

Métodos de avaliação da limpeza e desinfecção de superfícies em unidade de terapia intensiva pediátrica

Methods for evaluating surface cleaning and disinfection in a pediatric intensive care unit

Como citar este artigo:

Moreira FS, Mota MA, Elias LAA, Gonçalves VP, Rocha DM, Sousa AFL, et al. Methods for evaluating surface cleaning and disinfection in a pediatric intensive care unit. Rev Rene. 2025;26:e96009. DOI: <https://doi.org/10.36517/2175-6783.20252696009>

ID Flávia Silva Moreira¹
ID Mariana Anjos Mota¹
ID Luan Aparecido Alexandre Elias¹
ID Viviane Perbeline Gonçalves¹
ID Daniel de Macedo Rocha²
ID Alvaro Francisco Lopes de Sousa^{1,3}
ID Aires Garcia dos Santos Junior¹

¹Universidade Federal do Mato Grosso do Sul,
Campus Três Lagoas. Três Lagoas, MS, Brasil.

²Universidade Federal do Mato Grosso do Sul,
Campus Coxim. Coxim, MS, Brasil.

³Instituto de Ensino e Pesquisa, Hospital Sírio-Libânes.
São Paulo, SP, Brasil.

Autor correspondente:

Alvaro Francisco Lopes de Sousa
Av. Cap. Olinto Mancini, 1662 - Jardim Primavera.
CEP: 79600-080. Três Lagoas, MS, Brasil.
E-mail: sousa.alvaromd@gmail.com

Conflito de interesse: os autores declararam que não há conflito de interesse.

EDITOR CHEFE: Ana Fatima Carvalho Fernandes 

EDITOR ASSOCIADO: Renan Alves Silva 

RESUMO

Objetivo: analisar a correlação entre métodos de avaliação da limpeza e desinfecção de superfícies em unidade de terapia intensiva pediátrica. **Métodos:** estudo quase-experimental de grupo único, trifásico, realizado em unidade pública. Avaliaram-se a eficácia da higienização de 120 superfícies, realizando 960 medições antes e depois do processo, utilizando a quantificação de trifosfato de adenosina, inspeção visual e contagem de colônias de bactérias aeróbias. **Resultados:** houve correlação positiva e significativa entre trifosfato de adenosina e unidades formadoras de colônias apenas na fase três, para a poltrona do acompanhante (coeficiente de Spearman = 0,74; valor de probabilidade = 0,038). Nas demais superfícies, nas três fases, não se observaram correlações significativas entre os dois métodos, antes ou depois da limpeza e desinfecção, indicando ausência de associação consistente na maior parte das situações. **Conclusão:** os métodos apresentam características próprias de sensibilidade e especificidade, não se substituem e são influenciados pela natureza da unidade, pelo tipo de superfície e pelos equipamentos e insumos empregados. **Contribuições para a prática:** combinar bioluminescência e fluorescência com inspeção visual pode fortalecer protocolos de prevenção de infecções, apoiar decisões gerenciais, qualificar auditorias e aprimorar a atuação de enfermagem na segurança do paciente em áreas críticas.

Descritores: Enfermagem Pediátrica; Contaminação Biológica; Controle de Infecções; Unidades de Terapia Intensiva Pediátrica.

ABSTRACT

Objective: to analyze the correlation between methods for evaluating the cleaning and disinfection of surfaces in a pediatric intensive care unit. **Methods:** a single-group, three-phase, quasi-experimental study conducted in a public unit. The effectiveness of cleaning 120 surfaces was assessed by performing 960 measurements before and after the process, using adenosine triphosphate quantification, visual inspection, and aerobic bacterial colony counts. **Results:** there was a significant positive correlation between adenosine triphosphate and colony-forming units only in phase three for the caregiver chair (Spearman's rho = 0.74; p-value = 0.038). For the other surfaces, across the three phases, no significant correlations were observed between the two methods before or after cleaning and disinfection, indicating a lack of consistent association in most situations. **Conclusion:** the methods have distinct sensitivity and specificity profiles, are not interchangeable, and are influenced by the nature of the unit, the type of surface, and the equipment and supplies used. **Contributions to practice:** combining bioluminescence and fluorescence with visual inspection may strengthen infection prevention protocols, support managerial decisions, improve audit quality, and enhance nursing performance for patient safety in critical areas.

Descriptors: Pediatric Nursing; Biological Contamination; Infection Control; Intensive Care Units, Pediatric.

Introdução

A contaminação ambiental em unidades de terapia intensiva pediátricas é reconhecida como determinante para as Infecções Relacionadas à Assistência à Saúde (IRAS) e as superfícies de contato, especialmente quando negligenciadas ou higienizadas de forma inadequada, representam uma fonte recorrente desse risco. Esses dispositivos atuam como reservatórios para microrganismos e veículos de transmissão cruzada, bem como favorecem a disseminação de patógenos e a multirresistência. Impactos diretos são evidenciados no aumento dos indicadores de morbimortalidade, no tempo de internação e nos custos hospitalares⁽¹⁾. Ainda, falhas no processo de controle ambiental impactam a credibilidade do serviço perante órgãos reguladores e certificadores, comprometendo indicadores de qualidade e segurança do paciente⁽²⁻³⁾.

A Limpeza e Desinfecção de Superfícies (LDS) ganham ênfase como medidas essenciais na prevenção das infecções e garantia da sustentabilidade dos serviços de saúde. As projeções epidemiológicas estimam que até 60% das superfícies em torno de pacientes infectados ou colonizados podem estar contaminadas por microrganismos como o *Staphylococcus aureus* resistente à meticilina⁽⁴⁻⁶⁾. Apesar de fundamentais, os procedimentos de limpeza não garantem, por si só, sua efetividade do processo, sendo imprescindível o monitoramento sistemático desse processo⁽⁶⁻⁸⁾.

Embora a LDS seja reconhecida como essencial, a efetividade desta não é garantida pelo procedimento em si, mas pelo monitoramento sistemático que assegure a execução adequada, a cobertura de áreas críticas e a constância do desempenho ao longo do tempo. Três métodos operacionais à beira-leito são amplamente empregados para essa finalidade, cada qual capturando dimensões distintas do fenômeno e apresentando vantagens e limitações complementares.

