



As formas elementares da vida eletrônica: a agência social de elementos químicos metálicos usados na fabricação de *smartphones*

Pesquisa realizada no Laboratório de Sociologia dos Processos de Associação (LaSPA-CTeMe), financiada pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica para o Ensino Médio (PIBIC-EM, CNPq, cota 2019) e apresentada no XXVIII Congresso {virtual} de Iniciação Científica da Unicamp (2020).

Resumo: Esta pesquisa envolveu a investigação bibliográfica e documental de aspectos da agência social de dois elementos químicos metálicos envolvidos na fabricação de *smartphones*: o lítio (3-Li), usado nas baterias dos *smartphones*; e a prata (47-Ag), usada em fios e componentes eletrônicos do *smartphone*). Mas, como a vida social desses elementos não se resume ao *smartphone*, abordaremos aqui também a participação de um brasileiro na descoberta do lítio, a ação do elemento nas baterias elétricas, e a ação da prata na fotografia e na medicina.

Palavras-chave: lítio; prata; *smartphones*; baterias; saúde; fotografia

Orientador

Pedro P. Ferreira

Departamento de Sociologia (DS)

Instituto de Filosofia e Ciências Humanas (IFCH)

Laboratório de Sociologia dos Processos de Associação (LaSPA)

Pesquisadores

Hingridy Rouxinol Messias

E.E. Miguel Vicente Cury

João Pedro Giopato Volpe

E.E. Adoniram Barbosa

Victor Emanuel de Souza Ferreira

E.E. Patriarca da Independência

ELEMENTOS DO SMARTPHONE

LEGENDA: ● METAL ALCALINO ● METAL ALCALINO TERROSO ● METAL DE TRANSIÇÃO ● GRUPO 13 ● GRUPO 14 ● GRUPO 15 ● GRUPO 16 ● HALÓGENOS ● LANTANÍDEOS



Figura 01 – Elementos do *smartphone*. Infográfico com os principais elementos químicos presentes na composição de *smartphones*, organizados de acordo com as partes do dispositivo nas quais eles estão presentes. Nossa tradução de Brunning (2014).



Metais ancestrais como o ouro, a prata e o cobre fazem parte da história cultural e tecnológica da humanidade (cf. Eliade 1979; Krebs 2006; Venetsky 1981). Desde os primórdios da metalurgia, passando pela alquimia, até a química e a engenharia modernas, esses metais sempre existiram na forma de representações coletivas (Durkheim 1996), rodeados de sentido e significado, refletindo e transformando a vida humana e social. Esses metais, junto com muitos outros, participam ativamente de diversas esferas de nossa existência social contemporânea, desde a sua extração da Terra para a fabricação de eletrônicos, até o seu descarte, e principalmente entre os dois (cf. Crawford e Joler 2020). Nesta pesquisa, investigamos alguns aspectos da agência social de dois metais atualmente usados na fabricação de *smartphones*: o lítio (3-Li) e a prata (47-Ag).

Dezenas de elementos químicos metálicos fazem parte da composição de um *smartphone*, (cf. **Figura 01**) com destaque para o cobre (29-Cu), que corresponde a cerca de 15% do peso de um dispositivo (Oliveira de Souza 2019; Szamalek e Galos 2016:49-50-2; WEF 2019:7). A prata (47-Ag), proveniente principalmente de minas no México, Peru e China, participa da composição de *smartphones* na forma de circuitos impressos (PCBs), capacitores e resistores, e pode variar entre 90 e 350 mg por dispositivo (Szamalek e Galos 2016:49-50; USGS 2016; Williams 2019). O lítio (3-Li), proveniente principalmente de salares na América do Sul e de minas na Austrália, participa na forma de íons transitando entre os eletrodos da bateria, e corresponde a 0,67% do peso de um iPhone 6 (i.e.: 87 mg; cf. Merchant 2017) (Arndt et al. 2010; Kavanagh et al. 2018; Ramos 2013; Rodrigues e Padula 2016; USGS 2016).

