

Os cristais líquidos. Suas propriedades e aplicações^(*)

A. C. RIBEIRO e J. L. FIGUEIRINHAS

Centro de Física da Matéria Condensada (INIC)
Av. Prof. Gama Pinto, 2, 1699 Lisboa, Codex, Portugal
Departamento de Física (IST-UTL)
Av. Rovisco Pais — Lisboa

M. H. GODINHO

Centro de Física da Matéria Condensada (INIC)
Av. Prof. Gama Pinto, 2, 1699 Lisboa, Codex, Portugal
Secção de Ciência dos Materiais (FCT-UNL)
Monte da Caparica

Neste trabalho são descritas algumas das fases líquido cristalinas conhecidas e são apresentados os métodos usualmente utilizados para a identificação e caracterização das mesmas. Igualmente se apresentam algumas das aplicações, com interesse tecnológico, dos cristais líquidos.

1. Introdução

Algumas substâncias ao passarem do estado sólido ao estado líquido apresentam uma ou várias fases intermédias (designadas mesofases) com propriedades mecânicas idênticas às dos líquidos mas com propriedades ópticas anisótropas próprias dos cristais. Assim, as fases líquidas intermédias destas substâncias quando observadas num microscópio entre polarizadores cruzados, revelam magníficas texturas características da anisotropia do meio, extinguindo-se a imagem se a substância transitar para a fase líquida isotrópica. Às substâncias que exibem estas fases intermédias foi dado o nome de cristais líquidos.

A obtenção de mesofases pode conseguir-se por variação da temperatura (mesomorfismo termotrópico), ou por influência de um solvente (mesomorfismo liotrópico).

O primeiro liotrópico conhecido foi observado casualmente pelo biólogo Virchow [1] em 1854 quando estudava a estrutura de soluções de mielina em água usando um microscópio. O primeiro termotrópico foi descoberto em 1888 pelo botânico Reinitzer [2] que ao sintetizar o benzoato de colesterilo verificou que esta substância apresentava «dois pontos

de fusão» com características distintas; a 145,5°C a substância fundia e apresentava um aspecto turvo mas a 178,5°C tornava-se transparente. Entre aquelas temperaturas o benzoato de colesterilo exibia uma fase colestérica líquida cristalina tornando-se líquido isotrópico a partir de 178,5°C.

Após estas descobertas históricas muito se avançou no domínio da síntese química e conhecimento das propriedades físicas de novos destes materiais. Nos nossos dias são conhecidas múltiplas fases líquidas cristalinas, com características estruturais distintas, algumas das quais com aplicações imediatas na indústria electrónica, na biologia, na medicina e noutros campos.

2. Cristais líquidos liotrópicos

Os cristais líquidos liotrópicos são obtidos a partir de determinadas substâncias misturando-as com um solvente em determinadas condições de concentração, pressão e temperatura.

(*) Este trabalho foi prometido ser publicado na Revista Técnica antes da realização do Encontro sobre o Ensino da Física. A direcção Científica da Técnica concordou com a sua publicação em simultâneo na Gazeta de Física.

Os liotrópicos mais correntes são soluções de moléculas anfifílicas em água. Os compostos anfifílicos têm uma cabeça polar geralmente solúvel em água e uma cauda orgânica insolúvel.

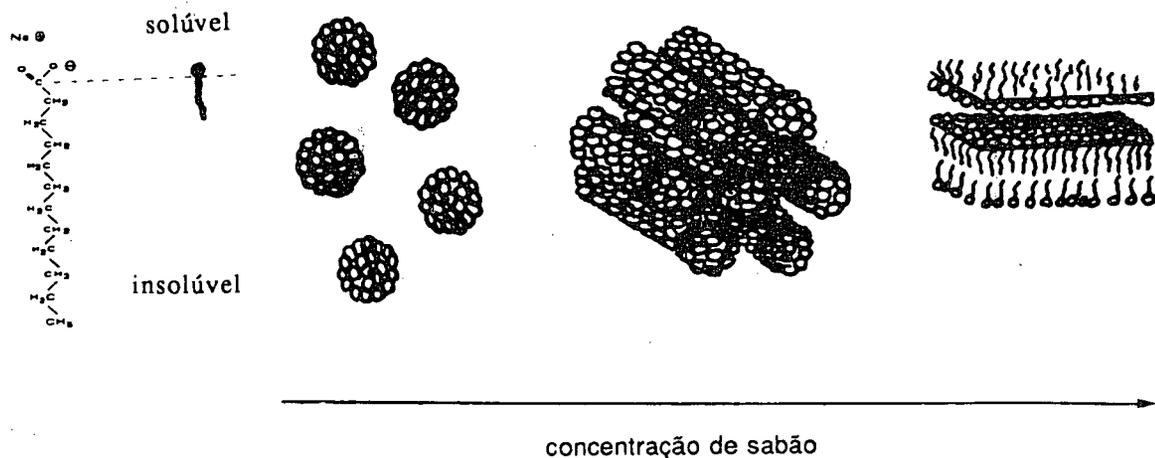


Fig. 1 — Algumas das estruturas liotrópicas que se obtêm quando se mistura um sabão em água [3].

Para uma dada temperatura e pressão as moléculas destas substâncias exibem diferentes estados de agregação consoante a concentração do solvente. Claro está que variações de pressão e temperatura podem igualmente provocar mudanças do estado de agregação. A maior parte dos sabões e detergentes dão origem a estruturas liotrópicas quando misturadas com água. Na Fig. 1 pode ver-se um exemplo de algumas estruturas que é possível obter quando se dissolve um sabão em água.

Refira-se que o conhecimento da física dos cristais líquidos liotrópicos tem grande importância em biologia. Como exemplo citamos o caso das membranas celulares que são estruturas formadas essencialmente por lípidos, proteínas e água e são sistemas liotrópicos.

3. Cristais líquidos termotrópicos

Vamos referir-nos sobretudo às estruturas e aos estudos de caracterização de mesofases não macromoleculares termotrópicas, sendo de notar que os materiais que as exibem são obtidos por síntese em química orgânica.