A inspeção visual destaca-se por praticidade, rapidez e baixo custo, sendo útil para triagem e auditorias rotineiras; contudo, não detecta sujidades microscópicas, biofilmes ou resíduos não perceptíveis, sofre

variabilidade interavaliadores e pode induzir a uma falsa sensação de segurança ao classificar como “limpas” superfícies ainda contaminadas^(1,6-8). O marcador fluorescente permite verificação objetiva do alcance e da qualidade da fricção durante a limpeza, oferecendo devolutiva imediata e suporte a ações educativas e corretivas em tempo real; não obstante, depende de aplicação padronizada prévia, exige intervalo de cura e avalia processo, não o resultado microbiológico, não sendo, portanto, um substituto da avaliação da carga microbiana⁽⁹⁾. Já a bioluminescência por Adenosina Trifosfato (ATP) fornece medida rápida e quantitativa de resíduos orgânicos totais, com potencial para ciclos curtos de melhoria e feedback imediato às equipes; suas limitações incluem baixa especificidade microbiológica, heterogeneidade entre equipamentos/protocolos e incerteza quanto à pontos de corte universalmente aceitos, o que dificulta comparabilidade interinstitucional⁽⁸⁻¹²⁾.

Destaca-se ainda, a cultura por Unidades Formadoras de Colônia (UFC) a qual permanece como referência microbiológica para detecção de microrganismos viáveis, porém demanda infraestrutura laboratorial, apresenta custos superiores e produz resultados tardios, restringindo sua aplicação como monitor de rotina em tempo real, embora seja valiosa para vigilância e validação de processos⁽¹³⁾.

Embora estes métodos sejam amplamente descritos e reconhecidos como fundamentais para prevenção de IRAS, persistem lacunas em ambientes que não sejam de atendimento ao público adulto e idoso. Em primeiro lugar, faltam protocolos padronizados e consensos sobre pontos de corte para ATP aplicáveis à pediatria/neonatologia, em que a carga orgânica ambiental, o perfil de superfícies, a densidade de toques e o microbioma do entorno podem diferir substancialmente do adulto⁽⁸⁻¹¹⁾. Em segundo lugar, há escassez de investigações comparativas, conduzidas no mesmo cenário assistencial, que avaliem simultaneamente correlação e concordância entre inspeção visual, marcador fluorescente e ATP tendo a cultura por UFC como referência, de modo a elucidar em que medi-

da cada abordagem informa decisões operacionais e qual combinação oferece melhor equilíbrio entre custo, oportunidade e acurácia⁽⁹⁻¹³⁾. Por fim, são raros os estudos que integrem, de forma explícita, indicadores de processo (alcance e técnica de limpeza) e resultado (resíduo orgânico e carga microbiana viável) para orientar políticas de monitoramento com aplicabilidade imediata na rotina de Unidade de Terapia Intensiva (UTI) pediátricas e neonatais^(6-9,12-13).

Diante dessa problemática, a delimitação do cenário deste estudo centrou-se em uma unidade de terapia intensiva pediátrica de hospital público de alta complexidade, ambiente com elevada circulação de profissionais e familiares e múltiplas interfaces de contato, representativo de contextos brasileiros onde se busca conciliar efetividade, factibilidade e sustentabilidade de intervenções em controle ambiental. A escolha da UTI pediátrica, com diálogo explícito à realidade neonatal, justifica-se pela alta suscetibilidade dos pacientes em desenvolvimento, pelos riscos acrescidos de contaminação decorrentes do cuidado centrado na família e pela necessidade de evidências aplicáveis para orientar a combinação de métodos de monitoramento em ambientes de alta vulnerabilidade^(2,4-6).

Nesse enquadramento, formulamos a seguinte pergunta de pesquisa: existe correlação entre os diferentes métodos de avaliação da LDS em unidade de terapia intensiva pediátrica? Nossa hipótese é que as correlações existem, mas variam em magnitude conforme a superfície e o momento de mensuração (antes/depois e entre fases). O objetivo deste estudo foi analisar a correlação entre métodos de avaliação da limpeza e desinfecção de superfícies em unidade de terapia intensiva pediátrica.

Métodos

Tipo de estudo

Estudo quase-experimental de grupo único, trifásico em alinhamento com as recomendações propostas pelo *check-list Transparent Reporting of Eva-*

luations with Nonrandomized Designs (TREND). As amostras foram obtidas entre os meses de novembro a dezembro de 2023, em uma Unidade de Terapia Intensiva Pediátrica, com 10 leitos e referência para uma população de 132.152 habitantes da cidade de Três Lagoas, região Centro Oeste do Brasil.

População e amostra

A seleção das superfícies avaliadas foi realizada de forma intencional e não probabilística, baseando-se na observação sistemática, com ênfase na alta frequência de toque e na relevância para a transmissão cruzada. Foram priorizados os seguintes itens para análise: mesa de medicação, mesa de alimentação, poltrona do acompanhante, controle de elevação da cama e cama do paciente^(1,7,9). O critério de escolha considerou também a composição dos materiais, uma vez que pode influenciar significativamente a aderência microbiana e nos resultados de avaliação.

Protocolo do estudo

As coletas de amostras ocorreram duas vezes por semana, antes e após o processo de LDS para garantir uma análise consistente da carga microbiana em diferentes momentos ao longo do tempo. Os métodos para o monitoramento adotados neste estudo incluíram: 1 - Adenosina Trifosfato (ATP) como indicador de matéria orgânica residual, permitindo a detecção de resíduos após a limpeza terminal por meio de luminômetros portáteis; 2 - Unidade Formadora de Colônia (UFC) com o uso de placas contendo meio de cultura; as amostras foram incubadas por 48 horas e, posteriormente, analisadas; 3 - Marcador fluorescente aplicado previamente em superfícies de alto toque. Após a realização da LDS pelas equipes, avaliou-se a remoção do marcador, categorizada como total, parcial ou ausente; e inspeção visual utilizando os critérios de verificação de mancha, sujidade, defeito de estrutura, presença de sangue e poeira. Esses métodos foram selecionados por sua ampla utilização em estudos nacionais^(1,9,14) e internacionais⁽¹⁵⁻¹⁷⁾.

