

Vitruvian Cogitationes - RVC



Emergência do Fato Científico complexo de Golgi: estratégias para o ensino da microscopia

Emergencia del complejo de Golgi Hecho científico: estrategias para la enseñanza de la microscopía

Emergence of the Golgi Complex Scientific Fact: strategies for teaching microscopy

Gabriela Dalzoto Mazzutti

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR  e-mail: gabrielam@alunos.utfpr.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0003-4034-9752>

Danislei Bertoni

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR  e-mail: danisleib@utfpr.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0002-9591-1960>

Resumo: O presente trabalho objetiva relatar a emergência do Fato Científico complexo de Golgi, uma organela presente em células eucarióticas, responsável pelo direcionamento de proteínas e lipídeos, após recebê-los do retículo endoplasmático. Pelo percurso metodológico de análise documental e bibliográfica, com base nos conceitos epistemológicos de Ludwik Fleck e considerando os métodos de pesquisa em História da Ciência para a construção de episódios históricos, foi possível constatar, através da síntese, o processo gradativo de 50 anos da Mutação do Estilo de Pensamento sobre a organela. O episódio inicia após o descobrimento documentado pelo italiano Bartolomeo Camillo Emilio Golgi (1843-1926), e apenas é constatado com os avanços tecnológicos acerca do microscópio. Este processo está correlacionado com estratégias desse episódio histórico da Ciência para o ensino da microscopia, considerando a compreensão do potencial de ampliação do equipamento e sua importância para a construção do conhecimento científico.

Palavras-chave: epistemologia de Fleck; história da ciência; Camillo Golgi; organela.

Resumen: Este artículo tiene como objetivo informar sobre el surgimiento del complejo de Golgi, un organelo presente en las células eucariotas responsable de dirigir las proteínas y los lípidos después de recibirlos del retículo endoplasmático. A través de un enfoque metodológico de análisis documental y bibliográfico, basado en los conceptos epistemológicos de Ludwik Fleck y considerando métodos de investigación en la Historia de la Ciencia para la

construcción de episodios históricos, es posible observar, a través de la síntesis, el proceso gradual de 50 años de la Mutación del Estilo de Pensamiento sobre el organelo. El episodio comienza después del descubrimiento documentado por el italiano Bartolomeo Camillo Emilio Golgi (1843 – 1926), y solo se realiza plenamente con los avances tecnológicos en el microscopio. Este proceso se correlaciona con las estrategias de este episodio histórico de la Ciencia para la enseñanza de la microscopía, considerando la comprensión del potencial de aumento del equipo y su importancia para la construcción del conocimiento científico.

Palabras-clave: Epistemología de Fleck; historia de la ciencia; Camillo Golgi; organelo.

Abstract: *This paper aims to report on the emergence of the Golgi complex, an organelle present in eukaryotic cells responsible for directing proteins and lipids after receiving them from the endoplasmic reticulum. Through a methodological approach of documentary and bibliographic analysis, based on the epistemological concepts of Ludwik Fleck and considering research methods in the History of Science for the construction of historical episodes, it is possible to observe, through synthesis, the gradual 50-year process of the Mutation of the Style of Thinking about the organelle. The episode begins after the documented discovery by the Italian Bartolomeo Camillo Emilio Golgi (1843 – 1926), and is only fully realized with technological advances in the microscope. This process is correlated with strategies from this historical episode of Science for the teaching of microscopy, considering the understanding of the magnification potential of the equipment and its importance for the construction of scientific knowledge.*

Keywords: *Fleck's epistemology; history of science; Camillo Golgi; organelle.*

1 INTRODUÇÃO

Ludwik Fleck (1896 – 1961), médico e microbiologista polonês, escreveu a obra *Gênese e desenvolvimento de um fato científico* (Fleck, 2010), originalmente publicada em alemão em 1935, na qual baseou suas análises realizadas em seus trabalhos filosóficos. Fleck foi diretamente influenciado “pelo ambiente interdisciplinar de sua cidade natal, Lvów, e, ainda, pelo Círculo de Viena, num sentido de oposição, e pela Escola Polonesa de Filosofia e Medicina, num sentido de acordo” (Parreiras, 2006, p. 8). Na sua obra, Fleck (2010) correlaciona a epistemologia do desenvolvimento do Fato Científico da sífilis, Infecção Sexualmente Transmissível (IST), com uma compreensão intercalada em que a sífilis seria a construção passiva do conhecimento, enquanto a Reação de Wassermann, um exame sorológico utilizada para diagnosticar a sífilis, seria a construção ativa do conhecimento (Souza, 2020). Utilizando esse exemplo, Fleck (2010, p. 37) afirma que “costuma-se opor o fato, enquanto algo fixo, permanente e independente da opinião subjetiva do pesquisador, ao caráter passageiro das teorias. Ele é o objetivo visado por todas as ciências particulares [...]”. Compreende-se que a emergência de um fato ocorre dentro de uma coletiva comunidade científica, associando diretamente as suas influências históricas, sociais, entre outras (Fleck, 2010).

Condé (2005) indica que, além do Fato Científico ser construído nessas interações sociais com a comunidade científica, ele é percebido por um Estilo de Pensamento elaborado por um Coletivo de Pensamento. Essa construção da Ciência evolui nessa rede de relações do conhecimento.

Considerando a experiência no ensino da microscopia, torna-se evidente a dificuldade em compreender o que é possível de ser “visto” ou não com um microscópio óptico, comumente presente em colégios estaduais. O uso do equipamento é essencial para o ensino e aprendizagem

do estudante, pois promove a curiosidade (Vieira *et al.*, 2023), além de possibilitar a articulação entre teoria e prática para a compreensão do conteúdo trabalhado (Moura; Abreu; Simonato, 2025). Entretanto, o equipamento pode gerar confusão na compreensão do seu poder de resolução. Tal propriedade refere-se à capacidade de distinguir dois pontos próximos que, no caso do microscópio óptico, equivale à 0,2 μm (micrômetro, 1 milionésimo de metro, 10^{-6} metros) (Melo, 2018; Pires; Almeida; Coelho, 2014). Associa-se, também, o potencial de ampliação de cada microscópio, dessa forma, é possível visualizar células animal e vegetal: membrana plasmática, o núcleo e a parede celular (no caso das células vegetais), mas não a sua composição interior de organelas, como ribossomo, retículo endoplasmático, complexo de Golgi, dentre outras.