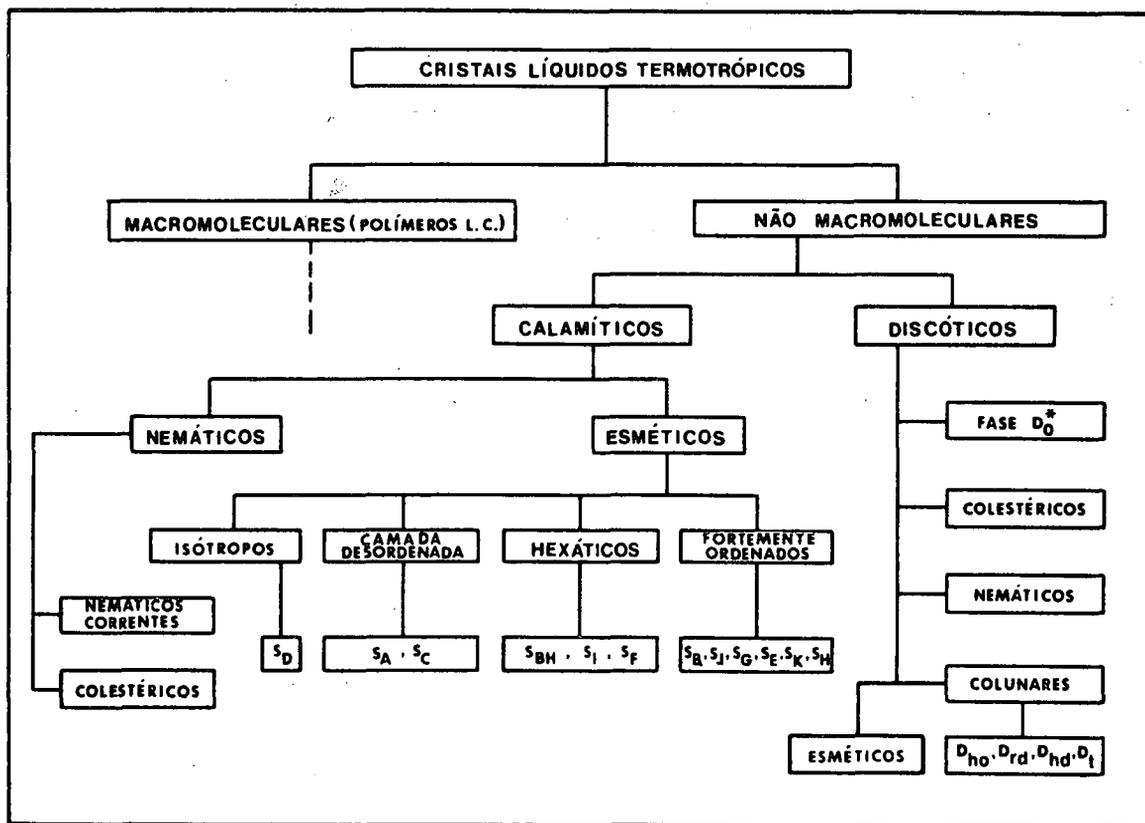
Tendo em conta a forma das moléculas que os constituem os cristais líquidos termotrópicos podem ser subdivididos em calamíticos e discóticos (ver Quadro I). Os calamíticos são

constituídos por moléculas alongadas possuindo uma parte central relativamente rígida chamada corpo e cadeias alifáticas flexíveis nas extremidades (exemplo na Fig. 2). Nos discóticos as moléculas têm a forma de discos tendo igualmente um corpo central ao qual estão ligadas várias cadeias alifáticas que têm tendência a dispor-se no plano do corpo (exemplo na Fig. 3).

Os cristais líquidos calamíticos podem apresentar diferentes tipos de polimorfismos exibindo nomeadamente fases nemáticas esmécticas e colestéricas.

Nas fases nemáticas as moléculas têm em média tendência para (em domínios macroscópicos) se alinharem segundo uma direcção preferencial n , designada por director [7], encontrando-se os centros de gravidade das mesmas distribuídos de forma aleatória (Fig. 4). Esta orientação das moléculas estende-se a longa distância podendo obter-se «monocristais» nemáticos usando agentes externos como campos eléctricos ou campos magnéticos. Os nemáticos são usualmente meios uniaxiais (*) positivos sendo as fases deste

(*) Recentemente foram sintetizados nemáticos biaxiais.



tipo pouco viscosas (viscosidades típicas da ordem de 0.1 P). Numa escala decrescente de temperaturas a fase nemática ocorre habitualmente a seguir à fase isotrópica, embora existam exceções devido ao fenómeno da reentrância descoberto em 1975 [8].

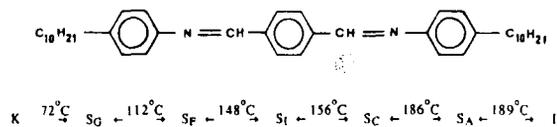


Fig. 2 — Molécula calamítica do cristal líquido TB10A e esquema de transições de fase [5].

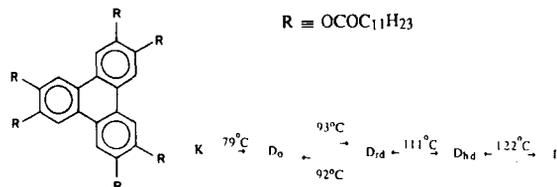


Fig. 3 — Molécula discótica de um hexa-n-alkanoato de trifenileno e esquema de transições de fase [6].

As fases colestéricas são fases nemáticas torcidas em que no seu estado normal as moléculas dispõem-se segundo configurações

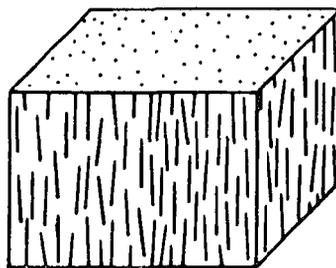


Fig. 4 — Representação esquemática da fase nemática dos calamíticos.

helicoidais (Fig. 5). Estas fases podem obter-se com moléculas quirais ou ainda por dissolução de moléculas quirais em nemáticos. O passo da hélice colestérica é uma função da pressão, da temperatura e também de campos exteriores

nomeadamente campos eléctricos e magnéticos [7, 9]. São, como os nemáticos, pouco viscosos mas são uniaxiais negativos, coincidindo o eixo óptico com o eixo da hélice. Estas fases são opticamente activas exibindo poderes rotatórios milhares de vezes superiores aos da sacarose [10].

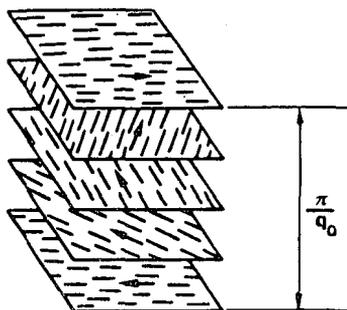


Fig. 5 — Representação esquemática da fase colestérica dos calamíticos.