O sistema utilizado para monitorar a presença de matéria orgânica no método de ATP por bioluminescência foi um luminômetro portátil (*NGi 3M™ Clean-Trace™, St Paul, MN*) e um swab (*3M™ Clean-Trace™ ATP Superfície*). Para monitorar os microrganismos aeróbios totais, foram utilizadas placas de contato de 24 cm² do tipo *Rodac Plate®* (Biocen do Brasil), contendo ágar triptona de soja e neutralizantes. Após pressionar as placas sobre as superfícies por 10 segundos, estas foram incubadas a 37°C por 24 a 48 horas. A leitura das placas foi realizada com um contador de colônias digital (*Logen LS6000; Texas Instruments Inc., Dallas, TX*).

Considerou-se os seguintes parâmetros como pontos de corte: Na técnica de bioluminescência do ATP, considerou-se aceitáveis resultados iguais ou inferiores a 250 unidades relativas de luz, sendo valores acima desse limite interpretados como inaceitáveis. Para a inspeção visual, classificou-se como inaceitável qualquer evidência de sujidade, poeira, gordura, manchas, marcas digitais, umidade ou defeitos estruturais. O marcador fluorescente foi avaliado como aceitável quando totalmente removido após a limpeza. Já a contagem de colônias aeróbias totais adotou-se como parâmetro adequada um valor inferior a 2,5 UFC por centímetro quadrado (UFC/cm²) ou até 60 UFC por placa⁽¹⁴⁻¹⁸⁾.

Cabe destacar que a instituição investigada tinha um protocolo operacional, executado por profissionais de enfermagem e de serviços gerais, que preconizava a limpeza concorrente uma vez ao dia e a terminal uma vez por semana ou quando um paciente recebia alta, era transferido ou ocorria um óbito.

Coleta e organização dos dados

A coleta de dados foi realizada em três fases que compreenderam a *baseline*, a intervenção e o acompanhamento de médio prazo. Amostras foram coletadas pela pesquisadora, em todas as etapas, imediatamente antes e 5 minutos após a conclusão da LDS.

Fase I - *Baseline*

Essa fase do estudo envolveu o diagnóstico situacional do processo de LDS, sendo coleta de amostras duas vezes por semana, antes e imediatamente após a LDS com Perox4D, nos turnos matutino, vespertino e noturno, ao longo de 30 dias. Considerando a natureza do estudo que envolve monitoramento em ambiente real, é relevante destacar que a equipe de pesquisa foi previamente treinada e que os participantes não foram informados sobre os objetivos do estudo, a fim de minimizar alterações no comportamento profissional decorrentes da observação e evitar o efeito *Hawthorne* na amostra estudada.

Fase II – Intervenção

A intervenção educativa foi realizada imediatamente após a etapa de *baseline* e consistiu em aula expositiva e dialogada, com apresentação dos resultados iniciais, demonstrações de técnicas e padronização das práticas de LDS. As atividades foram realizadas durante o horário de trabalho, com duração média de 40 minutos. O conteúdo abordado incluiu os métodos empregados para o monitoramento e controle ambiental, as superfícies analisadas, os insumos utilizados e a padronização desses produtos conforme o tipo de superfície. Ainda, a intervenção educativa contemplou aspectos relacionados às IRAS, à importância da LDS, aos microrganismos mais comuns em ambientes críticos, ao seu tempo de permanência em superfícies e aos principais mecanismos de transmissão.

Fase III - Acompanhamento de médio prazo

Buscando avaliar a sustentabilidade dos resultados da intervenção, esta fase foi conduzida para acompanhar a médio prazo as práticas de LDS, utilizando-se os métodos adenosina trifosfato, unidades formadoras de colônia, marcador fluorescente e inspeção visual. Esta fase de acompanhamento ocorreu

durante 30 dias, sendo iniciada após 60 dias da intervenção educativa. Não foram realizadas a capacitação ou oferta de *feedback* a equipe, apenas o monitoramento do processo.

Em cada fase foram realizadas 320 avaliações, distribuídas igualmente entre os quatro métodos de monitoramento investigados. Assim, computaram-se 240 avaliações em cada método totalizou, totalizando 960 análises. Neste estudo não houve busca pela presença de microrganismos multirresistentes específicos.

Análise dos dados

Os dados coletados foram organizados em planilhas duplas no programa *Microsoft Excel*, submetidos a análise descritiva e inferencial pelos programas Epi Info™ 7.2.4 (*Centers for Disease Control and Prevention*, Atlanta/Geórgia/Estados Unidos) e BioEstat 5.3 (Sociedade Mamirauá, Belém/Pará/Brasil). O teste de correlação de Spearman foi empregado para estimar a associação entre os indicadores de monitoramento (ATP em Unidades Relativas de Luz, marcador fluorescente e inspeção visual) e a referência microbiológica (UFC), reportando-se p-valor e o teste Qui-quadrado de Pearson para comparar as proporções de superfícies classificadas como “adequadas” antes e depois da LDS, bem como entre fases de coleta. Para estimar a aplicabilidade (desempenho frente à referência microbiológica) dos métodos de monitoramento de limpeza e desinfecção em relação à cultura por UFC (padrão-ouro), foram calculadas sensibilidade, especificidade e acurácia; para o método de ATP (variável contínua), adicionalmente estimou-se a área sob a curva ROC (AUC).

Para análise de regressão, avaliamos os pressupostos estatísticos: (i) normalidade dos resíduos por Shapiro-Wilk; (ii) homogeneidade de variâncias por Levene (e Brown-Forsythe em sensibilidade); (iii) linearidade entre preditores contínuos e desfechos por inspeção de resíduos versus valores ajustados; e (iv) multicolinearidade por Fator de Inflação da Variância

(VIF). Quando tais condições foram atendidas, modelamos ATP transformado em log10 como desfecho contínuo por regressão linear, incluindo fase do estudo, momento de mensuração (antes/depois) e superfície como covariáveis, com relato de coeficientes e Intervalo de Confiança (IC) de 95%. Dado o caráter repetido das mensurações por superfície/leito, quando pertinente utilizamos erros-padrão robustos (*sandwich*) para mitigar heterocedasticidade residual. Todas as análises foram conduzidas ao nível de significância de 5% ($\alpha=0,05$ testes bicaudais).

