



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE TECNOLOGIA E SOCIEDADE

PEDRO HENRIQUE BEZERRA DA COSTA E SILVA

**Efeito do extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis* *in vitro* e em superfícies
inanimadas sobre *Pseudomonas aeruginosa* em UTI**

MOSSORÓ/RN

2025

PEDRO HENRIQUE BEZERRA DA COSTA E SILVA

Efeito do extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis in vitro* e em superfícies inanimadas sobre *Pseudomonas aeruginosa* em UTI.

Dissertação apresentada ao Mestrado em Ambiente Tecnologia e Sociedade do Programa de Pós-Graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Ambiente, Tecnologia e Sociedade.

Linha de Pesquisa: Saúde Pública

Orientadora: Profa. Dra. Nilza Dutra Alves

Co-orientador: Prof. Dr. Francisco Marlon Carneiro Feijó

MOSSORÓ/RN

2025

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S587e SSilva, Pedro Henrique Bezerra da Costa e .
Efeito do extrato pirolenhoso de *Eucalyptus*
urograndis in vitro e em superfícies inanimadas
sobre *Pseudomonas aeruginosa* em UTI / Pedro
Henrique Bezerra da Costa e SSilva. - 2025.
94 f. : il.

Orientadora: Nilza Dutra Alves.
Coorientadora: Francisco Marlon Carneiro Feijó.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Ambiente, Tecnologia e Sociedade, 2025.

1. Unidade de Terapia Intensiva. 2.
Desinfecção. 3. Extratos Vegetais. 4. Saneantes.
I. Alves, Nilza Dutra , orient. II. Feijó,
Francisco Marlon Carneiro , co-orient. III.
Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

PEDRO HENRIQUE BEZERRA DA COSTA E SILVA

Efeito do extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis* *in vitro* e em superfícies inanimadas sobre *Pseudomonas aeruginosa* em UTI.

Dissertação apresentada ao Mestrado em Ambiente Tecnologia e Sociedade do Programa de Pós-Graduação em Ambiente Tecnologia E Sociedade da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Ambiente, Tecnologia e Sociedade.

Linha de Pesquisa: Saúde Pública

Defendida em: 16/12/2025.

BANCA EXAMINADORA

**Nilza Dutra
Alves**

Assinado de forma digital por
Nilza Dutra Alves
Dados: 2025.12.19 12:55:19
-03'00'

Profa. Dra. Nilza Dutra Alves (UFERSA)
Orientadora e Presidente da banca.

Documento assinado digitalmente
gov.br FRANCISCO MARLON CARNEIRO FEIJÓ
Data: 19/12/2025 14:05:09-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Francisco Marlon Carneiro Feijó (UFERSA)
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
gov.br CAIO SERGIO SANTOS
Data: 19/12/2025 13:23:01-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Caio Sérgio Santos (UFERSA)
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
gov.br SAMARA FONTES FERNANDES
Data: 19/12/2025 14:42:24-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Samara Fontes Fernandes (UERN/RN)
Membro Examinador

A meu pai Francisco Canindé da Costa e Silva (*in Memoriam*), que partiu antes de poder testemunhar este momento, mas que jamais deixou de estar presente em minhas conquistas. Foi ele quem, com palavras de incentivo e exemplos de coragem, me mostrou o valor do estudo, da disciplina e da perseverança.

Este trabalho, que simboliza não apenas um título, mas um sonho realizado, é também fruto de seu legado. Dedico-lhe com amor, saudade e gratidão eterna, pois sem o seu apoio e ensinamentos, dificilmente teria chegado até aqui.

AGRADECIMENTOS

A **DEUS**, por conceder-me sabedoria, saúde e discernimento para superar cada desafio ao longo desta caminhada. Sua presença foi constante fonte de força, esperança e inspiração, guiando-me com serenidade e fé em todos os momentos.

À minha esposa, **Hévila Isaliny Castro e Silva**, pelo amor, paciência e apoio incondicional. Sua compreensão e incentivo foram essenciais para que eu pudesse seguir firme nesta jornada acadêmica e pessoal.

Aos meus filhos, **Iven Emanuel e Lia Raquel**, que representam a razão maior da minha dedicação e o reflexo do meu compromisso com o futuro. Que este trabalho sirva de exemplo e inspiração para que sempre acreditem no poder do estudo e da perseverança.

À minha mãe, **Ana Lúcia Bezerra**, por sua dedicação incansável e amor incondicional. Mulher de força e coragem, que abdicou de viver sua própria vida para se dedicar integralmente à dos filhos. Cada conquista minha é também dela.

Aos meus irmãos, **Luiz Carlos Bezerra, Fernando Henrique Bezerra e Francisco Canindé Júnior**, pelo companheirismo, incentivo e apoio em todos os momentos, onde sei que poderei contar sempre.

Aos meus sobrinhos, **Ana Beatriz Lima, João Pedro Lima, Luís Felipe Lima, Luís Fernando Bezerra e Lis Mel Costa**, que enchem nossa família de alegria e representam a continuidade de nossos sonhos e esperanças.

Às amigas **Charliany Araújo e Crisanda Camara**, companheiras de jornada acadêmica e pessoal, cuja amizade, parceria e apoio tornaram este percurso mais leve e significativo. O “grupinho nó cego” que formamos é um laço que levarei comigo para sempre, como lembrança de afeto, aprendizado e companheirismo.

Aos amigos do laboratório, **Caio Sérgio Santos, Gustavo Lopes, Isadora Melo, Beatriz Magalhães, Emanuel Bezerra, Alane Sales, Luís Magalhães, Mila Luryan, Vitória Régia, Mauricio Gomes** pela convivência, troca de conhecimentos e pelas experiências compartilhadas, que contribuíram significativamente para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor **Francisco Marlon Carneiro Feijó**, exemplo de mestre e de profissional dedicado, cuja postura ética, sabedoria e empenho em ensinar inspiram a todos que têm o privilégio de aprender com ele. À professora e orientadora **Nilza Dutra Alves**, que, neste processo, foi além do papel de orientadora. Mulher virtuosa, exemplo de competência, sensibilidade e humanidade qualidades raras e admiráveis, que marcaram profundamente esta trajetória acadêmica e pessoal.

RESUMO

As infecções relacionadas à assistência à saúde representam um desafio significativo para a saúde pública, comprometendo a qualidade do atendimento, aumentando o tempo de internação e elevando os custos hospitalares. Nesse contexto, estratégias de limpeza e desinfecção de superfícies devem ser compreendidas como medidas essenciais na prevenção da disseminação de microrganismos, especialmente bactérias multirresistentes como *Pseudomonas aeruginosa*. Neste contexto o objetivo deste estudo foi avaliar a ação antimicrobiana de um desinfetante à base de extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis* (clone I144), em diferentes superfícies hospitalares. Trata-se de um estudo quantitativo, experimental, analítico e básico, no qual foram coletadas amostras de superfícies da Unidade de Terapia Intensiva (UTI) do Hospital Regional Rafael Fernandes, em Mossoró, Rio Grande do Norte. As amostras foram processadas no Laboratório de Microbiologia Veterinária (LAMIV/UFERSA), onde se avaliou a Concentração Inibitória Mínima (CIM) e a Concentração Bactericida Mínima (CBM) do extrato frente a isolados de *Pseudomonas aeruginosa*. As concentrações testadas variaram de 50% até 0,019% (50; 25; 12,5; 6,25; 3,125; 1,56; 0,78; 0,39; 0,019 de extrato), sendo analisadas por meio de microdiluição em placa em triplicata. Posteriormente, foram realizados experimentos em ambiente hospitalar, aplicando-se o extrato na concentração de 50% determinada *in vitro*, com coletas de amostras antes e após a aplicação, durante sete dias consecutivos, em intervalos de 12 horas. Os resultados demonstraram que, antes da aplicação, 52% das amostras apresentaram crescimento bacteriano, com destaque para bombas de infusão, ventiladores mecânicos e monitores. Após a aplicação do extrato, observou-se eliminação total do crescimento bacteriano em todas as superfícies avaliadas. Esse achado comprova a eficácia antimicrobiana do extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis* (clone I144) em condições reais de uso, corroborando os resultados obtidos *in vitro*. Conclui-se que o extrato pirolenhoso se apresenta como uma alternativa promissora, eficaz e sustentável para a desinfecção de superfícies hospitalares, podendo complementar ou substituir produtos químicos tradicionais. Sua utilização representa uma estratégia inovadora de baixo custo, com potencial para contribuir na redução das infecções hospitalares e na melhoria da segurança nos ambientes de saúde. Contudo, recomenda-se o aprimoramento do produto quanto ao odor característico e à avaliação de possíveis efeitos tóxicos em uso contínuo e prolongado, a fim de assegurar sua segurança e aceitabilidade para uso rotineiro em ambientes hospitalares.

Palavras-chave: Unidade de Terapia Intensiva; Desinfecção; Extratos Vegetais; Saneantes.

ABSTRACT

Healthcare-associated infections (HAIs) represent a major challenge to public health worldwide, as they compromise the quality of care, prolong hospital stays, and substantially increase healthcare costs. In this context, effective cleaning and surface disinfection strategies are essential measures for preventing the dissemination of pathogenic microorganisms, particularly multidrug-resistant bacteria such as *Pseudomonas aeruginosa*. Therefore, the aim of this study was to evaluate the antimicrobial activity of a disinfectant based on pyroligneous extract obtained from *Eucalyptus urograndis* (clone I144) on different hospital surfaces. This is a quantitative, experimental, analytical, and basic study. Surface samples were collected from the Intensive Care Unit (ICU) of the Hospital Regional Rafael Fernandes, located in Mossoró, Rio Grande do Norte, Brazil. The samples were processed at the Veterinary Microbiology Laboratory (LAMIV/UFERSA), where the Minimum Inhibitory Concentration (MIC) and Minimum Bactericidal Concentration (MBC) of the extract were determined against *Pseudomonas aeruginosa* isolates. The concentrations tested ranged from 50% to 0.019% (50, 25, 12.5, 6.25, 3.125, 1.56, 0.78, 0.39, and 0.019%) using the broth microdilution method in triplicate. Subsequently, in situ experiments were conducted in the hospital environment using the extract at a concentration of 50%, as defined by the in vitro assays. Surface samples were collected before and after application of the extract over seven consecutive days, at 12-hour intervals. Prior to disinfection, bacterial growth was detected in 52% of the samples, with higher contamination observed on infusion pumps, mechanical ventilators, and patient monitors. After application of the pyroligneous extract, complete elimination of bacterial growth was observed on all evaluated surfaces. These findings demonstrate the antimicrobial effectiveness of the *Eucalyptus urograndis* (clone I144) pyroligneous extract under real-use hospital conditions, corroborating the in vitro results. In conclusion, the pyroligneous extract represents a promising, effective, and sustainable alternative for hospital surface disinfection, with potential to complement or replace conventional chemical disinfectants. Its use constitutes an innovative and low-cost strategy that may contribute to the reduction of healthcare-associated infections and to improved safety in healthcare environments. However, further studies are recommended to address the characteristic odor of the product and to evaluate possible toxic effects associated with continuous and prolonged use, in order to ensure its safety and acceptability for routine hospital application.

Keywords: Intensive Care Unit; Disinfection; Plant Extracts; Sanitizing Agents.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

FIGURA

Figura 1	– Árvore de <i>Eucalyptus urograndis</i> (clone I144).....	48
Figura 2	– Fluxograma da metodologia aplicada no estudo.....	52
Figura 3	– Representação da coleta das amostras e moldura de plástico	54
Figura 4	– Representação da coleta das amostras e moldura de plástico	55
Figura 5	– Bacilos Gram-negativos isolados de amostra hospitalar (coloração de Gram, 1000x).....	55
Figura 6	– Antibiógrama realizados no laboratório de microbiologia veterinária (Lamiv), para testar sensibilidade das cepas identificadas no espaço hospitalar, conforme os critérios de interpretação do BrCAST (2024).....	56
Figura 7	– Placa de microdiluição em caldo (96 poços) utilizada para determinação da Concentração Inibitória Mínima (CIM) e Concentração Bactericida Mínima (CBM) dos microrganismos frente às 9 concentrações do agente testado (50% até 0,019%) do extrato pirolenhoso de <i>Eucalyptus urograndis</i> . Observa-se a variação de turbidez e translucidez nos poços, indicando o crescimento ou inibição microbiana, de acordo com as leituras realizadas no leitor de microplacas.....	59

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

GRÁFICO

- Gráfico 1 – Quantificação do crescimento bacteriano em diferentes superfícies hospitalares da Unidade de Terapia Intensiva (UTI) do Hospital Rafael Fernandes, em Mossoró/RN, no período de 2024 a 2025. Os dados referem-se ao número de unidades formadoras de colônias (UFC) obtidas por meio de coletas microbiológicas padronizadas realizadas em superfícies críticas da unidade 62
- Gráfico 2 – Distribuição do crescimento de *Pseudomonas aeruginosa* em diferentes superfícies hospitalares da Unidade de Terapia Intensiva (UTI) do Hospital Rafael Fernandes, em Mossoró/RN, no período de 2024 a 2025. Dados obtidos por meio de coletas microbiológicas em superfícies previamente determinadas, com identificação e quantificação das unidades formadoras de colônias (UFC)(1)67
- Gráfico 3 – Distribuição dos resultados do teste de sensibilidade antimicrobiana (antibiograma) realizado segundo os critérios de interpretação do BrCAST (2024). Foram testados os antibióticos imipenem, tobramicina, aztreonam, ceftazidima, piperacilina + tazobactam, cefepime e ciprofloxacino. Os resultados estão expressos como sensível (S), intermediário (I), resistente (R) ou não testado (-)..... 73

