelhos virtuais, o de cima utilizado no moinho de papel da Fig. 45. Inspirados nas Torres Eólicas de Penamacor, Serra de Santa Marta, colecção “soprar”.

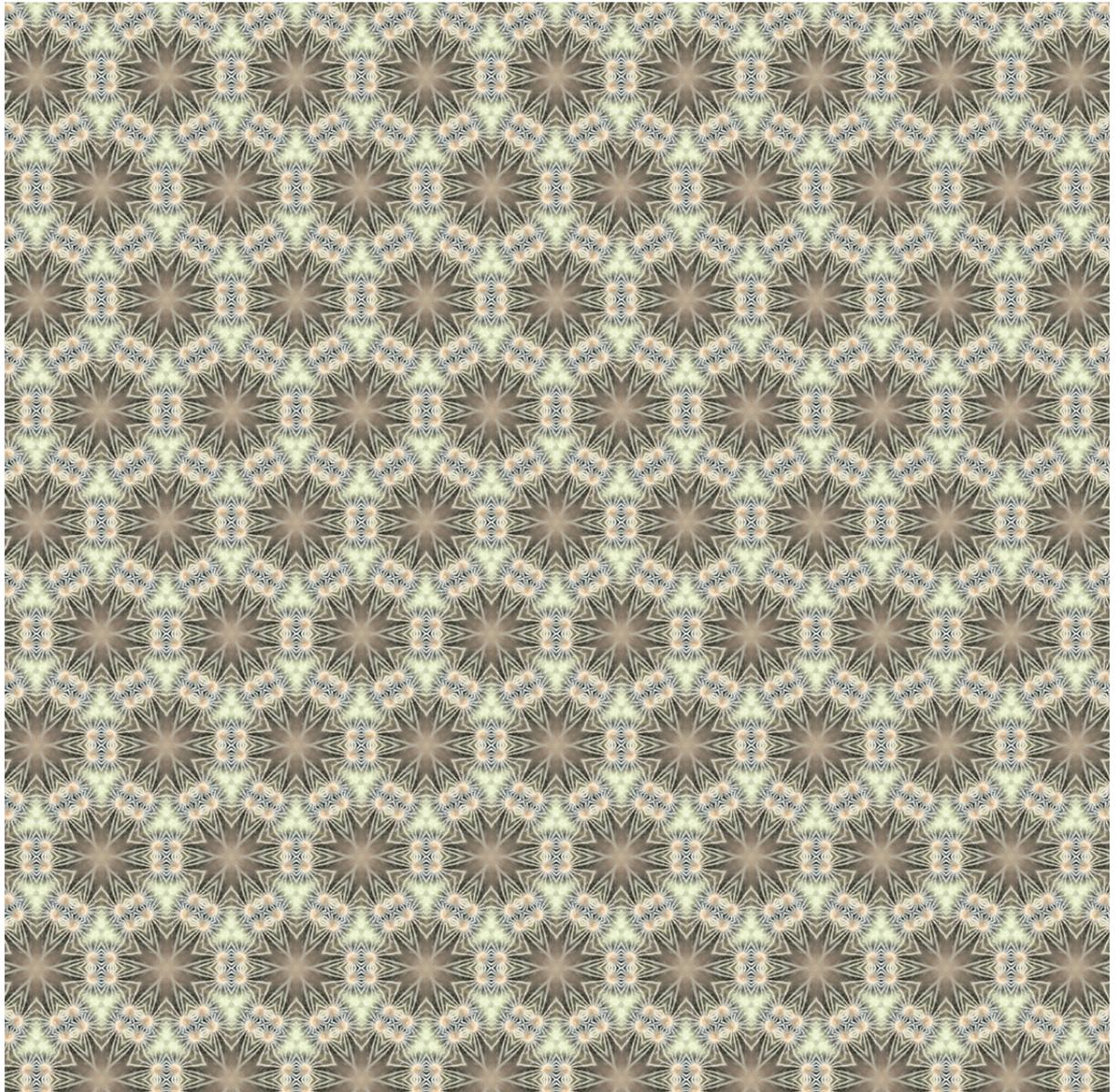


Figura 48 – Padrão gerado pelo GeClA, $p6m$, a partir de uma fotomicrografia de um dente de leão observado numa lupa estereoscópica comum [17]. A fotomicrografia encontra-se na montagem de baixo, à esquerda, juntamente com uma miniatura de uma pintura realista de Jantina Peperkamp, Luna. Luna encarna a personagem da lupa: esta seria a visão que o instrumento teria da nossa cara espreitando pela sua ocular. A ampliação foi de 40x e apenas uma parte da fotomicrografia foi usada para gerar o padrão. Na montagem da direita, outro padrão $p6m$, GeClA, associado à pintura de Poen de Wijs, em papiro, Dandelion. Foi usada a mesma

fotomicrografia e a gravura foi integrada na Coleção “Soprar”. Estes slides de divulgação colaborativa de Ciência e Arte foram apresentados no V Congresso da Casa das Ciências, em Guimarães, 2018 [18,19].