As fases esmélicas são muito mais viscosas do que as fases nemáticas e têm como característica fundamental comum o facto de as moléculas se disporem em camadas. Consoante o modo de orientação e disposição das moléculas dentro das camadas, a correlação entre as posições das moléculas dentro das camadas e de camada para camada e ainda a ordem orientacional de ligação [11] entre as moléculas, assim se podem considerar diferentes tipos de fases esmélicas. Tanto quanto é do conhecimento dos autores existem doze tipos de fases esmélicas distintas (Quadro I). Como exemplos iremos descrever as fases esmélica A e esmélica B podendo a descrição detalhada dos diferentes tipos de fases esmélicas ser encontrada na referência [12].

Os esmélicos A (S_A) assemelham-se a nemáticos em camadas. Assim as moléculas dispõem-se em média perpendicularmente às camadas, sendo aleatória a distribuição dos centros de gravidade das mesmas dentro das camadas (Fig. 6). A ordem de posição e a ordem orientacional de ligação são a curta distância não havendo correlação entre camadas.

A fase esmélica B (S_B) é uma fase quase cristalina. As moléculas dispõem-se perpendi-

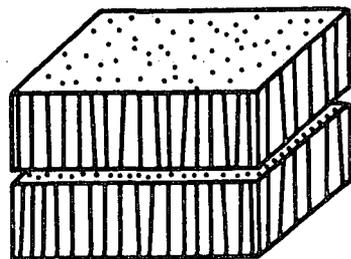


Fig. 6 — Representação esquemática da fase S_A .

cularmente às camadas em redes hexagonais centradas (Fig. 7). A ordem posicional e a ordem orientacional de ligação estendem-se a longa distância existindo de um modo geral uma forte correlação entre camadas.

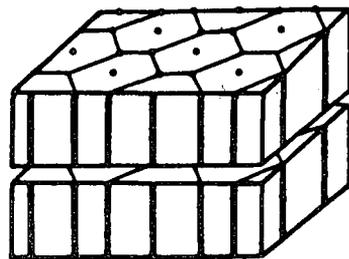


Fig. 7 — Representação esquemática da fase S_B .

A terminar esta descrição sobre os cristais líquidos calamíticos deve referir-se que num mesmo material podem observar-se diferentes mesofases líquidas cristalinas (ver o esquema de transições de fase representado na Fig. 2).

Os cristais líquidos de moléculas discóticas são de descoberta recente tendo o primeiro destes materiais sido sintetizado em 1977 pelo grupo de Chandrasekhar [13]. Nos nossos dias já são conhecidas oito fases distintas deste tipo de materiais (ver Quadro I). Citaremos como exemplos as fases do tipo D_h e também os nemáticos.

i) Nas fases D_h as moléculas dispõem-se em colunas na perpendicular aos eixos das mesmas e estas formam uma rede hexagonal centrada. Existem dois tipos destas fases: a fase D_{ho} [14] em que a distância entre moléculas de uma mesma coluna é constante e igual para todas as colunas e a fase D_{hd} [6] em que não existe ordem ao longo do eixo

das colunas. Na Fig. 8 está representado como exemplo o esquema estrutural da fase D_{ho} .

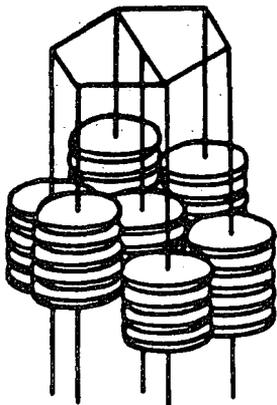


Fig. 8 — Representação esquemática da fase D_{ho} .

ii) Na fase nemática discótica N_D [15] os planos das moléculas têm tendência para se colocarem paralelos uns aos outros distribuindo-se os centros de gravidade das moléculas de forma aleatória (Fig. 9).

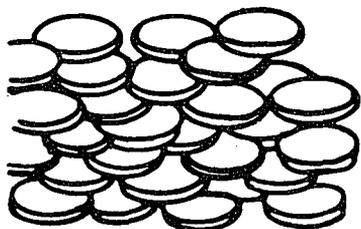


Fig. 9 — Representação esquemática da fase N_D .

Tal como nos calamíticos, num mesmo composto de moléculas discóticas podem detectar-se diferentes mesofases, como se evidencia no exemplo de esquema de transições de fase representado na Fig. 3.

A terminar este parágrafo convém referir que na maior parte das fases líquidas cristalinas as moléculas rodam, difundem, oscilam podendo estes movimentos ser mais ou menos livres, tudo dependendo da natureza da fase. Hoje em dia existem técnicas experimentais poderosas como a Ressonância Magnética Nuclear (R.M.N.), e a difracção de neutrões

que nos permitem conhecer os tipos de movimentos e a escala de tempos em que ocorrem nos diferentes tipos de fases [12].

4. Alguns métodos de análise e caracterização das fases líquidas cristalinas: microscopia polarizante, miscibilidade, calorimetria diferencial e difracção dos raios X

Uma das técnicas mais utilizadas, desde o início do século, para a caracterização dos cristais líquidos é a da observação de texturas usando um microscópio polarizante. Neste campo é de referir um trabalho notável de Friedel [16] publicado em 1922 em que são estudadas exhaustivamente as texturas dos cristais líquidos e proposta com base nessa observação uma classificação destes materiais. É no entanto necessário realçar que as texturas diferentes podem ou não corresponder a estruturas diferentes (fases diferentes) pelo que em caso de dúvida torna-se necessário recorrer a outros métodos, nomeadamente a difracção dos raios X. Contudo a análise em microscopia polarizante é extremamente importante sendo o microscópio, acoplado a uma platina de aquecimento, um dos instrumentos fundamentais dos químicos de síntese orgânica destes materiais. Citaremos a seguir algumas das texturas mais comumente encontradas em algumas fases líquidas cristalinas:

i) *Fase nemática dos calamíticos* — as texturas mais comuns são a textura mármore e a estriada. Na Fig. 10 (Estampa I) está representado um exemplo de uma textura nemática estriada na qual se detectam o aparecimento de caudas negras começando em pontos que correspondem a singularidades de orientação do director na preparação. De cada ponto de singularidade partem duas ou quatro caudas negras sendo de referir que na preparação e na zona das caudas negras as moléculas estão paralelas ou perpendiculares ao polarizador ou analisador que estão cruzados. Rodando simultaneamente polarizador e

analisador, as caudas mudam de posição mantendo-se os pontos de singularidade. É também de referir que as variações de cor correspondem a diferentes orientações das moléculas na preparação.