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

QUADROS

- Quadro 1 – Produtos de limpeza e desinfecção de superfícies utilizados em serviços de saúde: tipos, espectro de ação e recomendações de uso..... 42
- Quadro 2 – Classificação das áreas hospitalares em críticas, semicríticas e não críticas, conforme critérios estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), considerando o risco de transmissão de infecções e a necessidade de medidas de limpeza e desinfecção diferenciadas..... 44
- Quadro 3 – Principais compostos fenólicos do extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis* e suas propriedades..... 50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Avaliação microbiológica das amostras coletadas em diferentes superfícies hospitalares da Unidade de Terapia Intensiva (UTI) do Hospital Rafael Fernandes, em Mossoró/RN, no período de 2024 a 2025. Os dados referem-se à presença e quantificação de crescimento bacteriano em UFC (1), identificadas por meio de coletas padronizadas em superfícies críticas da UTI.....	65
Tabela 2	– Concentração Inibitória Mínima (CIM) e Concentração Bactericida Mínima (CBM) frente as bactérias <i>Pseudomonas aeruginosa</i> isoladas de UTI após 24 horas do tratamento com o extrato pirolenhoso de <i>Eucalyptus urograndis</i>	70
Tabela 3	– Perfil de resistência por cepas <i>Pseudomonas aeruginosa</i> isoladas de UTI. Resultados expressos: R = Resistente; I = Intermediário; S = Sensível, de acordo com os critérios do CLSI.....	72
Tabela 4	– Quantificação da área com crescimento bacteriano em superfícies hospitalares da Unidade de Terapia Intensiva do Hospital Rafael Fernandes em Mossoró/RN, antes da aplicação do desinfetante à base de extrato pirolenhoso de <i>Eucalyptus urograndis</i>	77
Tabela 5	– Demonstrativo do crescimento bacteriano gram negativas identificado em amostras coletadas de superfícies hospitalares da Unidade de Terapia Intensiva do Hospital Rafael Fernandes, em Mossoró/RN, antes e após da aplicação do desinfetante à base de extrato pirolenhoso de <i>Eucalyptus urograndis</i>	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PCIH	Programa de Controle de Infecções Hospitalares
IH	Infecções Hospitalares
CCIH	Comissões de Controle de Infecção Hospitalar
IRAS	Infecções Relacionadas à Assistência à Saúde
AP	Ácido Pirolenhoso
EPEU	Extrato Pirolenhoso de <i>Eucalyptus urograndis</i>
ANVISA	Agencia Nacional de Vigilância em Sanitária
OMS	Organização Mundial da Saúde
UTI	Unidade de Terapia Intensiva
PA	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
KPC	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
VAP	Ventilação Mecânica
PNPIC	Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares
PND	Plano Nacional de Desenvolvimento
EP	Extrato Pirolenhoso
BHI	Brain Heart Infusion
CIM	Concentração Inibitória Mínima CIM
CBM	Concentração Bactericida Mínima CBM
BIC	Bomba de Infusão
UFC	Unidades Formadoras de Colônias UFC

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	33
2 OBJETIVOS.....	36
2.1 Objetivo geral.....	36
2.2 Objetivos específicos.....	36
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	37
3.1 Infecção hospitalar	37
3.2 Bactérias hospitalares e resistência aos antimicrobianos	38
3.3 Métodos tradicionais de desinfecção.....	41
3.4 Tipos de limpezas hospitalares	42
3.4.1 Definições de Áreas.....	43
3.5 <i>Pseudomonas aeruginosa</i> : bactéria multirresistente.....	45
3.6 Produtos Naturais Com Atividade Antimicrobiana.....	46
3.7 Extrato pirolenhoso de <i>Eucalyptus urograndis</i>	47
3.7.1 Compostos fenólicos do extrato pirolenhoso <i>Eucalyptus urograndis</i>	49
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	51
4.1 Tipo de pesquisa.....	51
4.2 Design experimental	52
4.3 População do estudo	53
4.4 Área e local de estudo	53
4.5 Coletas das amostras	54
4.6 Processamento e identificações das amostras	55
4.7 Antibiograma das cepas de <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	56
4.8 Obtenção do extrato pirolenhoso do <i>Eucalyptus urograndis</i>	57
4.9 Eficiência do extrato pirolenhoso <i>in vitro</i> teste de microdiluição em Superfícies.....	58
4.10 Formulação do desinfetante a base de extrato pirolenhoso do <i>Eucalyptus urograndis</i>	59
4.11 Eficiência do extrato pirolenhoso <i>Eucalyptus urograndis in loco</i>	60
4.12 Cartilha educativa: Prevenção de infecções hospitalares por superfícies contaminadas	60
4.13 Análises dos dados estatística	61
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	62
5.1 Contagem e identificação dos microrganismos.....	62
5.2 Testes <i>in vitro</i>	69
5.3 Formulação do desinfetante a base do extrato pirolenhoso de <i>Eucalyptus urograndis</i>	76
5.4 Análise eficácia do desinfetante a base extrato pirolenhoso de <i>Eucalyptus urograndis</i>	77

6 CONSIDERAÇÕES FINAL.....	82
REFERÊNCIAS.....	83
APÊNDICE 1 – Cartilha Educativa Prevenção de Infecções Hospitalares por Superfícies Contaminadas.....	92

1 INTRODUÇÃO

As infecções hospitalares surgiram como uma preocupação significativa na assistência em saúde desde a criação das primeiras instituições de tratamento, bem como com o desenvolvimento de procedimentos diagnósticos e terapêuticos que se tornaram cada vez mais invasivos. Estas infecções, ocorrem durante a internação hospitalar, são reconhecidas como um grave problema de saúde pública, contribuindo para o aumento da morbidade e mortalidade, especialmente em virtude da resistência crescente de microrganismos a antibióticos e outros tratamentos (Giarola *et al.*, 2012).

Em resposta a esse desafio, o Ministério da Saúde do Brasil instituiu o Programa de Controle de Infecções Hospitalares (PCIH), uma rede de ações destinada a reduzir a incidência e a gravidade das infecções hospitalares (IH) (Brasil, 1998). Dentro dessa iniciativa, as Comissões de Controle de Infecção Hospitalar (CCIH) foram estabelecidas nas unidades de saúde para implementar e monitorar as medidas de prevenção e controle de infecções. Este esforço reflete um compromisso em melhorar a segurança e a qualidade dos serviços de saúde, protegendo pacientes e profissionais da exposição a agentes infecciosos.

As infecções relacionadas à assistência à saúde (IRAS) podem ser substancialmente reduzidas ou até evitadas por meio da vigilância epidemiológica, que identifica as causas principais e orienta a aplicação de práticas preventivas eficazes (Alvim, Couto, Gazzinelli, 2023). É essencial, nesse processo, considerar tanto as características dos agentes infecciosos quanto as condições do ambiente hospitalar, uma vez que superfícies contaminadas, a permanência prolongada de microrganismos no ambiente e a contaminação das mãos são fatores críticos de transmissão (Anelo, Caregnato, 2024).

A adoção de uma abordagem multidisciplinar é crucial para o controle das IRAS, englobando não apenas os aspectos clínicos, mas também as condições do ambiente hospitalar que contribuem para a disseminação de infecções. Nesse sentido, táticas de limpeza e desinfecção de superfícies em serviços de saúde devem ser implementadas considerando o grau de contato direto com os profissionais de saúde e pacientes, a frequência de contato com as mãos, e a probabilidade de contaminação por matéria orgânica ou outros agentes ambientais (Brasil, 2010). É importante destacar que as superfícies ambientais representam um reservatório potencial para microrganismos, incluindo os resistentes a múltiplas drogas.

No período recente, a taxa de infecções relacionadas à assistência à saúde (IRAS) nos países em desenvolvimento situa-se entre 7% e 10%, chegando a quase 48 casos por 1.000

dias-paciente em UTIs brasileiras, valores muito superiores aos observados em países de alta renda (~14/1.000).

As IRAS constituem um dos principais problemas de segurança do paciente em âmbito global, apresentando maior magnitude em países de média e baixa renda. Nessas regiões, a elevada incidência de IRAS está diretamente relacionada à complexidade do cuidado, ao uso frequente de dispositivos invasivos e à pressão seletiva exercida pelo uso intensivo e, muitas vezes, inadequado de antimicrobianos. Esse cenário favorece a emergência e disseminação de microrganismos multirresistentes, destacando-se *Pseudomonas aeruginosa* como um dos patógenos mais relevantes no contexto hospitalar, especialmente em unidades de terapia intensiva (Oliveira; Bustamante; Besen, 2022).

A *Pseudomonas aeruginosa* é um bacilo Gram-negativo oportunista amplamente associado às IRAS, como pneumonias associadas à ventilação mecânica, infecções da corrente sanguínea e infecções do trato urinário relacionadas a cateteres. Sua relevância epidemiológica decorre não apenas de sua elevada frequência nos serviços de saúde, mas principalmente de sua notável capacidade de desenvolver resistência a múltiplas classes de antimicrobianos. Essa resistência está relacionada a mecanismos intrínsecos e adquiridos, como produção de β -lactamases (incluindo metalo- β -lactamases), redução da permeabilidade da membrana externa, superexpressão de bombas de efluxo e formação de biofilmes, fatores que dificultam o tratamento e aumentam a persistência do patógeno no ambiente hospitalar (Araújo *et al.*, 2020).

Diversos estudos demonstram que a alta incidência de IRAS está diretamente associada ao aumento da resistência antimicrobiana, uma vez que o ambiente hospitalar funciona como um reservatório e amplificador de cepas resistentes. Em UTIs, onde a densidade de procedimentos invasivos e o consumo de antimicrobianos são elevados, *Pseudomonas aeruginosa* frequentemente apresenta perfis de multirresistência ou resistência extensiva, incluindo resistência a carbapenêmicos, considerados antimicrobianos de última linha (ANVISA, 2023; WHO, 2017). Essa situação resulta em maiores taxas de morbimortalidade, prolongamento do tempo de internação e elevação dos custos assistenciais.

A introdução de antimicrobianos e antissépticos surgiu como uma resposta inicial para inibir a proliferação de microrganismos patogênicos, mas o uso indiscriminado dessas substâncias contribuiu para o aumento da resistência bacteriana, destacando a necessidade de práticas de controle complementares e inovadoras (Budeneck, Tolotti, Vidal, 2018). Diante desse cenário, o estudo de agentes naturais, como o extrato pirolenhoso de *Eucalyptus*

urograndis, oferece uma abordagem promissora e sustentável para complementar as estratégias de controle de infecções hospitalares, em especial devido ao crescente uso de plantas medicinais como alternativas terapêuticas ao longo da história.

Um dos principais produtos líquidos oriundos da pirólise da madeira é o extrato pirolenhoso (EP) (Pimenta et al., 2018). O extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis* é obtido a partir do processo de decomposição térmica da madeira em condições de baixa disponibilidade de oxigênio, sendo constituído por uma complexa mistura de compostos orgânicos bioativos. Diversos estudos têm demonstrado que esses compostos apresentam propriedades antimicrobianas relevantes, evidenciando o potencial do extrato pirolenhoso como agente de controle microbiológico (Sena et al., 2014; Lourenço et al., 2021).

A escolha do *Eucalyptus urograndis* como matéria-prima para obtenção do extrato pirolenhoso justifica-se por suas características silviculturais, químicas e tecnológicas amplamente documentadas na literatura. Trata-se de um híbrido amplamente cultivado no Brasil, especialmente destinado à produção de biomassa florestal, apresentando rápido crescimento, alta produtividade e elevada disponibilidade de resíduos lenhosos, o que favorece sua utilização em processos termoquímicos, como a pirólise (Gonçalves et al., 2013; Indústria Brasileira de Árvores, 2022).

Além disso, estudos indicam que o extrato pirolenhoso obtido de espécies do gênero *Eucalyptus* apresenta maior concentração de compostos fenólicos e ácidos orgânicos quando comparado a outras espécies florestais, substâncias diretamente associadas à atividade antimicrobiana (Sena et al., 2014; Lourenço et al., 2021). Pesquisas específicas com *Eucalyptus urograndis* demonstram que seu extrato pirolenhoso possui potencial bactericida significativo frente a microrganismos de interesse sanitário, reforçando sua aplicabilidade como alternativa sustentável para o controle microbiológico (Pimenta et al., 2018; Souza et al., 2020). Dessa forma, a escolha dessa espécie não é aleatória, mas fundamentada em evidências científicas que indicam maior eficiência biológica e viabilidade tecnológica para fins sanitários.

Em que medida o extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis*, empregado como componente ativo de um bactericida, apresenta eficácia no controle microbiológico de superfícies hospitalares, configurando-se como uma alternativa viável aos desinfetantes convencionais?

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Aplicar o desinfetante a base do extrato pirolenhoso do *Eucalyptus urograndis* em *Pseudomonas aeruginosa* em UTI.

2.2 Objetivos específicos

- Isolar e analisar o perfil de resistência das cepas hospitalares de *P. aeruginosa*;
- Analisar *in vitro* a ação antibacteriana do extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis* em *P. aeruginosa* hospitalares;
- Elaborar uma cartilha educativa: prevenção de infecção hospitalares por superfícies contaminadas.
- Formular a base do extrato pirolenhoso de *E. urograndis*, um desinfetante líquido.
- Verificar a ação bactericida nas superfícies de ambientes hospitalares contaminados com *Pseudomonas aeruginosa*;

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Infecção hospitalar

As IRAS constituem um problema antigo que remonta aos primeiros estabelecimentos de saúde. Desde as civilizações mais remotas até os dias atuais, essas infecções têm sido uma preocupação constante devido ao seu impacto significativo na morbidade e mortalidade dos pacientes. Na ausência de conhecimento sobre a transmissão de doenças e práticas de higiene e controle adequadas, as infecções se disseminavam com grande facilidade, contribuindo para elevadas taxas de mortalidade (Santos, 2004).

IRAS é, por definição, uma infecção adquirida após a admissão do paciente no ambiente hospitalar, podendo se manifestar durante o período de internação ou mesmo após a alta. Esse tipo de infecção representa um grave problema de saúde pública, associando-se ao aumento expressivo das taxas de mortalidade e ao prolongamento das hospitalizações (Silva, Rodrigues, 2024). No contexto atual, em que há uma crescente resistência de patógenos ao uso de antimicrobianos, as infecções hospitalares tornaram-se ainda mais preocupantes. A utilização frequente e massiva de antibióticos e antissépticos em ambientes hospitalares propicia um ambiente onde patógenos, cada vez mais resistentes, evoluem e se disseminam. Esse cenário exige a implementação de novas estratégias e métodos para minimizar, ou mesmo prevenir, os casos de infecção (Gomes, Moraes, 2018).

Apesar dos avanços expressivos em microbiologia e das iniciativas de controle de infecções, as IRAS continuam sendo um desafio crítico para os sistemas de saúde no mundo. A prevenção e o controle dessas infecções são essenciais para garantir a segurança e o bem-estar dos pacientes, configurando uma prioridade nas políticas e práticas de saúde pública (Costa, 2009).

As IRAS afetam uma variedade de ambientes, incluindo hospitais, clínicas, consultórios e unidades de assistência a longo prazo. Elas podem ser causadas por uma ampla gama de agentes infecciosos, como bactérias, vírus, fungos e outros microrganismos, que representam um risco constante para a saúde dos pacientes (Gomes e Moraes, 2018). Além dos impactos diretos, as IRAS geram complicações graves, prolongam o tempo de internação, elevam os custos dos tratamentos e, em casos extremos, podem ser fatais. Essas infecções comprometem também a eficácia dos tratamentos médicos, principalmente em pacientes com sistema imunológico debilitado (Oliveira, Damasceno, 2010).

Para reduzir a incidência de IRAS, é imperativo adotar medidas preventivas rigorosas, tais como higienização constante e correta das mãos, uso adequado de equipamentos de

proteção individual, manutenção rigorosa da limpeza e desinfecção das áreas hospitalares, uso racional de antimicrobianos e práticas assépticas durante os procedimentos. Tais medidas, combinadas, constituem uma abordagem fundamental para enfrentar o desafio das IRAS, protegendo a saúde dos pacientes e dos profissionais nos serviços de saúde.

