INSETOS QUE PRODUZEM LUZ POLARIZADA E ANÁLISE POR MICROSCOPIA DE SEUS EXOESQUELETOS

Luiz Arthur Feola (PIBIC/Fundação Araucária/UEPG), Julio Flemming Neto (Orientador), e-mail: flemming@uepg.br.

Universidade Estadual de Ponta Grossa/Departamento de física

Área e sub- área do conhecimento Física, Óptica

Palavras-chave: Óptica, microscopia, entomologia.

Resumo

O coleóptero *Phanaeus kirbyi* que reflete luz branca não polarizada como azul circularmente polarizada foi submetido a micrografia óptica e eletromicrografia de varredura para análise de seu exoesqueleto, nas quais identificou-se células em formatos geométricos de pentágonos e hexágonos de ~10 µm de tamanho. O escaravelho *Phanaeus kirbyi* teve sua cor quantificada por RGB com a variação temperatura de 300K a 4,5K. É conhecido que um besouro da mesma família produz sua cor por espalhamento circular de Bragg em uma formação helicoidal nanométrica. Está helicoidal teria uma redução de seu passo por contração térmica, desviando para o azul a frequência da luz espalhada. Não conseguimos ver tais helicoidais no *Phanaeus kirbyi* por AFM. Isto, aliado ao fato que a cor se desvia para o vermelho quando se resfria o animal, leva a possibilidade de um mecanismo diferente na produção de luz circularmente polarizada nesta espécie

Introdução

Raros animais produzem, por reflexão ou emissão, luz circularmente polarizada[1]. Dentre eles, certos escaravelhos que possuem estruturas helicoidais semelhantes a cristais líquidos colestéricos[2]. Em seus exoesqueletos há a prevalência de células com formatos geométricos de pentágonos e hexágonos[2]. A cor da luz refletida por retroespalhamento pelas helicoidais depende do passo destas, processo conhecido como espalhamento circular de Bragg. Uma hélice que não mude de forma, ao se contrair, terá uma redução de seu passo como do material sólido que a compõe. O exoesqueleto dos insetos é formado de quitina, que tem dilatação térmica anisotrópica[3]. Aproximando-se como uma dilatação isotrópica, que o coeficiente seja invariável até baixas temperaturas e que o polimorfismo seja α (o mais abundante), pode–se calcular a contração do passo da helicoidal e a variação de cor do escaravelho.

Materiais e Métodos

Efetuou-se um corte do élitro do coleóptero *Phanaeus kirbyi* macho, preparou-se a amostra através de uma rota etílica de etanol 70% a 100% (absoluto). Metalizou-se a amostra com o equipamento SC7620 Mini Sputter Coater, corrente de 10mA; vácuo de $1{,}5.10^{-1}$ Thorr; altura do estágio da amostra 35mm, durante 180s. Com isso empregou-se micrografia eletrônica de varredura para análise e identificação do

exoesqueleto do coleóptero no equipamento Mira3 FEG-SEM, utilizando magnificações de 20 até 69.996x. Fixou-se com fita Kapton o exemplar de *Phanaeus kirbyi,* limpo com etanol 70%, no porta-amostra de um criostato Sumitomo RDK-408D2 com janela óptica de sílica fundida. A temperatura baixou de 300K a 4,5K em cerca de 1 hora, sob vácuo primário (P ~ 10^{-2}Torr). Fotografou-se 3x, a intervalos de 50K, 3 regiões distintas do exoesqueleto, com uma Nikon P510. Iluminou-se a ~60^0, com uma lâmpada incandescente "Philips infravermelha" de 250W a ~1m de distância. Com "software" Adobe Photoshop quantificou-se a cor pelas primárias RED-GREEN-BLUE (RGB), calculando-se a média e o desvio padrão de 3x3=9 amostras, para cada temperatura. Analisou-se também o exoesqueleto do mesmo coleóptero à temperatura ambiente por microscopia de força atômica (AFM), modo contato.

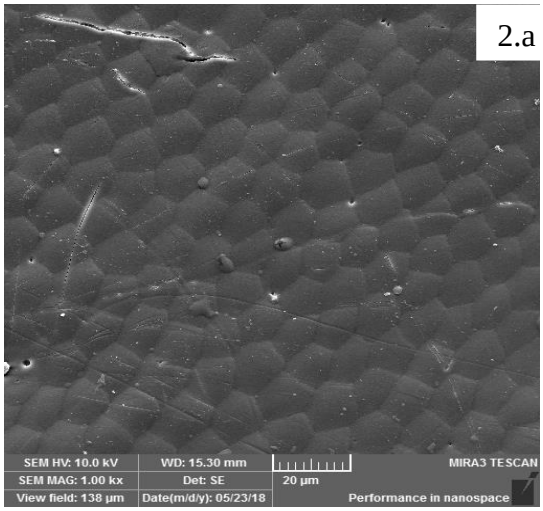
Resultados e Discussão

A Figura 1 mostra nosso exemplar de escaravelho da espécie *Phanaeus kirbiy,* macho. A imagem do lado direito em que o coleóptero aparece preto significa ausência de luz refletida circularmente polarizada à esquerda.