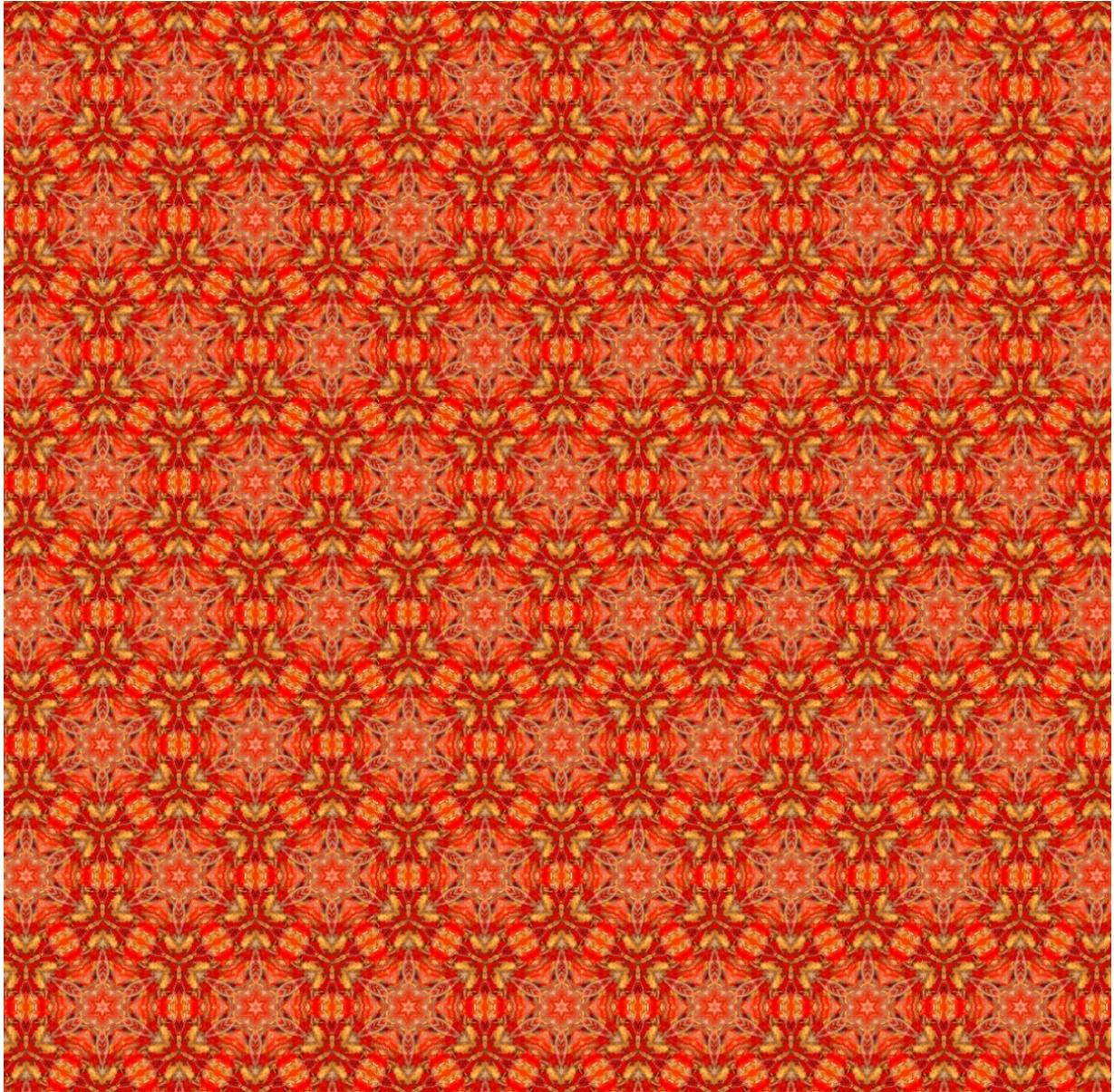


Figura 49 – Padrão gerado pelo GeClA, p6m, a partir de uma fotomicrografia de uma papoila, 10x. Neste momento já não consigo encontrar a fotomicrografia original, apenas indico uma desta série. Foi obtida por telemóvel apenas encostado à ocular da lupa estereoscópica.



Figura 50 – Exemplos de gravuras de compostos químicos que constam desta exposição, obtidas todas a partir de fotomicrografias das mesmas à lupa estereoscópica (fotomanipulação) [12].



Figura 51 – Exemplos de gravuras de compostos químicos que constam desta exposição, obtidas todas a partir de fotomicrografias de compostos químicos à lupa estereoscópica (fotomanipulação) [12].

As actividades de Origami aqui apresentadas, os trabalhos de patchwork, todos podem ser integrados nos conteúdos programáticos do ensino pré-universitário a partir do 1º ciclo, Estudo do Meio, mas também nas disciplinas de Matemática (simetria), Educação Visual, Química, Geologia, Artes e Design. Um conjunto de vídeos irá ser apresentado ao longo destas quatro semanas que decorrerão, para mim, pela primeira vez, nas redes sociais e on-line. Vivemos num Mundo cada vez mais perigoso e vulnerável e muito dominado pela inteligência artificial. Cabe a todos nós adaptarmo-nos aos novos tempos em que a competitividade é crescente, e só os mais fortes irão sobreviver. E isso faz-se estimulando a criatividade, tirando o máximo partido dos meios postos ao nosso dispor. Bem hajam por esta nova oportunidade dada ao meu trabalho.

Agradecimentos

Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), Portugal, Centro de Química Estrutural –
Project UIOB/00100/2020 (utilização de equipamento). Alcina Cruchinho, Directora da Biblioteca

Municipal de Penamacor e Vitor Gil, da Câmara Municipal de Penamacor, autor do cartaz da Exposição. Este trabalho foi financiado pela autora.

