



ESTUDO DA AÇÃO BIOCIDA DE LÂMINAS DE COBRE EM UMA SUPERFÍCIE DE CONTATO

Lucas F. de Lima^{1*}, Vitor G. Vital², Flávia G. Lobo³, Keith D. Lira⁴, Ricardo A. G. da Silva⁵, Márcio R. da Silva⁶, Suzan P. Vasconcellos⁷

1-Faculdade Engenheiro Salvador Arena, São Bernardo do Campo, SP

3,6 - Centro de Pesquisa, Desenvolvimento e Ensaaios, Termomecanica São Paulo SA, São Bernardo do Campo, SP

2,4,5,7 - Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), Diadema, SP

suzan.pantaroto@unifesp.br

RESUMO

O objetivo desse trabalho é analisar em campo a atividade biocida de três diferentes ligas metálicas, as quais apresentam teores de cobre em diferentes percentuais em peso. A atividade bactericida, virucida e fungicida de materiais ganhou uma importância ímpar às custas das circunstâncias as quais a humanidade foi submetida devido à recente pandemia de SARS-CoV-2. Por meio da imposição de variáveis, como tratamento térmico, mudança no aspecto microestrutural e adições de novos elementos químicos, essas ligas especiais tendem a exercer influência na carga microbiana depositada em suas respectivas superfícies, por conta da inerente atividade biocida do cobre. No que tange a aplicação dos materiais aqui descritos, lâminas a base de cobre foram incorporadas, por tempo previamente determinado, em uma superfície de contato do âmbito acadêmico, ou seja, a “case” de um tablet usado no cotidiano escolar. Os espaços selecionados de uso do equipamento contam com um intenso fluxo de usuários, coeficiente chave para a comparação da população microbiana entre as superfícies de controle (ausência de aparato microbicida agregado) e os locais os quais tiveram as ligas particulares afixadas. A propriedade biocida foi avaliada por meio da coleta de “swabs” e inoculação do material em meios de cultura adequados ao cultivo de bactérias e fungos. Os dados foram obtidos durante o uso do dispositivo por 24 horas. Como resultado preliminar, obteve-se que as ligas a base de cobre se mostraram agentes biocidas eficientes após a comparação da inibição do crescimento microbiano nos ensaios realizados. Em conclusão, resultados obtidos até o presente momento confirmaram a efetividade do cobre como agente microbicida, quando em concentrações acima de 80% nas ligas metálicas, podendo ser uma alternativa eficiente do ponto de vista industrial, clínico e ambiental no combate a novas pandemias

Palavras-chave: cobre, biocida, controle, pandemia

INTRODUÇÃO

O cobre e suas ligas estabelecem um dos principais grupos de metais comerciais, extensivamente utilizados na indústria, devido à sua excelente condutividade elétrica e térmica, além da proeminente resistência à corrosão. Comercialmente, o cobre é utilizado para fabricação de fios e cabos, contatos elétricos e vários outros componentes. Ligado a

outros elementos, forma ligas metálicas, dentre elas a família dos latões, que são compostas essencialmente por cobre e zinco, e a família dos bronzes, caracterizada sobretudo pela presença de estanho (SANTOS et al., 2017)⁽¹⁾. No que tange as suas propriedades biocidas, a temática ganhou destaque em 2008, quando aproximadamente 300 ligas cúpricas foram registradas pela agência norte-americana de proteção ao meio ambiente (EPA), como superfícies de contato microbicidas. *Escherichia coli* O157:H7; *Staphylococcus aureus* resistente à meticilina (MRSA); *Clostridium difficile*; *Salmonella* entérica; *Campylobacter jejuni*; *Listeria monocytogenes*; *Candida albicans* e *Influenza A* (H1N1) estão entre os microrganismos comprovadamente inativados pelo cobre (ELGUIND, 2011 e DEPNER et al., 2015)^(2,3).

A eficácia do cobre como agente microbicida tem sido relatada em estudos laboratoriais e ambientes hospitalares (PONTIN, 2020)⁽⁴⁾. Segundo Inkinen et al. (2016)⁽⁵⁾, o cobre pode molda-se como um instrumento para refrear a incidência de transmissão de agentes infecciosos de superfícies de contato hodiernas.

