

ARTIGO ORIGINAL

Ambientes de cuidados respiratórios: correlação de métodos de monitoramento da limpeza e desinfecção

Respiratory care settings: correlation between surface cleaning and disinfection monitoring methods

Entornos de atención respiratoria: correlación de métodos de monitoreo de limpieza y desinfección

Aline Romão dos Santos¹ , Daniel de Macêdo Rocha¹ , Patrícia Klock² , Mara Cristina Ribeiro Furlan¹ , Adriano Menis Ferreira¹ , Alvaro Francisco Lopes de Sousa³ , Luan Aparecido Alexandre Elias¹ , Aires Garcia dos Santos Junior¹ 

RESUMO

Objetivo: Analisar a correlação entre os métodos de limpeza e desinfecção de superfícies e determinar o valor de corte de adenosina trifosfato para o monitoramento eficaz. **Metodologia:** Estudo correlacional conduzido em uma Unidade de Síndrome Respiratória no Centro-Oeste do Brasil. Superfícies de alto contato foram monitoradas antes e após a limpeza pela inspeção visual, bioluminescência e contagens de unidades formadoras de colônias. Análises de correlação de Spearman e curva *Receiver Operating Characteristic* avaliaram a concordância e o desempenho diagnóstico. **Resultados:** Foram avaliadas 384 superfícies. Uma correlação positiva entre as contagens microbianas e adenosina trifosfato foi observada para o colchão antes da limpeza (ρ de Spearman = 0,786; p = 0,021). A bioluminescência apresentou maior sensibilidade (88,9%) e menor especificidade (39,1%) quando comparada às contagens microbianas. O valor de corte de adenosina trifosfato para aprovação da superfície foi \leq 67 unidades relativas de luz. **Conclusão:** Destaca-se a variabilidade na correlação entre os métodos de monitoramento, recomendando-se o uso complementar de métodos para avaliação robusta da limpeza ambiental.

DESCRITORES:

Desinfecção; Monitoramento Ambiental; Trifosfato de Adenosina; Contaminação de Equipamentos; Controle de Infecções.

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

² Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

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

ABSTRACT

Objective: To investigate the correlation between surface cleaning and disinfection methods and determine the adenosine triphosphate (ATP) cutoff for effective monitoring. **Methodology:** This correlational study was carried out in a Respiratory Syndrome Unit in Brazil's Central-West region. High-touch surfaces were systematically monitored before and after cleaning using visual inspection, bioluminescence assays, and colony-forming unit (CFU) quantification. Method agreement and diagnostic performance were evaluated using Spearman's correlation and Receiver Operating Characteristic (ROC) curve analyses. **Results:** A total of 384 surfaces underwent assessment. A positive association was observed between adenosine triphosphate (ATP) levels and microbial counts on mattress surfaces prior to cleaning (Spearman's rho = 0.786; p = 0.021). Bioluminescence showed higher sensitivity (88.9%) but lower specificity (39.1%) when compared with microbial counts. A surface was considered acceptable when adenosine triphosphate (ATP) levels were ≤ 67 relative light units (RLU). **Conclusion:** Variability in method correlations suggests that a combined approach is essential for accurately evaluating environmental cleaning in healthcare settings.

DESCRIPTORS:

Disinfection; Environmental Monitoring; Adenosine Triphosphate; Equipment Contamination; Infection Control.

RESUMEN

Objetivo: Analizar la correlación entre los métodos de limpieza y desinfección de superficies y determinar el valor de corte del trifosfato de adenosina para un control eficaz. **Metodología:** Estudio correlacional realizado en una Unidad de Síndrome Respiratorio en la región Centro-Oeste de Brasil. Las superficies de alto contacto se monitorizaron antes y después de la limpieza mediante inspección visual, bioluminiscencia y recuentos de unidades formadoras de colonias. Los análisis de correlación de Spearman y la curva característica operativa del receptor evaluaron la concordancia y el rendimiento diagnóstico. **Resultados:** Se evaluaron 384 superficies. Se observó una correlación positiva entre los recuentos microbianos y el trifosfato de adenosina para el colchón antes de la limpieza (rho de Spearman = 0,786; p = 0,021). La bioluminiscencia presentó una mayor sensibilidad (88,9 %) y una menor especificidad (39,1 %) en comparación con los recuentos microbianos. El valor de corte del trifosfato de adenosina para la aprobación de la superficie fue ≤ 67 unidades relativas de luz. **Conclusión:** Cabe destacar la variabilidad en la correlación entre los métodos de monitorización, por lo que se recomienda el uso complementario de métodos para una evaluación sólida de la limpieza ambiental en entornos sanitarios.