3.2 Bactérias hospitalares e resistência aos antimicrobianos

As bactérias têm funções essenciais na vida terrestre, desempenhando papéis fundamentais em ecossistemas e na saúde humana. Presentes em quase todos os ambientes do solo aos oceanos e nas superfícies corporais de humanos e animais elas constituem uma parte vital da natureza. Na saúde, muitas bactérias são inofensivas e algumas são benéficas, colaborando para processos como a digestão, produção de vitaminas e até proteção contra patógenos nocivos (Santos, 2004). O estudo da diversidade e função bacteriana é crucial para a ciência, impactando áreas como medicina, agricultura e ecologia.

A literatura científica, juntamente com relatórios de vigilância epidemiológica da ANVISA e da Organização Mundial da Saúde (OMS), identifica um conjunto de patógenos de alta relevância clínica e epidemiológica no contexto das IRAS. Esses microrganismos são, em grande parte, oportunistas, capazes de colonizar superfícies inanimadas, dispositivos médicos e ambientes com grande circulação de pacientes vulneráveis, como as Unidades de Terapia Intensiva (UTIs). Dentre os patógenos mais frequentes destacam-se:

Pseudomonas aeruginosa: Considerada uma das principais causas de infecções em UTIs, apresenta elevada capacidade de sobreviver em superfícies úmidas, formar biofilmes e desenvolver resistência múltipla. É frequentemente associada a pneumonias associadas à ventilação mecânica, infecções urinárias e bacteremias.

Acinetobacter baumannii: Altamente persistente em superfícies inanimadas e de rápida disseminação em ambientes críticos. Está associado a surtos hospitalares e a infecções graves, como meningite, pneumonia e sepse.

Klebsiella pneumoniae: Destaca-se pela produção de carbapenemases (KPC), enzimas que tornam ineficazes antibióticos de última linha. É responsável por infecções pulmonares, urinárias e de corrente sanguínea de difícil tratamento.

Escherichia coli ESBL (beta-lactamase de espectro estendido): Frequentemente associada a infecções urinárias e septicemias, possui elevada capacidade de troca de genes de resistência.

Staphylococcus aureus resistente à meticilina (MRSA): Um dos patógenos mais prevalentes em hospitais, pode causar desde abscessos cutâneos até infecções sistêmicas graves. Sua transmissão ocorre tanto por contato direto quanto por superfícies contaminadas.

Enterococcus faecium resistente à vancomicina (VRE): Associado especialmente a pacientes imunocomprometidos e portadores de dispositivos invasivos.

O conjunto desses microrganismos compõe a lista de prioridade crítica da OMS para desenvolvimento de novas abordagens antimicrobianas (OMS, 2017), o que evidencia a necessidade global de métodos alternativos para prevenção e controle dessas infecções, novos agentes desinfetantes, tecnologias inovadoras e intervenções baseadas em compostos naturais.

Contudo, a resistência bacteriana emergiu como um fenômeno preocupante e complexo, especialmente no campo da medicina moderna. À medida que as bactérias evoluem, algumas desenvolvem mecanismos de defesa que lhes permitem sobreviver aos tratamentos antimicrobianos, originalmente formulados para eliminá-las. Essa resistência pode ocorrer naturalmente, por meio de mutações espontâneas, mas é amplamente acelerada pelo uso indiscriminado e inadequado de antibióticos em seres humanos, na medicina veterinária e na agricultura. Esse problema gera uma pressão evolutiva que favorece a seleção de bactérias resistentes, resultando em patógenos difíceis de combater e portanto, multirresistentes.

A ANVISA define como multirresistentes aqueles micro-organismos que demonstram resistência a múltiplas classes de antimicrobianos testados em exames microbiológicos. As infecções provocadas por esses organismos representam um desafio crítico para a saúde pública global, estando associadas a um aumento significativo da morbidade e mortalidade, além de elevarem substancialmente os custos dos cuidados de saúde (Cangussu, 2020).

Belay *et al.* (2024) descrevem os principais mecanismos moleculares que facilitam o desenvolvimento de resistência antibacteriana em bactérias patogênicas, incluindo alterações estruturais de alvos, bombas de efluxo e formação de biofilmes, mecanismos que multiplicam a capacidade de sobrevivência bacteriana frente ao uso de antimicrobianos e que estão diretamente associados aos fenótipos clínicos de resistência como multidrug-resistant (MDR), extensively drug-resistant (XDR) e pandrug-resistant (PDR). Essa classificação de resistência, que tem aplicação epidemiológica e clínica para microrganismos como *Pseudomonas aeruginosa*, segue os critérios internacionalmente propostos por Magiorakos *et al.*, segundo os quais MDR indica resistência a $\geq$ três classes de antibióticos, XDR resistência quase

completa e PDR resistência a todas as classes testadas (Belay *et al.*, 2024; Magiorakos *et al.*, 2012).

A resistência bacteriana em hospitais é resultado de um conjunto multifatorial de condições, envolvendo aspectos biológicos, clínicos, estruturais e sociopolíticos. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2017) e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2021), a pressão seletiva causada pelo uso intensivo de antimicrobianos e a alta circulação de pacientes críticos favorecem a seleção e disseminação de cepas multirresistentes no ambiente hospitalar. A seguir, apresentam-se as principais causas identificadas:

- Uso inadequado de antimicrobianos (prescrição excessiva ou incorreta): A prescrição de antibióticos sem indicação precisa, o uso empírico prolongado e a escolha inadequada do fármaco contribuem para seleção de cepas resistentes. Estudos apontam que até 50% do uso de antibióticos no ambiente hospitalar é inadequado (CDC, 2024).
- Uso profilático prolongado em pacientes críticos: Pacientes em UTI frequentemente recebem antibióticos de amplo espectro para prevenir infecções associadas a ventilação mecânica, cateterismo e outras intervenções invasivas. Quando o uso é prolongado, há maior risco de surgimento de microrganismos multirresistentes, como *Pseudomonas aeruginosa* e *Acinetobacter baumannii* (Oliveira, Santos, Oliveira, 2021).
- Falhas em práticas de higiene e desinfecção de superfícies: Superfícies hospitalares, quando não adequadamente desinfetadas, podem manter patógenos vivos por longos períodos. *Pseudomonas aeruginosa*, por exemplo, pode sobreviver por até 16 meses em ambientes secos ou úmidos, de acordo com revisão sistemática de Kramer, Schwebke e Kampf (2006).
- Mau uso de dispositivos invasivos: Cateteres venosos centrais, sondas vesicais, tubos endotraqueais e próteses constituem portas de entrada para bactérias, além de favorecerem formação de biofilmes — comunidades bacterianas resistentes à maioria dos antimicrobianos (Oliveira *et al.*, 2016).
- Transferência horizontal de genes de resistência: Bactérias hospitalares, especialmente PA e KPC, apresentam elevada capacidade de troca genética por conjugação, transdução, transformação. Isso permite a rápida disseminação de genes como blaKPC, blaNDM e mcr-1, ampliando a dificuldade terapêutica (Zhang *et al.*, 2020).
- Uso de antimicrobianos na pecuária e agricultura: Antibióticos empregados como promotores de crescimento animal retornam ao ambiente e podem atingir humanos,

contribuindo para resistência cruzada. A OMS estima que, em alguns países, o consumo de antibióticos em animais supera o uso humano (WHO, 2017).

3.3 Métodos tradicionais de desinfecção

O ambiente hospitalar desempenha um papel fundamental na cadeia de transmissão de infecções, dada a capacidade de muitos agentes infecciosos de sobreviverem longos períodos em superfícies, colonizarem pacientes de forma assintomática e contaminarem temporariamente as mãos dos profissionais de saúde. Controlar essa disseminação, a implementação de estratégias rigorosas de limpeza e desinfecção é essencial em ambientes.

Essas estratégias de desinfecção devem considerar fatores como a frequência e o tipo de contato que as superfícies têm com as mãos dos profissionais de saúde, o potencial de contato direto com os pacientes e a probabilidade de contaminação por matéria orgânica ou outras fontes ambientais. Superfícies frequentemente tocadas, especialmente as próximas aos pacientes, têm maior chance de contaminação, o que as torna pontos críticos para a transmissão de patógenos. Portanto, práticas rigorosas de desinfecção e higiene são fundamentais para reduzir a propagação de infecções hospitalares e proteger tanto os pacientes quanto os profissionais de saúde envolvidos (Anelo, Caregnato, 2018).

Apesar do uso constante de desinfetantes, antissépticos e quimioterápicos, ainda podem existir condições favoráveis para a proliferação de microrganismos, especialmente em casos de pacientes imunocomprometidos, que são mais vulneráveis a infecções. A limpeza e a desinfecção adequadas são, portanto, cruciais no controle de infecções hospitalares, assegurando a assepsia dos ambientes e a segurança dos pacientes e das equipes de saúde.

A desinfecção é um processo que pode ser físico ou químico, destinado a eliminar a maioria dos microrganismos patogênicos em objetos e superfícies inanimadas. No entanto, certos esporos bacterianos exigem agentes químicos específicos, tempos de exposição prolongados e concentrações ajustadas para sua completa eliminação, destacando a necessidade de adequação dos métodos para alcançar uma desinfecção eficaz em ambientes hospitalares (Santa *et al.*, 2012).

O uso de desinfetantes adequados é uma das principais medidas para a prevenção e controle de infecções hospitalares, especialmente em ambientes onde há um maior risco de contaminação, como unidades de terapia intensiva, centros cirúrgicos e outros setores de assistência a pacientes vulneráveis. O Quadro 1, apresentado a seguir, ilustra os principais produtos de limpeza e desinfecção recomendados pela ANVISA, para superfícies em serviços

de saúde, destacando a importância da escolha de agentes químicos adequados para cada situação, considerando tanto a eficácia contra uma ampla gama de microrganismos quanto a segurança no uso.

Além disso, a seleção correta do desinfetante deve levar em conta o tipo de sujidade presente, o nível de criticidade da área e o tempo de contato necessário para a ação microbicida. A adoção de protocolos padronizados contribui para reduzir falhas operacionais e garantir maior uniformidade nos processos de higienização. Assim, o uso racional e orientado desses produtos fortalece as ações de biossegurança e minimiza a transmissão de patógenos em ambientes assistenciais.

Quadro 1: Produtos de limpeza e desinfecção de superfícies utilizados em serviços de saúde: tipos, espectro de ação e recomendações de uso.

PRODUTOS DE LIMPEZA/ DESINFECÇÃO	INDICAÇÃO DE USO	MODO DE USAR
Água	Limpeza para remoção de sujidade	Técnica de varredura úmida ou retirada de pó
Água e sabão ou detergente		Friccionar o sabão ou detergente sobre a superfície
Água		Enxaguar e secar
Alcool a 70%	Desinfecção de equipamentos e superfícies	Fricções sobre a superfície a ser desinfetada
Compostos fenólicos	Desinfecção de equipamentos e superfície	Após a limpeza, imersão ou fricção. Enxaguar e secar
Quaternário de amônia	Desinfecção de equipamentos e superfícies	Após a limpeza, imersão ou fricção. Enxaguar e secar
Compostos liberadores de cloro ativo	Desinfecção de superfícies não-metálicas e superfícies com matéria orgânica	Após a limpeza, imersão ou fricção. Enxaguar e secar
Oxidantes Ácido peracético (associado ou não a peróxido de hidrogênio)	Desinfecção de superfícies	Após a limpeza, imersão ou fricção. Enxaguar e secar

Fonte: ANVISA (2010)

3.4 Tipos de limpezas hospitalares

As limpezas hospitalares são classificadas de acordo com sua abrangência, frequência e objetivos específicos (Brasil, 2021):

- Limpeza concorrente - Esta é uma limpeza de rotina, realizada geralmente de forma diária, que inclui a limpeza de pisos, instalações sanitárias, superfícies horizontais de equipamentos e mobiliário, bem como o esvaziamento e troca de recipientes de lixo e roupas. Envolve

também a manutenção e reposição de materiais de consumo, como papel toalha, sabonete líquido e papel higiênico. Em áreas críticas, esse tipo de limpeza pode ser realizado com maior frequência, até uma vez por hora, para garantir um ambiente seguro e asseado.

- Limpeza imediata ou descontaminação - Esse tipo de limpeza ocorre em resposta a sujidades específicas, especialmente em áreas críticas e semicríticas, sempre que há uma contaminação acidental após a limpeza concorrente. A descontaminação é aplicada para remover sujidades de origem orgânica, química ou radioativa que apresentem risco de contaminação. A técnica de limpeza empregada depende do tipo e do grau de risco da sujidade encontrada, visando minimizar rapidamente a possibilidade de disseminação.
- Limpeza de manutenção - Focada em áreas de grande circulação e de alta rotatividade, como pronto-socorros e ambulatórios, a limpeza de manutenção inclui elementos da limpeza concorrente, como higienização de pisos, banheiros e esvaziamento de lixeiras. Realizada em três períodos do dia (manhã, tarde e noite), essa limpeza é feita de forma contínua e com vistorias regulares para assegurar condições ideais nesses ambientes.
- Limpeza terminal - Essa é uma limpeza mais completa, que abrange todas as superfícies do ambiente, horizontal e verticalmente, incluindo pisos, paredes, equipamentos, mobiliário (camas, macas e colchões), janelas, portas, varandas, grades de ar-condicionado, luminárias e até o teto. A frequência da limpeza terminal varia de acordo com a área e a necessidade específica de cada setor. Por exemplo, a limpeza terminal de um leito deve ser realizada logo após a alta, transferência ou óbito do paciente. Em centros cirúrgicos, essa limpeza é feita diariamente após o término das cirurgias eletivas para garantir a assepsia e segurança do local

3.4.1 Definições de Áreas

Dada a diversidade de atividades realizadas em um serviço de saúde, é essencial a definição de áreas específicas para atender às diferentes demandas administrativas e operacionais de forma segura e organizada. Essas atividades incluem desde o acolhimento do paciente e de sua família durante a admissão, passando pela acomodação e realização de exames, até a execução de procedimentos cirúrgicos de variados níveis de complexidade. Para minimizar o risco de transmissão de infecções, as áreas dos serviços de saúde foram classificadas em três categorias: áreas críticas, semicríticas e não-críticas (Brasil, 2010).

A definição e organização dessas áreas são fundamentais para a prevenção e controle de infecções hospitalares, pois cada categoria apresenta diferentes níveis de risco associados às atividades realizadas e à vulnerabilidade dos pacientes presentes. Essa classificação orienta

a aplicação de práticas de limpeza, desinfecção e esterilização específicas para cada área, proporcionando proteção adequada para pacientes, profissionais de saúde e visitantes, conforme o nível de risco envolvido.

