AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DESINFETANTE DO GOFRESH EU®: CIM, CBM E ENSAIO EM SUPERFÍCIE CARREADORA.

Autores: Gabriela Borges Papp[1], Juliana Goulart De Paiva[1,2], Guilherme Rodrigues Teodoro[2], Matheus Salgado de Oliveira[1], Flavia Villaça Morais[1].

[1] Universidade do Vale do Paraíba, Centro de Diagnóstico Laboratorial da Univap, Laboratório de Biologia Celular e Molecular de Fungos/Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, São José dos Campos, gabrielaborgespapp@gmail.com, flavia@univap.br.
[2] Golden Technology Ltda, Centro de Estudos e Análises Microbiológicas, São José dos Campos, guilherme.teodoro@goldentecnologia.com.

Resumo

A desinfecção de superfícies é fundamental para o controle de microrganismos associados às infecções relacionadas à assistência à saúde. Este estudo avaliou a atividade antimicrobiana do GoFresh EU®, um polímero de quaternário de amônio silanizado, em comparação ao Cloreto de Benzalcônio (BKC). Foram determinadas a Concentração Inibitória Mínima (CIM) e a Concentração Bactericida Mínima (CBM), além da realização de ensaios em superfícies carreadoras utilizando *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Salmonella enterica* ATCC 10708 e *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 15442. Ambos os produtos apresentaram atividade antibacteriana contra os microrganismos testados. Nos ensaios em carreadores, o GoFresh EU® demonstrou eficácia frente a *S. aureus* e *P. aeruginosa*, porém apresentou baixa atividade contra *S. enterica*. O BKC mostrou elevada eficácia contra todas as cepas avaliadas. Os resultados indicam que o GoFresh EU® possui potencial para aplicação como desinfetante, justificando estudos adicionais voltados à otimização da formulação e à avaliação de seu possível efeito antimicrobiano residual em superfícies.

Palavras-chave: Desinfetante. Concentração Inibitória Mínima. Efeito residual.

Área do Conhecimento: Biomedicina.

Introdução

A desinfecção de superfícies inanimadas emprega agentes químicos capazes de reduzir ou eliminar microrganismos, cuja eficácia depende da espécie microbiana, da formulação, da concentração do princípio ativo e das condições de uso (Maillard e Pascoe, 2024; Maciel et al., 2025). Em serviços de saúde, superfícies contaminadas podem atuar como reservatórios de patógenos e contribuir para a ocorrência de infecções relacionadas à assistência à saúde (IRAS), tornando a limpeza e a desinfecção medidas essenciais de controle microbiológico (Omardien et al., 2024; Christenson et al., 2021; Rozman et al., 2021). Além disso, a validação da eficácia dos desinfetantes pode ser influenciada por fatores metodológicos, como o preparo do inóculo, as características dos carreadores e a condução dos ensaios (Rubino et al., 1992; Arlea et al., 2008; Fernandes et al., 2024).

No Brasil, a RDC nº 774/2023 da ANVISA determina que desinfetantes hospitalares para superfícies fixas comprovem atividade contra *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enterica* e *Pseudomonas aeruginosa*, microrganismos relevantes no contexto das IRAS (Brasil, 2023; Reis et al., 2011). Entre os métodos utilizados para essa comprovação destacam-se os ensaios com carreadores preconizados pela *Association of Official Analytical Collaboration* (AOAC) (Rubino et al., 1992; Tomasino et al., 2009).

A Concentração Inibitória Mínima (CIM) e a Concentração Bactericida Mínima (CBM) são métodos quantitativos que permitem determinar a atividade antimicrobiana e definir concentrações adequadas para testes subsequentes, reduzindo o risco de exposição microbiana a concentrações subletais (Miyagi et al., 2000). Associados aos ensaios em carreadores, esses métodos fornecem evidências complementares da eficácia dos desinfetantes em condições laboratoriais mais desafiadoras (Tomasino et al., 2009). Além disso, muitos desinfetantes apresentam ação predominantemente

imediata, o que pode favorecer a recolonização das superfícies e demandar reaplicações frequentes (Omardien et al., 2024; Fernandes et al., 2024).