DESCRIPTORES:

Desinfección; Monitoreo Ambiental; Adenosina Trifosfato; Contaminación de Equipos; Control de Infecciones.

INTRODUÇÃO

As superfícies de contato em ambientes assistenciais representam pontos críticos para a segurança do paciente e para qualidade do cuidado, assim como um desafio para saúde pública. Superfícies contaminadas atuam como reservatório microbiológico de relevância epidemiológica e são fontes comuns de Infecções Relacionadas com a Assistência à Saúde (IRAS)⁽¹⁾. Os impactos são amplamente documentados na literatura, envolvem elevadas taxas de morbimortalidade, tempo prolongado de internação hospitalar, impacto financeiro, perda de produtividade, redução da qualidade de vida dos pacientes afetados e resistência antimicrobiana, e evidenciam a necessidade de

intervenções eficazes para prevenção e controle⁽²⁻³⁾.

O controle ambiental da Limpeza e Desinfecção de Superfícies (LDS) ganhou ênfase nessa perspectiva por apresentar impacto positivo na propagação de patógenos e no risco de infecções cruzadas para os pacientes, especialmente durante a pandemia da Covid-19 em que as superfícies de contato foram evidenciadas como um importante meio de propagação do SARS-CoV-2⁽³⁻⁵⁾.

Embora as superfícies compreendam elementos imprescindíveis para os programas de controle de infecção hospitalar, as práticas de limpeza e desinfecção ambiental são comumente negligenciadas. Os fatores que dificultam sua implementação incluem a priorização da higienização das mãos como principal estratégia para prevenção e controle de infecções, as deficiências no conhecimento profissional, e as limitações materiais, operacionais, financeiras e humanas⁽⁶⁾.

A inspeção visual baseia-se na observação direta das superfícies para identificar a presença e a remoção de detritos visíveis, como poeira, resíduos orgânicos e manchas⁽⁷⁾. Apesar da simplicidade e do baixo custo, apresenta limitações significativas, relacionadas à avaliação da contaminação microbiana e da presença de matéria orgânica⁽¹⁾. Este processo pode ser útil para monitorar a adesão aos protocolos de LDS, embora seja importante considerar formas alternativas de avaliação para garantir a eficácia do processo.

A mensuração de Adenosina Trifosfato (ATP) por bioluminescência oferece uma abordagem rápida, simples e quantitativa para avaliar a carga da matéria orgânica presente na superfície de contato⁽⁸⁾. Os desafios na implementação desta técnica de monitoramento referem-se à falta de um valor de referência padronizado, assim como a dificuldade em correlacionar os níveis de ATP com as contagens bacterianas, devido à influência de resíduos de desinfetantes nas superfícies ambientais⁽⁹⁾.

Na contagem de Unidades Formadoras de Colônias (UFC) é possível quantificar, por cm², o número de microrganismos viáveis presentes em uma amostra coletada de superfícies de contato. A técnica envolve a incubação em meio de cultura apropriado para o crescimento microbiológico. Embora seja um método preciso, envolve alto custo operacional, exige equipamentos laboratoriais especializados e apresenta longo tempo de processamento das amostras⁽³⁾, o que pode limitar sua aplicabilidade em contextos assistenciais que requerem respostas rápidas.

Apesar dos avanços científicos que reconhecem esses métodos como fundamentais para segurança do paciente, ainda existem lacunas na padronização, possibilidades de combinação de técnicas, pontos de corte, indicadores de acurácia, segurança e efetividade. Assim, torna-se fundamental o desenvolvimento de análises comparativas que mensurem a concordância entre os métodos de monitoramento e controle ambiental, especialmente em unidades de cuidados respiratórios, onde a vulnerabilidade clínica, o risco de IRAS e de contaminação cruzada são elevados.

Considerando os benefícios e as limitações relacionadas aos métodos de avaliação e

monitoramento LDS, bem como as lacunas no cenário específico imposto pela pandemia da Covid-19, torna-se fundamental desenvolver novos estudos que correlacionem os resultados do monitoramento ambiental, que definam valores de corte adequados para ATP e que indiquem a necessidade da combinação entre os processos. Frente a isso, esse estudo foi conduzido a partir das seguintes lacunas de conhecimento: Existe correlação entre os métodos de monitoramento da LDS em uma Unidade de Síndrome Respiratória? Qual o ponto de corte do ATP para indicação da LDS adequada?