A classificação em áreas críticas, semicríticas e não-críticas permite a implementação de medidas mais eficazes e rigorosas, considerando o potencial de transmissão de infecções e garantindo um ambiente seguro em cada setor de atendimento. Para melhor compreensão o Quadro 2, a seguir, apresenta a classificação das áreas em críticas, semicríticas e não críticas, com base no potencial de transmissão de infecções. Esta classificação facilita a aplicação de medidas de limpeza, desinfecção e esterilização adequadas, garantindo que os pacientes, profissionais de saúde e visitantes estejam protegidos conforme o nível de risco envolvido

Quadro 2 – Classificação das áreas hospitalares em críticas, semicríticas e não críticas, conforme critérios estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), considerando o risco de transmissão de infecções e a necessidade de medidas de limpeza e desinfecção diferenciadas.

CLASSIFICAÇÕES DE ÁREAS:	DEFINIÇÕES:
Áreas críticas	Referem-se aos ambientes onde há um maior risco de transmissão de infecções, incluindo locais onde são realizados procedimentos de alto risco, com ou sem a presença de pacientes, ou onde estão internados pacientes <u>imunodeprimidos</u> . Exemplos dessas áreas incluem o Centro Cirúrgico (CC), Centro Obstétrico (CO), Unidade de Terapia Intensiva (UTI), Unidade de Diálise, Laboratório de Análises Clínicas, Banco de Sangue, Setor de Hemodinâmica, Unidade de Transplante, Unidade de Queimados, Unidades de Isolamento, Berçário de Alto Risco, Central de Material e Esterilização (CME), Lactário, Serviço de Nutrição e Dietética (SND), Farmácia e a área suja da Lavanderia.
Áreas semicríticas	Compreendem os locais ocupados por pacientes com doenças infecciosas de baixa transmissibilidade ou com doenças não infecciosas. Alguns exemplos dessas áreas são as enfermarias e apartamentos, ambulatórios, banheiros, postos de enfermagem, elevadores e corredores.
Áreas não críticas	Englobam todos os outros espaços nos estabelecimentos de saúde que não são ocupados por pacientes e onde não são realizados procedimentos de risco. Exemplos incluem vestiários, copas, áreas administrativas, almoxarifados, secretaria e sala de costura.

Fonte: ANVISA (2010)

3.5 *Pseudomonas aeruginosa*: bactéria multirresistente

O ambiente dos serviços de saúde, particularmente em áreas críticas onde pacientes gravemente debilitados são atendidos, pode facilitar a proliferação e disseminação de microrganismos patogênicos, incluindo bactérias multirresistentes. Essa dinâmica contribui para o aumento da incidência de IRAS, representando um dos maiores desafios para o controle de infecções nosocomiais.

Uma das bactérias multirresistentes de maior relevância é a *Pseudomonas aeruginosa*, um bacilo Gram-negativo, aeróbio e móvel, conhecido por sua capacidade de sobreviver em diferentes ambientes e de resistir a tratamentos antimicrobianos. Essa espécie, que não fermenta glicose, pode proliferar em superfícies hospitalares e em equipamentos médicos, o que a torna um patógeno altamente oportunista e perigoso para pacientes internados. No Brasil, *Pseudomonas aeruginosa* destaca-se como uma das principais causas de infecções hospitalares.

A *Pseudomonas aeruginosa* se destaca como patógeno oportunista em pacientes internados, especialmente em UTIs: está fortemente associada à pneumonia associada à ventilação mecânica (VAP) e infecções primárias da corrente sanguínea. Estudos multicêntricos no Brasil mostram que infecções relacionadas a dispositivos, incluindo VAP e infecções de corrente sanguínea, elevam significativamente a mortalidade hospitalar sendo a VAP responsável por 29 % do excesso de óbitos em UTIs, e as infecções de corrente sanguínea por 31,6 % (Tomazini *et al.*, 2025)

O controle de *Pseudomonas aeruginosa* é especialmente desafiador devido à sua capacidade de formar biofilmes em superfícies, o que lhe confere uma resistência adicional aos tratamentos convencionais de desinfecção. Esses biofilmes se formam principalmente em dispositivos médicos, como ventiladores e cateteres, aumentando a complexidade e persistência das infecções. Além disso, essa bactéria é amplamente reconhecida pela comunidade científica internacional como um patógeno multirresistente, devido à sua habilidade de desenvolver mecanismos de resistência a múltiplas classes de antibióticos, representando, assim, um desafio significativo para os sistemas de saúde na prevenção das IRAS (Figueredo *et al.*, 2021).

No contexto hospitalar, PA é um dos patógenos mais problemáticos para pacientes imunocomprometidos, onde infecções graves podem levar a complicações severas ou até mesmo ao óbito. Sua presença em ambientes críticos e a facilidade de transmissão reforçam a

necessidade de medidas rigorosas de controle de infecções e de novas abordagens terapêuticas para combater a resistência bacteriana e garantir a segurança dos pacientes.

3.6 Produtos naturais com atividade antimicrobiana

O Brasil é amplamente reconhecido por sua biodiversidade, sendo o país com a maior variedade genética do planeta. Estima-se que o país abrigue mais de dois milhões de espécies distintas de plantas, animais e microrganismos. Embora essa biodiversidade apresente um enorme potencial para a pesquisa e desenvolvimento de novos medicamentos, especialmente a partir de plantas, ela permanece subutilizada, com apenas uma fração explorada para fins terapêuticos (Oliveira, 20217). Estima-se que existam entre 250 mil e 500 mil espécies de plantas em todo o mundo, das quais somente uma pequena parcela foi profundamente investigada do ponto de vista fitoquímico e farmacológico. No Brasil, que abriga aproximadamente 55 mil espécies vegetais, apenas cerca de 0,4% de sua flora foi analisada quanto às propriedades químicas e potenciais terapêuticos (BRASIL, 2012). Essa lacuna destaca a necessidade de aprofundar os estudos para explorar o potencial das plantas brasileiras no desenvolvimento de medicamentos e agentes antimicrobianos naturais.

Com base nas recomendações da OMS, o Brasil aprovou, em 2006, a Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares (PNPIC) no Sistema Único de Saúde (SUS). A PNPIC estabelece diretrizes e responsabilidades para a implementação de ações e serviços em áreas como fitoterapia, acupuntura e homeopatia, integrando esses recursos à rede pública de saúde e promovendo abordagens terapêuticas complementares e alternativas.

Essas iniciativas visam ampliar as opções de tratamento para a população brasileira e fomentar uma visão holística da saúde, baseada em práticas tradicionais e evidências científicas. A PNPIC busca fortalecer o cuidado integral, promovendo a autonomia dos indivíduos e valorizando a diversidade de abordagens terapêuticas no SUS (Brasil, 2012).

Em 2018, o Ministério da Saúde atualizou a PNPIC, reafirmando a importância dessas práticas como parte da política pública de saúde e visando ampliar o acesso aos tratamentos oferecidos pelo SUS. Essa política inclui a fitoterapia, que utiliza plantas medicinais, e outras abordagens que integram conhecimentos tradicionais à medicina moderna (Brasil, 2018).

A implementação de terapias alternativas, como o uso de plantas medicinais, está alinhada às diretrizes do SUS e representa uma estratégia promissora para diversificar as práticas terapêuticas oferecidas à população. No contexto deste estudo, foi investigado o potencial antimicrobiano do extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis*, o uso de produtos

naturais como prevenção mostra-se coerente com a PNPIC e com as iniciativas voltadas para a saúde pública sustentável e inovadora no Brasil.

3.7 Extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis*

O cultivo de eucalipto no Brasil teve início em 1904, com pesquisas conduzidas por Edmundo Navarro de Andrade no Horto Florestal de Rio Claro, em São Paulo, administrado pela antiga Companhia Paulista de Estradas de Ferro. Entretanto, foi somente após a promulgação da Lei de Incentivos Fiscais ao Reflorestamento (Lei nº 5.106/1966) que houve uma expansão significativa das áreas reflorestadas com eucalipto no país. Essa legislação incentivou o crescimento do setor, estimulando o investimento em florestas plantadas e consolidando o cultivo de eucalipto como uma atividade econômica estratégica no Brasil.

Na década de 1970, o setor foi ainda mais impulsionado pelo II Plano Nacional de Desenvolvimento (PND), implementado pelo Governo Federal, que incentivou o uso do eucalipto como biomassa para combustível e matéria-prima para a fabricação de celulose e papel (Santarosa; Penteado Júnior; Goulart, 2014). Assim, a eucaliptocultura brasileira se consolidou em bases sólidas, motivada tanto pelo aproveitamento econômico quanto pela versatilidade do eucalipto em diversas indústrias.

A densidade de plantio das florestas comerciais de eucalipto desempenha um papel crucial na produtividade e qualidade do produto final, influenciando variáveis dendrométricas como altura, diâmetro e volume das árvores. Essas variáveis impactam diretamente o manejo florestal e a viabilidade econômica, especialmente quando o objetivo é a obtenção de produtos de alto valor agregado (Vera *et al.*, 2022).

No contexto desse desenvolvimento, espécies como o *Eucalyptus urograndis* ganham destaque não apenas pela produtividade, mas também por seu potencial farmacológico pouco explorado. O *Eucalyptus urograndis* é um híbrido interespecífico resultante do cruzamento entre *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*, desenvolvido com o objetivo de reunir características superiores de ambas as espécies parentais. Enquanto *E. grandis* contribui com elevado crescimento volumétrico e boa forma do fuste, *E. urophylla* agrega maior tolerância a estresses abióticos, especialmente resistência à seca, a solos de baixa fertilidade e a determinadas pragas e doenças. Esse híbrido tornou-se amplamente utilizado em sistemas de produção florestal no Brasil, sobretudo para fins industriais como celulose, papel, carvão vegetal e biomassa energética (Embrapa, 2019; Gonçalves *et al.*, 2013). Um exemplo promissor é o extrato pirolenhoso, obtido pela condensação dos vapores liberados durante a

queima controlada da madeira em alta temperatura. Esse extrato, composto por substâncias bioativas, mostra potencial para o combate a microrganismos patogênicos, com possíveis aplicações em ambientes hospitalares, onde as infecções relacionadas à assistência são um grande desafio.

A partir do melhoramento genético clonal, diversos clones de *Eucalyptus urograndis* foram selecionados visando maior produtividade, adaptação regional e qualidade da madeira. Entre esses, destaca-se o clone I144, amplamente utilizado em plantios comerciais no Brasil. O clone I144 é reconhecido por seu alto potencial produtivo, bom desempenho silvicultural em diferentes condições edafoclimáticas e uniformidade de crescimento, características essenciais para sistemas florestais intensivos (Silva *et al.*, 2020). Conforme é vista na Figura 1

Figura 1 – Árvore de *Eucalyptus urograndis*.



Fonte: PIMENTA, AS; FASCIOTTI, M.; MONTEIRO, TVC; LIMA, KMG (2018)

Segundo Cândido *et al.* (2023), o Brasil, maior produtor mundial de carvão vegetal, possui um elevado potencial para a produção de extrato pirolenhoso (EP). O EP de eucalipto, especialmente aquele produzido em fornos de alvenaria, é amplamente disponível e tem demonstrado benefícios significativos na agricultura, tais como o aumento da produtividade das plantas, a indução de resistência a doenças, a promoção do enraizamento e o estímulo à microbiota benéfica do solo. Além disso, o EP tem sido associado à repelência de insetos e à melhora na germinação de sementes.

Dentre os compostos presentes no extrato pirolenhoso, destacam-se os fenólicos, em particular os metoxifenóis, que apresentam propriedades antimicrobianas e antioxidantes. Esses compostos, além de conferirem o aroma característico da fumaça, oferecem novas perspectivas para o uso do ácido pirolenhoso em diversas áreas, desde a preservação de

alimentos até aplicações no tratamento da saúde. A coleta do EP nas carvoarias é realizada pela condensação da fumaça resultante da pirólise da madeira, um processo que, além de reduzir emissões de poluentes, apresenta benefícios ambientais e sociais (Cândido *et al.*, 2023). Adicionalmente, o crescente interesse por esse subproduto reforça seu potencial como alternativa sustentável para aplicações biotecnológicas e agroindustriais.

Assim, o estudo do extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis* abre caminho para o desenvolvimento de alternativas naturais e sustentáveis de controle microbiano, com potencial de aplicação em ambientes hospitalares para o combate de patógenos resistentes e multirresistentes. Essa abordagem contribui para ampliar as opções de agentes antimicrobianos naturais, alinhando-se às práticas de sustentabilidade e inovação em saúde pública.

3.7.1 Compostos fenólicos do extrato pirolenhoso *Eucalyptus urograndis* clone I144

O extrato pirolenhoso obtido a partir de *Eucalyptus urograndis* clone I144 apresenta viabilidade química e ação antimicrobiana significativa, atribuída principalmente à presença e sinergismo de compostos fenólicos. Gama *et al.*, observou-se que a concentração adequada do extrato promoveu inibição do crescimento bacteriano, reforçando o potencial do EP como agente natural de controle microbiológico, com aplicações ambientais e agropecuárias (Gama *et al.*, 2021).

Essa evidência experimental reforça que a atividade antimicrobiana do EP não depende de um único composto, mas do efeito combinado dos fenóis derivados da lignina, mecanismo compatível com a literatura internacional sobre resistência bacteriana e desestruturação da membrana celular microbiana (Belay *et al.*, 2024).

Além disso, Pimenta *et al.* (2018). destacam outros fenóis derivados reconhecidos em líquidos de fumaça (liquid smokes), como: 4-etil-2-metoxifenol, 2,6-dimetoxifenol (siringol), maltol, metil levulinato (4-oxo metil éster pentanoico) e xilenóis. Conforme apresentado no quadro 3, os compostos fenólicos constituem a fração majoritária do extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis*, destacando-se pelo seu potencial antimicrobiano e antioxidante.

Quadro 3 – Principais compostos fenólicos do extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis* e suas propriedades

Composto fenólico	Origem na pirólise da madeira	Atividade biológica descrita	Evidência em extrato pirolenhoso de eucalipto	Referência
Fenol	Degradação térmica da lignina	Antimicrobiana, antisséptica	Detectado em EP de eucalipto com ação inibitória bacteriana	MAEDA et al., 2017
o-, m-, p-Cresol	Fragmentação de unidades fenólicas da lignina	Bactericida e fungicida	Presente em EP testado contra bactérias padrão	CAMPOS et al., 2018
Guaiacol	Degradação de unidades <u>guaiacílicas</u> da lignina	Antioxidante e antimicrobiana	Associado à atividade antimicrobiana do EP	MAEDA et al., 2017
<u>Siringol</u>	Degradação de unidades <u>siringílicas</u>	Antimicrobiana e antioxidante	Componente majoritário em EP de eucalipto	CAMPOS et al., 2018
<u>Catecol</u>	Reorganização térmica de fenóis	Inibição enzimática microbiana	Relacionado à ação bacteriostática do EP	BELAY et al., 2024
<u>Eugenol</u>	Degradação de compostos aromáticos	Bactericida e antifúngica	Associado à redução de crescimento bacteriano	MAEDA et al., 2017
Mistura de fenóis totais	Lignina da madeira de <i>E. <u>urograndis</u></i>	Efeito antimicrobiano sinérgico	EP do clone I144 apresentou ação antimicrobiana significativa	GAMA et al., 2021 (Pimenta et al.)