Bibliografia e Notas

- [1] – Clementina Teixeira, “Artesãos do Século XXI” - Artesanato observado ao microscópio, Catálogo da exposição, edição de autor, Projecto Ciência Viva, CV 100-2009/432, Biblioteca Municipal de Penamacor, Centro de Química Estrutural e Departamento de Engenharia Química e Biológica, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, p 1-17, Dezembro 2009. DOI: 10.13140/RG.2.1.4313.2969. Consultar os numerosos suplementos (links) na ResearchGate, com os cartazes e montagens de fotomicrografias de reações químicas e cristalizações. Apresentam-se como anexos, em pdf, na referida rede de profissionais de acesso aberto ao público.
- [2] – Clementina Teixeira, Dulce Simão, Anabela Graça, “Observação de cristais à lupa estereoscópica e sua articulação com outros módulos expositivos”, Cap.1, em “Cristais Químicos. Observação à Lupa Estereoscópica. Exposições”, edição de autor, Clementina Teixeira, Centro de Química Estrutural e Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Março 2020, p.2-26. DOI: [10.13140/RG.2.2.24508.05769](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24508.05769)
https://www.researchgate.net/publication/341827875_Observacao_de_cristais_a_lupa_estereoscopica_e_sua_articulacao_com_outros_modulos_expositivos_Capitulo_1_em_Cristais_Quimicos_Observacao_a_Lupa_a_Estereoscopica_Exposicoes_ed_Clementina_Teixeira_Centro
- [3] – Clementina Teixeira, Erik Ceschini Panighel Benedicto, Gonçalo Santos em “Cristais Químicos em 3D e Exposição”, Livro dos Laboratórios Abertos 2020, eds. M. A. Lemos, C. Gomes de Azevedo, D. Simão, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Fevereiro de 2020, p127-180. DOI: [10.13140/RG.2.2.20543.05287](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20543.05287)
https://www.researchgate.net/publication/340606494_Cristais_em_3D_e_Exposicao/stats
- [4] – Clementina Teixeira, Os Cristais no Ensino e Divulgação da Química, Colóquio Ciências, Fundação Calouste Gulbenkian, 25, 20-36 (2000).
- [5] – Clementina Teixeira em “Química e Arte: Sugestões para o Ano Internacional da Tabela Periódica 2019”, Livro dos Laboratórios Abertos 2019, eds. M.A.Lemos, C.Gomes de Azevedo, D.Simão, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, ISBN: 978-989-99508-6-3.
https://www.researchgate.net/publication/331233915_Clementina_Teixeira_Quimica_e_Arte_Sugestoes_para_o_Ano_Internacional_da_Tabela_Periodica_2019_Livro_dos_Laboratorios_Abertos_2019_ed_MALemos_C_Gomes_de_Azevedo_D_Simao_Departamento_de_Engenharia_Quimica
- [6] – Clementina Teixeira, Jacob Christian Poen de Wijs, Jantina Peperkamp, “Exposição Ciência e Arte com a AEIST”, AEIST, Semana da Cultura 2018, Centro de Química Estrutural e Departamento de Engenharia Química, IST, Universidade de Lisboa, 21 de Maio de 2018, DOI: 10.13140/RG.2.2.14958.51526.
https://www.researchgate.net/publication/325257238_Clementina_Teixeira_Jacob_Christian_Poen_de_Wijs_Jantina_Peperkamp_Exposicao_Ciencia_e_Arte_com_a_AEIST_AEIST_Semana_da_Cultura_2018_Centro_de_Quimica_Estrutural_e_Departamento_de_Engenharia_Quimica_I
- [7] – Clementina Teixeira, Hermínio Diogo, Manuel Francisco Costa Pereira, Maria Conceição Oliveira, Vânia André, “Rede Cristalina: 25 anos de Divulgação em Química”, Apresentação de Projeto, Livro de Resumos, p75,76, VI Encontro Internacional da Casa das Ciências, 10-12 de Julho de 2019, FCUL, Lisboa.
https://www.researchgate.net/publication/337901251_Rede_Cristalina_25_anos_de_Divulgacao_em_Quimica_Apresentacao_de_Projeto_Livro_de_Resumos_p7576_VI_Encontro_Internacional_da_Casa_das_Ciencias_10-12_de_Julho_de_2019_FCUL_Lisboa