Nesse contexto, o GoFresh EU®, um polímero de quaternário de amônio silanizado produzido pela Golden Technology Ltda., já demonstrou atividade antimicrobiana no segmento têxtil (Soares et al., 2024). Assim, este estudo teve como objetivo avaliar sua atividade antimicrobiana por meio da determinação da CIM e da CBM, bem como investigar seu potencial desinfetante em superfície carreadora, comparando-o ao cloreto de benzalcônio, um quaternário de amônio amplamente utilizado.

Metodologia

A determinação da Concentração Inibitória Mínima (CIM) e da Concentração Bactericida Mínima (CBM) foi realizada com base no documento M07 do *Clinical and Laboratory Standards Institute* (CLSI, 2021), com adaptações. Foram utilizados os meios Ágar e Caldo Tripsina de Soja (TSA/TSB), ágar e caldo *Dey-Engley* (ADE/CDE), preparados conforme as instruções do fabricante. Os ensaios foram conduzidos em três experimentos independentes realizados em triplicata (n = 9).

Foram utilizadas as cepas *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Salmonella enterica* ATCC 10708 e *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 15442, conforme a RDC nº 774/2023 da ANVISA. Os inóculos foram preparados a partir de culturas em TSA, incubadas em 10 mL de TSB por aproximadamente 18 h a 36 ± 1 °C sob agitação de 150 rpm.

A CIM foi determinada por microdiluição em placas de 96 poços contendo GoFresh EU® (EU) e cloreto de benzalcônio (BKC), em diluições seriadas de 3,12% a 0,003%. Após adição do inóculo, as placas foram incubadas por 24 h a 36 ± 1 °C. Para determinação da CBM, alíquotas dos poços sem crescimento visível foram transferidas para ADE e incubadas por mais 24 horas nas mesmas condições. Foi utilizado neutralizante para interromper a ação antimicrobiana residual.

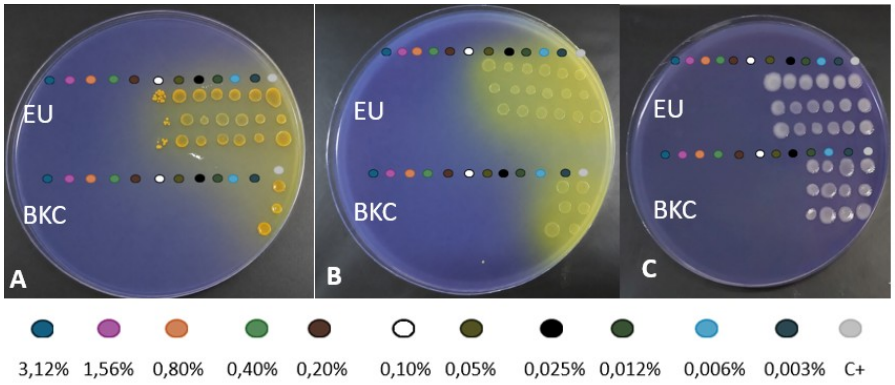
A atividade antimicrobiana em superfície carreadora foi avaliada com base nos ensaios AOAC 955.14, 955.15 e 964.02, com adaptações. Lâminas de vidro estéreis foram contaminadas com aproximadamente 10^6 células/lâmina dos três microrganismos e submetidas à secagem por cerca de 30 minutos em fluxo laminar. Os tratamentos consistiram em água destilada estéril (controle positivo), BKC 0,5% e GoFresh EU® 2,5%, definidos a partir de concentrações suprainibitórias equivalentes a aproximadamente 10 a 20 vezes a CBM. As lâminas permaneceram imersas nas soluções por 20 minutos e, posteriormente, foram transferidas para tubos contendo 50 mL de CDE e incubadas por 48 horas a 36 ± 1 °C. A eficácia foi avaliada qualitativamente pela presença de turvação e mudança da coloração do meio (azul para amarelo), indicativas de crescimento microbiano. Os ensaios foram realizados em triplicata, totalizando 30 lâminas por grupo para cada microrganismo (n = 30).

Resultados

Os ensaios microbiológicos para determinação da CIM/CBM demonstraram suscetibilidade de todos os microrganismos avaliados tanto ao EU quanto ao BKC. Para *S. aureus* a CIM do EU foi de 0,10% e a CBM de 0,20%, enquanto para o BKC ambas foram inferiores a 0,003%. Em relação a *S. enterica*, os valores de CIM e CBM para o EU foram de 0,10%, ao passo que para o BKC ambos corresponderam a 0,006%. Para *Pseudomonas aeruginosa*, a CIM e a CBM foram de 0,10% para o EU e de 0,025% para o BKC. De modo geral, embora ambos os produtos tenham apresentado atividade antimicrobiana frente às cepas estudadas, o BKC foi efetivo em concentrações inferiores às observadas para o EU.