LÍTIO (3-Li)

Durante a maior parte do século XX (desde os anos 1940), o principal uso do lítio foi na produção de graxas e lubrificantes. Foi durante esse período, mais precisamente em 1988, que o Chile ultrapassou os Estados Unidos como maior produtor mundial de lítio. Com século XXI, porém, surgiu um novo uso dominante para o lítio: como componente do eletrólito em baterias elétricas (Kavanagh et al. 2018; Ramos 2013:2). Durante nossa pesquisa sobre a agência social do lítio, aprofundamos nossa atenção em dois de seus aspectos, detalhados abaixo: (1) o envolvimento de José Bonifácio na descoberta do elemento químico lítio; e (2) a participação do elemento no funcionamento das baterias de íons de lítio.

O envolvimento de José Bonifácio na descoberta do elemento químico lítio

Muito mais do que “patriarca da independência”, José Bonifácio de Andrada e Silva foi um mineralogista de destaque internacional no final do século XVIII (cf. Filgueiras 1986; Freitas-Reis e Franco-Patrocínio 2015; Haag 2012). Em 1800, publicou em revistas científicas da Alemanha, França e Inglaterra, a descoberta de quatro novos minerais encontrados na Suécia e na Noruega, entre eles a petalita e o espodumênio. Por meio de procedimentos analíticos precisos, e hoje considerados exemplares para o ensino da estequiometria (cf. Enghag 2004:293 nota 1), o então já reconhecido químico sueco Jöns Jacob Berzelius e seu jovem estudante Johan August Arfwedson inferiram a presença, em uma amostra de petalita, de “um novo álcali”, batizado como “*lithion*” (do grego “pedra”) por sua origem mineral. Amostras do mineral descoberto originalmente por José Bonifácio chegaram à Inglaterra ainda em 1818, tornando possível que pequenas quantidades de lítio metálico fossem isoladas pelos químicos ingleses William Thomas Brande e Sir Humphry Davy, por meio da eletrólise do seu óxido (Li_2O) (cf. Enghag 2004:295; Freitas-Reis e Franco-Patrocínio 2015:276; Bauer e Wietelmann 1997:2029; Johnson 1984:4; Krebs 2006:48; Newton 2010:316; Trifonov e Trifonov 1985:104; Weeks 1960:498).

A participação do elemento no funcionamento das baterias de íons de lítio

As baterias de íons de lítio estão atualmente presentes não apenas nos mais diversos dispositivos eletrônicos (*smartphones*, *notebooks*, *tablets* etc), mas também em veículos elétricos e sistemas de armazenamento de energia solar. Elas são geralmente compostas pelos seguintes quatro elementos (cf. Bocchi et al. 2000:8-9; Fernholm 2019): (1) um solvente não aquoso, que serve como condutor (eletrólito); (2) um eletrodo positivo (cátodo), composto de óxido de cobalto com íons de lítio (Li_xCoO_2); (3) um eletrodo negativo (ânodo), composto de carbono com íons de lítio, na forma de grafite (Li_xC_6); e (4) um separador, que separa os eletrodos, mas permite a passagem dos íons de lítio.

Quando o *smartphone* está em funcionamento, cada átomo de lítio, que estava ligado ionicamente ao eletrodo negativo (ânodo) de grafite, libera um elétron (processo de oxidação) para circular pelos