O complexo de Golgi, de acordo com Nelson, Cox e Hoskins (2022, p. 1136), constitui-se em uma “organela membranosa complexa das células eucarióticas; atua na modificação pós-traducional de proteínas e na sua secreção da célula ou incorporação na membrana plasmática ou nas membranas das organelas”. Desta forma, proteínas e lipídeos previamente sintetizados na organela retículo endoplasmático (rugoso e liso) fornecerão as propriedades necessárias às demais membranas de organelas após serem direcionadas para estas pelo complexo de Golgi. Essa organela passou por diversas análises para a constatação de sua existência.

Como os avanços na microscopia representaram uma “virada de chave” neste episódio histórico da Ciência, e considerando que a obra de Fleck “pode nos oferecer um bom ferramental teórico e metodológico para lidar com problemas de história da ciência” (Condé, 2018, p. 184), o objetivo deste trabalho é relatar a emergência do Fato Científico Complexo de Golgi, associando-o à Epistemologia de Fleck (2010) como uma estratégia para inserir esses momentos históricos da Ciência no ensino da microscopia, pelo embasamento teórico.

2 PERCURSO METODOLÓGICO

A presente pesquisa é qualitativa, de natureza bibliográfica e documental. As etapas foram as seguintes: 1) seleção de fontes primárias e secundárias associadas ao complexo de Golgi, como artigos científicos e livros; 2) construção da síntese histórica com interpretação e discussão dessas narrativas, associando-as com a Epistemologia de Fleck (2010), conforme consta no Quadro 1; 3) relação com a inserção desse momento no ensino da microscopia.

Para a construção da síntese histórica do episódio associado ao complexo de Golgi, tomou-se como base a metodologia da pesquisa em História da Ciência proposta por Martins (2005). Para qual, ressalta-se o enfoque ao uso de fontes primárias originais dos respectivos autores do conhecimento, nesse caso, os cientistas envolvidos na construção do Fato Científico complexo de Golgi. Para o uso de fontes secundárias, bibliográficas, baseia-se na aproximação com o original, tendo essas como instrumentos para conectar a história. Kragh (2003) e Martins (2005) discernem, juntamente, que é necessário o cuidado com a “expansão” da contação da história, atentando aos pontos mencionados, para que esses sejam condizentes com o objetivo principal e não apenas informações dispersas. De mesmo modo, pontua-se ser necessária a apresentação de indivíduos que falharam, e não apenas os “vencedores”, pois esses colaboraram para a construção da Ciência.

De modo a promover a História Epistemológica da Ciência, a Epistemologia de Fleck será associada por meio de seus conceitos, cujo termo e definição estão presentes no quadro 1. Tal relação visa à corroboração para a compreensão do episódio histórico.

Quadro 1 - Conceitos da epistemologia de Ludwik Fleck

Conceitos	Definição - O que entendo em cada conceito
Fato Científico	Relação de conceitos, conforme o Estilo de Pensamento, relacionado com as partes ativas e passivas do saber.
Protoideia	Ideia vaga, mais ou menos científica, que circula entre os Coletivos e Estilos de Pensamentos e em algum momento é retomado no saber científico.
Coletivo de Pensamento	Conjunto de pessoas que compartilham o mesmo modo de pensar, trocam pensamentos e possuem influência recíproca de pensamentos. Dentro da mesma comunidade científica, os pesquisadores compartilham um estado do saber e, portanto, um estilo específico de pensamento.
Estilo de Pensamento	Percepção direcionada, forma particular de perceber o objeto a ser conhecido.
Círculo Esotérico	Círculo de especialistas de determinada área, no qual possuem mesma linguagem, mesmo modo de se entender. Circula neste, o saber especializado.
Círculo Exotérico	Círculo de pessoas leigas; leigas informadas e especialistas de outras áreas. Circula neste o saber popular.
Tráfego Intracoletivo de Ideias	Comunicação ou circulação de pensamentos que ocorre no interior de um Coletivo de Pensamento, do Círculo Esotérico para o Exotérico, assegurando a extensão do Estilo de Pensamento, fortalecimento de ideias e formação de novos membros do grupo.
Tráfego Intercoletivo de Ideias	Circulação de pensamentos que ocorre entre dois ou mais coletivos de pensamento, contribuindo com a transformação do Estilo de Pensamento. Pressupõem-se mudança fundamental (a mudança envolvida pode ser pequena ou de forma completa).
Acoplamento Ativo	Conhecimento subjetivo, construído e organizado pela humanidade. Remete a uma construção do conhecimento científico.
Acoplamento Passivo	Conhecimento objetivo, surge passivamente com o agente organizador do Fato Científico.
Harmonia das Ilusões	Tradição científica enraizada no estilo de pensar que impede o pesquisador perceber um novo Estilo de Pensamento ou a emergência de um Fato Científico.
Mutações de Estilo de Pensamento	Mudança no Estilo de Pensamento que ocorre de modo lento e gradativo, como no processo de evolução.

Fonte: Adaptado de Souza (2020) com embasamento em Fleck (2010).

Por conseguinte, propõem-se como realizar uma relação da síntese histórica com o ensino de microscopia, de modo a auxiliar na compreensão do poder de resolução do microscópio óptico, ressaltar sua importância para a Ciência e aproximar o estudante para com os cientistas envolvidos.