- [8] – Clementina Teixeira, Artesãos do Século XXI: Poderá a Química ligar-se à Arte? Experiências com cristais inspiradas pelo mar, “Cristais, Arte e Mar”, edição de autor, p1-49, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 26/9/2020. DOI: 10.13140/RG.2.2.30204.97920.
https://www.researchgate.net/publication/344388937_Artesaos_do_Seculo_XXI_Podera_a_Quimica_ligar-se_a_Arte_Experiencias_com_cristais_inspiradas_pelo_mar
- [9] – <https://aeist.pt/blog/2020/05/16/dia-internacional-dos-museus/>, acessado 1/11/2020.
- [10] – Referência 2, pg. 11. Clementina Teixeira, Helena M.G.S. M Trigo Teixeira, Rui P.G.Vareda, M.V. Barrôgo Linhas, Jacob Christian Poen de Wijs, Crystals, Microscopy and the Art of Poen de Wijs, Copper Sulphate(II) pentahydrate “On the Rocks”, Comunicação oral, II Encontro Internacional da Casa das Ciências, Instituto Superior de Engenharia do Porto, 14-16 de Julho de 2014.
https://www.researchgate.net/publication/325662219_Clementina_Teixeira_Helena_MGS_M_Trigo_Teixeira_Rui_PGVareda_MV_Barrogo_Linhas_Jacob_Christian_Poen_de_Wijs_Crystals_Microscopy_and_the_Art_of_Poen_de_Wijs_Copper_SulphateII_pentahydrate_On_the_Rocks
https://www.researchgate.net/publication/325662139_Clementina_Teixeira_Poen_de_Wijs_Copper_Sulphate
- [11] – Referência 8, pgs. 39, 40.
- [12] – Clementina Teixeira, “Exposições para escolas. Padrões decorativos. Reações ácido-base, observação à lupa estereoscópica, HCl+NaOH “, Capítulo 6, em “Cristais Químicos. Observação à Lupa Estereoscópica. Exposições”, ed. Clementina Teixeira, Centro de Química Estrutural e Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, 12 de Agosto de 2020, p1-58. DOI: 10.13140/RG.2.2.33329.61289
https://www.researchgate.net/publication/343611271_Clementina_Teixeira_Exposicoes_para_escolas_Pad_oes_decorativosReacoes_acido-base_observacao_a_lupa_estereoscopica_HClNaOH_Capitulo_6_em_Cristais_Quimicos_Observacao_a_Lupa_a_Estereoscopica_Exposicoes_e
- [13] – Clementina Teixeira, “Mandeir Vir os Ácidos, as Bases e os Sais: Aplicações da Microscopia Química”, Química, Boletim da Sociedade Portuguesa de Química, 107, 41-45, 2007.
https://www.researchgate.net/publication/268521712_Mandeir_Vir_os_Acidos_as_Bases_e_os_Sais_Aplicacoes_da_Microscopia_Quimica_Quimica_Boletim_da_Sociedade_Portuguesa_de_Quimica_107_41-45_2007
- [14] – Clementina Teixeira, Reaction HCl+ NaOH, universal pH indicator, stereomicroscope
https://www.researchgate.net/publication/343725099_Reaction_HCl_NaOH_universal_pH_indicator_stereomicroscope?fbclid=IwAR2XUfOi52DVv83MF5jHWQ8GXT1aBAVXDjrEs4gDn4nSPIRLMC6MLUEnYDc
- [15] – Clementina Teixeira, Gonçalo Santos, Jacob Christian Poen de Wijs (a título póstumo), “Soprar: das bolas de sabão aos moinhos de vento. Um projecto de Ciência e Arte com Poen de Wijs”, comunicação oral, III Encontro Internacional da Casa das Ciências, ISEP, Porto, 11-13 de Julho 2016. É importante consultar o resumo e a comunicação, para ter acesso às imagens e à apresentação em slide show. Suplemento na Researchgate: SoprarBolasdeSabãoPoendeWijs, DOI: 10.13140/RG.2.2.15345.17767.
https://www.researchgate.net/publication/305399234_Clementina_Teixeira_Goncalo_Santos_Jacob_Christian_Poen_de_Wijs_a_titulo_postumo_Soprar_das_bolas_de_sabao_aos_moinhos_de_vento_Um_projecto_de_Ciencia_e_Arte_com_Poen_de_Wijs
https://www.researchgate.net/publication/305815435_SoprarBolasdeSabaoPoendeWijs