Fonte: PIMENTA, AS; FASCIOTTI, M.; MONTEIRO, TVC; LIMA, KMG (2018)

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Tipo de pesquisa

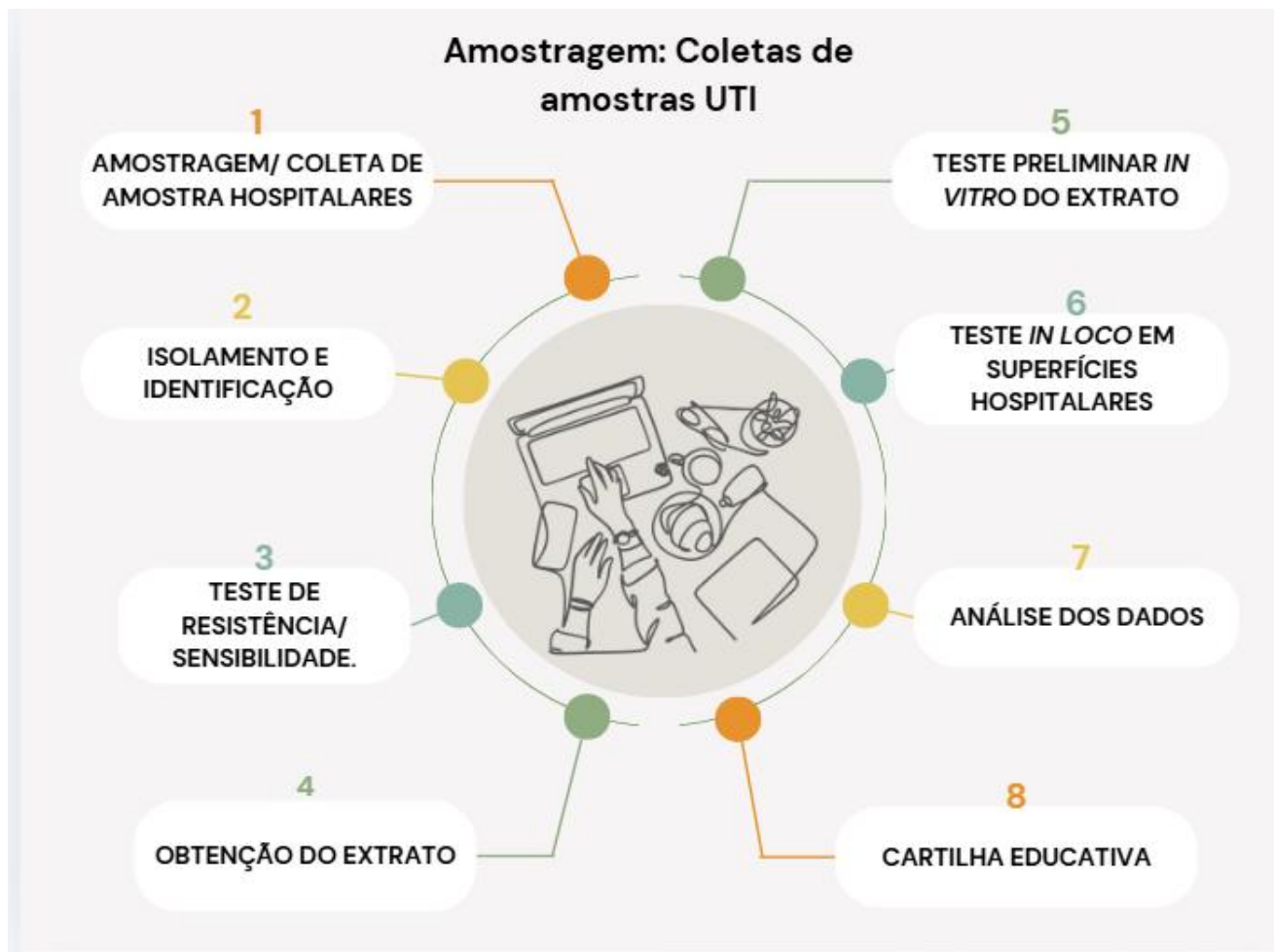
A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo quantitativo de natureza experimental, analítico e básico. O caráter quantitativo decorre da utilização de métodos estatísticos para mensurar e analisar os dados obtidos, buscando estabelecer relações objetivas entre variáveis. Por sua vez, o delineamento experimental fundamenta-se na manipulação de condições controladas, permitindo verificar os efeitos de determinado tratamento sobre um fenômeno específico (Sampieri; Collado; Lucio, 2013).

O estudo também assume uma dimensão analítica, uma vez que não se limita à descrição do objeto investigado, mas busca examinar e interpretar as relações entre os elementos do fenômeno em profundidade, permitindo compreender os mecanismos que sustentam a ação do extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis* frente a microrganismos patogênicos (Gil, 2019).

Quanto à natureza, trata-se de uma pesquisa básica, pois seu objetivo principal é a produção de conhecimento científico com foco na ampliação da compreensão sobre compostos bioativos de origem natural e seu potencial antimicrobiano. Embora possa ter aplicabilidade futura no campo da saúde, sua finalidade imediata não é a resolução prática de um problema, mas o avanço da base teórica e experimental (Marconi; Lakatos, 2017).

4.2 Design experimental

Figura 2 – Fluxograma da metodologia aplicada no estudo.



Fonte: Autoria própria (2025)

4.3 População do estudo

A população do estudo será constituída por isolados clínicos de *Pseudomonas aeruginosa*, obtidos a partir de amostras coletadas em superfícies hospitalares da Unidade de Terapia Intensiva (UTI) do Hospital Rafael Fernandes, localizado no município de Mossoró, Rio Grande do Norte.

A escolha da UTI como cenário de coleta justifica-se pelo fato de se tratar de um setor crítico, onde pacientes gravemente debilitados encontram-se mais suscetíveis a IRAS e onde há maior prevalência de microrganismos resistentes. Nessas áreas, a permanência prolongada de pacientes, o uso de dispositivos invasivos e a necessidade de suporte ventilatório favorecem a disseminação e persistência de patógenos oportunistas como *Pseudomonas aeruginosa*.

Assim, a população delimitada neste estudo compreende os isolados de *Pseudomonas aeruginosa* presentes nas superfícies hospitalares e equipamentos da UTI do Hospital Rafael Fernandes, que serão submetidos a identificação microbiológica e testes de sensibilidade. Essa delimitação garante maior precisão na análise e representa de forma fidedigna a realidade epidemiológica de um ambiente hospitalar de alta complexidade, possibilitando uma investigação consistente sobre o potencial antimicrobiano do extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis* frente a um dos patógenos mais relevantes no contexto das IRAS.

4.4 Área e local de estudo

As amostras utilizadas nesta pesquisa foram coletadas nas dependências do Hospital Rafael Fernandes, localizado no município de Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. O hospital é uma instituição pública de referência regional no atendimento a doenças infectocontagiosas, pertencente à rede estadual de saúde. As coletas foram realizadas em diferentes superfícies do ambiente hospitalar, previamente selecionadas conforme critérios de risco de contaminação.

Após a coleta, as amostras foram processadas no Laboratório de Microbiologia Veterinária (LAMIV), situado no Campus Oeste da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), no município de Mossoró, Rio Grande do Norte (latitude: 5°12'48'' S; longitude: 37°18'44'' W; altitude: 37 m). Nesse mesmo espaço também foi realizada a formulação do desinfetante elaborado a partir do extrato pirolenhoso obtido do *Eucalyptus urograndis*, utilizado para os testes microbiológicos comparativos.

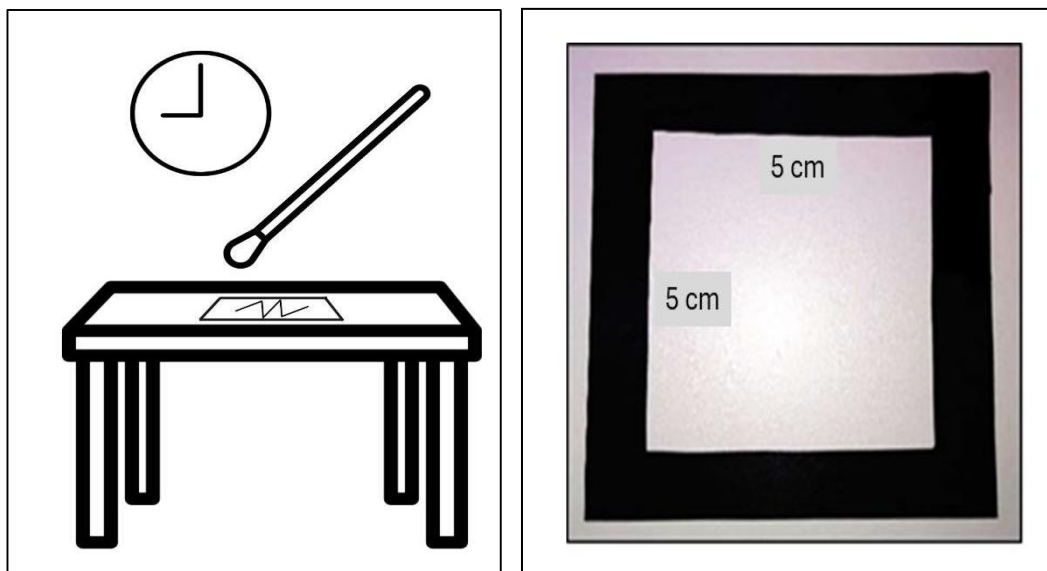
4.5 Coletas das amostras

As coletas foram realizadas exclusivamente na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) do hospital em estudo, no turno da manhã e sem aviso prévio, de modo a assegurar maior representatividade das condições reais do ambiente. As superfícies selecionadas para a coleta compreenderam: torneira da pia, ventilador mecânico, armário, cortina, poltrona, bancada (pia), computador (teclado), cama, bomba de infusão (BIC), monitor cardíaco, porta, máquina de hemodiálise, bebedouro tipo “gelágua” e maçaneta.

A coleta das amostras foi realizada mediante o uso de swabs estéreis hastes de aproximadamente 10 cm com invólucro de algodão em uma das extremidades, sendo cada swab friccionado repetidamente sobre as superfícies selecionadas durante cinco segundos.

Para superfícies lisas, utilizou-se uma moldura plástica de dimensão padrão 5cm × 5cm (25 cm²), previamente higienizada com álcool 70% a cada uso, conforme identificado na Figura 2. Nas superfícies irregulares, onde a área padronizada não podia ser aplicada, os swabs foram acarretados de forma aleatória, mantendo-se o mesmo tempo de contato.

Figura 3 – Representação da coleta das amostras e moldura de plástico



Fonte: LIMA (2021)

Após a coleta, os swabs foram identificados individualmente e acondicionados em tubos de ensaio estéreis. O transporte ao Laboratório de Microbiologia Veterinária (LAMIV) da UFERSA ocorreu em caixas isotérmicas de poliestireno expandido contendo gelo reciclável (gelox). O intervalo entre a coleta e o início do processamento laboratorial não ultrapassou duas horas, garantindo a viabilidade microbiológica das amostras.

4.6 Processamento e identificações das amostras

Inicialmente as colônias foram isoladas por semeadura em placas de Ágar MacConkey, sendo utilizada uma placa para cada amostra. Em seguida, pelo menos uma colônia representativa de cada morfotipo foi selecionada e incubada em estufa bacteriológica a 36 ± 1 °C, durante 24 a 48 horas, como podemos observar na Figura 3.

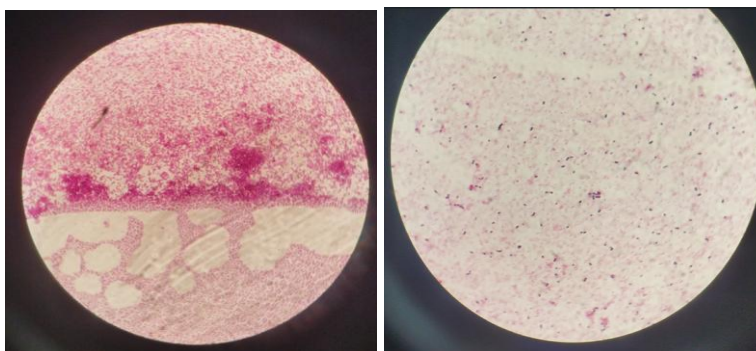
Figura 4 – Representação da coleta das amostras e moldura de plástico.



Fonte: LIMA (2021)

Posteriormente, foi realizada a técnica de coloração de Gram, desenvolvida por Hans Christian Joachim Gram em 1884, com o objetivo de diferenciar bactérias em Gram-positivas e Gram-negativas, de acordo com a composição estrutural de suas paredes celulares. O método fundamenta-se na capacidade diferencial de retenção de corantes e é constituído por três etapas principais: aplicação do violeta de cristal, seguida pela descoloração com etanol-acetona e, por fim, contra-coloração com safranina ou fucsina. No processo de coloração de Gram, foi possível observar a presença de bacilos Gram-negativos nas amostras analisadas, evidenciando-se pela coloração avermelhada característica quando visualizados ao microscópio de imersão (1000x), conforme apresentado na Figura 4.