Atuando via “morte por contato”, nome atribuído ao mecanismo pelo qual se dá a extinção microbiana em áreas de interação, a letalidade microbiana é alcançada pela alternância entre os estados de oxidação cuproso (Cu^{1+}) e cúprico (Cu^{2+}). Em condições aeróbias, esse ciclo de oxidação e redução propicia a geração de radicais hidroxila extremamente reativos que afetam as biomoléculas, tais como DNA e proteínas microbianos (SANTO et al., 2008)⁽⁶⁾. Variáveis que impulsionam as espécies de oxigênio reativo (ROS) ampliam a ocorrência de morte bacteriana. Assim, a produção de radicais hidroxilas pela reação de Fenton auxilia para a inativação completa da população de bactérias, fungos e vírus (MIKOLAY et al., 2010)⁽⁷⁾.

Com relação às variáveis que influenciam diretamente na atividade biocida do cobre e de suas ligas, estudos mostraram que o efeito biocida intensifica conforme a temperatura aumenta (FAUNDEZ et al., 2004)⁽⁸⁾ e à proporção que o teor de cobre das ligas também é incrementado (MIKOLAY et al., 2010)⁽⁷⁾.

As superfícies de cobre oxidadas, em comparação superfícies brilhantes, liberam íons (Cu^{2+}) com maior facilidade, sendo necessário menor período de tempo para que a atividade inibitória seja verificada (MICHELS, 2009)⁽⁹⁾.

Todavia, uma camada espessa de óxido de cobre reduz consideravelmente a atividade antimicrobiana das ligas deliberadas (GRASS et al., 2011)⁽¹⁰⁾.

A atividade bactericida, virucida e fungicida de materiais ganhou uma importância ímpar às custas das circunstâncias as quais a humanidade foi submetida devido à recente pandemia de SARS-CoV-2. Assim, este trabalho teve como objetivo estudar em campo a atividade biocida de três diferentes ligas metálicas, as quais apresentavam teores de cobre em diferentes percentuais, visando o desenvolvimento de produtos que garantam segurança microbiológica à população.

MATERIAIS E MÉTODOS

Tendo em vista que a ação do cobre como antimicrobiano se dá por contato, optou-se por avaliar as lâminas das ligas selecionadas em uma superfície, desenvolvida com a concepção da garantia de testes fidedignos e segurança dos usuários os quais manipulariam os respectivos objetos. O objetivo foi comparar as áreas comuns com àquelas que continham ligas de cobre agregadas, possibilitando a verificação da real eficiência das lâminas no que tange à inativação de patógenos e contaminantes. Dessa forma, foi desenvolvido um protótipo - “case” de Ipad, analisado por 24 horas. Para tal, a capa do Ipad foi confeccionada em impressora 3D “Makerbot” modelo “Replicator” 5º Geração, garantindo um produto que contivesse espaços específicos para o encaixe das

lâminas. Em seguida, os materiais foram acoplados na superfície posterior do dispositivo e, por fim, o protótipo foi alocado no aparelho (figura 1).

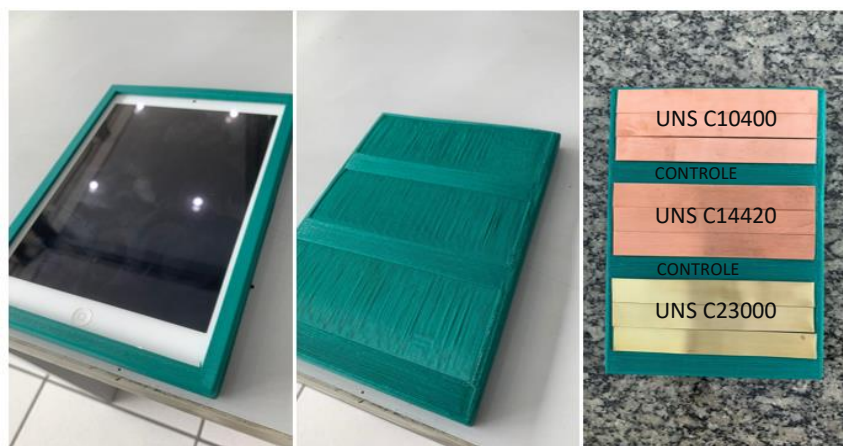


Figura 1: Case do Ipad. Visão frontal, traseira e com as lâminas agregadas (UNS C10400, UNS C14420 e UNS C23000)