OBJETIVO

Analisar a relação entre os métodos de avaliação da limpeza e desinfecção de superfícies em unidade de síndrome respiratória no período pandêmico e verificar o ponto de corte da Adenosina Trifosfato.

METODOLOGIA

Desenho

Estudo correlacional, de corte transversal, analítico e comparativo que seguiu as recomendações propostas pelo *Check-list Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology* (STROBE).

Local do estudo e período

A pesquisa foi realizada entre os meses de abril e junho de 2022 em uma Unidade de Tratamento de Síndrome Respiratória Aguda Grave na região centro-oeste do Brasil, estruturada para atendimento de casos suspeitos e confirmados da infecção pela Covid-19. Trata-se de unidade de referência para uma população de 132.152 habitantes, integrada ao Sistema Único de Saúde (SUS), com período de funcionamento de 24 horas e que dispõe de equipe multiprofissional e cinco leitos destinados à observação de casos de síndrome gripal.

Amostra

A seleção das superfícies de contato ocorreu de forma intencional, não probabilística, sendo baseada na observação sistemática da alta frequência de toque e na composição dos materiais, uma vez que este fator pode determinar a aderência microbiana e os resultados de avaliação de ATP⁽¹⁰⁻¹¹⁾. Foram elencados os seguintes itens para análise: bancada, colchão, maçaneta da porta do banheiro dos pacientes e poltrona dos pacientes.

Protocolo do estudo

As amostras foram coletadas por pesquisadores treinados, duas vezes por semana, ao longo de dois meses, e em duas fases: antes e 10 minutos após a limpeza das superfícies. Essa delimitação temporal para nova coleta de amostras foi adotada para garantir a estabilização das condições locais,

bem como para padronizar o tempo entre as avaliações. Nesta pesquisa, utilizou-se um formulário próprio e as variáveis avaliadas incluíram a superfície analisada e o indicador de limpeza e desinfecção, considerando os métodos de inspeção visual, ATP-bioluminescência e UFC.

Foram coletadas oito amostras diárias, sendo quatro amostras antes e quatro após o processo de limpeza, totalizando 16 amostras semanais, 64 mensais e 128 por método de avaliação. Essa técnica de coleta garante a representatividade das amostras e permite a análise consistente da carga microbiana em diferentes momentos de avaliação.

Os parâmetros para a avaliação visual da superfície consideraram como critério de reprovação a presença de sujidade na superfície, sendo qualquer um dos seguintes elementos: sujeira, manchas, poeira, arranhões, deterioração, lascas, fissuras, digitais e umidade⁽¹²⁻¹³⁾. Em relação à quantificação de ATP, foi realizada por meio da técnica de bioluminescência, utilizando um luminômetro 3M™ *Clean-Trace ATP System* e seguindo as recomendações do fabricante. A leitura da intensidade luminosa foi expressa em Unidades Relativas de Luz (URL). Para a coleta das amostras, utilizou-se um *swab* específico do sistema, aplicado em uma área de 100 cm² com movimentos em zigue-zague, tanto na horizontal quanto na diagonal, em um ângulo de 30°. Logo após, o *swab* foi inserido em uma cubeta contendo o complexo enzimático luciferina-luciferase, que permitiu a identificação da presença de matéria orgânica residual nas superfícies analisadas⁽¹⁴⁾.

Para a avaliação de microrganismos aeróbios totais, foram utilizadas placas de contato *Rodac Plate*®, contendo Ágar Triptona de Soja (TSA) em uma área de 24 cm². Cada placa possuía um volume de meio de cultura entre 15 e 20 mL, sendo o volume ideal de 16 mL. As placas foram pressionadas contra as superfícies avaliadas por 10 segundos e posteriormente incubadas a 37°C por 48 horas. A contagem de microrganismos foi expressa UFC⁽¹²⁻¹³⁾.

Análise dos resultados e estatística

A análise dos dados foi fundamentada nos seguintes testes estatísticos: correlação de Spearman para identificar possíveis correlações entre os níveis de ATP e contagem microbiana em cada superfície antes e após os procedimentos de limpeza e desinfecção. A curva *Receiver Operating Characteristic* (ROC) avaliou a efetividade do teste de ATP por bioluminescência na determinação da qualidade da limpeza e desinfecção de superfícies, utilizando a avaliação microbiológica em relação ao padrão ouro de inspeção visual. As análises foram conduzidas ao nível de significância estabelecido em 5% ($p < 0,05$) e os softwares utilizados foram *Minitab 17* (*Minitab Inc.*) e *MedCalc 16.8* (*MedCalc®*).