3 A CONSTRUÇÃO DO FATO CIENTÍFICO COMPLEXO DE GOLGI

Comumente, o Círculo Esotérico estabelece uma Harmonia das Ilusões que impede, diretamente, a emergência de um fato do qual estava, literalmente, à sua frente: “Como exemplo dessas reações fugitivas, indicadoras da variabilidade e delicadeza da química nervosa, contarei ao leitor uma das minhas mais deploráveis decepções” (Ramón y Cajal, 1917, p. 548, tradução nossa)¹, diz o autor, Santiago Ramón y Cajal (1852 – 1934) (figura 1), professor, médico e histologista nascido em Petilla de Aragón, Espanha. A *Nobel Lectures* (1967) indica que Santiago obteve Licenciatura em Medicina em Saragoça em 1873, e atuou como médico do exército. Em periódicos científicos, franceses e espanhóis, realizou a publicação de mais de 100 artigos, principalmente associados à anatomia humana.

¹ No original: “Como ejemplo de estas reacciones fugitivas, indicadoras de la variabilidad y delicadeza del quimismo nervioso, referiré al lector una de mis más deploradas decepciones” (Ramón y Cajal, 1917, p. 548).

Figura 1 - Santiago Ramón y Cajal (1852 – 1934)



Fonte: Nobel Lectures (1967).

Em 1917, Ramón y Cajal descreveu, em lástima, como numa mistura de solução de bicromato de potássio a 3% e cloreto áurico a 1%, havia emergido pedaços de cérebro de um coelho para o qual resultou em algumas dessas partes demonstrando uma redução seletiva do sal áurico ao nível do complexo de Golgi — até então, desconhecido — das pirâmides cerebrais:

Admirado com o resultado extraordinário, dediquei-me arduamente a repetidos experimentos com o objetivo de determinar as condições para o sucesso. Pois bem, a bendita reação nunca reapareceu! Naquela ocasião, fui excessivamente escrupuloso e tímido, pois não ousei publicar minha descoberta incomum; parecia excessivo relatar um fato cuja confirmação era impossível na época. Sem esse escrutínio, o chamado aparelho reticular de Golgi, que o neurologista de Pavia descobriu em 1898 (a propósito, usando uma fórmula notavelmente fortuita), agora estaria listado entre meus bens e em meu nome (Ramón y Cajal, 1917, p. 548, tradução nossa)².

O “neurologista de Paiva”, mencionado por Santiago, era Bartolomeo Camillo Emilio Golgi (1843 – 1926) (figura 2), nascido em Corteno, uma comuna próxima da província de Bréscia, na Itália. Local atualmente denominado como “Corteno Golgi”, em sua homenagem.

² No original: “Admirado del peregrino resultado, entregüeme ardorosamente á reiteradas probaturas encaminadas á fijar las condiciones del éxito. Pues bien; la dichosa reacción ¡no volvió á comparecer jamás! Pequé yo en aquella ocasión de excesivamente escrupuloso y timorato, pues no osé publicar mi raro hallazgo; parecióme abusivo dar cuenta de un hecho cuya confirmación resultaba por entonces imposible. Sin tales miramientos, el llamado aparato reticular de Golgi, que el neurólogo de Pavia descubrió en 1898 (por cierto mediante fórmula notablemente azarosa), figurarla hoy en mi activo y a mi nombre” (Ramón y Cajal, 1917, p. 548).

De acordo com a *Nobel Lectures* (1967), Golgi seguiu os passos de seu pai e estudou medicina, na *Università di Pavia*³, com os italianos Paolo Mantegazza (1831 – 1910); Eusebio Oehl (1827 – 1903) e o “pai” da histologia italiana, Giulio Bizzozzero (1846 – 1901), o qual influenciou diretamente nas pesquisas e nos métodos científicos de Golgi, formando um Coletivo de Pensamento.

Figura 2 - Bartolomeo Camillo Emilio Golgi (1843 – 1926)



Fonte: Nobel Lectures (1967).

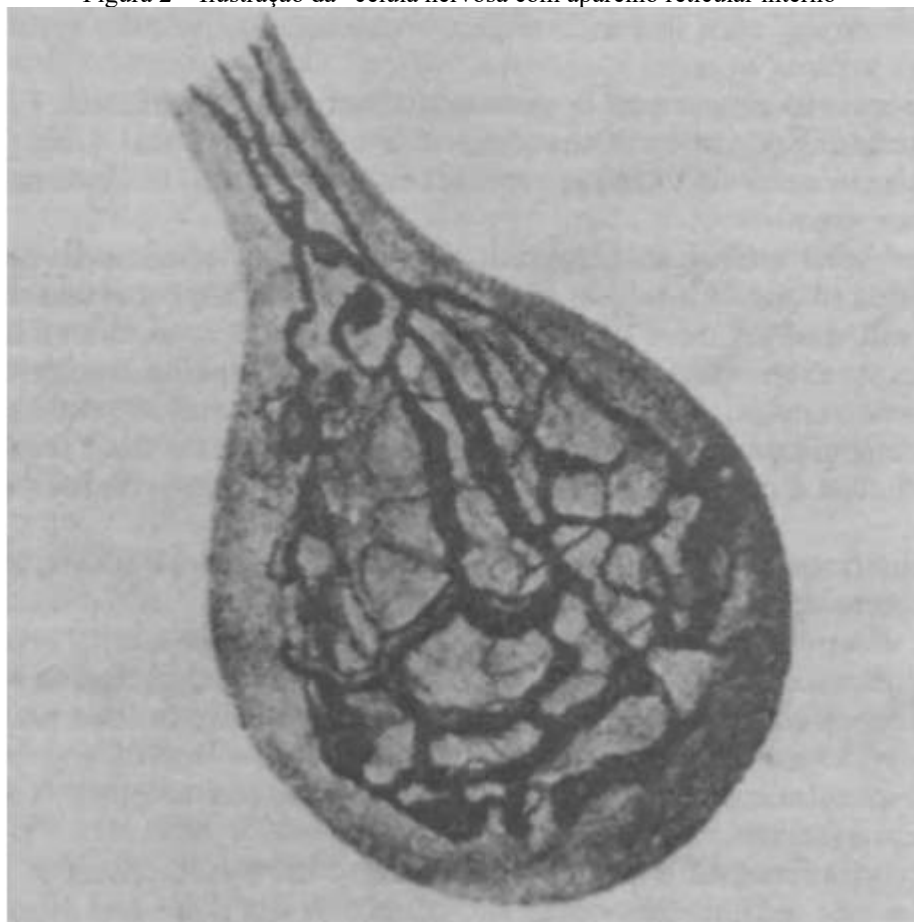
Formou-se em 1865 e trabalhou em Pavia até 1872, ano em que assumiu o cargo de diretor médico no *Pia Casa degli Incurabili em Abbiategrasso*⁴. Em uma pequena cozinha da instituição, que havia sido convertida em laboratório, que Golgi iniciou suas primeiras investigações sobre o sistema nervoso. É inegável contextualizar que Camillo teve acesso a um equipamento que, para a época, ainda estava limitado a alguns cientistas e era considerado “exótico”: o microscópio óptico.