ii) *Fases esméticas* — dada a diversidade das fases esméticas seria fastidioso enumerar todas as texturas [16, 17] observáveis neste tipo de fases pelo que apresentamos na Fig. 11 (Estampa I), como exemplo, uma das texturas mais características das fases em camadas — a textura em leques com cónicas focais.

iii) *Fases de moléculas discóticas* — na fase nemática dos discóticos a textura mais comumente observada é a estriada [15] tal como na fase nemática dos calamíticos. Na fase D_{ho} as texturas mais observadas são germes homeotrópicos e mosaicos [14, 18]. Na fase D_{hd} são leques quebrados e cónicos focais [13, 14]. Na Fig. 12 (Estampa II) está representada como exemplo uma textura em mosaicos observada na fase D_{ho} de um cristal líquido.

Outro tipo de estudos usados para caracterizar a estrutura dos cristais líquidos são os estudos de miscibilidade. Estes estudos mostram-se muito interessantes na medida em que conhecendo as diferentes mesofases de um dado cristal líquido poderemos identificar as mesofases de outros. Estes estudos baseiam-se na seguinte regra: para cada temperatura, se dois materiais mesomorfos forem miscíveis em todas as proporções, então as mesofases são do mesmo tipo. Contudo a recíproca nem sempre é verdadeira visto que podem existir substâncias com o mesmo tipo de mesofases e estas não serem miscíveis. A análise qualitativa imediata da miscibilidade de dois compostos pode ser feita usando o chamado método de contacto de Kofler [19] que nos permite avaliar o comportamento geral da mistura utilizando apenas uma única preparação a observar ao microscópico. Para isso os dois compostos são postos em contacto sobre a lâmina e fundem-se até ambos atingirem a fase

isótropa. Descendo a temperatura pode observar-se a evolução da região de contacto na qual por difusão se forma uma zona que contém todas as concentrações possíveis que vão de uma substância pura à outra também pura. Por variação da temperatura detectam-se as transições que ocorrem na zona de contacto podendo as mesmas ser registadas fotograficamente (exemplo na Fig. 13; Estampa II). O método de contacto é obviamente limitado uma vez que não se conhece como varia o gradiente de concentrações na preparação.

O estudo e a determinação exacta dos diagramas de fase isobáricos em função da concentração e temperatura reveste-se de grande importância, pois as misturas homogéneas dos cristais líquidos não apresentam em geral as mesmas propriedades que nos compostos puros. Aliás estudos deste tipo têm conduzido a algumas importantes descobertas, entre as quais citamos o fenómeno da reentrância já referido [8] e posteriormente detectado em alguns compostos puros. Para se obterem diagramas de fase do tipo do representado na Fig. 14 preparam-se diferentes mis-

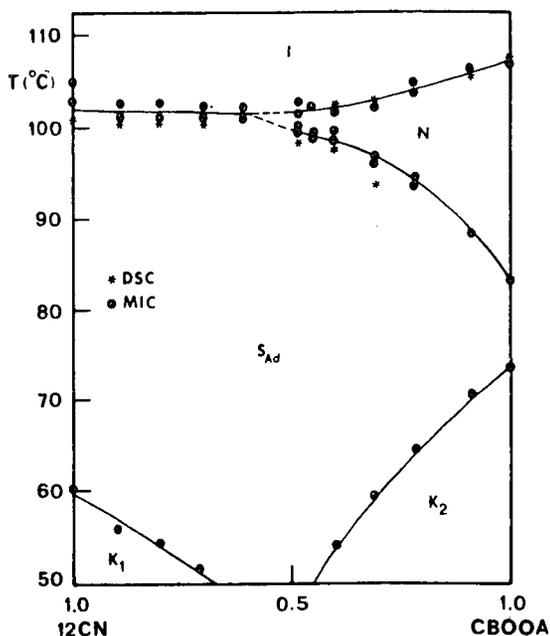


Fig. 14 — Diagrama de fase associado a misturas em diferentes concentrações dos cristais líquidos a que se refere a figura 13 (CBOOA/12CN) [20].

turas homogêneas com concentrações conhecidas e para cada uma delas detectam-se as temperaturas de transição usando o microscópio polarizante e/ou a análise calorimétrica diferencial (DSC). A análise calorimétrica diferencial é um dos métodos mais precisos utilizados para detectar transições de fase tanto em compostos puros como em misturas. Com

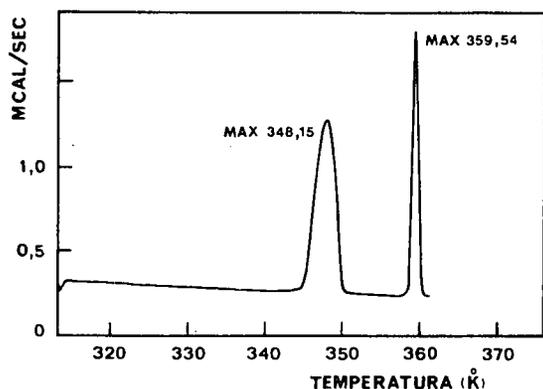


Fig. 15 — Perfil obtido por análise calorimétrica diferencial (DSC) obtido em temperatura crescente. Os dois picos detectados correspondem a uma transição cristal esmético B e a outra esmético B isotropo [21].

esta técnica é, em geral, possível determinar as temperaturas de transição e para as transições de fase de 1.^a ordem as entalpias de transição (Fig. 15).

A técnica experimental por excelência usada para determinar a estrutura das fases líquidas cristalinas é contudo a difração dos raios X (exemplo na Fig. 16). Esta técnica conjugada com as já descritas permite na maior parte dos casos definir com clareza o tipo de fases que um dado composto exhibe.

5. Algumas aplicações dos cristais líquidos

Seria fastidioso apresentar uma lista de todas as aplicações que podem ser dadas aos cristais líquidos. Apresentamos como exemplos três.