Aspectos éticos

Este estudo seguiu todas as recomendações éticas nacionais e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, sob parecer

RESULTADOS

Neste estudo foram conduzidas 384 avaliações, incluindo os métodos de monitoramento de inspeção visual, quantificação de ATP por bioluminescência e contagem de Unidades Formadoras de Colônias (UFC). O coeficiente de Spearman e os respectivos valores de *p* referentes à correlação entre as metodologias empregadas no estudo estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Coeficiente de correlação de Spearman entre Adenosina Trifosfato e Contagem de Unidades Formadoras de Colônias para as amostras obtidas das superfícies, 2022.

Etapa	Superfícies	Coeficiente de Spearman	Valor- <i>p</i>
I – Antes	Bancada	-0,659	0,076
	Colchão	0,786	0,021 ¹
	Maçaneta da porta do banheiro dos pacientes	-0,405	0,320
	Poltrona dos pacientes	-0,024	0,954
	Bancada	-0,286	0,493
	Colchão	0,333	0,420
II - Depois	Maçaneta da porta do banheiro dos pacientes	-0,084	0,844
	Poltrona dos pacientes	0,190	0,651

¹Valor-*p* significativo (*p*<0,05) e coeficiente de correlação acima de 0,700.

Os resultados demonstram correlações específicas, positiva e forte entre a quantificação de adenosina trifosfato por bioluminescência e a contagem microbiana no colchão para o colchão na fase I (*p*=0,021). Este resultado indica que os dados de ATP e UFC se relacionam de forma direta, ou seja, há uma tendência em considerar aumento proporcional nos valores de ATP e nas UFC. Outras correlações não foram evidenciadas nas superfícies avaliadas.

A análise da curva ROC que possibilitou a avaliação dos métodos de quantificação de ATP e UFC em relação ao padrão ouro de inspeção visual (aprovado e reprovado) é apresentada na tabela 2. A quantificação de ATP por bioluminescência apresentou uma sensibilidade de 88,9%, especificidade de 39,1%, valor preditivo positivo de 59,6% e valor preditivo negativo de 77,8%. No UFC as análises demonstraram os seguintes resultados: sensibilidade de 77,8%, especificidade de 56,5%, valor preditivo positivo de 64,1% e valor preditivo negativo de 71,8%.

Os valores de especificidade evidenciam que a técnica de contagem microbiana é mais efetiva para identificar superfícies sujas em relação à técnica de quantificação de ATP. Caso o objetivo da técnica seja verificar a incidência de superfícies limpas, a quantificação de ATP é a mais adequada por apresentar valor superior de sensibilidade. Ainda, verifica-se que o ponto de corte para o ATP nesse

estudo foi menor ou igual a 67 URL, indicando que superfícies com pontos de corte inferiores podem ser consideradas aprovadas. Já para a contagem microbiana, os valores foram iguais ou menores que 45 UFC/cm².

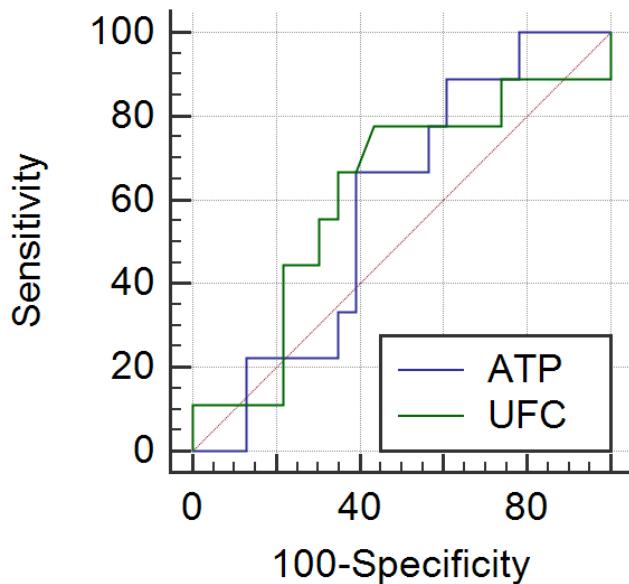
Tabela 2. Parâmetros da curva ROC dos métodos de quantificação de Adenosina Trifosfato e Contagem de Unidades Formadoras de Colônias em relação ao padrão ouro de inspeção visual, 2022.