Nos ensaios de atividade desinfetante em superfície carreadora, os resultados variaram de acordo com o microrganismo avaliado. Para o tratamento com EU, observou-se 1 tubo positivo e 29 negativos para *S. aureus*, indicando elevada atividade bactericida. Já para *P. aeruginosa*, todos os 30 tubos permaneceram negativos, evidenciando completa inibição do crescimento bacteriano. Entretanto, para *S. enterica* foram observados 29 tubos positivos e apenas 1 negativo, demonstrando baixa eficácia do produto nas condições experimentais adotadas. Por outro lado, o BKC apresentou desempenho superior, com apenas 1 tubo positivo e 29 negativos para *S. aureus* e ausência de crescimento em todos os tubos contendo *P. aeruginosa* e *S. enterica*, totalizando 30 resultados negativos para ambas as espécies. Os resultados obtidos evidenciam que, embora o EU apresente atividade antimicrobiana promissora, sua eficácia em superfície carreadora foi dependente do microrganismo avaliado, diferentemente do BKC, que demonstrou ação bactericida consistente contra todas as cepas testadas. Os dados completos encontram-se apresentados na Tabela 1 e ilustrados nas Figuras 1 e 2.

Figura 1 - Determinação das Concentrações Bactericidas e Inibitórias (CBM e CIM) do GoFresh EU® (EU) e Cloreto de Benzalcônio (BKC) obtidas através de triplicatas em subcultura em ágar *Dey-Engley* frente a *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 (A), *Salmonella enterica* (*Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar *Enterica*) ATCC 10708 (B) e *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 15442 (C). C+ indica o controle positivo.



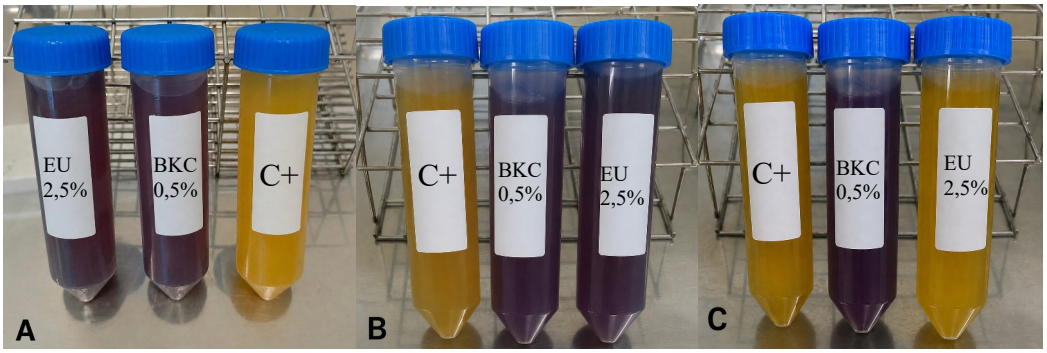
Fonte: elaborado pelo próprio autor, 2026.

TABELA 1 – Resultados dos testes em superfície carreadora realizados com GoFresh EU® e Cloreto de Benzalcônico para *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 (*S. aureus*), *Salmonella enterica* (*Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar *Enterica*) ATCC 10708 (*S. enterica*) e *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 15442 (*P.aeruginosa*).

Microrganismo	Tubos para Controle positivo:		Tubos para GoFresh EU® 2,5 %		Tubos para Cloreto de Benzalcônio 0,5%	
	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo
S.aureus	30	0	1	29	1	29
P.aeruginosa	30	0	0	30	0	30
S. enterica	30	0	29	1	0	30

Fonte: elaborado pelo próprio autor, 2026.

Figura 2 - Ilustração dos tubos positivos (amarelos) e negativos (azul intenso) dos grupos controle positivo (água deionizada estéril), EU (GoFresh EU® a 2,5%) e BKC (Cloreto de Benzalcônio a 0,5%) após imersão da lâmina contaminada com *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 (A), *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 15442 (B) *Salmonella enterica* (*Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar *Enterica*) ATCC 10708 (C) por 20 minutos e incubação por 48 horas 36 ± 1 °C. C+ indica o controle positivo.