Figura 1: Escaravelho *Phanaeus kirbyi* refletindo luz circularmente polarizada de sinais opostos em cada foto.

A figura 2 representa a carapaça do *Phanaeus kirbiy* com aumento de 1000x, é visível em todo o seu exoesqueleto estruturas celulares organizadas em pentágonos e hexágonos, responsáveis por refletir a luz circularmente polarizada. Cada célula tem ~ 10 µm de tamanho.



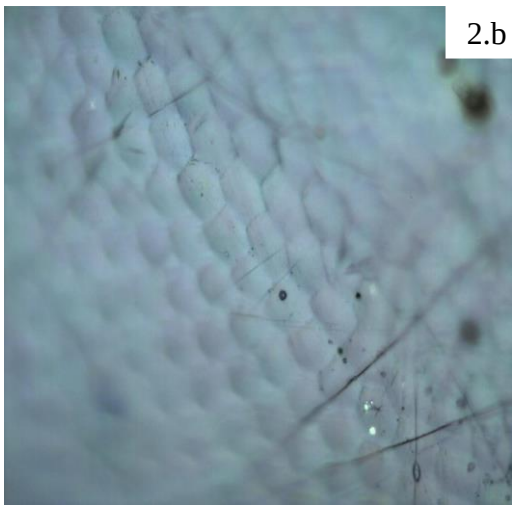


Figura 2: Imagens de microscopia do coleóptero *Phanaeus Kirbyi* (a) eletrônica de varredura (FEG-SEM). (b) óptica 1000x.

A contração do passo da eventual helicoidal seria $L = L_0(1+\alpha\Delta T)$, sendo L e L_0 o passo frio e quente, α o coeficiente médio de dilatação da quitina ($5{,}85\times10^{-5}K^{-1}$) e ΔT a variação de temperatura (-295,5K). O passo vale o comprimento de onda retroespalhado (λ≈400nm) dividido pelo índice de refração da quitina (1,572)[1]. Teríamos uma diminuição em λ de cerca de 10nm, a T=4,5K. Como não dispúnhamos de um espectrômetro, quantificamos pelo RGB. A conversão para comprimento de onda, exige uma intermediação pela escala de cores CIE, que não é trivial. No entanto, a figura 3 mostra duas tendências claras. A primeira é a diminuição conjunta da porcentagem de cores primárias em função do abaixamento da temperatura, ou seja, um escurecimento geral da cor. A segunda tendência é um deslocamento para o vermelho a baixas temperaturas. Isso devido ao menor coeficiente angular da reta RED (0,002%/K) em relação à reta BLUE (0,009%/K), reta GREEN possuí valor intermediário (0,005%/K). Isto é contrário ao esperado pela contração térmica das supostas helicoidais do *Phanaeus kirbyi*. O desvio padrão para as retas da figura 3 RED (0,003%/K); GREEN (0,004%/K) e BLUE (0,004%/K).

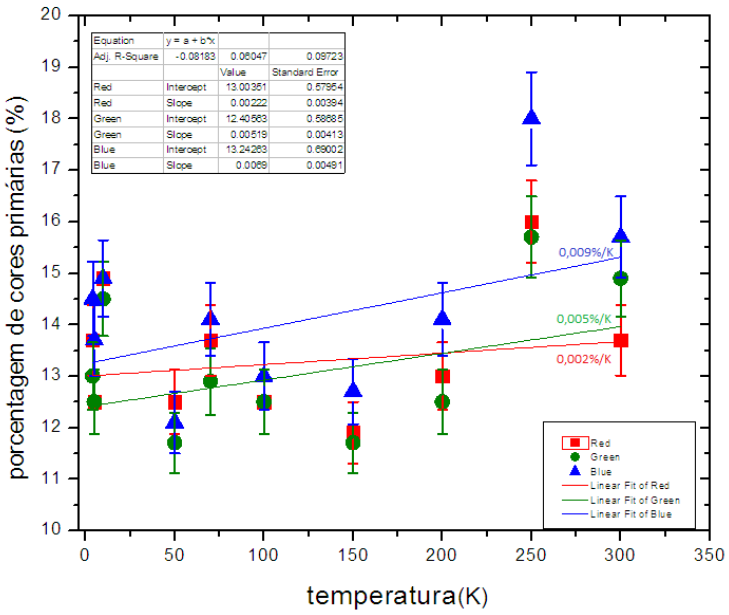


Figura 3: gráfico da variação da cor do besouro *Phanaeus kirbyi* em função da temperatura.