5.1. Os colestéricos como detectores térmicos

Como foi referido em 3. os colestéricos têm importantes propriedades ópticas. Em

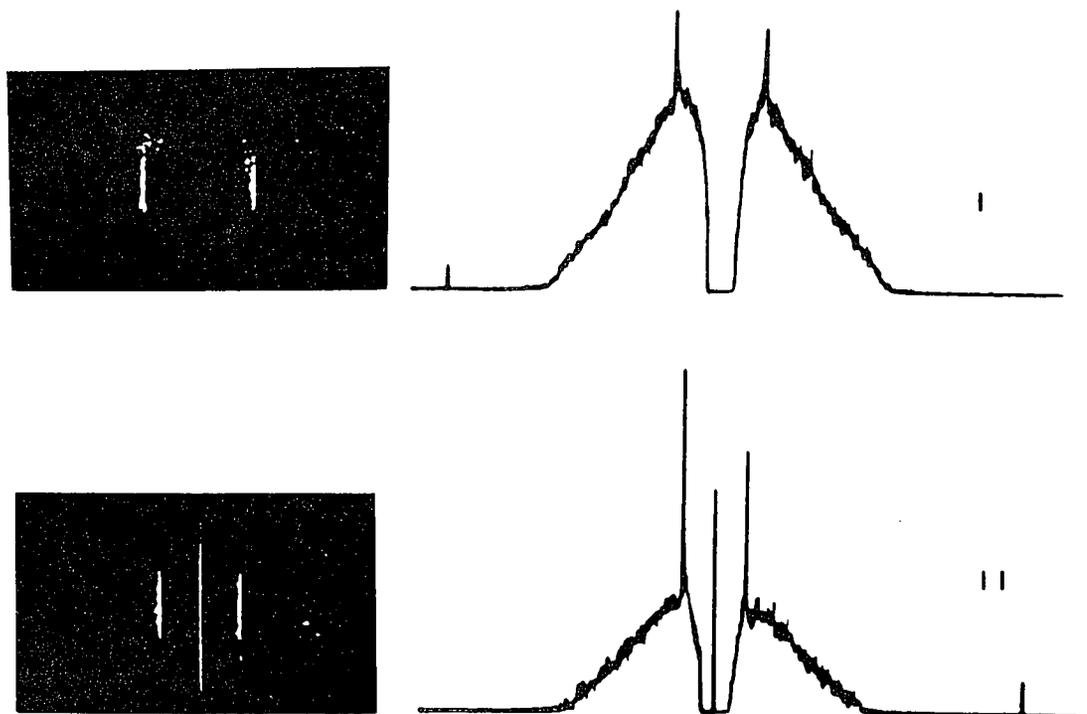


Fig. 16 — Figuras de difração de Raios X obtidas na fase cristalina (I) e na fase esmética A (II) de um cristal líquido [20] e correspondente microdensitogramas.

especial é de referir que quando um feixe luminoso em certos comprimentos de onda, incide sobre um monocristal colestérico paralelamente ao eixo da hélice do material o feixe é decomposto de um modo geral em duas componentes com polarização circular (uma esquerda e a outra direita) uma das quais é quase totalmente reflectida sendo a outra transmitida, tudo dependendo da concordância ou discordância entre o «sentido» da hélice descrita pelo vector luminoso E num dado instante t e o «sentido» natural de torção da hélice do colestérico. Para a incidência nas condições definidas verifica-se que a reflexão máxima ocorre para um comprimento de onda $\lambda_m = p.n$ sendo p o passo da hélice e n o índice de refração médio de uma camada de colestérico. De um modo geral os colestéricos exibem um aspecto colorido quando iluminados com luz branca sendo a cor observada função dos comprimentos de onda reflectidos (reflexão de Bragg). Como o passo da hélice é uma função da temperatura, variando esta podem obter-se variações de cor correspondentes à zona de comprimentos de onda de reflexão máxima. Hoje em dia conseguem-se obter colestéricos ou misturas de colestéricos [10, 22, 23] que exibem mudanças de cor do vermelho ao violeta em domínios desejados de temperatura (grandes ou pequenos intervalos). Esta propriedade é usada, entre outras aplicações, no teste de febre, na detecção do cancro da mama e na detecção de sobreaquecimentos em máquinas. Como exemplo na Fig. 17 (Estampa III), encontra-se representado um depósito de colestérico sobre um fundo negro, sendo a imagem obtida após contacto com a mão. As variações de cor correspondem a variações locais de temperatura.

5.2. «Displays» alfanuméricos de cristais líquidos. TV a cores com cristais líquidos.

Existem várias técnicas para construir os displays alfanuméricos a cristal líquido que são usados em relógios, calculadoras, letreiros

informativos, painéis de bordo de automóveis, etc.

Na técnica TN (nemática torcido) que é uma das mais conhecidas [24] usa-se um cristal líquido nemático que é introduzido numa célula limitada nos topos por dois vidros transparentes, cada um deles com um depósito condutor também transparente. A distância entre os vidros situa-se habitualmente entre os 10 e os 20 micron. As faces das placas de vidro que ficam em contacto com o cristal líquido são previamente preparadas de forma a forçarem que junto às mesmas as moléculas do nemático se orientem paralelamente aos vidros mas com o director rodado de 90° quando se passa de uma placa à outra (Fig. 18).

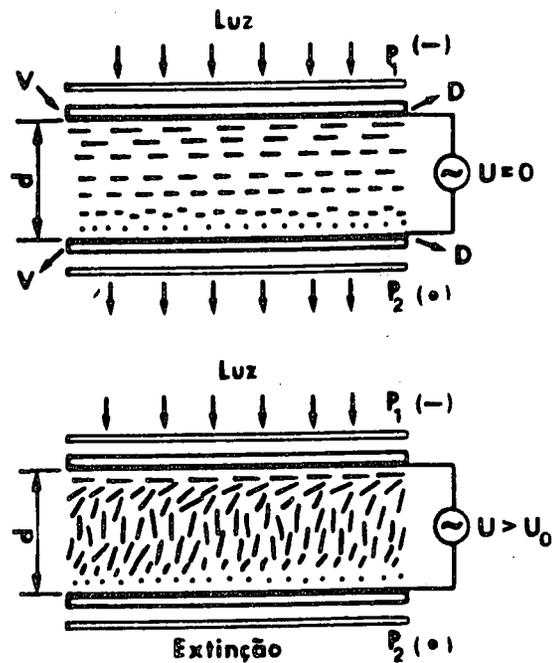


Fig. 18 — Princípio de funcionamento dos displays de nemático torcido (TN).