- [16] – Clementina Teixeira, “Windmills of Chemistry and the Art of Poen de Wijs”, DOI: [10.13140/RG.2.1.2321.2007](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2321.2007)
https://www.researchgate.net/publication/281633146_Windmills_of_Chemistry_and_the_Art_of_Poen_de_Wijs
- [17] – Ana Cristina Oliveira, Exposição de Simetria no III Encontro Internacional da Casa das Ciências, ISEP, Julho de 2016, <https://www.casadasciencias.org/3encontrointernacional/wkb2.php>
Programa: <http://www.atractor.pt/mat/GeCla/>.
- [18] – Clementina Teixeira, Jacob Christian Poen de Wijs, Jantina Peperkamp, Christa Zaat “**Padrões Decorativos: Divulgação Colaborativa de Ciência e Arte**”, Poster, V Encontro Internacional da Casa das Ciências, Centro Cultural Vila Flor, Guimarães, 9-11 de Julho de 2018. DOI: 10.13140/RG.2.2.18898.04800.
https://www.researchgate.net/publication/326395751_Ciencia_e_Arte_Simetrias.
- [19] – Clementina Teixeira, Jacob Christian Poen de Wijs, Jantina Peperkamp, Christa Zaat, “Cientistas e Artistas, Divulgação de Química e Arte”, comunicação oral, V Encontro Internacional da Casa das Ciências, Centro Cultural Vila Flor, Guimarães, 9-11 de Julho de 2018. DOI: 10.13140/RG.2.2.29401.83045.
https://www.researchgate.net/publication/326463966_cientistas_e_artistas_quimica_e_arte?showFulltext=1&linkId=5b4f4d44a6fdcc8dae2b2399
https://www.researchgate.net/publication/326463562_Clementina_Teixeira_Jacob_Christian_Poen_de_Wijs_Jantina_Peperkamp_Christa_Zaat_Cientistas_e_Artistas_Divulgacao_de_Quimica_e_Arte_comunicacao_oral_V_Encontro_Internacional_da_Casa_das_Ciencias_Centro

Outros trabalhos

- [20] – Clementina Teixeira, Jacob Christian Poen de Wijs, Jantina Peperkamp, “**Exposição Ciência e Arte**”, in Laboratórios Abertos 2018, eds. Maria Amélia Lemos, Cristina Gomes de Azevedo, Dulce Simão, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, ISBN: 978-989-99508-5-6, 5-9 de Fevereiro de 2018, 145-151. Referências aí citadas.
https://www.researchgate.net/publication/325060080_Clementina_Teixeira_Jacob_Christian_Poen_de_Wijs_Jantina_Peperkamp_Exposicao_Ciencia_e_Arte_in_Laboratorios_Abertos_2018_edts_M_A_Lemos_C_Gomes_de_Azevedo_D_Simao_Departamento_de_Engenharia_Quimica_IST
- [21] – Clementina Teixeira, Gonçalo Santos, João A. Fortes, Jantina Peperkamp, “Cristais, Simetrias do GeCla, Arte e Tabela Periódica”, comunicação em Poster, VI Encontro Internacional da Casa das Ciências, FCUL, 10-12 de Julho 2019. DOI: 10.13140/RG.2.2.30815.20647
https://www.researchgate.net/publication/335176208_CRISTAIS_SIMETRIAS_DO_GECLA_ARTE_E_TABELA_PERIODICA_VI_Encontro_Internacional_da_Casa_das_Ciencias_FCUL_Lisboa_10_a_12_de_Julho_de_2019
- [22] – Clementina Teixeira, “Observação de objetos de ourivesaria à lupa estereoscópica. Zircónias”, Cap.2, em “Cristais Químicos. Observação à Lupa Estereoscópica. Exposições”, edição de autor, Clementina Teixeira, Centro de Química Estrutural e Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Março 2020, p1-19. DOI: [10.13140/RG.2.2.31520.40966](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.31520.40966)
https://www.researchgate.net/publication/341878673_Observacao_de_objectos_de_ourivesaria_a_lupa_e_stereoscopica_Zirconias_Capitulo_2_em_Cristais_Quimicos_Observacao_a_Lupa_Estereoscopica_Exposicoes_ed_Clementina_Teixeira_Centro_de_Quimica_Estrutural_e