Parâmetros ROC	Métodos	
	Quantificação do ATP	Contagem microbiana
Sensibilidade	88,9%	77,8%
Especificidade	39,1%	56,5%
VPP	59,3	64,1
VPN	77,8	71,8
Ponto de corte	<=67	<=45
Valor-p	0,421	0,331

ATP = Adenosina Trifosfato; VPP - Valor Preditivo Positivo; VPN - Valor Preditivo Negativo.

A curva ROC método também demonstra maior equilíbrio nos valores preditivos positivo e negativo. Esse equilíbrio sugere uma maior correlação do método de contagem microbiana com o padrão ouro da inspeção visual. A figura 1 apresenta a curva ROC dos métodos de quantificação de ATP e de contagem microbiana em comparação com o padrão ouro da inspeção visual.

Figura 1. Curva ROC dos métodos de quantificação de Adenosina Trifosfato e contagem microbiana em relação ao padrão ouro de inspeção visual, 2022.



DISCUSSÃO

Esta pesquisa buscou correlacionar diferentes métodos de monitoramento da LDS em uma unidade de síndrome respiratória durante o período pandêmico e, adicionalmente, determinar o ponto de corte do ATP como marcador de qualidade do processo. As evidências demonstraram uma correlação positiva e forte ($p = 0,021$) entre a quantificação de ATP e a contagem de UFC apenas para o colchão na etapa anterior à limpeza. Esse achado indica que, embora exista associação pontual, não é possível assumir que a redução de ATP decorrente de protocolos eficazes de higienização se traduza, de forma consistente, em diminuição paralela da carga microbiana em todas as superfícies avaliadas. Destaca-se, ainda, que na unidade estudada muitos colchões apresentavam defeitos estruturais, como rachaduras, manchas e rasgos, o que pode ter favorecido maior acúmulo de matéria orgânica e microrganismos, influenciando a correlação identificada.

Esse resultado dialoga com achados prévios em diferentes cenários de atenção à saúde. Um estudo conduzido em equipes de Estratégia de Saúde da Família também não identificou correlação significativa entre valores de ATP e UFC, reforçando que os métodos não se aplicam de forma uniforme a todas as superfícies⁽¹¹⁾. De forma semelhante, uma investigação em unidade de pronto atendimento também não evidenciou associação entre UFC e URL, o que confirma que cada técnica capta dimensões distintas da limpeza ambiental⁽¹³⁾. Assim, torna-se evidente a necessidade de utilizar métodos complementares para fornecer uma avaliação mais abrangente da qualidade da LDS, em vez de confiar exclusivamente em uma única técnica⁽¹⁵⁾.

A ausência de consenso sobre o método isolado ideal para monitorar a eficácia da limpeza e desinfecção hospitalar é amplamente discutida na literatura⁽¹⁶⁾. A escolha deve ser orientada por múltiplos critérios, como a capacidade de detecção de microrganismos resistentes, a rapidez do retorno de informação às equipes, os recursos financeiros disponíveis e a infraestrutura de cada instituição⁽¹⁷⁾. Nesse sentido, a combinação de ATP, UFC e inspeção visual aparece como estratégia mais robusta, especialmente em ambientes críticos, como unidades de pronto atendimento e setores destinados a pacientes respiratórios graves⁽¹³⁾.

A análise da curva ROC neste estudo trouxe informações adicionais relevantes. O método de quantificação de ATP apresentou maior sensibilidade (88,9%), mostrando-se mais eficiente na detecção de superfícies consideradas limpas, aspecto crucial para ambientes de alto risco e para a prevenção de infecções. Em contrapartida, a contagem de UFC apresentou maior especificidade (56,5%), demonstrando maior confiabilidade para identificar superfícies efetivamente contaminadas. Esses achados sugerem que, do ponto de vista prático, o ATP pode ser empregado como ferramenta de rastreio rápido, enquanto a UFC deve ser considerada em situações em que se deseja confirmação microbiológica⁽¹³⁾.