Em 1898, Camillo Golgi comunicou à *Società Medico-Chirurgica di Pavia* a descoberta de um “aparelho reticular interno”, indicando tratar-se de uma nova organela intracelular, depois de realizar a impregnação de prata em células nervosas (Golgi; Lipsky, 1989). Ressaltamos que as informações científicas “chegavam” ao Círculo Exotérico após publicações em jornais e revistas respeitadas, recebendo o “apoio científico” dos respectivos pesquisadores promovendo (ou não) o Tráfego Intracoletivo de Ideias. Na figura 2, há o “aparelho reticular interno” ilustrado por Golgi.

³ Universidade de Pavia, Itália, uma das instituições superiores mais antigas, sendo fundada em 1361.

⁴ Casa Piedosa dos Incuráveis, instituição criada para acolher pessoas com doenças incuráveis.

Figura 2 – Ilustração da “célula nervosa com aparelho reticular interno”



Fonte: Golgi; Lipsky (1989).

O “aparelho” foi descrito por Golgi como uma rede fina dentro do corpo celular, sendo interna às células nervosas, cuja aparência interna possuía a prevalência de fios em forma de fita, formando lamelas. Camillo especificou que detectou o suposto “aparelho” nas células de Purkinje — neurônios do cerebelo — todavia, indicou que acreditava tratar-se de um acessório padrão das células (Mazzarello; Garbarino; Calligaro, 2009). No comunicado, Golgi limitou-se a abordar a sua morfologia e existência nas células, afirmando:

A descoberta morfológica me parece digna de comentário por si só, e decidi submetê-la à sua análise porque espero que outros, ao repetir esses estudos, possam lançar ainda mais luz sobre essa observação, pois estou inclinado a acreditar que essa estrutura que você vê aqui representa apenas uma manifestação parcial de estruturas mais delicadas e mais complexas (Golgi; Lipsky, 1989, p. 6, tradução nossa)⁵.

A nova organela foi, durante anos, alvo de questionamento por parte dos citologistas, tendo dado origem a investigações internacionais. Quanto ao Estilo de Pensamento compactuado sobre as organelas e a sua funcionalidade, este partia da reprodução da experiência para a sua comprovação. A dificuldade de observação do suposto aparelho descrito por Golgi fez com este fosse alvo de chacota por alguns e considerado “apenas confuso” para

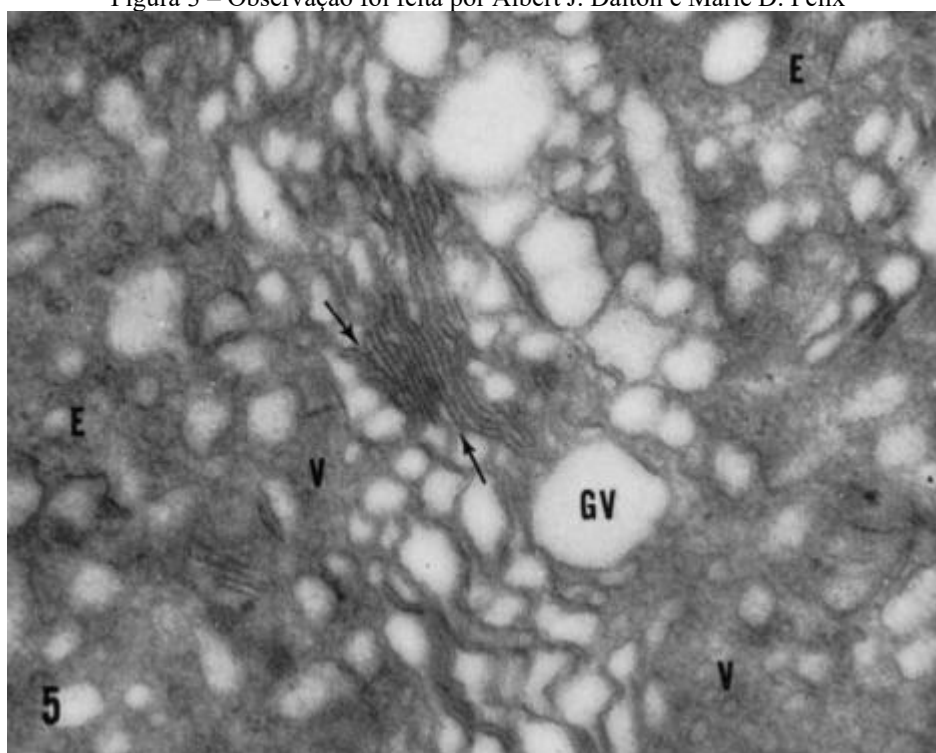
⁵ No original: *The morphological finding would seem to me to be worthy of comment in and of itself, and I have decided to submit it to your examination because I hope that others, in repeating these studies, will shed yet more light on this observation, in as much as I am inclined to believe that this structure which you see here represents but a partial manifestation of more delicate and more complex structures* (Golgi; Lipsky, 1989, p. 6).

outros, mesmo com a Protoideia de que deveriam existir mais organelas para o funcionamento celular. Mazzarello; Garbarino; Calligaro (2009, p. 3736, tradução nossa)⁶ descrevem que:

[...] as dificuldades no manuseio do método original de Golgi com prata, além de sua imprecisão, dificultaram muito a reprodução para histologistas leigos. Assim, era comum falar ironicamente da "água de Pavia", a água milagrosa que possibilitou a reação do aparelho em Pavia, mas que fracassou em outros lugares.