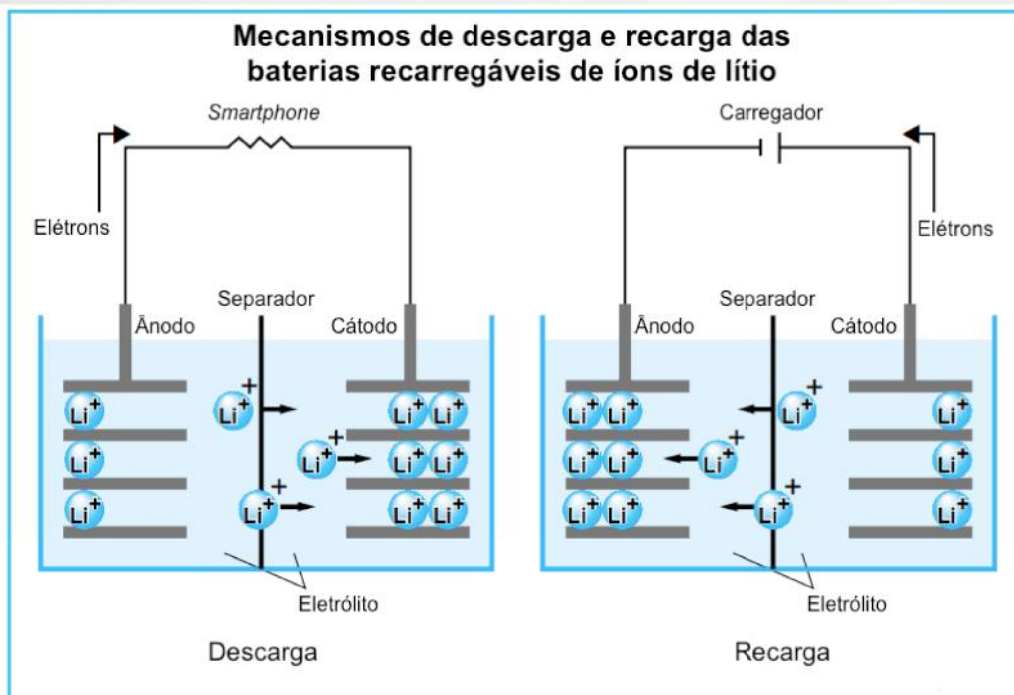


Figura 02 – Esquema dos mecanismos de descarga e recarga da bateria de íons de lítio (Li-i). Fonte: Versão traduzida e editada de Sony (2013:9).

circuitos do *smartphone*. Os íons de lítio então se soltam do ânodo de grafite e se deslocam pelo eletrólito em direção ao cátodo de óxido de cobalto. Isso permite o acúmulo de elétrons no cátodo (processo de redução). Quando a bateria do *smartphone* está sendo recarregada, uma fonte externa de energia assume o lugar da carga (i.e., do funcionamento do *smartphone*), invertendo o fluxo de elétrons entre os eletrodos. Assim, os íons de lítio se soltam do eletrodo de óxido de cobalto, ao mesmo tempo em que os elétrons, e se deslocam pelo eletrólito

em direção ao eletrodo de grafite, onde os elétrons também chegam, vindo pelo circuito do carregador (cf. Bocchi et al. 2000; Fernholm 2019). A **Figura 02** ilustra os dois processos (descarga e recarga).

PRATA (47-Ag)

Durante nossa pesquisa sobre a agência social da prata, aprofundamos nossa atenção em dois de seus aspectos, detalhados abaixo: (1) a agência da prata na história da fotografia; e (2) a agência da prata na medicina.

A agência da prata na história da fotografia

Podemos dizer que a história da fotografia começou nos anos 1830, quando uma série de artistas, inventores e experimentadores europeus (e.g.: Nicéphore Niépce; Louis Daguerre; William Fox Talbot; Hippolyte Bayard; e John Herschel) desenvolveram técnicas para aprimorar, e fixar, a imagem gerada pela luz, sobre uma superfície contendo compostos de prata (geralmente nitrato de prata, AgNO_3 , cloreto de prata, AgCl , brometo de prata, AgBr , ou iodeto de prata, AgI) (cf. Benjamin 1987; Hirsh 2017:11-8; Shen 2017:117-22). Sob o efeito da luz, e posteriormente sob o efeito do processo de revelação, os átomos de prata se soltam do composto, e cristalizam em pequenos filamentos metálicos (cf. Hirsh 2018:91; Weaver 2008:3-4). Tais microestruturas de prata absorvem todas as frequências de luz



Figura 03 – Plant (William Fox Talbot 1835). Em seus “desenhos fotogênicos”, Talbot impregnava o papel com cloreto de prata (AgCl), entre outros compostos. Quando exposto à luz, o AgCl se decompunha, formando pequenos filamentos de prata metálica, escurecendo as partes iluminadas do papel, e formando assim uma imagem negativa do objeto nele sobreposto. Fonte: Hirsh (2017:16).



visível, e assim escurecem a superfície sensível, gerando uma imagem invertida da luz, i.e., um negativo (quanto mais luz incidente, mais escura a imagem; cf. **Figura 03**). Desde 2009, com a consolidação da fotografia digital, a produção de filme fotográfico vem diminuindo acentuadamente, ao passo que o uso da prata na eletrônica vem aumentando gradualmente (Shen 2017; TSI 2019:63-4). Assim, podemos dizer que, seja na forma de halogenetos e sais, seja na forma de circuitos impressos e componentes eletrônicos, a prata continua intimamente ligada à história da fotografia.