Figura 5 – Bacilos Gram-negativos isolados de amostra hospitalar (coloração de Gram, 1000x)



Fonte: Elaboração própria (2024)

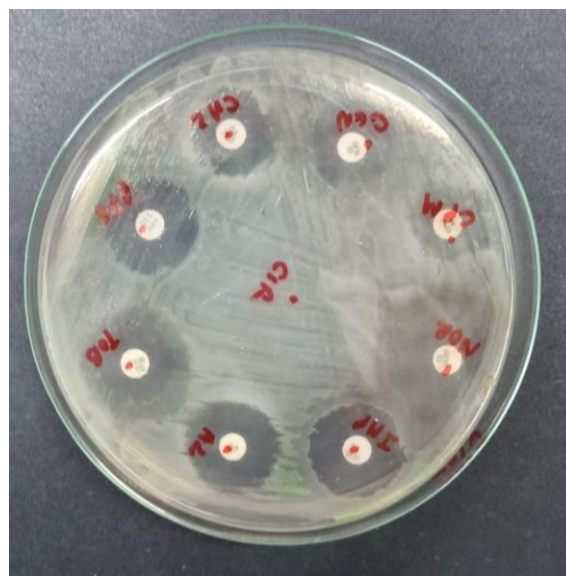
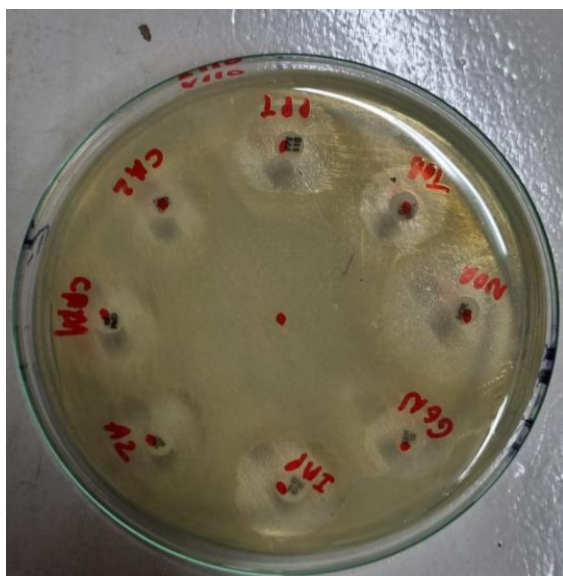
Na etapa subsequente, procedeu-se à realização das provas bioquímicas específicas para a caracterização e identificação do gênero *Pseudomonas aeruginosa*, foram aplicados testes diferenciais como: utilização de glicose em meio oxidativo/fermentativo (O/F), além da motilidade e da positividade para o teste da oxidase, características que possibilitam distinguir este gênero de outros bacilos Gram-negativos não fermentadores.

4.7 Antibiograma das cepas de *Pseudomonas aeruginosa*

Foram submetidas ao antibiograma as cepas de *Pseudomonas aeruginosa* isoladas em superfícies hospitalares, com o intuito de avaliar os perfis de sensibilidade e resistência diante de diferentes classes antimicrobianas. O antibiograma, teste laboratorial-padrão para análise *in vitro* de sensibilidade bacteriana, foi realizado conforme técnicas de difusão em disco (Kirby-Bauer).

Os antibióticos testados de acordo com o conforme os critérios de interpretação do BrCAST (2024), (Brazilian Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing). Foram Imipenem, Tobramicina, Aztreonam, Ceftazidima, Piperacilina + Tazobactam, Cefepime, Ciprofloxacino. Antibiógramas realizados são demonstrados na Figura 6.

Figura 6 – Antibiógramas realizados no laboratório de microbiologia veterinária (Lamiv), para testar sensibilidade das cepas identificadas no espaço hospitalar, conforme os critérios de interpretação do BrCAST (2024)



Fonte: Elaboração própria (2025).

4.8 Obtenção do extrato pirolenhoso do *Eucalyptus urograndis*

O extrato vegetal utilizado neste estudo foi obtido por meio de uma parceria institucional entre a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e a Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). O processo de extração foi conduzido no Laboratório do Professor Alexandre Santos Pimenta (UFRN), responsável pela produção e padronização do material, sendo posteriormente encaminhado ao Laboratório de Microbiologia Veterinária (LAMIV/UFERSA) para realização das análises microbiológicas.

O extrato é derivado do clone híbrido I144 de eucalipto (*Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis*), um material genético amplamente cultivado para fins energéticos e industriais, devido ao seu rápido crescimento e alta densidade da madeira. Este clone é padronizado, o que assegura reprodutibilidade e consistência química entre os lotes produzidos, condição essencial para estudos experimentais com extratos vegetais.

O processo de obtenção do extrato segue protocolo padronizado descrito pelo grupo de pesquisa do Prof. Pimenta. As amostras de madeira do clone I144 são submetidas à pirólise lenta, com taxa de aquecimento controlada de aproximadamente $0,9\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$ até $450\text{ }^{\circ}\text{C}$, resultando na condensação dos gases de pirólise e separação da fração líquida conhecida como extrato pirolenhoso (ou ácido pirolenhoso). Após a coleta, essa fração é submetida a processos de decantação, destilação e purificação, eliminando alcatrões e impurezas, de modo a garantir um produto estável, homogêneo e de composição química reprodutível.

O extrato pirolenhoso do clone I144 é rico em compostos fenólicos, aldeídos, cetonas e ácidos orgânicos, os quais conferem ao produto propriedades antimicrobianas e antioxidantes relevantes. De acordo com Gama et al. (2023), a atividade antimicrobiana do extrato varia conforme o pH, apresentando maior eficácia em pH ácido (2,5 a 3,5) contra microrganismos patogênicos como *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Salmonella enteritidis*. Essa evidência fundamenta o uso desse extrato em ensaios microbiológicos com potencial aplicação em biotecnologia e controle sanitário.

Portanto, o extrato cedido pelo Laboratório do Prof. Alexandre Pimenta (UFRN) constitui um insumo padronizado, caracterizado quimicamente, a composição química do extrato, obtida por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS), evidencia a presença predominante de compostos fenólicos e derivados aromáticos da lignina, reconhecidos por sua atividade antimicrobiana. Entre os principais constituintes identificados no extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis* incluindo material clonal como o clone I144 destacam-se fenol, cresóis (o-, m- e p-cresol), guaiacol, siringol, catecol e eugenol, além

de ácidos orgânicos como o ácido acético, que atuam de forma sinérgica na inibição do crescimento microbiano. Esses compostos apresentam mecanismos de ação associados à desorganização da membrana celular bacteriana, desnaturação proteica e inibição de sistemas enzimáticos, justificando a atividade antimicrobiana. Assim, a composição química do extrato pirolenhoso do clone I144 confere respaldo técnico e científico para sua utilização como agente bioativo em ensaios microbiológicos. E com histórico validado em publicações científicas, o que assegura a confiabilidade dos resultados obtidos neste estudo.

4.9 Eficiência do extrato pirolenhoso *in vitro* teste de microdiluição

Os ensaios foram realizados seguindo o método de microdiluição em caldo, com microplacas de 96 cavidades, segundo CLSI (2012). Nos testes, foram utilizadas as 24 cepas coletadas nas superfícies hospitalar *Pseudomonas aeruginosa*. Todos os microrganismos foram mantidos em caldo Brain Heart Infusion (BHI) (Kasvi) sob refrigeração, sendo, antes de cada ensaio, cultivados em estufa de circulação de ar a 37 ± 1 °C por 24 horas, com o mesmo meio de cultura em estufa bacteriologia (Fanem). Posteriormente, realizou-se o processo de preparação de cada inóculo microbiano. Para isto, com o auxílio de uma pipeta automática (Digipet), foram retiradas alíquotas de 1ml do cultivo das últimas 24 horas e transferidas para novos tubos de ensaio contendo o mesmo meio de cultura estéril.

A adequação da concentração das células bacterianas nos inoculo foi feita com o auxílio de um espectrofotômetro (Biospectro SP-22) no comprimento de onda de 630nm, onde o valor de sua leitura esteve entre 0,08 e 0,1, correspondendo a escala número 0,5 de MacFarland (densidade de $1,5 \times 10^8$ células por mL).

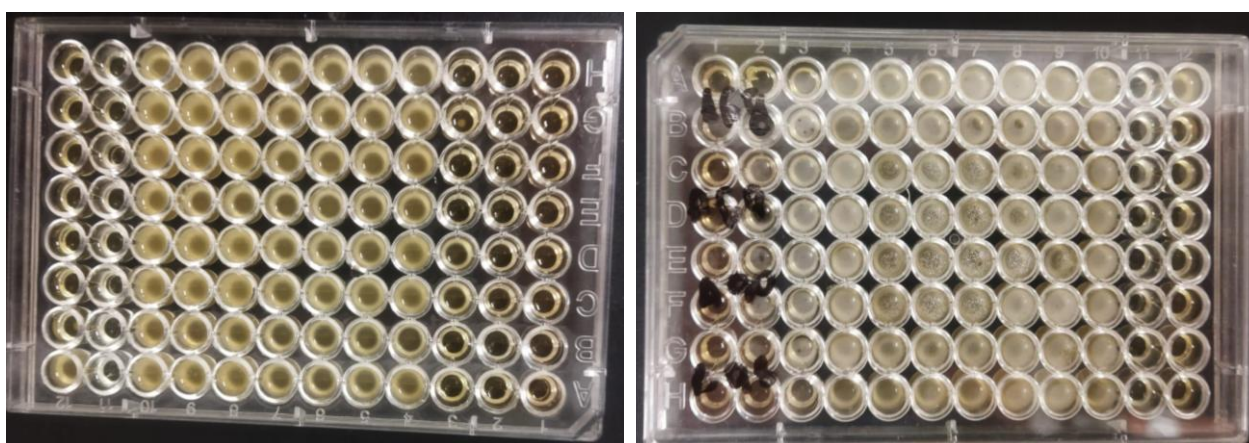
Então, foram adicionados em cada poço das microplacas 95 µL de meio de cultura BHI. Posteriormente, foram feitas as diluições seriadas de cada poço, partindo-se da concentração de 50% até 0,019% (50; 25; 12,5; 6,25; 3,125; 1,56; 0,78; 0,39; 0,019 de extrato). Após as diluições, foram adicionados em cada poço 5µL do inoculo microbiano correspondente. Em seguida, as microplacas foram incubadas em estufa de circulação de ar a 37 ± 1 °C por 24 horas.

Posteriormente, foi realizada a leitura em leitor de microplacas (Kasuki) para determinar a Concentração Inibitória Mínima (CIM), considerando-se os poços em triplicata que se apresentassem completamente translúcidos. Sem crescimento visível a olho nu, feita esta primeira leitura, após 24 horas, as placas foram submetidas à leitura no leitor de placas

para registro das absorvâncias, visando trazer dados quantitativos do comportamento microbiano frente à cada concentração avaliada.

Todos os testes foram feitos em triplicata. O controle positivo foi realizado utilizando-se o oxivir[®] (Diversey). A determinação das concentrações bactericida mínima (CBM) foram realizadas a partir da CIM de cada microrganismo onde as soluções presentes no poço da CIM foram semeadas em placa de petri contendo meio de cultura Ágar Brain Heart Infusion. As placas foram incubadas em estufa de circulação de ar a 37 ± 1 °C por 24 horas. Posteriormente, verificou-se a presença ou ausência de colônias microbianas, conforme é visto na Figura 7.

Figura 7 – Placa de microdiluição em caldo (96 poços) utilizada para determinação da Concentração Inibitória Mínima (CIM) e Concentração Bactericida Mínima (CBM) dos microrganismos frente às 9 concentrações do agente testado (50% até 0,019%) do extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis*. Observa-se a variação de turbidez e translucidez nos poços, indicando o crescimento ou inibição microbiana, de acordo com as leituras realizadas no leitor de microplacas.



Fonte: Elaboração própria (2025)

4.10 Formulação do desinfetante a base de extrato pirolenhoso do *Eucalyptus urograndis*

O desinfetante experimental foi elaborado a partir do extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis*, obtido junto a UFRN. A concentração utilizada na formulação foi definida com base nos resultados da Concentração Inibitória Mínima (CIM) e da Concentração Bactericida Mínima (CBM), que indicaram 50% como a proporção mais eficaz na eliminação das cepas bacterianas testadas. Para o preparo, foram utilizados: 50 mL de extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis* bruto; 50 mL de água destilada estéril.

O extrato foi adicionado ao diluente estéril em frasco previamente autoclavado e, em seguida, homogeneizado manualmente garantir uniformidade da solução. Todo o

procedimento foi realizado em condições assépticas, dentro de câmara de fluxo laminar, a fim de evitar contaminações externas. Após o preparo, a solução foi fracionada em alíquotas de 100 mL, mantidas em frascos estéreis hermeticamente fechados e armazenados em temperatura ambiente até o momento da utilização nos ensaios microbiológicos.

4.11 Eficiência do extrato pirolenhoso *Eucalyptus urograndis in loco*

O estudo foi conduzido na UTI, local onde previamente haviam sido coletadas as amostras iniciais. As superfícies delimitadas para o experimento foram: porta, monitor, ventilador mecânico, bomba de infusão (BIC), poltrona, armário, bancada (pia) e computador totalizando 42 amostras, justamente as áreas que foram identificadas as bactérias *Pseudomonas aeruginosa*. Nessas superfícies foi aplicado o desinfetante à base de extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis*, na concentração previamente estabelecida como mais eficaz nos testes in vitro.

A aplicação ocorreu em conformidade com a rotina de limpeza hospitalar, sendo realizada a cada 12 horas (às 6h e às 18h), durante sete dias consecutivos. Após 15 minutos de cada aplicação conforme o desinfetante convencional, amostras foram coletadas das superfícies tratadas, utilizando swabs estéreis.

As amostras coletadas foram devidamente identificadas, acondicionadas em tubos de ensaio estéreis e transportadas em caixas isotérmicas contendo gelo reciclável (gelox) até o Laboratório de Microbiologia Veterinária (LAMIV/UFERSA). No laboratório, as amostras foram cultivadas em meios de cultura em placas de Ágar MacConkey, procedendo-se o crescimento de colônias bacterianas para análise da eficácia do desinfetante aplicado.

4.12 Cartilha educativa: Prevenção de infecções hospitalares por superfícies contaminadas

Foi elaborada uma cartilha educativa com o objetivo de sensibilizar e orientar a comunidade hospitalar acerca da importância da correta higienização e limpeza das superfícies, abrangendo desde a lavagem adequada das mãos até os cuidados relacionados à limpeza terminal do ambiente.

O material, intitulado “Prevenção de Infecções Hospitalares por Superfícies Contaminadas”, apresenta de forma clara e objetiva: a definição de infecções associadas a superfícies contaminadas e os principais microrganismos envolvidos, como *Staphylococcus aureus* (MRSA), *Clostridioides difficile*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*,

Norovírus e Coronavírus (SARS-CoV-2); as medidas de limpeza e desinfecção em nível concorrente e terminal; as superfícies de maior risco em ambientes hospitalares, incluindo camas, grades, maçanetas, teclados, monitores e torneiras; práticas preventivas como higienização correta das mãos, uso adequado de equipamentos de proteção individual (EPIs), desinfecção frequente de superfícies e cuidados com objetos pessoais; o papel fundamental da Comissão de Controle de Infecção Hospitalar (CCIH) na implementação das medidas de biossegurança e na capacitação da equipe multiprofissional.

A cartilha foi estruturada de forma didática, com recursos visuais e linguagem acessível, possibilitando melhor compreensão e adesão por parte dos profissionais, pacientes e visitantes. Além disso, reforça a relevância das pequenas ações cotidianas para a redução das infecções relacionadas à assistência à saúde (IRAS) e para a promoção de um ambiente hospitalar mais seguro. Para fins de registro e consulta, a cartilha educativa desenvolvida foi incluída no **Apêndice A** desta dissertação.