No que tange à composição dos materiais testados, a case de Ipad foi equipada com três ligas metálicas diferentes: cobre prata (UNS C10400), latão 70/30 (UNS C23000) e cobre microadições (UNS C14420), sendo acoplado 3 lâminas de cada material. A composição química das ligas está apresentada na Tabela 1. O controle experimental foi representado pelas partes plásticas do dispositivo entre as lâminas metálicas e bordas do objeto.

Tabela 1: Composição química das ligas utilizadas

Liga	Cu	Ag	O	Pb	Fe	Zn	Sn	Te
C10400	99.95 min.	0.027 min.	0.001 máx.	-	-	-		
C14420	99,90 min.	-	-	-	-	-	0,04 0,15	- 0,005 0,05
C23000	84.0 86.0	- -	-	0.05 máx.	0.05 máx.	Restante		

Com o intuito de desenvolver o método de análise da eficiência biocida das lâminas metálicas, todos os ensaios foram realizados com base em metodologias bem descritas pelas literaturas (STUCHI et al., 2013)⁽¹¹⁾ (REIS et al., 2015)⁽¹²⁾, utilizando os meios de cultura Sabouraud Chloramphenicol Dextrose Ágar para crescimento de fungos e Luria-Bertani (LB) + Ágar para multiplicação de bactérias gerais. Foram coletados “swabs” amostrais em duplicata nos tempos 0h, 1h, 3h e 24 horas. O esquema representativo da metodologia encontra-se na (Figura 3).

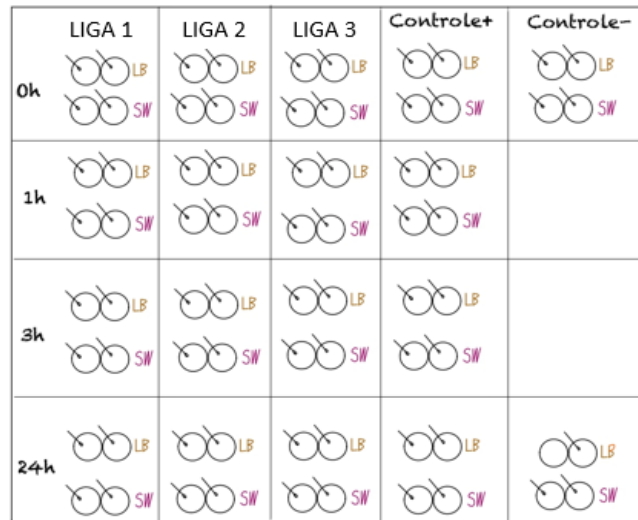


Figura 2: Esquema da coleta de “swabs” e quantidade de placas

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e comparações do plaqueamento de bactérias estão descritos na figura 4. Em relação aos experimentos com fungos, não foi observado crescimento capaz de se realizar análises.