Aspectos éticos

A pesquisa seguiu todas as diretrizes éticas e recebeu aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (Certificado de Apresentação para Apreciação Ética: 66976522.3.0000.0021), sob parecer número 6.172.781/2023.

Resultados

Foram analisadas 120 superfícies e conduzidas 960 avaliações antes e depois da limpeza e desinfecção de superfícies, nas três fases do estudo e o monitoramento considerou os métodos de inspeção visual, quantificação de ATP por bioluminescência, contagem de UFC e marcador fluorescente.

Os resultados do *baseline* permitiram identificar as taxas basais de aprovação, identificadas na fase I da investigação. Na inspeção visual, o indicador passou de 65,0% antes da LDS para 75,0% depois do procedimento, com diferença significativa ($p=0,024$). Também foram verificadas melhorias nos testes de ATP (52,5% para 67,5%) e UFC (47,5% para 67,5%) ao comparar os resultados antes e depois da limpeza e desinfecção. O marcador fluorescente apresentou baixa taxa de aprovação (22,5%). Considerando todos os métodos combinados, a aprovação aumentou de 55,0% para 58,1%, evidenciando que embora a LDS

promova resultados relevantes no controle ambiental, esse processo permanece limitado e necessita de intervenções favoráveis as boas práticas.

A tabela 1 apresenta os valores de ATP nas superfícies avaliadas durante as três fases do estudo. Reduções expressivas desse marcador foram evidenciadas na cama do paciente (221,4 unidades relativas de luz para 65,1) e no controle da cama (992,4 para 460,0) na fase I, na mesa de preparo da medicação (101,0 para 55,8) e controle da cama (182,1 para 69,0) na fase II, na cama do paciente (259,8 para 124,5) e na mesa de preparo da medicação (62,0 para 38,5) durante a fase III. Esses resultados sugerem efeito positivo da LDS em superfícies de maior contato direto com o paciente, embora também demonstrem inconsistência na eficácia do processo em pontos específicos, como poltronas e mesas, revelando a necessidade de maior padronização e rigor nos procedimentos.

Tabela 1 – Média e desvio-padrão dos valores de adenosina trifosfato, em unidades relativas de luz, nas diferentes fases, antes e depois da limpeza e desinfecção de superfícies. Três Lagoas, MS, Brasil, 2023

Fases e superfícies avaliadas	Limpeza e desinfecção de superfícies			
	Antes		Depois	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
Fase I				
Cama do paciente	221,4	167,8	65,1	44,2
Mesa de refeição	615,5	491,0	328,1	308,2
Mesa de preparo da medicação	243,6	268,1	170,9	241,1
Poltrona do acompanhante	304,0	237,9	383,1	228,6
Controle da cama	992,4	2309,1	460,0	654,2
Fase II				
Cama do paciente	247,0	297,3	133,8	186,9
Mesa de refeição	319,0	369,1	295,3	360,0
Mesa de preparo da medicação	101,0	83,3	55,8	57,1
Poltrona do acompanhante	373,6	222,2	480,0	543,7
Controle da cama	182,1	183,9	69,0	59,3
Fase III				
Cama do paciente	259,8	353,2	124,5	128,1
Mesa de refeição	1813,4	2356,5	1310,9	1998,1
Mesa de preparo da medicação	62,0	78,4	38,5	32,6
Poltrona do acompanhante	416,6	324,1	357,8	278,7
Controle da cama	216,8	268,2	681,8	1388,3

Verificou-se que os valores de ATP obtidos após a limpeza e desinfecção foram explicados principalmente pelos valores de ATP registrados antes do procedimento, enquanto as fases do estudo e os tipos de superfície não apresentaram associação estatisticamente significativa. Já em relação aos valores de UFC após a limpeza e desinfecção, observou-se que tanto os valores de UFC antes do procedimento quanto o tipo de superfície se mostraram preditores significativos, ao passo que as fases do estudo não exerceram influência relevante. Esses achados indicam que, independentemente da fase em que foram coletados, os resultados finais de ATP e UFC dependeram sobretudo das medidas iniciais, sendo que, no caso das culturas microbiológicas, o tipo de superfície também teve papel determinante (Tabela 2).

Tabela 2 – Regressão linear múltipla dos valores de adenosina trifosfato e unidades formadoras de colônias depois da limpeza e desinfecção (variáveis dependentes) em relação às variáveis independentes. Três Lagoas, MS, Brasil, 2023

Variáveis independentes	Avaliação depois da limpeza e desinfecção			
	ATP		UFC	
	b*	p-valor [†]	b	p-valor
Fases do estudo	90,57	0,124	0,81	0,505
Tipos de superfície	43,89	0,204	5,03	0,020 [†]
ATP antes da limpeza e desinfecção	0,51	<0,001 [†]	-	-
UFC antes da limpeza e desinfecção	-	-	0,47	<0,001 [†]

*b: Coeficiente parcial de regressão; [†]Nível de significância estatística (probabilidade de erro do tipo I), valores de p≤0,05 foram considerados estatisticamente significativos; ATP: Adenosina trifosfato; UFC: Unidades Formadoras de Colônia

Observou-se correlação positiva e estatisticamente significativa entre os valores de ATP e UFC na Fase III, especificamente para a poltrona do acompanhante (rs = 0,74; p=0,038). Para as demais superfícies avaliadas, tanto na Fase III quanto nas Fases I e II, não foram identificadas correlações significativas entre os valores de ATP e UFC antes ou depois da lim-

peza e desinfecção, indicando ausência de associação consistente entre os dois métodos de avaliação na maior parte das situações analisadas (Tabela 3).