A agência da prata na medicina

A capacidade da prata de preservar as propriedades de alimentos, e de promover a cicatrização, era conhecida desde a antiguidade, e foi identificada como seu “efeito oligodinâmico” pelo botânico suíço Carl Wilhelm von Nägeli, por volta de 1880 (cf. Renner 1997:1264; Thompson 1973:79-80). Diferentemente da ação especializada dos antibióticos, contra a qual as bactérias podem desenvolver resistências, os Ag^+ agem de forma distribuída e simultaneamente em diferentes partes da bactéria, o que impede o desenvolvimento de resistências (Benetido et al. 2017). O desenvolvimento de resistência microbiana aos antibióticos, e o surgimento de *superbugs*, motivou uma revalorização recente do efeito oligodinâmico da prata (cf. Prasher et al. 2018; Shen 2017:125-6).

A ação antibiótica da prata se deve ao efeito desnaturante e desintegrador dos íons de prata Ag^+ sobre as estruturas moleculares de fungos e bactérias (Duarte de Souza et al. 2013; Graham 2005; Lansdown 2010, 2006; Prasher et al. 2018; cf. **Figura 04**). Tais efeitos vêm sendo aproveitados em roupas para atletas (para reduzir odores) e em curativos para feridas (para promover a cicatrização) (cf. Demling e DeSanti 2001; Farina-Junior et al. 2017; Franco e Gonçalves 2008; Jemec et al. 2014; Leaper 2006; Michaels et al. 2009; Qin 2005; Teot et al. 2005; Tomaselli 2006). Recentemente, descobriu-se que íons de prata também têm efeito desativador sobre o coronavírus (cf. Barros 2020).

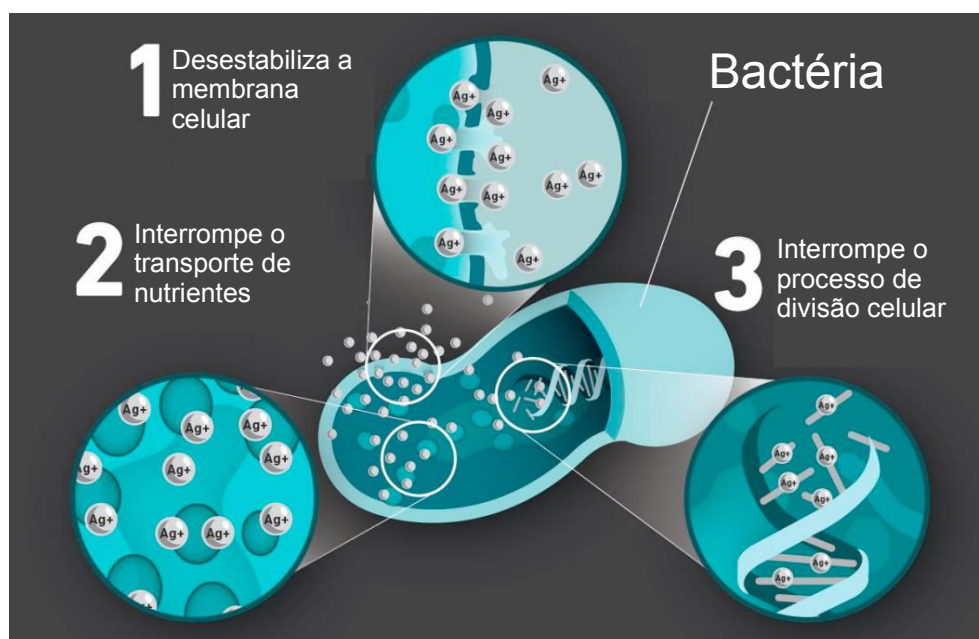


Figura 04 – Ação antibiótica dos íons de prata (Ag^+). Os três principais mecanismos da ação antibiótica dos íons de prata (Ag^+) são: no exterior da célula, os Ag^+ (1) se ligam à membrana celular, gerando deformações, orifícios e desregulando a troca de substâncias com o meio; e no interior da célula, os Ag^+ (2) se ligam a enzimas metabólicas, comprometendo o transporte de nutrientes e a produção de energia; e (3) se ligam às moléculas de DNA e RNA, impedindo a replicação (divisão) celular. **Fonte:** Versão editada de Applied Silver (2017:3) e Benedito et al. (2017:5).