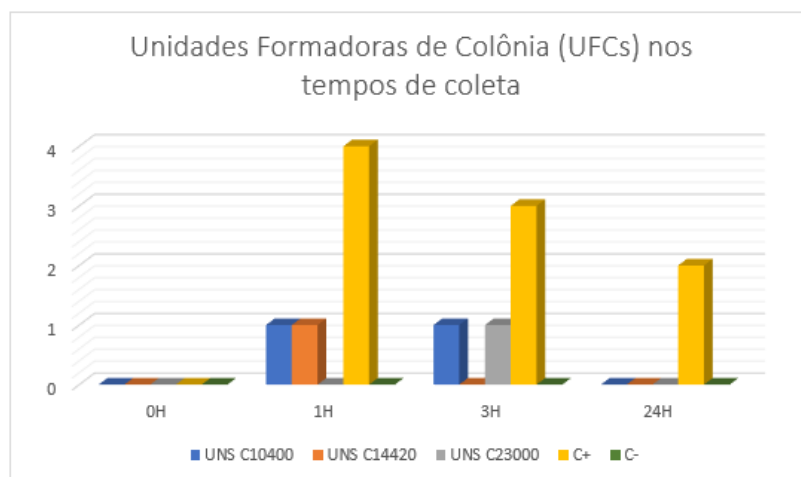


Figura 3: análise do crescimento de microrganismos nas lâminas de estudo

Concernente aos dados acima, foi feito a somatória das Unidades Formadoras de Colônias (UFCs) nas duplicatas das placas de petri incubadas das relativas superfícies nos tempos determinados. Com o resultado em mãos, pôde-se comparar o efeito biocida dos materiais que exibem cobre na composição com as áreas de controle positivo (partes da case entre as lâminas metálicas e laterais do objeto). Observou-se um menor número de microrganismos nos metais transcorrido apenas 1 hora do experimento. Após 3 horas, 2 horas da coleta anterior, o cobre microadições (UNS C14420), já havia eliminado a contaminação inicial, permanecendo assim até o fim do experimento. Findado 24 horas do início dos testes, as superfícies metálicas não expuseram índices de crescimento microbiano. Assim, confirmou-se a efetividade do cobre como agente microbiano nas concentrações e ligas analisadas pelo presente estudo.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, até o presente momento, nos testes em campo, pode-se constatar que as ligas com cobre na composição testadas obtiveram resultados confirmativos sobre a efetividade do material como agente microbicida, quando em concentrações acima de 80%, podendo ser uma alternativa eficiente do ponto de vista industrial, clínico e ambiental no combate a novas pandemias e controle da transmissão de doenças em áreas públicas.

REFERÊNCIAS

1. SANTOS, Vinicius Torres dos *et al.* INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS TÉRMICAS DE SOLIDIFICAÇÃO NA MICROESTRUTURA E DUREZA DA LIGA BRONZE ALUMÍNIO NÍQUEL CUAL10NI5FE5. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO, 9., 2017, Joinville, Santa Catarina., Anais [...] . Joinville: Abcm, 2017. p. 1-10. Disponível em: <http://repositorio.ipen.br/handle/123456789/31188>
2. ELGUINDI, Jutta; HAO, Xiuli; LIN, Yanbing; ALWATHNANI, Hend A.; WEI, Gehong; RENSING, Christopher. Advantages and challenges of increased antimicrobial copper use and copper mining. **Applied Microbiology And Biotechnology**, [S.L.], v. 91, n. 2, p. 237-249, 9 jun. 2011. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00253-011-3383-3>
3. DEPNER RFR, Depner RA, Lucca V, Lovato M. **O COBRE COMO SUPERFÍCIE DE CONTATO ANTIMICROBIANA E SUA POTENCIAL APLICAÇÃO NA MEDICINA VETERINÁRIA**. RVZ [Internet]. 21 de março de 2022 [citado 12 de agosto de 2022];22(4):532-43. Disponível em: <https://rvz.emnuvens.com.br/rvz/article/view/865>
4. PONTIN, Karine Patrin. **Atividade antimicrobiana de superfícies de cobre frente à formação de biofilmes por Salmonella enteritidis e sua potencial aplicação na indústria avícola**. 2020. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Faculdade de Veterinária. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2020. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/211288> . Acesso em: 15 abr. 2022.
5. INKINEN, J.; MÄKINEN, R.; KEINÄNEN-TOIVOLA, M.M.; NORDSTRÖM, K.; AHONEN, M.. **Copper as an antibacterial material in different facilities**. Letters In Applied Microbiology, [S.L.], v. 64, n. 1, p. 19-26, 28 nov. 2016. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/lam.12680>
6. SANTO, Christophe Espírito; TAUDTE, Nadine; NIES, Dietrich H.; GRASS, Gregor. Contribution of Copper Ion Resistance to Survival of Escherichia coli on Metallic Copper Surfaces. **Applied And Environmental Microbiology**, [S.L.], v. 74, n. 4, p. 977-986, 15 fev. 2008. American Society for Microbiology. <http://dx.doi.org/10.1128/aem.01938-07>
7. MIKOLAY, André; HUGGETT, Susanne; TIKANA, Ladj; GRASS, Gregor; BRAUN, Jörg; NIES, Dietrich H.. Survival of bacteria on metallic copper surfaces in a hospital trial. **Applied Microbiology And Biotechnology**, [S.L.], v. 87, n. 5, p. 1875-1879, 7 maio 2010. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00253-010-2640-1>
8. FAUNDEZ, Gustavo; TRONCOSO, Miriam; NAVARRETE, Paola; FIGUEROA, Guillermo. Antimicrobial activity of copper surfaces against suspensions of Salmonella enterica and Campylobacter jejuni. **Bmc Microbiology**, [S.L.], v. 4, n. 1, p. 19, abr. 2004. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2180-4-19>
9. MICHELS, H.T.; NOYCE, J.O.; KEEVIL, C.W.. Effects of temperature and humidity on the efficacy of methicillin-resistant Staphylococcus aureus challenged antimicrobial materials containing silver and copper. **Letters In Applied Microbiology**, [S.L.], v. 49, n. 2, p. 191-195, ago. 2009. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1472-765x.2009.02637.x>