Tabela 3 – Correlação de Spearman dos valores de adenosina trifosfato e unidades formadoras de colônias antes e depois da limpeza e desinfecção segundo as fases do estudo e tipo de superfície. Três Lagoas, MS, Brasil, 2023

Fases do estudo	Antes		Depois	
	rs*	p-valor [†]	rs	p-valor
Fase I				
Cama do paciente	0,33	0,420	0,41	0,320
Mesa de refeição	0,06	0,888	0,01	0,978
Mesa de preparo da medicação	0,10	0,823	0,17	0,693
Poltrona do acompanhante	0,43	0,283	0,40	0,332
Controle da cama	-0,24	0,570	0,02	0,955
Fase II				
Cama do paciente	-0,48	0,233	-0,49	0,213
Mesa de refeição	0,36	0,385	0,28	0,509
Mesa de preparo da medicação	0,14	0,734	0,09	0,839
Poltrona do acompanhante	0,08	0,844	0,41	0,320
Controle da cama	0,16	0,713	-0,04	0,933
Fase III				
Cama do paciente	-0,32	0,444	0,19	0,651
Mesa de refeição	-0,11	0,800	-0,67	0,071
Mesa de preparo da medicação	0,26	0,528	0,22	0,608
Poltrona do acompanhante	0,74	0,038 [†]	0,30	0,479
Controle da cama	0,34	0,417	0,14	0,736

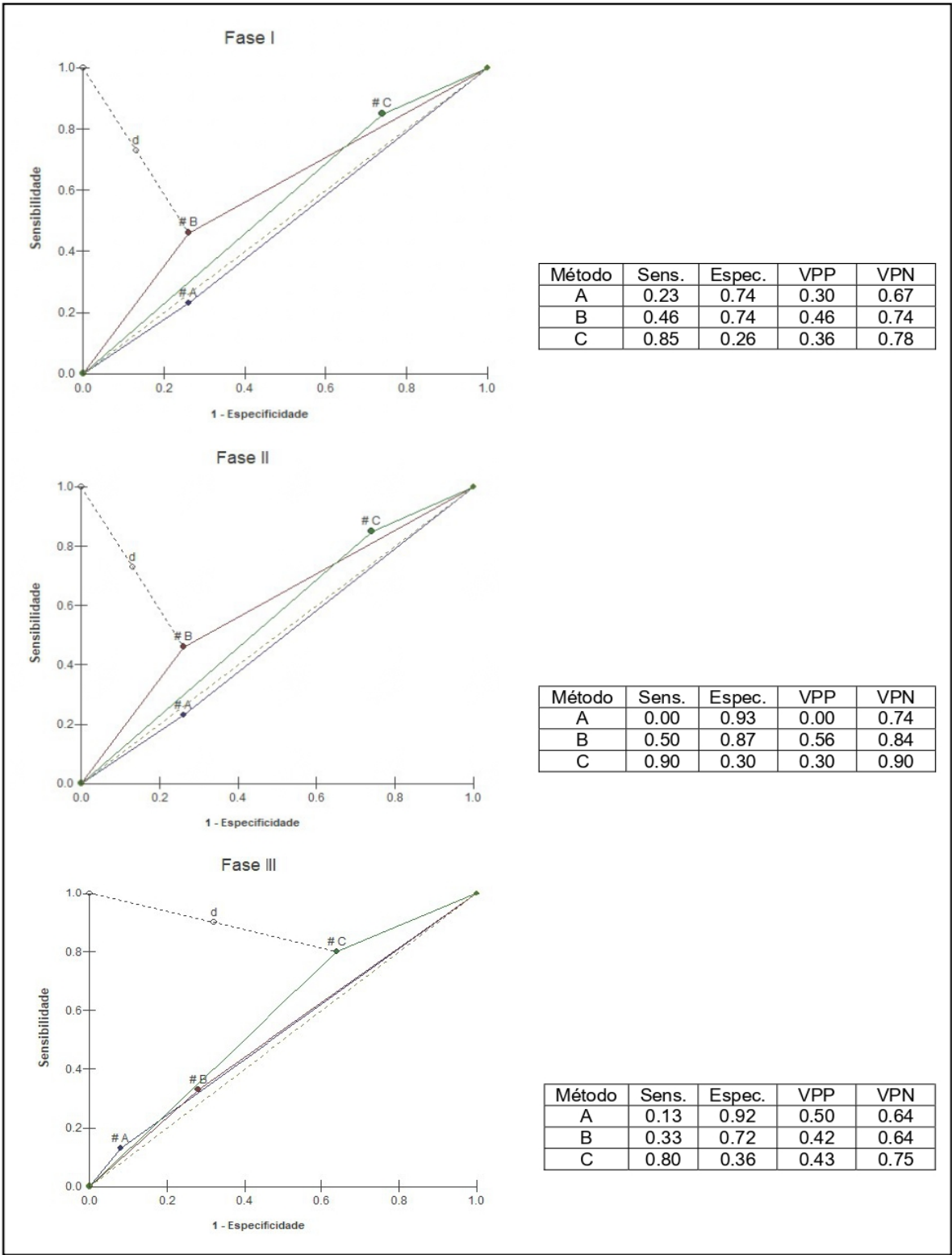
*rs: Coeficiente de Spearman; [†]Nível de significância estatística, valores de $p \leq 0,05$ foram considerados indicativos de correlação não nula (estatisticamente significativa)

Ao comparar a cultura microbiológica (padrão ouro) com os demais métodos de monitoramento (inspeção visual, ATP e marcador fluorescente), após a realização da limpeza e desinfecção, observou-se que o ATP e a inspeção visual são métodos muito específicos (capacidade de diagnosticar as superfícies limpas) e o marcador fluorescente muito sensível (capacidade de diagnosticar as superfícies sujas).

O ATP apresentou a maior acurácia, isto é, a melhor probabilidade de classificar corretamente as superfícies (exatidão do teste), tanto na primeira como na segunda fase do estudo. Na fase III, a melhor acurácia foi do marcador fluorescente.

Ao analisar o desempenho diagnóstico dos métodos avaliados, observou-se que, para a inspeção visual e o método de detecção por ATP, os valores preditivos positivo (VPP) e negativo (VPN) apresentaram-se próximos aos valores de sensibilidade e especificidade, indicando coerência entre a capacidade de identificar corretamente as superfícies limpas e a probabilidade de acerto dos testes.

Em contrapartida, para o marcador fluorescente, verificou-se alta sensibilidade associada a baixo VPP, bem como baixa especificidade combinada a elevado VPN (Figura 1). Tal relação indica que, embora o marcador tenha sido efetivo na identificação das superfícies sujas, também gerou elevada proporção de falsos positivos, isto é, superfícies marcadas, mas não contaminadas. Por outro lado, embora tenha baixa efetividade em identificar as superfícies limpas (baixa especificidade), quando identifica, há uma proporção elevada de acerto (VPN alto).