Deste modo as duas condições fronteiras induzem as moléculas do cristal líquido a dispor-se, no interior da célula, segundo uma configuração helicoidal (Fig. 18) semelhante à observável espontaneamente nos colestéricos. A célula é limitada por dois polarizadores cruzados de tal forma que radiação luminosa

despolarizada que incide sobre um deles abandona-o com o vector luminoso E a vibrar segundo a direcção de alinhamento das moléculas junto da face de vidro mais próximo. Esta direcção de vibração é no entanto rodada, devido à estrutura helicoidal adoptada pelo cristal líquido, de tal forma que a luz emergente encontra o segundo polarizador em condições de transmissão total (Fig. 18). No nemático utilizado na Fig. 18 a anisotropia dieléctrica é positiva ($\Delta \epsilon > 0$) e deste modo quando se aplica um campo eléctrico entre as placas de células, as moléculas têm tendência a alinhar-se segundo o campo (configuração homeotrópica). Nestas condições luz linearmente polarizada proveniente do 1.º polarizador atravessa a célula sem que se verifique rotação da direcção de polarização da mesma, provocando assim o segundo polarizador a extinção (Fig. 18). Nestas condições o *display* apresenta-se escuro.

A descrição apresentada permite compreender o princípio físico de funcionamento das células TN embora seja necessário esclarecer que na realidade só uma das placas de vidro tem uma face inteiramente condutora tendo a outra segmentos condutores sobre uma base não condutora. Assim, quando se aplica tensão entre os segmentos e a base condutora, são visualizados caracteres escuros sobre um fundo claro sendo o contraste assim obtido notável (ver Fig. 19). Este princípio é usado em letreiros iluminados posteriormente ou não. No caso dos grandes letreiros informativos existe iluminação posterior enquanto que nos mostradores dos relógios e outros não existe este tipo de iluminação. Nestes, na face posterior da célula sob o polarizador inferior existe uma superfície que reflecte a luz ambiente que a atinge podendo assim observar-se os efeitos descritos.

Nos últimos anos começaram a ser introduzidos no mercado televisores a cores com écran a cristal de pequena e média dimensão [24 e]. Têm em relação aos televisores convencionais de raios catódicos a vantagem imediata de ocuparem um muito menor volume,

pois não é necessária a espessura considerável absolutamente indispensável nos televisores convencionais para aceleração e focalização dos electrões. Um écran a cores de cristal líquido é dividido em unidades elementares. Um écran de 20×15 cm tem aproximadamente 100 000 destas unidades elementares. Cada unidade elementar é formada por três

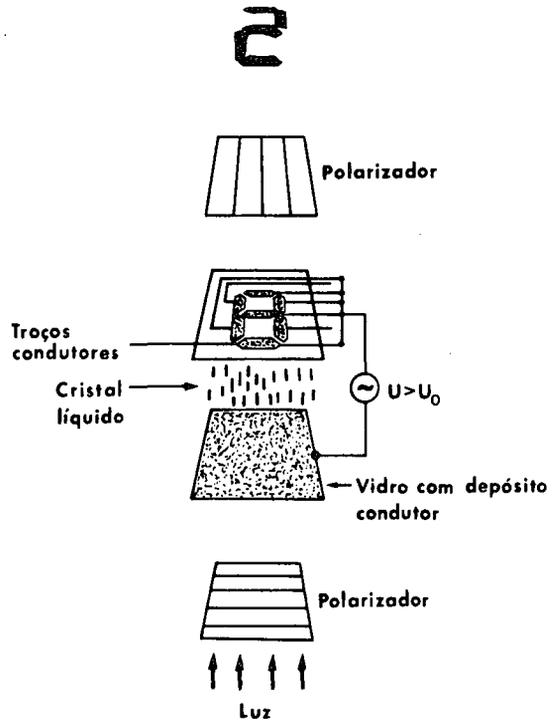


Fig. 19 — Representação esquemática de uma célula real numérica de nemático torcido (TN).

células de nemático torcido (TN). Uma célula possui um filtro azul, outra um filtro verde e a outra um vermelho. Quando nenhuma voltagem é aplicada cada célula reflecte a cor do filtro que possui; quando é aplicada tensão a célula fica preta. As diferentes cores obtêm-se por diferentes combinações on-off de cada unidade elementar. Na Fig. 20 (Estampa III), está representada, como exemplo, uma imagem obtida num televisor a cores portátil que usa a técnica TN.

Tudo aponta para que nos próximos anos a tecnologia de multiplexagem e comando elec-

trónico se desenvolvam de forma a ser possível construir e comercializar écrans deste tipo de grandes dimensões.

parente com um índice de refração igual ao índice de refração ordinário do nemático contido nas bolhas. Na ausência de qualquer

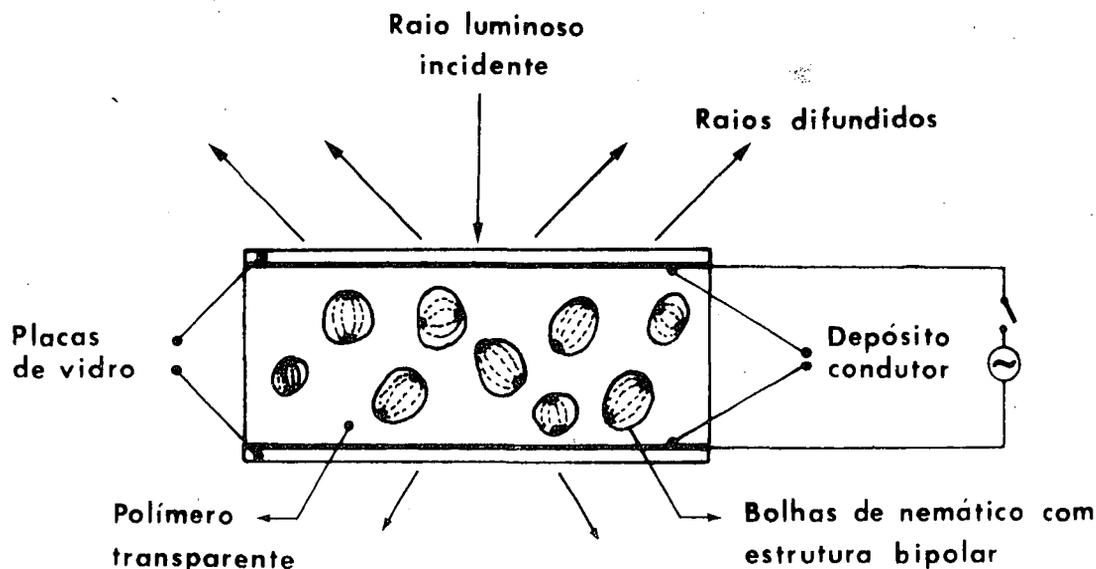


Fig. 21 — Display de bolhas de cristal líquido dispersas num polímero transparente na situação de difusão (sem campo aplicado).