4.13 Análises dos dados

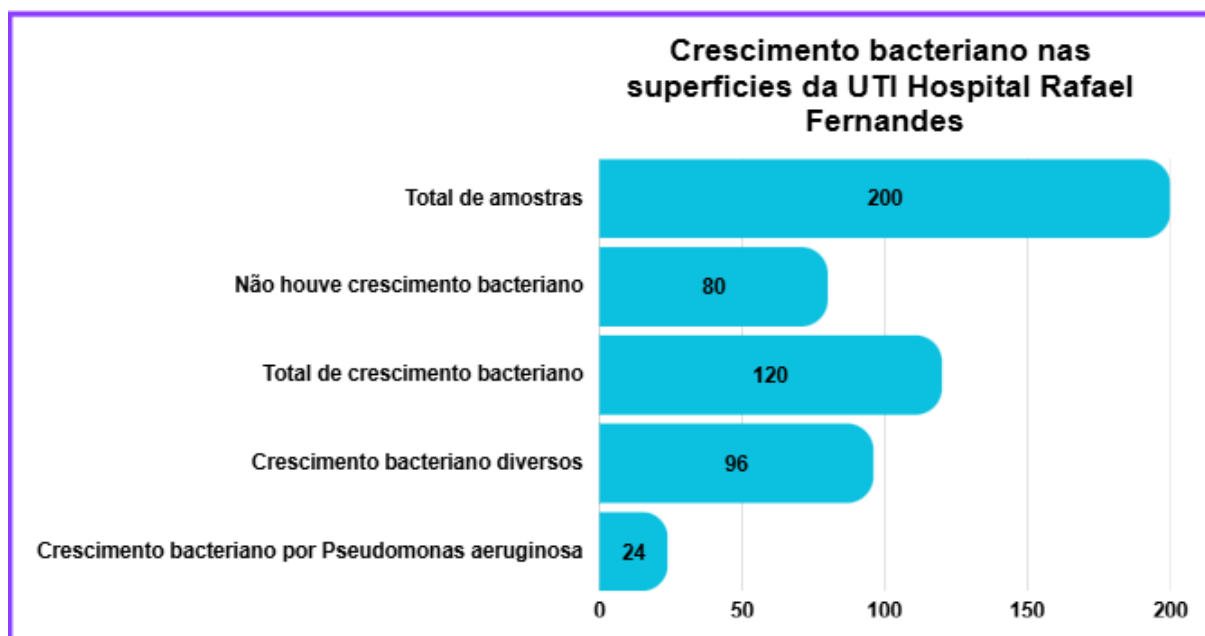
As análises estatísticas foram conduzidas no software Sisvar® (versão 5.6). Para verificação de diferenças significativas entre as concentrações CIM, foi aplicada uma análise de variância (ANOVA), seguida pelo teste de comparações múltiplas de Tukey, adotando-se um nível de significância de 5% ($P < 0,05$).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Contagem e identificação dos microrganismos.

Foram coletadas 200 amostras em diferentes superfícies hospitalares da UTI do Hospital Rafael Fernandes, em Mossoró/RN, no período de 12 meses. Observou-se que 120 amostras (60%) apresentaram crescimento bacteriano, sendo 96 amostras (48%) com crescimento bacteriano diverso e 24 amostras (12%) especificamente com crescimento de *Pseudomonas aeruginosa*, enquanto 80 amostras (40%) não evidenciaram desenvolvimento microbiano (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Quantificação do crescimento bacteriano em diferentes superfícies hospitalares da UTI do Hospital Rafael Fernandes, em Mossoró/RN, no período de 2024 a 2025. Os dados referem-se ao número de unidades formadoras de colônias (UFC) obtidas por meio de coletas microbiológicas padronizadas realizadas em superfícies críticas da unidade.



Fonte: própria 2024/2025

(1) Unidade Formadora de Colônia

Presente em 24 amostras (12%), devido à sua elevada importância clínica em ambientes hospitalares. Esse patógeno é amplamente reconhecido por sua capacidade de sobreviver em superfícies inanimadas, colonizar dispositivos médicos e apresentar resistência intrínseca e adquirida a múltiplas classes de antimicrobianos, o que contribui para o aumento do risco de disseminação de infecções relacionadas à assistência à saúde (IRAS). Nesse sentido, os dados reforçam que equipamentos médicos de uso contínuo e superfícies de maior contato manual (ventiladores, monitores, teclados e portas) constituem os principais reservatórios de *Pseudomonas aeruginosa* na UTI avaliada.

Mesmo com protocolos de higienização bem definidos e aplicados, a experiência prática demonstra que há limitações significativas. De um lado, a complexidade estrutural dos equipamentos dificulta a limpeza minuciosa de todas as partes; de outro, a pressão assistencial, marcada pela alta rotatividade de pacientes, procedimentos invasivos e necessidade de monitorização contínua, cria condições favoráveis à permanência e disseminação de microrganismos potencialmente patogênicos.

Diante dessa realidade, torna-se indispensável que as medidas de prevenção de infecções hospitalares ultrapassem as rotinas convencionais. É fundamental investir em programas permanentes de capacitação para toda a equipe multiprofissional, reforçando a correta execução das técnicas de limpeza e desinfecção, a importância da adesão aos protocolos institucionais e a atualização constante desses procedimentos. Além disso, estratégias complementares, como supervisão diária das práticas de higienização e comunicação efetiva entre os setores, podem reduzir a carga microbiana do ambiente e fortalecer a segurança dos pacientes.

Em síntese, observa-se que apenas a aplicação de protocolos tradicionais não é suficiente para eliminar completamente o risco de contaminação cruzada em ambientes de alta complexidade como a UTI. Por isso, a integração entre vigilância microbiológica, inovação tecnológica e educação permanente surge como caminho indispensável para minimizar infecções relacionadas à assistência à saúde e proteger tanto pacientes quanto profissionais.

Em consonância com os achados deste trabalho, Rodrigues *et al.* (2020) descreveram, em hospitais do Norte do Brasil, a presença de *Pseudomonas aeruginosa* multirresistente em 2,8% dos isolados coletados em UTI, evidenciando que superfícies hospitalares servem como reservatório para patógenos resistentes. Apesar de a porcentagem identificada neste estudo ter sido maior (12%), ambos os trabalhos destacam a relevância da detecção desse microrganismo em ambientes críticos.

Além disso, revisões internacionais indicam que superfícies e equipamentos inanimados na UTI frequentemente abrigam bactérias com perfis de sensibilidade semelhantes às isoladas de pacientes, sugerindo a ocorrência de transmissão cruzada (cross-transmission) no ambiente hospitalar. Russotto *et al.* (2015) reforçam que tanto bactérias Gram-positivas quanto Gram-negativas podem persistir por meses em superfícies secas, e que a higienização inadequada das mãos ou das próprias superfícies pode facilitar a disseminação entre profissionais, ambiente e pacientes. Essa perspectiva amplia a compreensão de que a UTI deve ser vista como um ecossistema dinâmico de circulação

microbiana, no qual cada falha de controle pode ter impacto direto sobre a segurança do paciente. Dessa forma, práticas rígidas de limpeza e monitoramento microbiológico tornam-se fundamentais para reduzir riscos e garantir um ambiente assistencial mais seguro.

Outro estudo nacional, conduzido por Christoff *et al.* (2020) Rodrigues *et al.* (2020), utilizou sequenciamento de DNA para mapear a microbiota de superfícies em UTIs e identificou *Pseudomonas aeruginosa* entre os patógenos mais prevalentes tanto no ambiente quanto nos pacientes, além de detectar genes associados à resistência antimicrobiana. Essa abordagem reforça que *P. aeruginosa* não apenas está presente no ambiente hospitalar, mas também contribui para o pool genético de resistência, ampliando o risco de infecção. Assim, os achados locais encontram respaldo em análises moleculares mais amplas, evidenciando o papel estratégico desse microrganismo no contexto das IRAS.

Contudo, a presença significativa de *Pseudomonas aeruginosa* e a persistência de bactérias em superfícies hospitalares demonstram que estratégias de controle de infecção devem contemplar não apenas a utilização de desinfetantes eficazes, mas também a adoção de monitoramento contínuo e protocolos que reduzam a disseminação de patógenos multirresistentes. Comparando-se os dados deste estudo (12% de isolamento) com levantamentos nacionais e internacionais, percebe-se que a realidade da UTI analisada aponta para risco aumentado, exigindo atenção redobrada a superfícies críticas e dispositivos médicos de uso contínuo.

A Tabela 1 apresenta as coletas microbiológicas que abrangeram superfícies críticas e de contato frequente dentro da UTI, contemplando desde equipamentos de suporte avançado até áreas de uso indireto. Foram amostrados: torneira da pia, ventilador mecânico, armário, cortina, poltrona, bancada da pia, computador (teclado), cama do paciente, bomba de infusão (BIC), monitor cardíaco, porta, máquina de hemodiálise, bebedouro tipo gelágua e maçaneta. Essa seleção buscou representar tanto os equipamentos de alto risco para transmissão de patógenos, devido à manipulação constante (por exemplo, ventilador mecânico, monitor cardíaco e bomba de infusão), quanto as superfícies de contato indireto, como portas, cortinas e poltronas, que podem servir como reservatórios e veículos de microrganismos.

Tabela 1 – Avaliação microbiológica das amostras coletadas em diferentes superfícies hospitalares da Unidade de Terapia Intensiva (UTI) do Hospital Rafael Fernandes, em Mossoró/RN, no período de 2024 a 2025. Os dados referem-se à presença e quantificação de crescimento bacteriano em UFC (1), identificadas por meio de coletas padronizadas em superfícies críticas da UTI.

SUPERFÍCIE	Nº de amostras coletadas	Amostra sem crescimento de UFC		Amostra com crescimento diverso de UFC		Amostra com crescimento para <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	
		Nº	%	Nº	%	Nº	%
Ventilador mecânico	38	11	14%	18	19%	9	38%
Bomba de infusão (BIC)	34	12	15%	16	17%	6	25%
Cama	24	11	14%	13	14%	0	0
Porta	22	9	11%	11	11%	2	8%
Monitor cardíaco	17	10	13%	5	5%	2	8%
Armário	16	6	8%	9	9%	1	4%
Poltrona	14	8	10%	5	5%	1	4%
Bancada (Pia)	11	5	6%	4	4%	2	8%
Cortina	7	4	5%	3	3%	0	0
Torneira pia	6	1	1%	5	5%	0	0
Bebedouro	4	1	1%	3	3%	0	0
Computador (Teclado)	3	0	0	2	2%	1	4%
Maçaneta	3	1	1%	2	2%	0	0
Maquina hemodíalise	1	1	1%	0	0	0	0
Total	200	80	40%	96	48%	24	12%

Fonte: própria 2025
(1) Unidade Formadora de Colônia

A rotina de trabalho em uma Unidade de Terapia Intensiva (UTI) expõe, de maneira evidente, o quanto diversas superfícies e equipamentos críticos em especial ventiladores mecânicos, monitores cardíacos, bombas de infusão e teclados de computador são manipulados continuamente por profissionais de diferentes categorias da equipe multiprofissional. Assim, o levantamento realizado reforça que a seleção dessas superfícies não foi aleatória, mas fundamentada na dinâmica do cuidado intensivo, no qual a manipulação constante, associada à necessidade de respostas rápidas diante de situações emergenciais, cria um cenário em que a desinfecção imediata entre atendimentos se torna um grande desafio.

É importante destacar que, no ambiente hospitalar, qualquer área tocada com frequência mesmo que pareça inofensiva, como a maçaneta de uma porta pode contribuir para a transmissão de patógenos. Dessa forma, ao enxergar a UTI de maneira integral, compreende-se que a prevenção de infecções não depende apenas da higienização de equipamentos complexos, mas também da atenção minuciosa a detalhes ambientais muitas vezes negligenciados. Esse achado está em consonância com estudos prévios que destacam a

persistência desse microrganismo em superfícies hospitalares e sua capacidade de desenvolver resistência a múltiplas classes de antimicrobianos (Oliveira *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2021).

Nesse contexto, a frequência de *Pseudomonas aeruginosa* identificada no presente estudo (12 % das amostras) revela-se elevada quando comparada a achados de outras pesquisas. Efraim *et al.* (2019), ao avaliarem a contaminação microbiológica de superfícies hospitalares em diferentes setores assistenciais, identificaram *P. aeruginosa* em aproximadamente 9,2 % das amostras, percentual inferior ao observado na UTI analisada neste estudo. De forma semelhante, Russotto *et al.* (2015), em estudo europeu multicêntrico, relataram prevalência inferior a 5 % desse microrganismo em ambientes hospitalares, embora tenham destacado sua elevada capacidade de persistência em superfícies úmidas e áreas de alto contato.

Essas comparações sugerem que a realidade observada na UTI estudada reflete um cenário de risco aumentado, o que deve ser analisado com cautela, pois pode estar relacionado a falhas nos protocolos de higienização, à manutenção inadequada de superfícies críticas ou ao uso intensivo de equipamentos de suporte avançado, fatores que favorecem a formação de biofilmes e a permanência ambiental de *P. aeruginosa*.