Além disso, os valores preditivos positivo e negativo evidenciam a complementaridade entre os métodos. A contagem microbiana apresentou maior valor preditivo positivo, refletindo maior probabilidade de confirmar contaminação quando identificada. Já o ATP mostrou maior valor preditivo negativo, assegurando maior precisão na classificação de superfícies verdadeiramente limpas. Dessa forma, a escolha do método deve estar alinhada aos objetivos específicos de cada instituição, seja para rastreio e *feedback* imediato, seja para confirmação microbiológica, garantindo precisão e eficácia no processo de higienização^(12-13,18).

Ao comparar os resultados com estudos prévios, nota-se variação nos parâmetros de desempenho. Por exemplo, pesquisadores reportaram sensibilidade do ATP de 78,6% e especificidade de 51,9%, enquanto a contagem microbiana apresentou sensibilidade de 85,7% e especificidade de 37,0%⁽¹²⁾. Esses valores diferem dos encontrados neste estudo, reforçando que a aplicabilidade dos métodos depende do contexto, da natureza das superfícies analisadas e do desenho metodológico adotado, e que comparações diretas devem ser feitas com cautela.

No que se refere ao ponto de corte do ATP, este estudo identificou o valor de ≤ 67 URL, o que difere de pesquisas realizadas em outros serviços de saúde, que apontaram 108 URL em unidades pediátricas e 20 URL em prontos-socorros⁽¹²⁻¹³⁾. Essa variabilidade pode ser atribuída a múltiplos fatores, incluindo o tipo e a marca do luminômetro, as características do serviço, a complexidade assistencial e os protocolos institucionais de limpeza⁽¹²⁾. Portanto, a definição de pontos de corte específicos ao contexto é essencial para orientar práticas locais, mas também sinaliza a necessidade de esforços multicêntricos para estabelecer referenciais mais universais.

O fato de o ATP apresentar elevada sensibilidade na detecção de superfícies limpas e o UFC maior especificidade para identificar superfícies contaminadas indica que os métodos podem ser empregados de forma complementar e estratégica. Na prática, o ATP pode ser incorporado a rotinas de monitoramento em larga escala, fornecendo *feedback* rápido às equipes de higienização, enquanto a contagem microbiana deve ser utilizada em auditorias, na investigação de falhas recorrentes ou em setores críticos, como unidades de terapia intensiva. Essa racionalização potencializa a eficiência do processo, reduz custos operacionais e mantém elevado padrão de segurança do paciente.

Por fim, à luz do cenário pós-Covid-19, os resultados deste estudo permanecem altamente relevantes para a prática clínica e para a gestão hospitalar. A pandemia evidenciou de forma incontestável o papel das superfícies como reservatórios e vetores de microrganismos, ampliando a percepção sobre a necessidade de processos de limpeza mais rigorosos e monitorados. Mesmo diante da redução das restrições e do retorno progressivo das rotinas assistenciais, a aplicabilidade dos achados se mantém ao indicar que métodos isolados não oferecem avaliação suficientemente robusta, sendo imprescindível a adoção de abordagens complementares. A definição de pontos de corte do ATP

e a utilização estratégica e combinada de ATP, UFC e inspeção visual constituem um legado da experiência pandêmica, que pode orientar políticas institucionais duradouras, fortalecer programas de prevenção de infecções e consolidar uma cultura de segurança do paciente mais resiliente às emergências sanitárias futuras.

Limitações do Estudo

Este estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. Em primeiro lugar, trata-se de uma pesquisa conduzida em uma única instituição hospitalar, o que pode restringir a generalização dos achados para outros contextos assistenciais. As particularidades estruturais e organizacionais do serviço, incluindo características físicas das superfícies avaliadas como os colchões, frequentemente danificados e com rachaduras, podem ter influenciado a correlação observada entre os métodos de monitoramento.

Em segundo lugar, a coleta de dados ocorreu durante a pandemia de Covid-19, período marcado por medidas restritivas de acesso, isolamento e distanciamento social. Tais condições podem ter limitado a amplitude da amostragem e o acompanhamento mais próximo de alguns processos, restringindo a possibilidade de avaliar outros ambientes hospitalares e diferentes superfícies críticas.

Outro ponto a ser destacado refere-se ao número restrito de superfícies avaliadas e ao tempo de seguimento relativamente curto. Embora a escolha dos locais de coleta tenha se baseado em critérios de alta frequência de contato, a inclusão de um maior número de superfícies e um período de monitoramento mais prolongado poderia oferecer uma visão mais abrangente da eficácia dos métodos testados. Por fim, a ausência de avaliação de microrganismos específicos, como patógenos multirresistentes de maior relevância epidemiológica, limita a análise quanto à aplicabilidade direta dos métodos de monitoramento para vigilância de infecções relacionadas à assistência à saúde.