A Mutação deste Estilo de Pensamento foi algo que ocorreu gradativamente. A controvérsia só foi “resolvida” com a aplicação da microscopia eletrônica, que tem um potencial de ampliação extremamente superior ao do microscópio óptico, possibilitando a visualização da organela (Bentivoglio, 1998). Esta observação foi feita por Albert J. Dalton e Marie D. Felix (1954), em um estudo no qual chamaram ao suposto aparelho de "substância de Golgi" (figura 3), analisando células epididimárias — presentes no ducto epididimário, no sistema reprodutor masculino — recém-isoladas, homogeneizadas e isoladas por centrifugação.

Figura 3 – Observação foi feita por Albert J. Dalton e Marie D. Felix



Fonte: Dalton; Felix (1954).

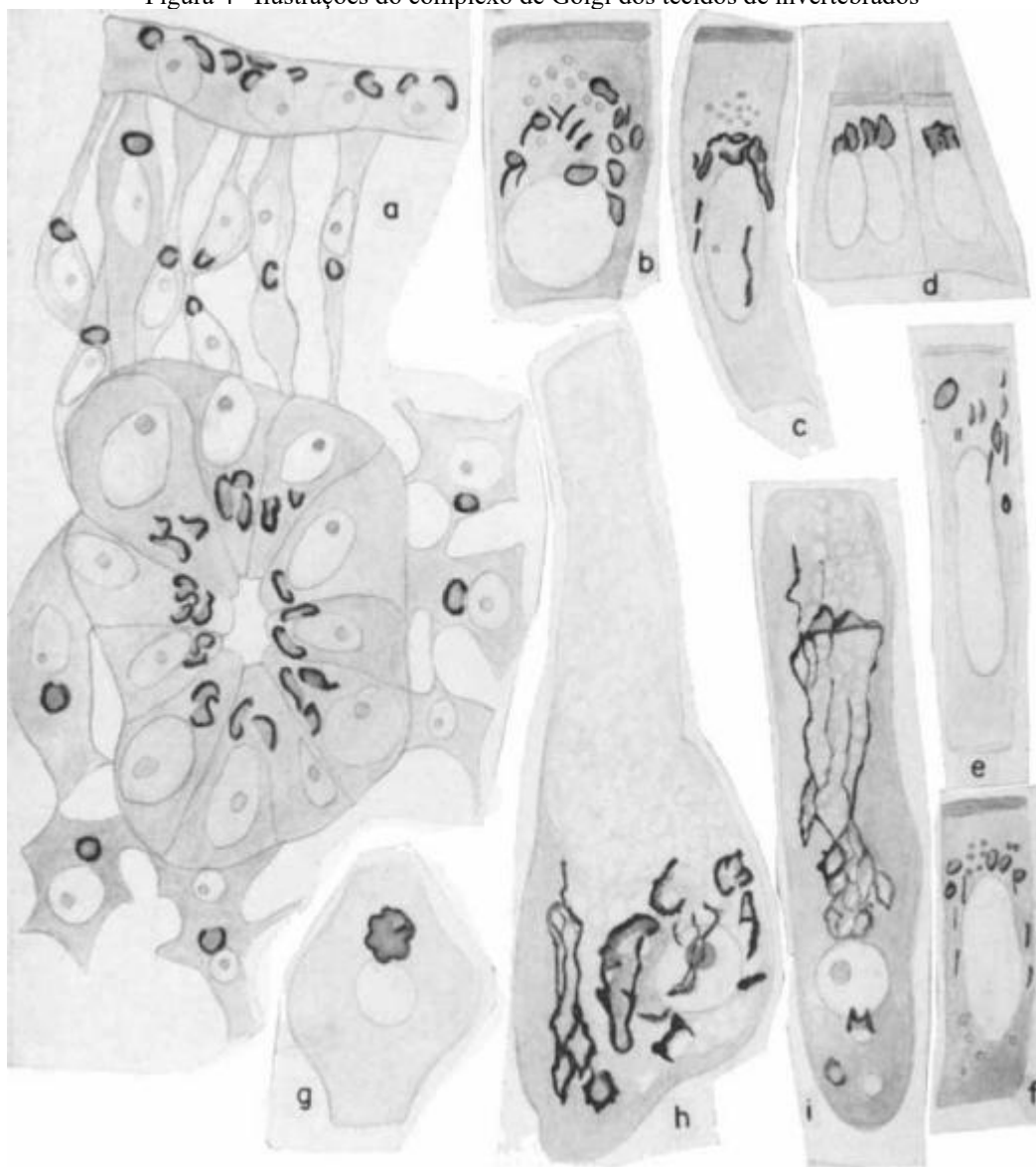
A figura 3 tem como descrição: GV: vacúolo de Golgi; E: ergassoplasma (referente ao retículo endoplasmático rugoso); V: vesículas de Golgi. O número 5 no canto inferior esquerdo é uma numeração de placas atribuída pelos autores. Tal estudo baseou-se na deposição de ósmio metálico nos componentes lamelares do “aparelho de Golgi”, comparando com o observado por Camillo Golgi, 56 anos antes: “Parece então que três componentes morfológicamente distintos

⁶ No original: “[...] the difficulties in handling the original silver Golgi’s method, and its capriciousness, made the reproduction very difficult for non-expert histologists. So it was common to speak ironically of the “water of Pavia”, the miraculous water that made possible the reaction for the apparatus in Pavia while failed elsewhere” (Mazzarello; Garbarino; Calligaro, 2009, p. 3736).

estão presentes na substância de Golgi das células epiteliais do epidídimo: os grandes vacúolos, os pequenos grânulos e as lamelas” (Dalton; Felix, 1954, p. 181, tradução nossa)⁷.