A AGÊNCIA SOCIAL DOS ELEMENTOS QUÍMICOS

Como esta síntese buscou evidenciar, o lítio (3-Li) e a prata (47-Ag) agem socialmente, fazendo pessoas e outras agências fazerem coisas (cf. Latour 1999): o lítio, entre muitas outras coisas, torna possível dispositivos eletrônicos móveis leves e com grande autonomia energética; a prata, entre muitas outras coisas, garante o funcionamento duradouro de eletrônicos e protege nosso organismo de micróbios e até do coronavírus. Esta pesquisa faz parte de uma investigação mais ampla, sobre a agência social dos elementos químicos (cf. Ferreira 2020). Se, como argumentou Émile Durkheim (1996), as formas como as pessoas representam seu mundo refletem as formas como elas representam a si mesmas, então o que a representação do mundo na forma de elementos químicos revela sobre nossa própria sociedade contemporânea?



Referências

- APPLIED SILVER. 2017. Press Kit. Acessível em: <<http://www.appliedsilver.com/wp-content/uploads/2017/03/Applied-Silver-Press-Kit-v3.pdf>>.
- ARNDT, Nicholas; KESLER, Stephen; GANINO, Clément. 2010. Lithium. In: *Metals and society: an introduction to economic geology*. Cham: Springer, pp.184-6.
- BARROS, Rubem. 2020. Tecnologias para neutralizar o coronavírus. *Pesquisa FAPESP*. 9 de agosto. Acessível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/tecnologias-para-neutralizar-o-coronavirus/>>
- BAUER, Richard; WIETELMANN, Ulrich. 1997. Lithium. In: Fathi Habashi (ed.). *Handbook of extractive metallurgy*. Vol.I: The metal industry; Ferrous metals. Weinheim: Wiley-VCH, pp.2029-51.
- BENEDITO, Aline de Souza; SILVA, Fabiana F.; SANTOS, Ísis V.S. 2017. Nanopartículas de prata: aplicações e impacto ambiental. *Revista Acadêmica Osvaldo Cruz* 4(16).
- BENJAMIN, Walter. 1987. Pequena história da fotografia. In: *Magia e técnica, arte e política: ensaios sobre literatura e história da cultura*. (Trad. Sérgio P. Rouanet) São Paulo: Ed. Brasiliense, pp.91-107. [1931]
- BOCCHI, Nerilso; FERRACIN, Luiz C.; BIAGGIO, Sonia R. 2000. Pilhas e baterias: funcionamento e impacto ambiental. *Química Nova na Escola* 11: 3-9.
- BRUNNING, Andy. 2014. The chemical elements of a smartphone. *Compound interest*. Disponível em: <<http://www.compoundchem.com/2014/02/19/the-chemical-elements-of-a-smartphone/>>.
- CRAWFORD, Kate; JOLER, Vladan. 2020. Anatomia de um sistema de inteligência artificial. (Trad. Cristiana Gonzales e Pedro P. Ferreira) *ComCiência*. Especial, 20 de setembro. Acessível em: <<http://www.comciencia.br/anatomia-de-um-sistema-de-inteligencia-artificial/>>.
- DEMLING, Robert H; DeSANTI, Leslie. 2001. Effects of silver on wound management. *Wounds* 13:1-15.
- DUARTE DE SOUZA, Gustavo; RODRIGUES, Mônica A.; SILVA, Priscila P.; GUERRA, Wendell. 2013. Prata: breve histórico, propriedades e aplicações. *Educación Química* 24(1):14-6.
- DURKHEIM, Émile. 1996. *As formas elementares da vida religiosa*. (Trad. Paulo Neves) São Paulo: Martins Fontes. [1912]
- ELLIADÉ, Mircea. 1979. *Ferreiros e alquimistas*. (Trad. Roberto Cortes de Lacerda) Rio de Janeiro: Zahar. [1977]
- ENGHAG, Per. 2004. Lithium. In: *Encyclopedia of the elements: technical data, history, processing, applications*. Weinheim: Wiley-VCH, pp.287-300.