[23] – Clementina Teixeira, “Observação de artefactos de ourivesaria à lupa estereoscópica. Cristais metálicos: ouro, prata, cobre e ligas metálicas”, Cap.3, em “Cristais Químicos. Observação à Lupa Estereoscópica. Exposições”, edição de autor, Clementina Teixeira, Centro de Química Estrutural e Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Maio 2020, p1-15. DOI: 10.13140/RG.2.2.28717.92640

https://www.researchgate.net/publication/341942420_Observacao_de_artefactos_de_ourivesaria_a_lupa_estereoscopica_Cristais_metalicos_ouro_prata_cobre_e_ligas_metalicas_Capitulo_3_em_Cristais_Quimicos_Observacao_a_Lupa_Estereoscopica_Exposicoes_ed_Cleme

[24] – Clementina Teixeira, “Observação de artefactos de ourivesaria à lupa estereoscópica. Cristais metálicos: prata e ligas metálicas”, Capítulo 4, em “Cristais Químicos. Observação à Lupa Estereoscópica. Exposições”, ed. Clementina Teixeira, Centro de Química Estrutural e Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Junho de 2020, p1-28. DOI: [10.13140/RG.2.2.31116.54401](https://www.researchgate.net/publication/342004685_Observacao_de_artefactos_de_ourivesaria_a_lupa_estereoscopica_Cristais_metalicos_prata_e_ligas_metalicas_Capitulo_4_em_Cristais_Quimicos_Observacao_a_Lupa_Estereoscopica_Exposicoes_ed_Clementina_Teixeira#fullTextFileContent)
https://www.researchgate.net/publication/342004685_Observacao_de_artefactos_de_ourivesaria_a_lupa_estereoscopica_Cristais_metalicos_prata_e_ligas_metalicas_Capitulo_4_em_Cristais_Quimicos_Observacao_a_Lupa_Estereoscopica_Exposicoes_ed_Clementina_Teixeira#fullTextFileContent

[25] – Clementina Teixeira, Erik Ceschini Panighel Benedicto, Gonçalo Santos, “Cristais químicos de limpa-pratas com tioureia. Árvores de prata. Observação à lupa estereoscópica”, Capítulo 5, em “Cristais Químicos. Observação à Lupa Estereoscópica. Exposições”, ed. Clementina Teixeira, Centro de Química Estrutural e Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Junho de 2020, p1-28. DOI: [10.13140/RG.2.2.29494.52803](https://www.researchgate.net/publication/342215581_Clementina_Teixeira_Erik_Ceschini_Panighel_Benedicto_Goncalo_Santos_Cristais_quimicos_de_limpa-pratas_com_tioureia_Arvores_de_prata_Observacao_a_lupa_estereoscopica_Capitulo_5_em_Cristais_Quimicos_Obs)

https://www.researchgate.net/publication/342215581_Clementina_Teixeira_Erik_Ceschini_Panighel_Benedicto_Goncalo_Santos_Cristais_quimicos_de_limpa-pratas_com_tioureia_Arvores_de_prata_Observacao_a_lupa_estereoscopica_Capitulo_5_em_Cristais_Quimicos_Obs

Clementina Teixeira

Professora Aposentada do Instituto Superior Técnico

clementina@tecnico(ponto)ulisboa(ponto)pt

Capa: Vítor Gil, Câmara Municipal de Penamacor

Curadoria: Alcina Cruchinho, Biblioteca Municipal de Penamacor