Quanto às observações microscópicas, os biólogos Arthur e Priscilla Pollister (1957, p. 94, tradução nossa) indicaram que as estruturas lamelares são comumente confundidas com estruturas muito mais complexas: “Conclui-se que, sempre que se observam apenas linhas pretas estreitas e profundas e áreas cinzentas rasas, trata-se de vários aspectos de placas ou lamelas finas”⁸ (figura 4).

Figura 4 –Ilustrações do complexo de Golgi dos tecidos de invertebrados



Fonte: Pollister; Pollister (1957).

⁷ No original: “It would appear then that three morphologically distinct components are present in the golgi substance of epithelial cells of the epididymis - the large vacuoles, the small granules and the lamellae” (Dalton; Felix, 1954, p. 181).

⁸ No original: “It follows that wherever one sees only deep narrow black lines and shallow gray areas, these are various aspects of thin plates or lamellae” (Pollister; Pollister, 1957, p. 94).

Na figura 4, Pollister e Pollister (1957) indicam que (a) refere-se à um corte transversal do rim com mesoderma e ectoderma, oriundo de uma larva de caracol, segundo Hirschler, 1918. Em (b) e (g) estão ilustradas células somáticas de um caracol adulto, segundo Monné (1930); ainda em (b), apresenta-se o complexo de Golgi como elementos escamosos separados, com linhas pretas. Em (c), há uma célula epitelial flagelada, cujo complexo de Golgi é similar ao (b). Em (d), a célula epitelial possui o complexo de Golgi como (b); em (e) a célula epitelial flagelada apresenta as lamelas do complexo de forma irregular e menos numerosas quando comparadas às demais. Na figura (f), a célula epitelial apresenta uma única lamela com elementos simples. Em (g), uma célula do tecido conjuntivo, possuindo uma única vesícula fechada. Em (h) e (i), as células de pele de sanguessuga, estão em estágio mais tardio, razão pela qual o complexo de Golgi assemelha-se aos vertebrados, apresentando uma rede lamelar mais complexa.

Os Pollisters complementam que, considerando estas “aparências microscópicas” descritas, torna-se evidente que outros cientistas haviam observado um “aparelho de Golgi” — nomenclatura adota pelos autores — embora não tenham aprofundado o assunto. Citam o professor polonês Jan Hirschler (1918), que resumiu essas observações em nematoides, moluscos, crustáceos, entre outros; e uma obra de sua autoria em que Arthur Pollister (1939) teria listado outros estudos que indicaram a presença do “aparelho de Golgi” lameliforme em vertebrados. A organela recebeu muitos nomes, mas foram Dalton e Felix (1956) os responsáveis por difundir a terminologia “complexo de Golgi”.

3.1 INSERÇÃO DO EPISÓDIO HISTÓRICO NO ENSINO DA MICROSCOPIA

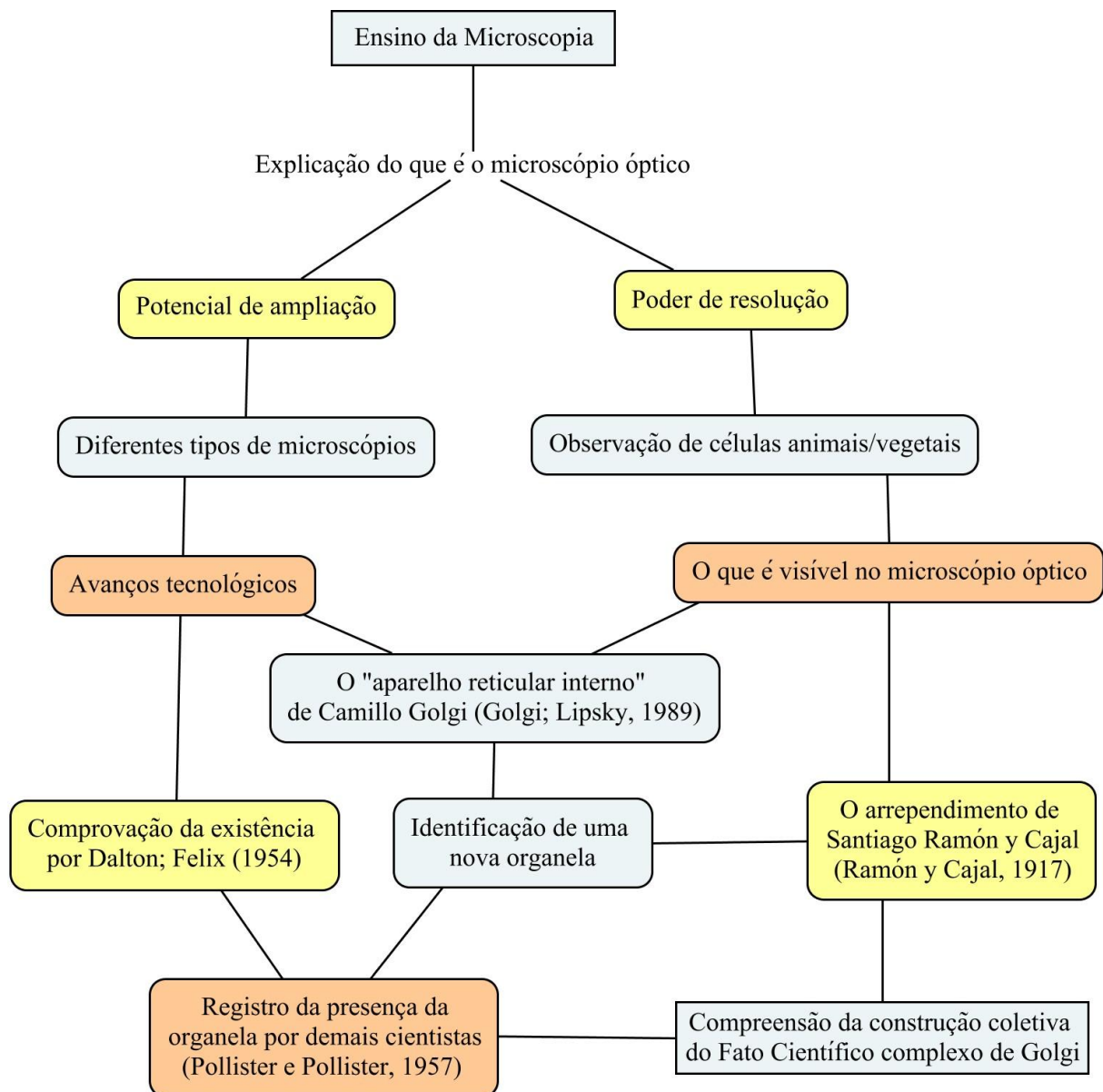
O Estilo de Pensamento dos cientistas, especialmente na época de Camillo Golgi, visava a compreensão da célula. Enquanto era de conhecimento comum que cada ser vivo era um “emaranhado de células”, seus componentes e, conseqüentemente, suas funções, estavam sendo gradativamente pesquisadas. Ao apresentar esse episódio histórico, pontua-se a necessidade de evidenciar a situação espaço-tempo das pesquisas, de modo a promover a compreensão das Protoideias dos personagens, como os métodos de coloração para possibilitar a visualização dos componentes da célula.