Fonte: elaborado pelo próprio autor, 2026.

Discussão

Os ensaios de CIM/CBM indicaram que o GoFresh EU® apresentou promissora ação antimicrobiana, com resultados compatíveis às concentrações comerciais de produtos dessa natureza, embora estudos tenham relatado CIM/CBMs menores para compostos de quaternário de amônio frente a *S. aureus*, *P. aeruginosa* e *Salmonella* spp. (Wang et al., 2026; Almeida e Silva et al., 2020; Brycki et

al., 2017). Esses estudos, entretanto, avaliaram os ativos puros, enquanto o EU foi analisado como formulação, de modo que diferenças na composição e na disponibilidade do princípio ativo podem explicar os valores distintos e a maior efetividade do BKC. No presente estudo, observou-se maior susceptibilidade de *S. aureus*, seguida por *Salmonella* e *P. aeruginosa*, padrão semelhante ao descrito na literatura, enquanto a susceptibilidade ao BKC foi compatível com estudos anteriores (Wang et al., 2026; Pena et al., 2023; Almeida e Silva et al., 2020; Fazlara e Ekhtelat, 2012).

O ensaio em superfície carreadora adaptado representa de forma mais próxima as condições reais de desinfecção (Cole et al., 1988; Rubino et al., 1992; Tomasino et al., 2009). Contudo, há escassez de dados científicos utilizando os métodos 955.14, 955.15 e 964.02 da AOAC, empregados como base neste estudo. Fatores como características do carreador, carga microbiana e condições de execução podem influenciar os resultados (Rubino et al., 1992; Tomasino et al., 2009). Assim, a utilização de vidro em vez de metal, como no teste original, pode ter contribuído para a menor susceptibilidade de *S. enterica* ao EU. Além disso, *Salmonella* pode adaptar-se ao ressecamento, e o estresse da secagem pode induzir mecanismos de "proteção cruzada", aumentando a tolerância à dessecação e a desinfetantes químicos (Gruzdev et al., 2011), além de favorecer a formação de uma matriz extracelular protetora (Maserati et al., 2017). A efetividade do EU (2,5%) e do BKC (0,5%) também diferiu dos resultados de Arlea et al. (2008), que obtiveram efetividade com 0,03% de outros quaternários de amônio em cilindros carreadores, diferença possivelmente relacionada às condições específicas de cada ensaio.

Considerando os resultados promissores do GoFresh EU® quanto aos valores de CIM/CBM, ao ensaio em superfície carreadora e à ação frente aos microrganismos previstos na RDC nº 774/2023 da ANVISA, sua natureza polimérica pode favorecer a permanência do produto nas superfícies. Dessa forma, estudos futuros devem avaliar sua ação a longo prazo, considerando que desinfetantes, inclusive os à base de quaternários de amônio, possuem tempo de ação limitado e exigem reaplicações frequentes, o que pode favorecer a exposição dos microrganismos a concentrações subletais, a recolonização dos ambientes (Omardien et al., 2024; Christenson et al., 2021) e o desenvolvimento de microrganismos multirresistentes (Pena et al., 2023). Além disso, desinfetantes podem utilizar concentrações suprainibitórias de até 20 vezes a CIM ou superiores (Boyce, 2023). Portanto, ajustes na formulação do EU são necessários para aumentar sua efetividade contra *S. enterica* e reduzir sua concentração efetiva em testes de superfície carreadora, contribuindo também para sua viabilidade comercial, considerando a influência do custo na competitividade do produto.

Conclusão

O GoFresh EU® (EU) e o Cloreto de Benzalcônio (BKC) apresentaram atividade antimicrobiana frente às três bactérias avaliadas nos ensaios de CIM e CBM. Entretanto, no teste de superfície carreadora, apenas o BKC manteve a efetividade para as mesmas 3 bactérias, sendo que EU demonstrou atividade antimicrobiana apenas para *Staphylococcus aureus* e *Pseudomonas aeruginosa*. Apesar disso, os resultados obtidos para o GoFresh EU® são promissores, especialmente considerando sua natureza polimérica e o potencial de permanência prolongada em superfícies. Dessa forma, estudos futuros devem investigar seu efeito antimicrobiano residual, bem como ajustes de formulação capazes de ampliar sua eficácia e reduzir as concentrações necessárias para aplicação.