Contribuições para a Área da Enfermagem, Saúde ou Política Pública

Esta pesquisa apresenta contribuições consistentes para a prática clínica e para a formulação de políticas institucionais voltadas à segurança do paciente. A primeira implicação relevante refere-se à necessidade de adoção de métodos complementares de monitoramento da limpeza e desinfecção de superfícies. A evidência de que a correlação entre ATP e UFC não ocorre de forma uniforme demonstra que cada método avalia dimensões distintas do processo de higienização. Outro aspecto fundamental corresponde à definição de pontos de corte específicos para o ATP, uma vez que fornece um parâmetro objetivo e contextualizado para monitorização de ambientes hospitalares. Os resultados da análise de sensibilidade e especificidade também contribuem para a racionalização dos recursos humanos e materiais, assim como para a estruturação de programas de capacitação contínua, servindo como ferramenta de sensibilização para a importância da limpeza ambiental na prevenção de IRAS.

CONCLUSÃO

Este estudo evidencia que os diferentes métodos de monitoramento da limpeza e desinfecção de superfícies hospitalares não são intercambiáveis e apresentam resultados distintos conforme o tipo de superfície e o contexto analisado. Embora cada técnica ofereça vantagens específicas, os achados reforçam que nenhum método, quando utilizado isoladamente, é capaz de fornecer avaliação suficientemente abrangente da eficácia da higienização. A integração entre inspeção visual, quantificação de ATP e contagem microbiológica mostra-se, portanto, uma estratégia mais robusta para garantir a qualidade do processo de limpeza, fortalecer a segurança do paciente e subsidiar políticas institucionais de controle ambiental.

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* [Internet]. 2025 [citado 15 de junho de 2025];25(1):1242. Disponível em: <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* [Internet]. 2024 [citado 15 de junho de 2025];52(2):229-42. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2023.06.010>
3. Watson F, Wilks SA, Keevil CW, Chewins J. Evaluating the environmental microbiota across four National Health Service hospitals within England. *J Hosp Infect* [Internet]. 2023 [citado 15 de junho de 2025]; 131: 203-212. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2022.11.001>
4. Peters A, Schmid MN, Parneix P, Lebowitz D, de Kraker M, Sauser J, et al. Impact of environmental hygiene interventions on healthcare-associated infections and patient colonization: a systematic review. *Antimicrob Resist Infect Control* [Internet]. 2022 [citado 15 de junho de 2025]; 11(1): 38. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s13756-022-01075-1>
5. Lawal-Ayinde BM, Oda K, Elsayed AMA, Akita T, Kurose M, Sasaki H. et al. Evaluation of the efficacy of chlorous acid water and sodium hypochlorite solution against SARS-CoV-2 in the presence of organic matter. *Access Microbiol* [Internet]. 2025 [citado 15 de junho de 2025];7(9):000984.v3. Disponível em: <https://doi.org/10.1099/acmi.0.000984.v3>
6. Mitchell BG, Dancer SJ, Anderson M, Dehn E. Risk of organism acquisition from prior room occupants: a systematic review and meta-analysis. *J Hosp Infect* [Internet]. 2015 [citado 15 de junho de 2025]; 91(3): 211-7. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2015.08.005>
7. Araújo CLFP, Santos AMD, Meira LMR, Cavalcante EFO. Analysis of healthcare practices for prevention of primary bloodstream infections. *Cienc Cuid Saude* [Internet]. 2021 [citado 15 de junho de

2025]; 20: e56251. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/ciencuidsaude.v20i0.56251>