A figura 4 mostra ‘’gomos’’ (estruturas regulares com formatos geométricos) do exoesqueleto com vista 3D, onde as helicoidais deveriam se evidenciar, com os parâmetros usados no AFM, semelhantes aos da ref 2. No entanto, ou elas estão ausentes na nossa espécie ou a preparação da amostra foi insuficiente.

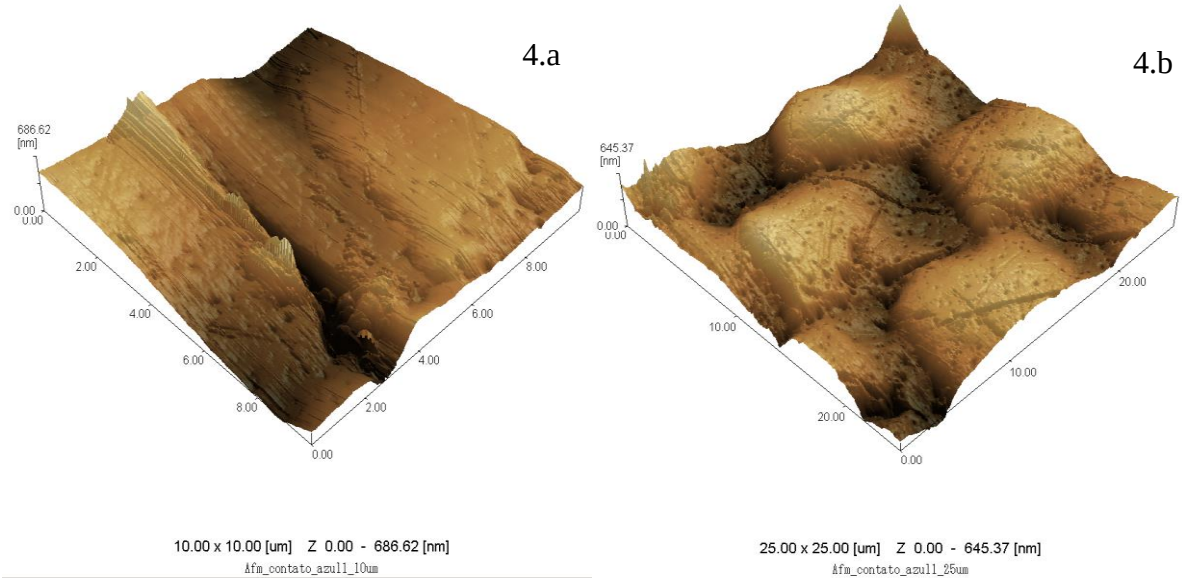


Figura 4: exoesqueleto do escaravelho *Phanaeus kirbyi*, vista 3D AFM no modo contato; (a) área de 10,00 x 10,00 µm; (b) área de 25,00 x 25,00 µm

Conclusões

O coleóptero *Phanaeus kirbyi* possui células em formatos geométricos de pentágonos e hexágonos que caracterizam a polarização da luz. O espalhamento circular de Bragg é o responsável pela reflexão circularmente polarizada em certos escaravelhos[2]. Parece não ser o caso do *Phanaeus kirbyi,* por sua cor desviar-se para o vermelho quando se baixa a temperatura e pela não visualização de helicoidais no AFM. É possível que haja outros mecanismos para a polarização da luz nestes insetos.

Agradecimentos

À Fundação Araucária; ao CLabmu; aos colegas de laboratório Andrelise Lavino e Mateus Kromp; aos prof. Alcione R. Jurelo, Cristina L. S. C. Ayub, Aldaci L. Torres e Ricardo Diniz; aos funcionários da Física. À família por todo o apoio cotidiano.

Referências

1. FLEMMING, J.; ROSA, C. A. **Análise da luz circularmente polarizada produzida por um ser vivo**. Revista Brasileira de Ensino de Física, **37**, 4309 (2015).
2. SHARMA, V. *et al.,* **Structural Origin of Circularly Polarized Iridescence in Jeweled Beetles**. Science, **325**, 449 (2009).
3. WADA, M.; SAITO, Y. **Lateral Thermal Expansion of Chitin Crystals**.Journal of Polymer, Science Vol. 39, 168–174 (2001).