5.3. Nova tecnologia de displays a cristal líquido

Uma nova tecnologia de displays que faz uso de cristais líquidos começou recentemente a ser desenvolvida em vários laboratórios nos EUA e Japão [25]. Nos displays fabricados usando esta tecnologia, a modulação da luz é obtida controlando a difusão luminosa causada por bolhas de cristal líquido na fase nemática dispersas num polímero transparente. O princípio de funcionamento destes displays é baseado na birrefringência da fase nemática e no facto de que o campo do director no interior das bolhas, para certos cristais líquidos e certos polímeros, apresentar uma estrutura bipolar com dois defeitos pontuais em pontos opostos da bolha.

Um display construído segundo esta tecnologia está exemplificado na Fig. 21. As placas de vidro contêm o depósito metálico transparente já referido em 5.2 que permite aplicar um campo eléctrico perpendicular às mesmas. Entre as placas encontra-se um polímero trans-

parente, as estruturas do director no interior das diferentes bolhas estão orientadas ao acaso, sendo a orientação imposta pela morfologia local. Um raio luminoso incidindo normalmente no display encontra no seu percurso variações do índice de refração ao passar em bolhas que não estejam alinhadas com a normal ao display e é difundido. Para bolhas com um diâmetro da ordem do micron o display é opaco e apresenta uma cor branca. Quando um campo eléctrico suficientemente intenso é introduzido no display, por aplicação de voltagem entre os eléctrodos, as estruturas do director nas diferentes bolhas alinham com o campo eléctrico e os raios luminosos passam pelo display sem encontrarem variações do índice de refração e não são difundidos. O display torna-se transparente. A aplicação do campo eléctrico muda o display de um estado de difusão para um estado transparente.

Existem basicamente quatro processos de produzir o polímero transparente com as bolhas de cristal líquido dispersas no seu interior:

a) Encapsular o nemático por acção de um agente químico dentro de pequenas bolas que são depois misturadas com o polímero transparente [26].

b) Separação de fases entre o cristal líquido e o polímero induzida por polimerização [27]. As resinas epoxídicas podem ser usadas nesta aplicação. O cristal líquido é misturado uniformemente com o componente A da resina e é feita seguidamente a mistura com a componente B, obtendo-se inicialmente uma mistura homogénea. À medida que a polimerização vai ocorrendo o cristal líquido torna-se insolúvel e concentra-se em bolhas que surgem dispersas no polímero. O processo de formação das bolhas pode ser regido quer por nucleação e crescimento [28], quer por decomposição spinodal [29]. Controlando a temperatura a que se dá a polimerização é possível controlar o diâmetro das bolhas assim como a dispersão neste valor.

c) Separação de fases induzida pela temperatura [27]. Usa-se um polímero termoplástico que se torna solúvel com o cristal líquido a alta temperatura. Quando a temperatura é reduzida o cristal líquido torna-se insolúvel e formam-se bolhas no polímero. Controlando a taxa de arrefecimento é possível controlar o diâmetro das bolhas assim como a dispersão neste valor.

d) Separação de fases induzida por evaporação [27]. Prepara-se uma mistura homogénea de cristal líquido e polímero transparente usando um solvente. Este solvente é depois evaporado e o cristal líquido torna-se insolúvel concentrando-se em bolhas que aparecem uniformemente dispersas no polímero.

Um ponto de particular interesse no desenvolvimento destes displays são os tempos *on* e *off* assim como a voltagem necessária para mudar o estado do display de difusão para transparente. Valores típicos para os tempos *on* e *off* são da ordem de alguns milisegundos. O campo eléctrico necessário para actuar o display é presentemente da ordem de 1.5 Volt/ μm [30]. Estes pontos são pre-

sentemente foco de intensa pesquisa. O contraste nestes displays pode ser controlado quer variando a espessura, quer ajustando o índice de refração do polímero de modo a ser tão próximo quanto possível do índice ordinário do cristal líquido.

Estes displays apresentam um campo bastante vasto de possíveis aplicações, que não é acessível aos displays do nemático torcido (TN). A técnica de fabrico é bastante simples e presta-se facilmente à produção de displays de grande área. Uma das aplicações é em sinalização de baixo conteúdo informativo: sinais de tráfego, anúncios para estabelecimentos, letreiros informativos, etc. Estes materiais têm também uma grande potencialidade na construção de edifícios, pois é possível obter vidros que mudam de opacos a transparentes por simples aplicação de uma pequena voltagem. Um outro campo de aplicação com grandes possibilidades é a indústria de automóveis, quer para as janelas, quer para os mostradores.

Em aplicações de alto conteúdo informativo, estes materiais requerem uma matriz activa pois possuem um campo eléctrico crítico mal definido. Usando uma matriz activa estes displays podem ser usados em sistemas de projecção de imagem e também como écrans planos para televisão.

BIBLIOGRAFIA

- [1] R. VIRCHOW-VIRCHOW — Arch. Pathol. Anat. Physical, **6**, 562 (1854).
- [2] F. REINITZER — Wiener Monatsh Chem., **9**, 421 (1988).
- [3] K. FONTEL — Mol. Cryst., **63**, 83 (1981).
- [4] PETER PRESHAN — Physics Today, **35**, 34 (1982).
- [5] J. J. BENATTAR, F. MOUSSA, M. LAMBERT — J. Physique Lett., **42**, L-67 (1981).
- [6] C. DESTRADE, M. C. MONDON-BERNARD, N. H. TINH — Mol. Cryst. Liq. Cryst., **49**, 169 (1979).
- [7] S. CHANDRASEKHAR — *Liquid Crystals*. Cambridge, University Press. (1977).
- [8] P. E. CLADIS — Phys. Rev. Lett., **35**, 489 (1975).