8. Chen YC, Huang HM, Lin PY, Shi ZY. Comparing visual inspection and performance observation for evaluation of hospital cleanliness. *Am J Infect Control* [Internet]. 2021 [citado 15 de junho de 2025]; 49(12): 1511-1514. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2021.07.011>
9. 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* [Internet]. 2022 [citado 15 de junho de 2025];27 (1): 3-9. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.idh.2021.07.001>
10. Bradley DF Jr, Rodriguez JA. Using Adenosine Triphosphate Bioluminescence-Based Technology to Verify Cleanliness of Perioperative High-Touch Surfaces. *AORN J* [Internet]. 2022 [citado 15 de junho de 2025]; 115(4): 347-351. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/aorn.13644>
11. Furlan MCR, Ferreira AM, Rigotti MA, Guerra OG, Frota OP, Sousa AFL, et al. Correlation among monitoring methods of surface cleaning and disinfection in outpatient facilities. *Acta Paulista De Enfermagem* [Internet]. 2019 [citado 10 de março de 2025]; 32(3): 282–289. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1982-0194201900039>
12. Santos-Junior AG, Ferreira AM, Rigotti MA, Furlan MCR, Silva Barcelos, L, Andrade D. Correlation between cleaning/disinfection surface monitoring methods in primary health care. *Revista de Enfermagem UFPE* [Internet]. 2017 [citado 10 de março de 2025]; 11(7): 2818-2825. Disponível em: <https://doi.org/10.5205/reuol.11007-98133-3-SM.1107sup201701>
13. Bernardes LO, Dos Santos FR, Angeloni NLN, Ribeiro Furlan MC, Barcelos LDS, Ferreira AM, et al. Monitoring of surface cleaning and disinfection in a Brazilian pediatric unit. *Ther Adv Infect Dis* [Internet]. 2023 [citado 10 de março de 2025]; 10: 20499361221148007. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/20499361221148007>
14. Santos Oliveira BA, Rigonato EM, Sousa AFL, Ferreira AM, Silva Barcelos L, Furlan MCR, et al. Correlation between surface cleaning and disinfection methods in an emergency room. *The Open Nursing Journal* [Internet]. 2021 [citado 10 de março de 2025]; 15(1): 1-6. Disponível em: <https://doi.org/10.2174/1874434602115010103>
15. Lewis T, Griffith C, Gallo M, Weinbren M. A modified ATP benchmark for evaluating the cleaning of some hospital environmental surfaces. *J Hosp Infect* [Internet]. 2008 [citado 10 de março de 2025]; 69(2): 156-63. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2008.03.013>
16. 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* [Internet]. 2020 [citado 07 de agosto de 2025]; 73(1): e20180623. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2018-0623>

17. Li Y, Ge H, Zhou H, Zhou W, Zheng J, Chen W, et al. Correction to: Impact of environmental cleaning on the colonization and infection rates of multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii* in patients within the intensive care unit in a tertiary hospital. *Antimicrob Resist Infect Control* [Internet]. 2021 [citado 07 de agosto de 2025]; 10(1): 46. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s13756-021-00904-z>
18. Reese SM, Knepper BC, Kurtz J, Christy LeQuire D, Van Winks T, Bonn J, et al. Implementation of cleaning and evaluation process for mobile patient equipment using adenosine triphosphate. *Infect Control Hosp Epidemiol* [Internet]. 2019 [citado 07 de agosto de 2025]; 40(7): 798-800. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/ice.2019.115>
19. Oliveira Bernardes L, Santos FR, Luchesi BM, Ferreira AM, Carneiro LM, Furlan MCR, et al. Educational Intervention on Cleaning and Sanitation of Surfaces in a Pediatric Hospitalization Unit. *The Open Nursing Journal* [Internet]. 2023 [citado 07 de agosto de 2025]; 17(1): e18744346228139. Disponível em: <https://doi.org/10.2174/0118744346228139231102051053>
-

Agradecimentos: Não há.

Financiamento: 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 (UFMS) e Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT).

Contribuição dos autores: Concepção e desenho da pesquisa: Aline Romão dos Santos e Aires Garcia dos Santos Junior. Obtenção de dados: Aline Romão dos Santos, Luan Aparecido Alexandre Elias e Aires Garcia dos Santos Junior. Análise e interpretação dos dados: Aline Romão dos Santos, Luan Aparecido Alexandre Elias, Daniel de Macêdo Rocha, Alvaro Francisco Lopes de Sousa e Aires Garcia dos Santos Junior. Redação do manuscrito: Aline Romão dos Santos, Luan Aparecido Alexandre Elias, Patrícia Klock, Adriano Menis Ferreira, Alvaro Francisco Lopes de Sousa, Mara Cristina Ribeiro Furlan, Daniel de Macêdo Rocha e Aires Garcia dos Santos Junior. Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual: Patrícia Klock, Alvaro Francisco Lopes de Sousa, Adriano Menis Ferreira, Daniel de Macêdo Rocha, Mara Cristina Ribeiro Furlan e Aires Garcia dos Santos Junior.

.

Editor-chefe: André Luiz Silva Alvim 