- FARINA-JUNIOR, Jayme A.; COLTRO, Pedro S.; OLIVEIRA, Thais S.; CORREA, Fernanda B.; DIAS DE CASTRO, Julio C. 2017. Curativos de prata iônica como substitutos da sulfadiazina para feridas de queimaduras profundas: relato de caso. *Revista Brasileira de Queimaduras* 16(1):53-7.
- FERNHOLM, Ann. 2019. They developed the world's most powerful battery. *The Nobel Prize*. The Royal Swedish Academy of Science.
- FERREIRA, Pedro P. 2020. Sociologia elementar: a agência social dos elementos químicos. Acessível em: <<https://sociologiaelementar.wordpress.com/>>.
- FILGUEIRAS, Carlos A.L. 1986. A química de José Bonifácio. *Química Nova* 9(4):263-8.
- FRANCO, Diogo; GONÇALVES, Luiz F. 2008. Feridas cutâneas: a escolha do curativo adequado. *Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões* 35(3):203-6.
- FREITAS-REIS, Ivoni; FRANCO-PATROCÍNIO, Sandra. 2015. A presença do Lítio nos minerais Petalita e Espodumênio: as análises iniciais de José Bonifácio de Andrada e Silva. In: José Ahumada; Silvio Chibeni. (orgs.). *Filosofia e história de la ciencia em el Cono Sur: selección de trabajos del IX Encuentro y las XXV Jornadas de Epistemología e Historia de la ciencia*. Córdoba: Editorial de la UNC, pp.267-78.
- GRAHAM, Caroline. 2005. The role of silver in wound healing. *British Journal of Nursing* 14(19):S22-5.
- HAAG, Carlos. 2012. O patriarca da ciência. *Revista Pesquisa Fapesp* 202. Acessível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/2012/12/10/o-patriarca-da-ciencia/>>.
- HIRSCH, Robert. 2018. *Photographic possibilities: the expressive use of concepts, ideas, materials, and processes*. New York: Routledge.
- _____. 2017. *Seizing the light: a social & aesthetic history of photography*. New York: Routledge.
- JEMEC, Gregor B.E.; KERIHUEL, Jean C.; OUSEY, Karen; LAUEMOLLER, Sanne L.; LEAPER, David J. 2014. Cost-effective use of silver dressings for the treatment of hard-to-heal chronic venous leg ulcers. *PLoS One* 9(6):1-6.
- JOHNSON, F. Neil. 1984. The discovery of lithium. In: *The history of lithium therapy*. London: MacMillan, pp.1-4.
- KAVANAGH, Laurence; KEOHANE, Jerome; CABELLOS, Guioumar G.; LLOYD, Andrew; CLEARY, John. 2018. Global lithium resources – industrial use and future in the electric vehicle industry: a review. *Resources* 7(57).
- KREBS, Robert E. 2006. Lithium. In: *The history and use of our Earth's chemical elements: a reference guide*. Westport: Greenwood Press, pp.47-50.
- LANSDOWN, Alan B.G. 2010. A pharmacological and toxicological profile of silver as an antimicrobial agent in medical devices. *Advances in Pharmacological Sciences*. Article ID 910686.
- _____. 2006. Silver in health care: antimicrobial effects and safety in use. *Current Problems in Dermatology* 33:17-34.
- LATOUR, Bruno. 1999. Fractures/fractures: from the concept of network to the concept of attachment. *RES* 36:20-31.
- LEAPER, David J. 2006. Silver dressings: their role in wound management. *International Wound Journal* 3(4):282-94.
- MERCHANT, Brian. 2017. Everything that's inside your iPhone. *Motherboard*. 15 de agosto. Acessível em: <https://www.vice.com/en_us/article/433wyq/everything-thats-inside-your-iphone>.