Referências

ARLEA, Crystal et al. **Modifications to the AOAC use-dilution test for quaternary ammonium compound-based disinfectants that significantly improve method reliability**. Journal of AOAC International, v. 91, n. 1, p. 152-158, 2008. Disponível em: https://sci-hub.st/storage/2024/8171/d0508204e3d1c07fa7bde75098ecc8d9/arlea2008.pdf. Acesso em: 8 de agosto de 2026.

ALMEIDA E SILVA, Taiane et al. **Synergy of biodegradable polymer coatings with quaternary ammonium salts mediating barrier function against bacterial contamination and dehydration of eggs.** Food and Bioprocess Technology, v. 13, n. 12, p. 2065-2081, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s11947-020-02545-3. Acesso em: 21 de agosto de 2026.

BOYCE, John M. **Quaternary ammonium disinfectants and antiseptics: tolerance, resistance and potential impact on antibiotic resistance.** Antimicrobial Resistance & Infection Control, v. 12, n. 1, p. 32, 2023.Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1186/s13756-023-01241-z. Acesso em: 21 de agosto de 2026.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 774, de 15 de fevereiro de 2023. **Dispõe sobre as condições para o registro e a rotulagem de produtos saneantes com ação antimicrobiana**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ed. 34, p. 119, 17 fev. 2023. Disponível em: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-rdc-n-774-de-15-de-fevereiro-de-2023-465487847. Acesso em: 22 de março de 2026.

BRYCKI, Bogumił et al. **Synthesis, structure, surface and antimicrobial properties of new oligomeric quaternary ammonium salts with aromatic spacers.** Molecules, v. 22, n. 11, p. 1810, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.3390/molecules22111810. Acesso em: 21 de agosto de 2026.

CHRISTENSON, Elizabeth C. et al. **Evidence map and systematic review of disinfection efficacy on environmental surfaces in healthcare facilities.** International Journal of Environmental Research and Public Health, v. 18, n. 21, p. 11100, 2021. Disponível em: https://www.mdpi.com/1660-4601/18/21/11100. Acesso em: 22 de março de 2026.

CLSI. **Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria That Grow Aerobically**, 11th ed. CLSI standard M07. Clinical and Laboratory Standards Institute; 2021. Disponível em: https://clsi.org/shop/standards/m07/. Acesso em: 22 de março de 2026.

COLE, Eugene C.; RUTALA, William A.; SAMSA, Gregory P**. Disinfectant testing using a modified use-dilution method: collaborative study.** Journal of the Association of Official Analytical Chemists, v. 71, n. 6, p. 1187-1194, 1988. Disponível em: https://academic.oup.com/jaoac/article-abstract/71/6/1187/5694549. Acesso em: 9 de agosto de 2026.

FAZLARA, Ali; EKHTELAT, Maryam. **The disinfectant effects of benzalkonium chloride on some important foodborne pathogens.** Am. Eurasian J. Agric. Environ. Sci, v. 12, n. 1, p. 23-29, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/A-Fazlara/publication/283600271_The_disinfectant_effects_of_benzalkonium_chloride_on_some_important_foodborne_pathogens/links/602d47684585158939b04ba2/The-disinfectant-effects-of-benzalkonium-chloride-on-some-important-foodborne-pathogens.pdf. Acesso em: 21 de agosto de 2026.

FERNANDES, Â. R.; RODRIGUES, A. G.; COBRADO, L. **Effect of prolonged exposure to disinfectants in the antimicrobial resistance profile of relevant micro-organisms: a systematic review**. Journal of Hospital Infection, v. 151, p. 45-59, 2024. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0195670124001634. Acesso em: Acesso em: 22 de março de 2026.

GRUZDEV, Nadia; PINTO, Riky; SELA, Shlomo. **Effect of desiccation on tolerance of Salmonella enterica to multiple stresses.** Applied and environmental microbiology, v. 77, n. 5, p. 1667-1673, 2011. Disponível em: https://journals.asm.org/doi/full/10.1128/aem.02156-10. Acesso em: 9 de agosto de 2026.