10. GRASS, Gregor; RENSING, Christopher; SOLIOZ, Marc. Metallic Copper as an Antimicrobial Surface. **Applied And Environmental Microbiology**, [S.L.], v. 77, n. 5, p. 1541-1547, mar. 2011. American Society for Microbiology. <http://dx.doi.org/10.1128/aem.02766-10>
11. CABRAL, Guilherme de Souza *et al.* **CONTAMINAÇÃO DE APARELHOS CELULARES DA EQUIPE DE ENFERMAGEM EM UNIDADE DE TERAPIA INTENSIVA (UTI) DE UM HOSPITAL PÚBLICO DO NOROESTE PARANAENSE**. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA, 11., 2019, Maringá. GUILHERME DE SOUZA CABRAL.pdf. Maringá-Pr: XI Epcc, 2019. p. 1-4. Disponível em: <https://rdu.unicesumar.edu.br/handle/123456789/3813> Acesso em: 11 ago. 2022.
12. STUCHI, Rosamary Aparecida Garcia *et al.* **Contaminação bacteriana e fúngica dos telefones celulares da equipe de saúde num hospital em Minas Gerais**. Lilacs, Bdenf - Enfermagem, Minas Gerais, v. 5, n. 8, p. 1-8, dez. 2013. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri/BR. Disponível em <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-735647>
13. Reis, L. E., Silva, W., Carvalho, E. V., Filho, A. da C., & Braz, M. R. (2017). Contaminação de telefones celulares da equipe multiprofissional em uma unidade de terapia intensiva. *Revista Saber Digital*, 8(01), 68–83. Recuperado de <https://revistas.faa.edu.br/SaberDigital/article/view/390>

STUDY OF THE BIOCIDAL ACTION OF COPPER FOILS ON A CONTACT SURFACE

ABSTRACT

The objective of this work is to analyze in the field the biocidal activity of three different metallic alloys, which present copper contents in different percentages by weight. The bactericidal, virucidal and fungicidal activity of materials has gained a unique importance at the expense of the circumstances related to the recent SARS-CoV-2 pandemic. Through the imposition of variables such as heat treatment, change in microstructural aspect, and additions of new chemical elements, these special alloys tend to influence the microbial load deposited on their respective surfaces due of the inherent biocidal activity of copper. Regarding the application of the materials described here, copper-based sheets were incorporated, for a previously determined time, into a contact surface of the academic environment, in other words, a case of a tablet used during school daily life. The spaces selected for the use of the equipment have an intense flow of users, a key coefficient for the comparison of the microbial population between the control surfaces (without aggregated microbicide apparatus) and the places where the particular alloys were affixed. The biocidal property was evaluated by collecting “swabs” and inoculating the material in culture medias appropriate for the cultivation of bacteria and fungi. The data were obtained during the use of the device for 24 hours. As a preliminary result, it was obtained that the base alloys proved to be efficient biocide agents after comparing the inhibition of microbial growth in the tests performed. In conclusion, results obtained so far have confirmed the effectiveness of copper as a microbicidal agent, when in concentrations above 80% in alloys, and may be an efficient alternative from the industrial, clinical, and environmental point of view in the fight against new pandemics.

Keywords: copper, biocide, control, pandemic