Nota: Métodos: A=inspeção visual; B= adenosina trifosfato e C=marcador fluorescente; Sens.=sensibilidade; Espec.=especificidade; VPP=valor preditivo positivo; VPN=valor preditivo negativo. O método com menor distância (d) do padrão ouro (cultura microbiológica), será o de melhor acurácia.

Figura 1 – Curva *Receiver Operating Characteristic* (ROC) das fases I, II e III. Três Lagoas, MS, Brasil, 2023

Discussão

Com base nos resultados, a análise comparativa entre métodos revelou discrepâncias significativas: a inspeção visual apresentou limitações importantes, ao passo que os métodos instrumentais – especialmente o ATP e o marcador fluorescente – demonstraram maior sensibilidade na identificação de falhas, mesmo em ambientes que, visualmente, aparentavam estar limpos.

Esses resultados já eram esperados tendo em vista que o método visual frequentemente superestima a qualidade da higienização, uma vez que não capta resíduos orgânicos microscópicos que podem sustentar microrganismos patogênicos⁽¹⁹⁻²⁰⁾. Da mesma forma, o método de adenosina trifosfato, quando ajustado à área amostral, proporciona resultados mais precisos, reforçando a necessidade de padronização das técnicas e interpretação contextualizada dos dados⁽²¹⁾.

As análises comparativas dos valores de ATP nas diferentes fases do estudo revelaram variações que devem ser consideradas. Em algumas superfícies críticas, como a cama do paciente e a mesa de preparo da medicação, foram verificadas reduções expressivas e consistentes após a LDS, demonstrando o efeito positivo do procedimento. Entretanto, nas poltronas e mesas de refeição, os resultados permaneceram em níveis inaceitáveis ou apresentando melhorias pouco significativas.

Essas inconsistências podem estar associadas à complexidade de limpeza de determinados materiais e formatos, assim como a fatores contextuais e ambientais expressas pela maior frequência de contato e manipulação constante dessas superfícies. Ainda, diferenças na execução e adesão aos protocolos pela equipe de limpeza, assim como o equipamento utilizado na quantificação dos valores de ATP também podem influenciar esse resultado⁽²²⁻²³⁾. Essas condições, muitas vezes difíceis de controlar em um ambiente assistencial real, podem impactar o desempenho da LDS e explicar resultados divergentes entre as fases do estudo.

No geral, a concordância entre métodos visuais e instrumentais é baixa, recomendando o uso de abordagens combinadas para ampliar a acurácia das avaliações^(1,14). Os resultados do presente estudo reforçam essa recomendação, evidenciando que métodos como adenosina trifosfato e marcador fluorescente são mais eficazes na detecção de superfícies mal higienizadas, mesmo diante de protocolos de limpeza formalmente estabelecidos.

Cabe destacar, ainda, que a performance dos métodos pode variar conforme o tipo de superfície, o produto de limpeza utilizado, o tempo decorrido desde a desinfecção e outras variáveis ambientais. Há consenso sobre a necessidade de contextualização local dos dados, a fim de evitar interpretações equivocadas dos valores de unidades relativas de luz obtidos por ATP^(1,16,22). Destaca-se ainda que há a proposta do uso de algoritmos simplificados para interpretação dos resultados, o que pode ser uma alternativa útil para serviços com menor capacidade analítica^(15,19,22).

Um aspecto crítico deste estudo refere-se às especificidades do contexto das Unidades de Terapia Intensiva pediátrica, onde foi realizada a coleta de dados. Os resultados demonstraram que os métodos instrumentais, especialmente o marcador fluorescente e o ATP, detectaram falhas na limpeza de superfícies que foram classificadas como satisfatórias pela inspeção visual. Essa disparidade é particularmente preocupante nesse cenário, uma vez que recém-nascidos e crianças internadas em nessas unidades possuem sistema imunológico imaturo, maior dependência de dispositivos invasivos e contato frequente com superfícies críticas, como incubadoras, monitores e bombas de infusão^(7,23-25). Superfícies aparentemente limpas podem, portanto, ocultar cargas orgânicas invisíveis que favorecem a transmissão de microrganismos patogênicos. Com relação a isso, avaliação multicêntrica em hospitais demonstrou que a concordância entre métodos visuais e instrumentais, como o ATP, é baixa, o que evidencia a persistência de resíduos orgânicos em superfícies classificadas como limpas⁽²⁶⁾. Da mesma forma, análises conduzidas em unidades hospitalares identificaram que os testes visuais frequen-

temente superestimam a efetividade da higienização, enquanto métodos objetivos, como ATP e fluorescência, apresentam maior capacidade de detecção de falhas⁽²⁷⁻²⁸⁾.

Em UTIs neonatais e pediátricas a adoção de pacotes multimodais de intervenção, integrando monitoramento objetivo e *feedback* imediato pode contribuir significativamente para a melhoria da qualidade da limpeza de superfícies, confirmando a necessidade de estratégias complementares e sistemáticas para ambientes críticos⁽⁷⁾.

Portanto, os resultados deste estudo indicam que os métodos objetivos de monitoramento apresentam maior sensibilidade na detecção de falhas de higienização, demonstrando que a avaliação visual isolada não é suficiente para assegurar a segurança dos pacientes em unidades de terapia intensiva e pediátrica. Nesse cenário, evidencia-se a necessidade de uma abordagem multimodal, que associe tecnologias de rastreamento precisas a protocolos de auditoria estruturados⁽⁷⁻⁹⁾. Pesquisas realizadas em unidades de terapia intensiva de adultos confirmaram a efetividade do uso sistemático de marcadores fluorescentes em cenários de alta complexidade, como durante a pandemia da COVID-19⁽⁹⁾. De forma complementar, a bioluminescência por ATP tem se mostrado uma ferramenta ágil e eficiente para rastrear falhas de limpeza, permitindo intervenções imediatas e redução dos riscos relacionados à contaminação ambiental⁽¹⁾.