- [9] HANS KELKER, ROLF HATZ — Handbook of Liquid Crystals, Verlag Chemie (1980).
- [10] PETER L. CARROL — *Cholesteric Liquid Crystals*, Ovun Ltd., London (1973).
- [11] B. HALPERIN, D. NELSON — *Phy. Rev. Lett.*, **41**, 121 (1979).
- [12] A. C. RIBEIRO — Tese de Doutorado, UNL (1985).
- [13] S. CHANDRASEKHAR, B. H. SADASHIVA, K. SRESH — PRAMANĀ, **9**, 471 (1977).
- [14] C. DESTRADE, M. C. MONDON, J. MALTHETE — *J. Phys. Colloq.* C3, **40**, 17 (1979).
- [15] N. H. TINH, H. GASPAROUX, C. DESTRADE — *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, **68**, 101 (1981).
- [16] G. FRIEDEL — *Ann. Physique*, **18**, 273 (1922).
- [17] DEMUS RICHTER — *Textures of Liquid Crystals*, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig (1978).
- [18] C. DESTRADE, N. H. TINH, I. MALTHETE, A. M. LEVELUT — *J. Physique*, **44**, 597 (1983).
- [19] M. SACKMANN, D. DEMUS — *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, **2**, 81 (1966).
- [20] A. C. RIBEIRO, M. H. GODINHO, P. J. SEBASTIÃO, D. GUILLON e M. VILFAN — Submetido para publicação.
- [21] A. C. RIBEIRO, J. B. BONFIM, A. F. MARTINS, D. GUILLON, A. SKOULIUS, C. DIMITROPOULOS, J. V. KLINK — A publicar.
- [22] J. L. FERGASON — *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, **1**, 293 (1966); *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, **1**, 309 (1966); *Appl. Optics*, **7**, 1729 (1968).
- [23] BDH — *Thermochronic Liquid Crystals*.
- [24] a) A. G. FISHER — IEE Conf. Display Devices, N. Y. (Oct., 1972);
 b) T. P. BRODY et al. — IEEE Trans. ED-20 (1973);
 c) G. LABRUNE et al. — *Rev. Phys. Appliquée*, **10**, 143 (1975);
 d) A. F. MARTINS — CFMC, E-3/79 (1979).
 e) Publicação F. Hoffman la Roche — 212-92857 (1985).
- [25] a) Liquid Crystal Institute, Kent State University, Kent — Ohio, EUA.
 b) General Motors Research Center, Detroit — Michigan, EUA.
 c) Hughes Aircraft Company, Malibu — Califórnia, EUA.
- [26] J. F. FERGASON — *SID Int. Dig. Tech. Papers*, **16**, 68 (1985).
- [27] H. STRATHMANN — *Em Material Science of Synthetic Membranes*, D. R. Leoyd Ed., ACS, Washington DC (1985).
- [28] I. M. LIFSHITZ, V. V. SLYOZOV — *J. Phys. Chem. Lett.*, **19**, 35 (1961).
- [29] V. N. FILIPOVICH — *Em Phase Separation in Glass*, O. V. Mazurin, E. A. Porai — Koshits Edts., North Holland, Amsterdam (1984).
- [30] J. W. DOANE, N. A. VAZ, B. G. WU, S. ZUMER — *Appl. Phys. Lett.*, **48** (4), 269 (1986).

EUROPEAN PHYSICAL SOCIETY

IX GENERAL CONFERENCE ON CONDENSED MATTER PHYSICS

Nice, 6-9 March 1989

As usual the scientific sessions will cover the entire field of Condensed Matter Physics, basic and applied. The purpose is to provide a large overview of the research activity in Europe and to promote discussions and scientific exchange between participants.

The Conference will include contributed papers (mainly posters) and a large number of symposia and individual invited talks. Special attention will be paid to «hot topics». The Conference is open to all interested Physicists from Europe and abroad.

Deadlines:

Registration: 31st December 1988
 Abstracts : 15th January 1989

Inf: DR. F. RAYMOND
 CNRS, bât. 3
 Rue Albert Einstein
 Phone: 93954222

F - 06560 Valbonne - France
 Telex: CNRSGRP 970006 F

Novas Quotas da SPF

A vigorar a partir de 1-1-1989:

Sócios Efectivos : 2.000 Esc.
 Sócios Estudantes : 750 Esc.



Fig. 10 — Textura nemática estriada observada ao microscópio óptico com polarizadores cruzados.



Fig. 11 — Textura em leques quebrados com cónicas focais observada, entre polarizadores cruzados, na fase S_B de um cristal líquido.



Fig. 12 — Textura em mosaicos observada, com microscópio polarizante, na fase D_{ho} de um cristal líquido.



Fig. 13 — Método de contacto. Exemplo de texturas observáveis na zona de contacto entre dois cristais líquidos distintos (CBOOA/12CN) [20].

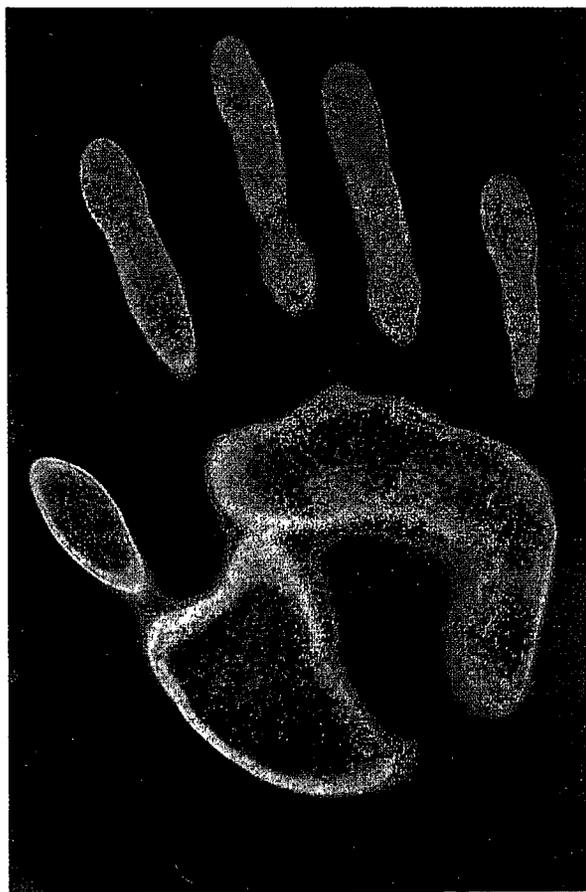


Fig. 17 — Imagem revelada por um colestérico, colocado entre um plástico negro e outro transparente, após contacto de uma mão [23].

Fig. 20 — Imagem obtida num televisor portátil a cristais líquidos que usa a técnica TN [24 e].