MACIEL, Drieli Simões *et al*. **CONCENTRAÇÃO INIBITÓRIA MÍNIMA DE SANITIZANTE: UMA ANÁLISE MICROBIOLÓGICA EXPERIMENTAL PARA SUPERFÍCIES CRÍTICAS.** Revista Tópicos, v. 3, n. 27, p. 1-13, 2025. Disponível em: https://revistatopicos.com.br/artigos/concentracao-inibitoria-minima-de-sanitizante-uma-analise-microbiologica-experimental-para-superficies-criticas. Acesso em: 15 de março de 2026.

MAILLARD, Jean-Yves; PASCOE, Michael. **Disinfectants and antiseptics: mechanisms of action and resistance. *Nature Reviews Microbiology*,** Londres, v. 22, n. 1, p. 4–17, 2024. DOI:

10.1038/s41579-023-00958-3. Disponível em: https://www.nature.com/articles/s41579-023-00958-3. Acesso em: 11 de junho de 2026.

MASERATI, Alice et al**. General response of Salmonella enterica serovar Typhimurium to desiccation: a new role for the virulence factors sopD and sseD in survival**. PLoS One, v. 12, n. 11, p. e0187692, 2017. Disponível em: https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0187692. Acesso em: 9 de agosto de 2026.

MIYAGI, Fumie *et al*. **Avaliação da contaminação bacteriana em desinfetantes de uso domiciliar.** Revista de Saúde Pública, v. 34, n. 5, p. 444-448, 2000. Disponível em: https://www.scielosp.org/pdf/rsp/v34n5/3212.pdf. Acesso em: 15 de março de 2026.

OMARDIEN, Soraya et al. **The antibacterial performance of a residual disinfectant against Staphylococcus aureus on environmental surfaces**. Frontiers in Microbiology, v. 15, p. 1338238, 2024. Disponível em: https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2024.1338238/full. Acesso em: 22 de março de 2026.

PENA, Sheareazade A. et al. **Sublethal exposure to common benzalkonium chloride leads to antimicrobial tolerance and antibiotic cross-resistance in commensal and opportunistic bacterial species.** Applied Microbiology, v. 3, n. 2, p. 580-591, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.3390/applmicrobiol3020041. Acesso em: 21 de agosto de 2026.

REIS, Lúcia Margarete dos *et al*. **Avaliação da atividade antimicrobiana de antissépticos e desinfetantes utilizados em um serviço público de saúde.** Revista brasileira de Enfermagem, v. 64, p. 870-875, 2011. Disponível em: https://www.scielo.br/j/reben/a/k64MVNS6Qhtrk7K9X9NVTPL/?format=html&lang=pt. Acesso em: 15 de março de 2026.

ROZMAN, Urška et al. **Reduced susceptibility and increased resistance of bacteria against disinfectants: A systematic review**. Microorganisms, v. 9, n. 12, p. 2550, 2021. Disponível em: https://www.mdpi.com/2076-2607/9/12/2550. Acesso em: 22 março de 2026.

RUBINO, Joseph R. et al. Hard surface **carrier test for efficacy testing of disinfectants: collaborative study.** Journal of AOAC International, v. 75, n. 4, p. 635-645, 1992. Disponível em: https://sci-hub.st/storage/2024/8179/7805b7a103721e1bc1146b075d9cde03/rubino1992.pdf. Acesso em: 10 de agosto de 2026.

SOARES, I. R.; SIBELINO S.K.; TEODORO, G. R. **Avaliação Antimicrobiana em Tecido Não Tecido (TNT) Acabado com GoFresh EU® Contra Microrganismos Multirresistentes**. In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 28., 2024, São José dos Campos. São José dos Campos: Univap, 2024. p. 1-6. Disponível em: https://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2024/anais/arquivos/0314_0310_01.pdf. Acesso em: 21 de agosto de 2026.

TOMASINO, Stephen F.; PINES, Rebecca M.; HAMILTON, Martin A**. Improving the AOAC use-dilution method by establishing a minimum log density value for test microbes on inoculated** carriers. Journal of AOAC International, v. 92, n. 5, p. 1531-1540, 2009. Disponível em: https://academic.oup.com/jaoac/article-abstract/92/5/1531/5655978. Acesso em: 9 de agosto de 2026.

WANG, Leixiang et al. **A series of quaternary ammonium salt antibacterial agents synthesized and prepared for constructing and screening antibacterial coatings with biosafety on polypropylene.** Frontiers in Microbiology, v. 17, p. 1718331, 2026. Disponível em: doi: 10.3389/fmicb.2026.1718331. Acesso em: 21 de agosto de 2026.