As implicações deste estudo abrangem dimensões assistenciais, gerenciais, educativas e institucionais, e oferecendo subsídios para fortalecer os programas de auditoria, segurança do paciente, vigilância e prevenção de infecções. Na perspectiva clínica, os resultados demonstram que o ATP pode ser incorporado ao monitoramento em UTIs pediátricas e neonatais, uma vez que permite intervenções rápidas, correção imediata de não conformidades e redução do risco de exposição dos pacientes a superfícies potencialmente contaminadas. No campo gerencial e institucional, as evidências indicam que a utilização do ATP pode apoiar processos de acreditação hospitalar, contribuir para controle de custos e oportunizar

intervenções educacionais a partir de indicadores de qualidade e do desempenho profissional nos processos de higienização.

Limitações do estudo

Este estudo possui limitações. A investigação foi realizada em uma única unidade de terapia intensiva pediátrica de um hospital, o que pode restringir a generalização dos resultados para outros contextos assistenciais. A ausência de avaliação microbiológica direta limitou a possibilidade de complementar a análise da presença de matéria orgânica com a identificação de patógenos específicos, reduzindo a abrangência das conclusões. Também é importante reconhecer que variáveis ambientais e contextuais não controladas como o fluxo de profissionais, a presença de acompanhantes e as características estruturais da unidade podem ter influenciado na persistência de resíduos e microrganismos após a limpeza e desinfecção de superfícies.

Ainda que a equipe tenha sido treinada e que os participantes não tenham sido informados sobre os objetivos do estudo como estratégia para mitigar reatividade, não se pode excluir mudanças comportamentais decorrentes da própria implementação das boas práticas.

Limitações metodológicas na mensuração, seleção e observação expressas pela precisão limitada das técnicas utilizadas, subjetividade na inspeção visual e definição das superfícies e dos períodos avaliados devem ser superadas em outros estudos. O reconhecimento dessas lacunas permite o desenvolvimento de planos de futuros voltados para expansão da representatividade geográfica da amostra estudada e para o delineamento de desenhos robustos capazes de conferir maior validade interna e externa aos resultados.

Contribuições para a prática

A enfermagem tem papel central na articulação de estratégias para limpeza e desinfecção de unidades. Como protagonista do cuidado e da gestão do ambien-

te assistencial, cabe à enfermagem não apenas supervisionar os processos de higienização, mas também liderar a implementação de tecnologias de monitoramento, interpretar criticamente os resultados e promover ações de melhoria contínua visando a segurança do paciente. A formação e a educação permanente dos profissionais devem incorporar conteúdos relacionados à interpretação de dados gerados por métodos como adenosina trifosfato e fluorescência, promovendo o empoderamento técnico-científico das equipes.

Além disso, os achados deste estudo têm implicações para a formulação de políticas institucionais. A adoção de protocolos de limpeza e desinfecção deve ser acompanhada de mecanismos sistemáticos de avaliação de sua efetividade. A enfermagem, atuando de forma transversal em múltiplas etapas do cuidado, está posicionada estrategicamente para fomentar uma cultura de segurança baseada em evidências, em que os dados de monitoramento ambiental sejam integrados aos indicadores de qualidade assistencial.

Conclusão

No cenário de unidade de terapia intensiva pediátrica avaliado, as correlações entre inspeção visual, marcador fluorescente, adenosina trifosfato e cultura por unidades formadoras de colônia mostraram-se heterogêneas e dependentes da superfície e do momento de mensuração. De modo geral, não se observou uma correlação consistente e estável entre os métodos que sustente sua equivalência. Com isso, confirma-se a hipótese de que a existência e a magnitude das correlações variam no contexto estudado.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), Universidade Federal de Mato Grosso do Sul e Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul.

Contribuição dos autores

Concepção e projeto ou análise e interpretação dos dados; Redação do manuscrito ou revisão crítica relevante do conteúdo intelectual; Aprovação final da versão a ser publicada; Concordância em ser responsável por todos os aspectos do manuscrito relacionados à precisão ou integridade de qualquer parte do manuscrito sejam investigadas e resolvidas adequadamente: Moreira FS, Mota MA, Elias LAA, Gonçalves VP, Rocha DM, Sousa AFL, Santos Junior AG.

Referências

1. Li T, Zhang H, Luo H, Li K, Huang N, Yang S, You J. Development and optimization of disinfection protocol for negative pressure wards: a Delphi study. *BMC Infect Dis.* 2025;25(1):1242. doi: <https://doi.org/10.1186/s12879-025-11659-y>
2. Nadi ZB, Raisali F, Jafari N, Bayramzadeh S. The influence of physical environment on health care-associated infections: a literature review. *Am J Infect Control.* 2024;52(2):229-42. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2023.06.010>
3. Verhougstraete M, Cooksey E, Walker JP, Wilson AM, Lewis MS, Yoder A, et al. Impact of terminal cleaning in rooms previously occupied by patients with healthcare-associated infections. *PLoS One.* 2024;19(7):e0305083. doi: <https://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0305083>
4. Boyce JM. Hand and environmental hygiene: respective roles for MRSA, multi-resistant Gram negatives, *Clostridioides difficile*, and *Candida* spp. *Antimicrob Resist Infect Control.* 2024;13(1):110. doi: <https://dx.doi.org/10.1186/s13756-024-01461-x>
5. Alqurashi MS, Sawan AA, Berekaa MM, Hunasemara BC, Al Shubbar MD, Al Qunais AA, et al. Hospital hygiene paradox: MRSA and Enterobacteriaceae colonization among cleaning staff in a tertiary hospital in Saudi Arabia. *Medicina (Kaunas).* 2025;61(3):384. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/medicina61030384>
6. Hong W, Nyaruaba R, Li X, Liu H, Yang H, Wei H. In-situ and real-time monitoring of the interaction between lysins and *staphylococcus aureus* biofilm