A Epistemologia de Fleck ressalta a importância da construção coletiva do Fato Científico, discernindo como a Ciência precisa desse embasamento como elos estruturais de fortalecimento do conhecimento. Ao realizar o uso do microscópio óptico em aula, deve-se caracterizar como seu uso foi (e ainda é) de suma importância para os avanços científicos.

No que se associa à História da Ciência, como afirmado por Martins (2005), deve-se evitar a colocação dos personagens históricos como heróis, e apresentar suas problemáticas de falhas, como o caso de Santiago Ramón y Cajal, e dos demais cientistas que os Pollisters afirmam que, considerando descrições e artigos prévios, também haviam visualizado a organela em questão. Esse Coletivo organizado de modo a compreender o que foi visualizado por Camillo, promoveu o Acoplamento Ativo do complexo de Golgi.

Tal ação teve como apoio a microscopia eletrônica que, ao invés da fonte de luz utilizada pelo microscópio óptico, utiliza feixes de elétrons, para assim comprovar sua existência. Dessa forma, propõem-se a inserção do episódio histórico em conjunto com o conteúdo relativo à microscopia, conforme indica o mapa conceitual (figura 5), criado pela autora, com o *software CmapTools*.

Figura 5 –Mapa conceitual da proposta para o ensino da microscopia



Fonte: Autoria própria (2026).

Propõem-se a inicialização com a contextualização do equipamento, seguindo para suas características associadas à ampliação das amostras de materiais — potencial de ampliação, poder de resolução — para então introduzir sobre o que pode ou não ser observado pelo microscópio óptico. A partir disso, correlacionar com as organelas funcionais da célula, em especial o complexo de Golgi. Estabelecer que houve a visualização por Camillo Golgi (Golgi; Lipsky, 1989), mas que previamente outro cientista havia realizado o mesmo (Ramón y Cajal, 1917), porém, não registrou como Camillo.

Aproveitar esse momento para inserir as falas realizadas pelos personagens históricos, como Santiago ressaltando a “água milagrosa” de Camillo, e esse, por sua vez, pontuando a provável existência de estruturas mais complexas na célula. Juntamente, priorizar as falas de demais cientistas sobre os atos de descrença para com Camillo Golgi, visto que não conseguiam

reproduzir seu experimento — logo, “não poderiam” confiar em tais resultados descritos pelo italiano — o que retoma à “água milagrosa” de Golgi.

Em contrapartida, a comprovação só veio com os avanços tecnológicos (Dalton; Felix, 1954), que estão relacionados com o aprimoramento do microscópio (e consequentemente, maior poder de ampliação).

Destarte, pontuar que houve o registro da organela realizada por demais cientistas, que discerniram sobre o “aparelho de Golgi” (Pollister; Pollister, 1957), e que tal atividade feita por esses grupos de cientistas da visualização de diferentes células corroborou para a compreensão da construção coletiva do Fato Científico complexo de Golgi.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a Epistemologia de Fleck (2010), o conceito de uma nova organela de estrutura lamelada seria o Acoplamento Passivo; para a comprovação da sua presença através da reprodução do experimento de impregnação de prata com auxílio de um equipamento mais sofisticado, o microscópio eletrônico, o Acoplamento Ativo deste Fato Científico. Embora situe que Camillo Golgi provavelmente não foi o primeiro cientista a pontuar sua presença, a emergência do Complexo de Golgi realça a merecida homenagem ao italiano, pois — diferentemente do Estilo de Pensamento de seus colegas — expôs o relato da experiência com microscopia.

O episódio histórico das lamelas de Golgi mostra-se uma estratégia para o ensino da microscopia, fomentando como o avanço de um equipamento de visualização microscópica auxiliou na comprovação da presença de uma organela que, atualmente, é aceita como um Fato Científico. A abordagem sobre as limitações do microscópio óptico pode auxiliar na compreensão da visualização limitada da célula, em virtude do seu potencial de ampliação; da preparação da célula eucariótica e do tipo de equipamento utilizado, considerando que alguns, mesmo com o mesmo nível de ampliação, não possuem a mesma qualidade de imagem formada. Em trabalhos futuros, pretende-se aprofundar esta estratégia.

AGRADECIMENTOS

A primeira autora agradece a bolsa-técnica do Grupo de Pesquisa Estudos Interdisciplinares (GPEI), pela Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPPG), do Programa de Apoio a Grupos de Pesquisas nas Áreas de Ciências Sociais Aplicadas, Ciências Humanas, Letras, Linguística e Artes.

REFERÊNCIAS

BENTIVOGLIO, M. The Golgi apparatus emerges from nerve cells. **Trends in Neurosciences**, v. 21, n. 5, p. 195–200, 1998. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0166-2236\(98\)01229-6](https://doi.org/10.1016/S0166-2236(98)01229-6).