- MICHAELS, J.A.; CAMPBELL, B.; KING, B.; PALFREYMAN, S.J.; SHACKLEY, P.; STEVENSON, M. 2009. Randomized controlled trial and cost-effectiveness analysis of silver-donating antimicrobial dressings for venous leg ulcers (VULCAN trial). *British Journal of Surgery* 96:1147-56.
- NEWTON, David E. 2010. Lithium. In: *Chemical elements*. Detroit: Gale, pp.315-20.
- OLIVEIRA DE SOUZA, Guilherme; CALIXTO, Paulo V.M.; PAULINO, Pedro G.S.L.; AMANCIO, Stefano S.; FERREIRA, Pedro P. 2019. As formas elementares da vida eletrônica: a agência social dos elementos químicos metálicos usados na fabricação de smartphones. *Revista dos Trabalhos de Iniciação Científica da UNICAMP* 27.
- PRASHER, Parteek; SINGH, Manjeet; MUDILA, Harish. 2018. Oligodynamic effect of silver nanoparticles: a review. *BioNanoScience* 8:951-62.
- QIN, Yimim. 2005. Silver-containing alginate fibers and dressings. *International Wound Journal* 2(2):172-6.
- RAMOS, Mário M. 2013. *Mercado do lítio*. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geologia. Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).
- RENNER, Hermann. 1997. Silver. In: Fathi Habashi (ed.). *Handbook of extractive metallurgy*. Vol.I: The metal industry; Ferrous metals. Weinheim: Wiley-VCH, pp.1215-67.
- RODRIGUES, Bernardo S.; PADULA, Raphael. 2016. Geopolítica do lítio na América do Sul e as divergentes políticas públicas nacionais. *Meridiano 47* 17:e17018.
- SHEN, Lindsay. 2017. *Silver: nature and culture*. London: Reaktion Books.
- SONY. 2013. *Lithium Ion Rechargeable Batteries – Technical Handbook*. Tokyo: Sony corporation.
- SZAMALEK, Krzysztof; GALOS, Krzysztof. 2016. Metals in Spent Mobile Phones (SMP): a new challenge for mineral resources management. *Mineral Resources Management* 32(4):45-58.
- TEOT, Luc; MAGGIO, Giulio; BARRETT, Simon. 2005. The management of wounds using Silvergel hydroalginate. *Wounds International*. 1 August, pp. 70-7.
- THOMPSON, N.R. 1973. Silver. In: A.G. Massey; N.R. Thompson; B.F.G. Johnson; R.Davis. *The chemistry of copper, silver and gold*. Oxford: Pergamon Press, pp.79-128.
- TOMASELLI, Nancy. 2006. The role of topical silver preparations in wound healing. *Journal of Wound Ostomy & Continence Nursing* 33(4):367-80.
- TRIFONOV, D.N.; TRIFONOV, V.D. 1985. Lithium. In: Chemical elements: how they were discovered. (Trad.: O.A. Glebov; I.V. Poluyan) Moscow: MIR Publishers, pp.102-4.
- TSI. 2019. *World Silver Survey 2019*. Washington, DC: The Silver Institute.
- USGS. 2016. A world of minerals in your mobile device. *General Information Product* 167.
- VENETSKY, S.I. 1981. *Tales about metals*. (Trans.: N.G. Kittell) Moscow: Mir Publishers.
- WEAVER, Gawain. 2008. *A guide to fiber-base gelatin silver print condition and deterioration*. Rochester Institute of Technology.
- WEEKS, M.E. 1960. Lithium; J.A. Arfwedson and his service to chemistry. In: *Discovery of the elements*. Pennsylvania: Mack Printing Company, pp.484-503.
- WEF. 2019. *A new circular vision for electronics. Time for a global reboot*. World Economic Forum.
- WILLIAMS, Alan. 2019. Scientists use a blender to reveal what's in our iPhones. *University of Plymouth*. 14 de março. Acessível em: <<https://www.plymouth.ac.uk/news/scientists-use-a-blender-to-reveal-whats-in-our-smartphones>>.