- by surface plasmon resonance. *Front Microbiol.* 2021;12:783472. doi: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.783472>
7. Silva MHN, Ciofi-Silva CL, Souza VS, Rocha DM, Sousa AFL, Felix AMS, et al. Comparative effectiveness of a multimodal intervention package on surface cleaning and disinfection in Brazilian neonatal intensive care units. *Front Public Health.* 2025;13:1557538. doi: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1557538>
8. Leistner R, Kohlmorgen B, Brodzinski A, Schwab F, Lemke E, Zakonsky G, et al. Environmental cleaning to prevent hospital-acquired infections on non-intensive care units: a pragmatic cluster randomized trial. *EClinicalMedicine.* 2023;59:101958. doi: <https://dx.doi.org/10.1016/j.eclinm.2023.101958>
9. Rigonato EM, Lima HP, Sousa AFL, Santos JLG, Jorge BM, Klock P, et al. Cleaning and disinfection of surfaces in a COVID-19 respiratory syndrome unit: a quasi-experimental study. *Coronaviruses.* 2024;5(2):88-96. doi: <https://doi.org/10.2174/0126667975333048241025050846>
10. Artasensi A, Mazzotta S, Fumagalli L. Back to basics: choosing the appropriate surface disinfectant. *Antibiotics (Basel).* 2021;10(6):613. doi: <https://doi.org/10.3390/antibiotics10060613>
11. Tseng WC, Wang YC, Chen WC, Lin KP. Utilizing an adenosine triphosphate bioluminescence assay as an indicator of instrument and environmental cleanliness in the radiology department: a pilot study. *Infect Prev Pract.* 2025;7(2):100449. doi: <https://doi.org/10.1016/j.infpip.2025.100449>
12. Niephaus V, Parohl N, Heiligttag S, Reuter H, Hackler R, Popp W. Can the ATP bioluminescence assay be used as an indicator for hospital cleaning? *GMS Hyg Infect Control.* 2024;19:Doc07. doi: <https://doi.org/10.3205/dgkh000462>
13. Frota OP, Santos EA, Oliveira SM, Silva LR, Sousa AFL. Efficiency of surface cleaning and disinfection: correlation between evaluation methods. *Rev Bras Enferm.* 2017;70(6):1176-83. doi: <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2016-0608>
14. Frota OP, Ferreira AM, Rigotti MA, Andrade D, Borges NMA, Ferreira Júnior MA. Effectiveness of clinical surface cleaning and disinfection: evaluation methods. *Rev Bras Enferm.* 2020;73(1):e20180623. doi: <https://dx.doi.org/10.1590/0034-7167-2018-0623>
15. Xiong J, Jiang W, Wan W, Zuo L, Tu P, Rao DX. Improving precision instrument cleaning with a quality control module: implementation and outcomes. *Front Public Health.* 2025;13:1553113. doi: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1553113>
16. Fieldhouse S, Bastaki BB, Ledgerton A, Clarke P, Lewis T. Assessing Hospital Cleaning Effectiveness Using Fluorescence: A Proof-of-Concept Study and Comparison to ATP Testing. *J Hosp Infect.* 2025;9:S0195-6701(25)00267-1. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jhin.2025.08.008>
17. Chan ASF, Chan HLY, Yan BKL, Lai MKC. Effectiveness of adenosine triphosphate to monitor manual cleaning and disinfection efficacy of flexible endoscopes in Hong Kong. *JGH Open.* 2023;7(2):141-7. doi: <https://doi.org/10.1002/jgh3.12863>
18. Boyce JM, Havill NL, Dumigan DG, Golebiewski M, Balogun O, Rizvani R. Monitoring the effectiveness of hospital cleaning practices by use of an ATP bioluminescence assay. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2009;30(7):678-84. doi: <https://doi.org/10.1086/598243>
19. Wu Y, Li L. An investigation into cleaning quality of suction-type metal lumen instruments: a cross-sectional study. *Sci Rep.* 2025;15(1):2492. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-83215-8>
20. Chen YC, Huang HM, Lin PY, Shi ZY. Comparing visual inspection and performance observation for evaluation of hospital cleanliness. *Am J Infect Control.* 2021;49(12):1511-14. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2021.07.011>
21. Weber DJ, Rutala WA, Anderson DJ, Sickbert-Bennett EE. Biofilms on medical instruments and surfaces: do they interfere with instrument reprocessing and surface disinfection? *Am J Infect Control.* 2023;51(11):114-9. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2023.04.158>
22. Whiteley GS, Glasbey TO, Fahey PP. Using a simplified ATP algorithm to improve data reliability and improve cleanliness standards for surface and medical device hygiene. *Infect Dis Health.* 2022;27(1):3-9. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.idh.2021.07.001>
23. Komamizu S, Yamamoto Y, Morikane K, Kuwabara Y, Kondo M, Tatebayashi K, et al. Clinical and microbiological effectiveness of pulsed-xenon ultraviolet light disinfection in a neonatal intensive

- care unit in Japan. *J Hosp Infect.* 2025;156:13-6. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2024.11.015>
24. Ishikawa K, Tsuchida T, Ichiki K, Ueda T, Yamada K, Iijima K, et al. Efficacy of enhanced environmental cleaning/disinfection using pulsed xenon ultraviolet light in preventing MRSA outbreaks in neonatal intensive care units. *Epidemiologia.* 2025;6(1):12. doi: <https://doi.org/10.3390/epidemiologia6010012>
25. Dramowski A, Aucamp M, Bekker A, Pillay S, Molo-to K, Whitelaw AC, Cotton MF, Coffin S. NeoCLEAN: a multimodal strategy to enhance environmental cleaning in a resource-limited neonatal unit. *Antimicrob Resist Infect Control.* 2021;10(1):35. doi: <https://doi.org/10.1186/s13756-021-00905-y>
26. van Arkel A, Willemsen I, Kluytmans J. The correlation between ATP measurement and microbial contamination of inanimate surfaces. *Antimicrob Resist Infect Control.* 2021;10(1):116. doi: <https://doi.org/10.1186/s13756-021-00981-0>
27. Salih AN, Allo RR. Evaluation of nursing intervention measures in infection control at dialysis units in Mosul city hospitals. *Med J Babylon.* 2024;21(2):245-50. doi: http://doi.org/10.4103/MJBL.MJBL_360_22
28. Gastaldi S, Accorgi D, D'Ancona F. Tools and strategies for monitoring hospital environmental hygiene services. *J Hosp Infect.* 2025;159:52-61. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2025.01.011>



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença Creative Commons