CONDÉ, M. L. L. Mutações no estilo de pensamento: Ludwik Fleck e o modelo biológico na historiografia da Ciência. **Revista de Filosofia Moderna e Contemporânea**, Brasília, DF, v. 6, n. 1, p. 155–186, jul. 2018. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/fmc/article/view/20236>. Acesso em: 9 fev. 2026.

CONDÉ, M. L. L. Paradigma versus estilo de pensamento na história da ciência. In: CONDÉ, M. L. L. **Ciência, história e teoria**. Belo Horizonte: Argvmentvm, 2005. p. 123-146. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/319963248_Paradigma_versus_estilo_de_pensamento_na_historia_da_ciencia. Acesso em: 9 fev. 2026.

DALTON, A. J.; FELIX, M. D. A comparative study of the Golgi complex. **The Journal of Biophysical and Biochemical Cytology**, v. 2, n. 4, p. 79-84, jul. 1956. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2229724/pdf/79.pdf>. Acesso em: 9 fev. 2026.

DALTON, A. J.; FELIX, M. D. Cytologic and cytochemical characteristics of the Golgi substance of epithelial cells of the epididymis—in situ, in homogenates and after isolation. **American Journal of Anatomy**, v. 94, n. 2, p. 171-207, mar. 1954. DOI: <https://doi.org/10.1002/aja.1000940202>.

FLECK, L. **Gênese e desenvolvimento de um fato científico**. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010.

GOLGI, C. Sur la structure des cellules nerveuses. Bollettino della Societa Medico-Chirurgica di Pavia, v. 13, 3–16; Archives italiennes de biologie, p. 60–71, 1898. Traduzido por LIPSKY, Naomi Geller. On the structure of nerve cells. **Journal of Microscopy**, v. 155, p. 3-7, jul. 1989. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2818.1989.tb04294.x>.

HIRSCHLER, J. Ueber den Golgischen Apparat embryonaler Zellen. **Archiv für mikroskopische Anatomie**, v. 91, p. 140–181, 1918. DOI: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02976123>.

KRAGH, H. **Introdução à historiografia da Ciência**. Porto: Porto Editora, 2003.

MARTINS, L. A. P. História da Ciência: objetos, métodos e problemas. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 2, p. 305-317, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132005000200011>.

MAZZARELLO, P.; GARBARINO, C.; CALLIGARO, A. How Camillo Golgi became “the Golgi”. **FEBS Letters**, v. 583, n. 23, p. 3732–3737, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.febslet.2009.10.018>.

MELO, R. C N. **Células & microscopia: princípios e práticas**. 2. ed. Barueri: Manole, 2018.

MONNÉ, L. Vergleichende Untersuchungen uber den Golgi-apparat und Vacuome in soma, und Geschlechtszellen einiger Gastropoden (Helix, Paludina, Cerithium). **Bulletin de l'Academie Polonaise Sciences et Lettres**, Varsovie, v. 13, n. 179, 1930.

MOURA, A. C. F. de; ABREU, A. I. M. de; SIMONATO, S. G. A microscopia como ferramenta de ensino-aprendizagem em parasitologia: um relato de experiência do Projeto de Extensão em Parasitologia (PEP). **Revista de Educação à Distância**, Fortaleza, v. 1, n. 4, p. 40-49, 2025. Disponível em: <https://wyden.periodicoscientificos.com.br/index.php/READ/article/view/1283>. Acesso em: 9 fev. 2026.

NELSON, D. L.; COX, M. M.; HOSKINS, A. A. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. v. 1. 8. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2022.

NOBEL LECTURES. **Les Prix Nobel Physiology or Medicine 1901-1921**. Amsterdam: Elsevier, 1967.

PARREIRAS, M. M. M. **Ludwik Fleck e a historiografia da ciência**: diagnóstico de um estilo de pensamento segundo as ciências da vida. 2006. Dissertação (Mestrado em História) – Programa de Pós-Graduação em História, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

PIRES, C. E. de B. M.; ALMEIDA, L. M. de; COELHO, A. B. **Microscopia**: contexto histórico, técnicas e procedimentos para observação de amostras biológicas. Rio de Janeiro: Érica, 2014.

POLLISTER, A. W. The Structure of the Golgi Apparatus in the Tissues of Amphibia, **Journal of Cell Science**, London, v. s2-81, n. 322, p. 235–271, 1939. DOI: <https://doi.org/10.1242/jcs.s2-81.322.235>.

POLLISTER, A. W.; POLLISTER, P. F. The Structure of the Golgi Apparatus, **International Review of Cytology**, New York, v. 6, p. 85-106, 1957. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0074-7696\(08\)61802-1](https://doi.org/10.1016/S0074-7696(08)61802-1).

RAMÓN y CAJAL, S. **Recuerdos de mi vida**: Tomo II Historia de mi labor científica. Madrid: Imprenta y Librería de Nicolás Moya, 1917.

SOUZA, I. L. N. **A construção coletiva da ligação covalente por Linus Pauling, Gilbert Lewis, Irving Langmuir**: um estudo sobre a emergência de um fato científico. 2020. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, Setor de Ciências Exatas. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2020.

VIEIRA, A. A.; CARNEIRO, G. M.; SILVA, S. B. V.; CORRÊA, C. S.; SANTOS, J. C. Projeto de Extensão Cultivando a Ciência: aula prática de microscopia e células. In: JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 15. e SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO DO IFSULDEMINAS, 12., Pouso Alegre. **Anais** [...]. Pouso Alegre: IFSuldeMinas: 2023. Disponível em: <https://josif.ifsuldeminas.edu.br/ojs/index.php/anais/article/view/1300/981>. Acesso em: 9 fev. 2026.

Submetido em: 26/02/2026

Aprovado em: 28/04/2026

Publicado em: 23/06/2026



Todo o conteúdo deste periódico está sob uma licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/), exceto onde está indicado o contrário.