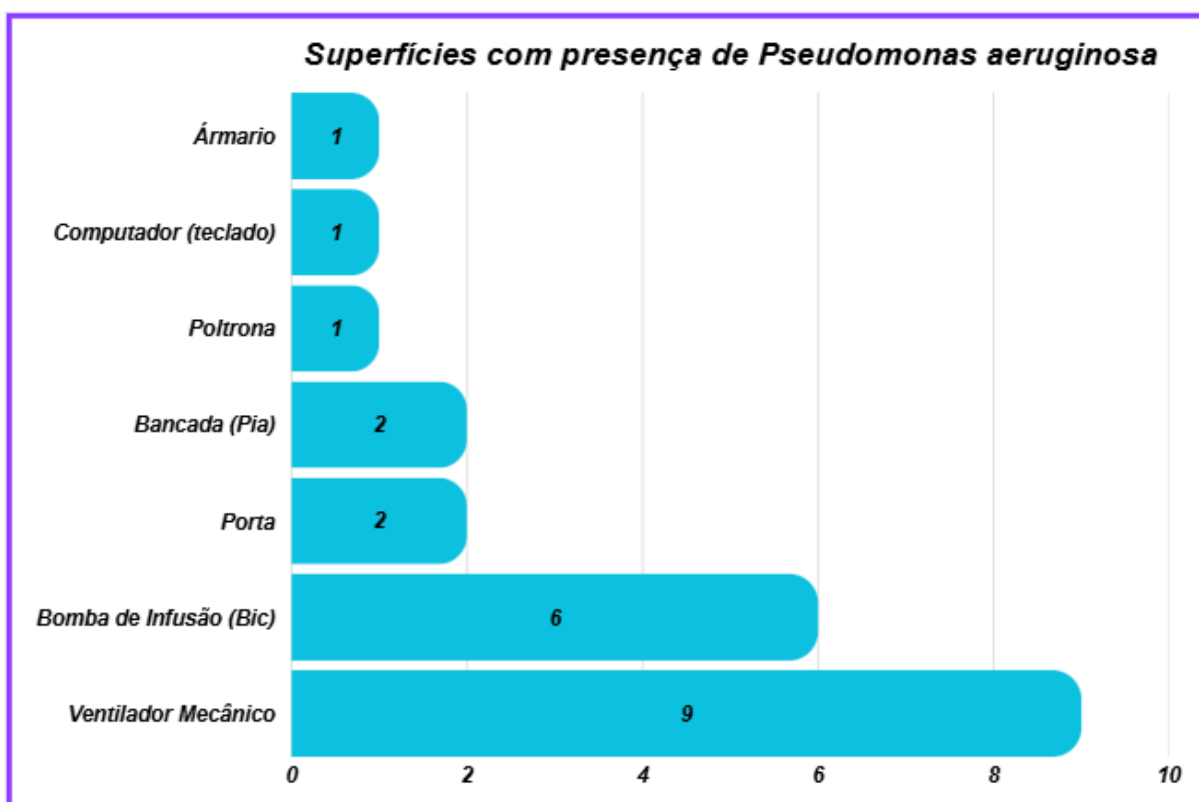
Por outro lado, a revisão sistemática de Singh *et al.* (2024) evidenciou que mais de 40% das superfícies hospitalares apresentavam algum nível de contaminação bacteriana, incluindo patógenos multirresistentes como *Pseudomonas aeruginosa*. Esse dado, embora não específico para cada espécie, corrobora a relevância do ambiente inanimado como reservatório microbiano e reforça a importância de monitoramentos periódicos. Além disso, ao analisarem a resistência de superfícies em UTIs brasileiras, confirmaram a presença recorrente de *Pseudomonas aeruginosa*, associada a genes de resistência como bla_{CTX-M}, bla_{KPC} e mecA, o que eleva a gravidade da sua detecção no ambiente hospitalar.

Portanto, os 12% encontrados neste trabalho situam-se acima da média de alguns levantamentos nacionais e internacionais, sugerindo que a UTI avaliada apresenta um nível de risco aumentado para a disseminação desse patógeno oportunista. Essa constatação, além de reforçar a importância da higienização rigorosa e contínua, aponta para a necessidade de medidas específicas voltadas às superfícies que se destacaram como principais pontos de contaminação, como ventiladores mecânicos e bombas de infusão, evidenciadas na Tabela 1.

Das 24 amostras positivas para *Pseudomonas aeruginosa* em diferentes superfícies da UTI do Hospital Rafael Fernandes (2024–2025). Observa-se que os ventiladores mecânicos

foram os pontos mais frequentemente contaminados (9 isolados), seguidos pela bomba de infusão (5), portas, monitores cardíacos e bancadas/pias (2 cada), além de armário, computador e poltrona com um isolado cada (Gráfico 2).

Gráfico 2 – Distribuição do crescimento de *Pseudomonas aeruginosa* em diferentes superfícies hospitalares da Unidade de Terapia Intensiva (UTI) do Hospital Rafael Fernandes, em Mossoró/RN, no período de 2024 a 2025. Dados obtidos por meio de coletas microbiológicas em superfícies previamente determinadas, com identificação e quantificação das unidades formadoras de colônias (UFC)(1)



Fonte: própria 2025

(1)Unidade formadora de colônia

Dentre as superfícies analisadas, observou-se maior frequência de isolamento de *P. aeruginosa* em ventiladores mecânicos (37%), seguidos de bomba de infusão (BIC) (20%), portas (8%), bancadas/pias (8%) e monitor cardíaco (8%). Esses dados revelam que a contaminação não é homogênea no ambiente da UTI, mas se concentra especialmente em equipamentos médicos e superfícies de contato direto, evidenciando pontos críticos para a manutenção da segurança hospitalar.

Por outro lado, algumas superfícies, como computador, poltronas e armário, apresentaram menor frequência ou ausência de isolamento de *Pseudomonas aeruginosa*, ainda que tenham registrado crescimento bacteriano de outras espécies. Esse contraste mostra que,

embora a bactéria seja mais comuns ser encontradas em determinadas superfícies, o risco microbiológico é difuso e exige monitoramento global do ambiente hospitalar.

Quando olhamos com mais cuidado para onde essas bactérias estavam, percebemos que os ventiladores mecânicos foram os mais afetados, com 37% de presença de *Pseudomonas aeruginosa*. Isso chama a atenção porque o ventilador é um equipamento vital para os pacientes e qualquer falha na limpeza pode abrir portas para complicações graves. A elevada presença também nos leva a refletir sobre o papel do uso contínuo e do contato humano na disseminação do patógeno. Monitores cardíacos também apareceram bastante contaminados, junto com portas, bombas de infusão e bancadas, que são superfícies tocadas o tempo todo pela equipe. Ou seja, quanto mais contato humano e uso contínuo, maior a chance da bactéria estar presente.

A maior presença de PA em ventiladores, monitores, teclados e portas reforça a necessidade de protocolos de limpeza e desinfecção mais rigorosos especificamente para superfícies de alto contato e equipamentos médicos. Além disso, sugere-se que as práticas de higiene das mãos dos profissionais sejam intensificadas, considerando a possibilidade de transferência indireta de microrganismos (Russotto *et al.*, 2015). Assim, a associação entre falhas de higienização ambiental e higiene das mãos evidencia a multiplicidade de fatores envolvidos na disseminação do patógeno.

Evidências corroboram que os ambientes hospitalares, em especial as UTIs, apresentam elevada taxa de contaminação microbiana em superfícies de alto contato, configurando-se como reservatórios críticos para a disseminação de patógenos. Uma revisão recente destacou que mais de 40% das superfícies hospitalares (fômites) apresentam contaminação bacteriana significativa, com destaque para equipamentos médicos, grades de leitos, monitores, ventiladores e bombas de infusão, superfícies frequentemente manuseadas tanto por profissionais de saúde quanto por pacientes (Singh *et al.*, 2024). Esses achados dialogam diretamente com os resultados do presente estudo, reforçando a necessidade de atenção especial às áreas mais frequentemente tocadas no ambiente hospitalar.

Esses achados concordam com estudos prévios que indicam a relevância das superfícies inanimadas como reservatórios microbianos em UTIs. Rodrigues *et al.* (2020), em estudo conduzido em hospitais do Norte do Brasil, verificaram contaminação significativa em superfícies como monitores e ventiladores, detectando *Pseudomonas aeruginosa* multirresistente em parte dos isolados, com prevalência próxima a 3% das amostras

analisadas. Esse paralelo mostra que a realidade encontrada no Hospital Rafael Fernandes não é um caso isolado, mas segue uma tendência relatada em diferentes contextos hospitalares.

No caso de *P. aeruginosa*, trata-se de um microrganismo oportunista capaz de persistir por longos períodos em ambientes inanimados devido à sua habilidade em formar biofilmes, além de apresentar crescente resistência a antimicrobianos de última linha, como carbapenêmicos e fluoroquinolonas (Russotto *et al.*, 2015; Christoff *et al.*, 2020). Essa característica adaptativa explica, em parte, a ampla distribuição do patógeno nas superfícies analisadas neste estudo.

Portanto, a identificação de *Pseudomonas aeruginosa* em superfícies de alto contato em UTIs não apenas reforça seu papel epidemiológico como agente de Infecções Relacionadas à Assistência à Saúde (IRAS), mas também sinaliza a urgência de estratégias de higienização mais rigorosas, monitoramento contínuo da microbiota hospitalar e uso criterioso de desinfetantes eficazes contra biofilmes e cepas multirresistentes.

5.2 Testes *in vitro*

A Tabela 2 mostra que os ensaios de microdiluição em caldo revelaram ampla variação na Concentração Inibitória Mínima (CIM) do extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis* frente aos 24 isolados clínicos de *Pseudomonas aeruginosa*, com valores entre 1,56% e 25%, enquanto a Concentração Bactericida Mínima (CBM) oscilou entre 3,125% e 50%. Esses achados permitem compreender que, embora haja variação na sensibilidade dos isolados, o extrato demonstrou tanta capacidade de inibir o crescimento quanto de exercer ação bactericida, dependendo da concentração utilizada.

Tabela 2 – Concentração Inibitória Mínima (CIM) e Concentração Bactericida Mínima (CBM) frente as bactérias *Pseudomonas aeruginosa* isoladas de UTI após 24 horas do tratamento com o extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis*.

CEPAS: <i>PSEUDOMONAS AERUGINO</i>	CIM	CBM
	24 H	24 H
A16	1,56%	3,125%
A18	6,25%	12,5%
A30	6,25%	12,5%
A36	25%	50%
A37	25%	50%
A38	25%	50%
A44	25%	50%
A68	25%	50%
A69	25%	50%
A90	25%	50%
A98	25%	50%
A100	25%	50%
A102	25%	50%
A103	25%	50%
A104	25%	50%
A105	6,25%	12,5%
A108	6,25%	12,5%
A109	6,25%	12,5%
A110	6,25%	12,5%
A111	12,5%	25%
A112	12,5%	25%
A113	12,5%	25%
A114	12,5%	25%
A115	12,5%	25%

Fonte: própria 2025

Os resultados obtidos evidenciam que o extrato pirolenhoso de *E. urograndis* apresentou atividade bactericida frente a diferentes isolados de *P. aeruginosa*. O efeito inibitório foi observado em concentrações relativamente baixas em um do isolado (ex.: 1,56% no A16), mostrando que o extrato conseguiu impedir o crescimento bacteriano. O efeito bactericida exigiu concentrações mais elevadas (variando de 3,125% a 50% de cepas por CBM), mas demonstrou que o extrato foi capaz de eliminar totalmente as células bacterianas. Essa distinção entre efeito inibitório e bactericida é essencial para avaliar o potencial de aplicação do extrato, sobretudo quando comparado a substâncias que atuam apenas de forma bacteriostática.

Isso é importante porque diferencia o extrato de substâncias apenas bacteriostáticas (que apenas inibem), como no caso de concentrações mais baixas, e evidencia que ele tem potencial para ser bactericida, ainda que a eficácia dependa de concentrações mais elevadas. Além disso, a comparação entre os isolados reforça a necessidade de considerar a diversidade fenotípica de *Pseudomonas aeruginosa* na interpretação dos resultados.

Um ponto relevante é que uma cepa apresentou baixa CIM, como o isolado A16 (1,56%), demonstrando sensibilidade considerável ao extrato, enquanto outras necessitaram de concentrações mais elevadas (25%). Já na CBM, valores mais altos (até 50%) foram necessários para alcançar efeito bactericida, o que mostra que, embora o extrato consiga inibir

o crescimento bacteriano em concentrações menores, a eliminação total da bactéria demanda concentrações mais altas. Esse padrão reforça a importância da padronização metodológica, compreender o comportamento dose-resposta do extrato.

Do ponto de vista metodológico, a utilização de meio BHI, a incubação a $37 \pm 1^\circ\text{C}$ por 24 horas e a leitura das microplacas em leitor específico conferem robustez aos resultados, permitindo identificar tanto a ausência de turbidez quanto a redução gradual do crescimento bacteriano por meio de medidas de absorbância. A análise quantitativa das leituras possibilitou observar um comportamento dose-resposta, reforçando a confiabilidade dos dados. Esse aspecto metodológico também contribui para a interpretação das diferenças de sensibilidade observadas entre os isolados.

A variação observada nas concentrações da CIM (de 1,56% a 25%) e da CBM (de 3,125% a 50%) indica que o efeito inibitório e bactericida do extrato depende da cepa avaliada, sugerindo diferenças no perfil de resistência intrínseca de cada isolado. Essa heterogeneidade é esperada, visto que *Pseudomonas aeruginosa* possui diversos mecanismos de resistência, como bombas de efluxo, baixa permeabilidade de membrana e produção de enzimas inativadoras de antimicrobianos (Oliveira *et al.*, 2020). Nesse sentido, a atuação do extrato pirolenhoso pode representar uma alternativa interessante, por explorar alvos bacterianos distintos daqueles utilizados por desinfetante convencionais.

Esse comportamento é comum em extratos vegetais, pois muitos compostos bioativos presentes, como fenóis, aldeídos, ácidos orgânicos e derivados aromáticos do extrato pirolenhoso, atuam principalmente na desestabilização da membrana celular bacteriana, alteração do pH intracelular e inibição de enzimas essenciais ao metabolismo (Silva *et al.*, 2021). Além disso, a complexidade química do extrato pode gerar um efeito sinérgico entre seus constituintes, justificando a atividade frente a uma bactéria de difícil controle como *Pseudomonas aeruginosa*. Dessa forma, os resultados observados neste estudo estão em consonância com a literatura que descreve os efeitos antimicrobianos de metabólitos secundários vegetais.

Visto esse comportamento, é condizente com o observado em outros extratos vegetais, nos quais os compostos bioativos, como fenóis, aldeídos e ácidos orgânicos, atuam na desestabilização da membrana plasmática, no aumento da permeabilidade celular e na inativação de enzimas essenciais ao metabolismo bacteriano (Silva; Moura; Ferreira, 2021). A ação bactericida está frequentemente associada à capacidade de provocar danos irreversíveis na membrana celular e na parede bacteriana, resultando em lise e morte celular (Cowan,

1999). Esse mecanismo pode justificar, portanto, a atividade bactericida observadas contra isoladas multirresistentes.

A necessidade de concentrações mais elevadas para atingir a CBM, contudo, deve ser interpretada como um desafio, uma vez que pode limitar sua aplicação prática em ambientes de saúde. Ainda assim, a presença de efeito bactericida é um achado de grande importância, já que muitos extratos vegetais apresentam apenas efeito bacteriostático (Santos *et al.*, 2020).

A análise do perfil de sensibilidade antimicrobiana das 24 cepas de *Pseudomonas aeruginosa* isoladas em superfícies hospitalares revelou um cenário preocupante de resistência frente a múltiplas classes de antibióticos. Observa-se, na Tabela 3, que a grande maioria das cepas apresentou resistência (R) a imipenem, tobramicina, aztreonam, ceftazidima, piperacilina/tazobactam, cefepime e ciprofloxacino, antimicrobianos tradicionalmente utilizados no tratamento de infecções causadas por este patógeno oportunista. Complementarmente, a tabela 3 apresenta de forma visual a distribuição dos perfis de resistência, intermediário, sensibilidade e não testado, permitindo observar de maneira comparativa a elevada proporção de cepas resistentes em relação às demais categorias, o que reforça o cenário de multirresistência identificado.

Tabela 3 – Perfil de resistência por cepas *Pseudomonas aeruginosa* isoladas de UTI. Resultados expressos: R = Resistente; I = Intermediário; S = Sensível, de acordo com os critérios do CLSI.

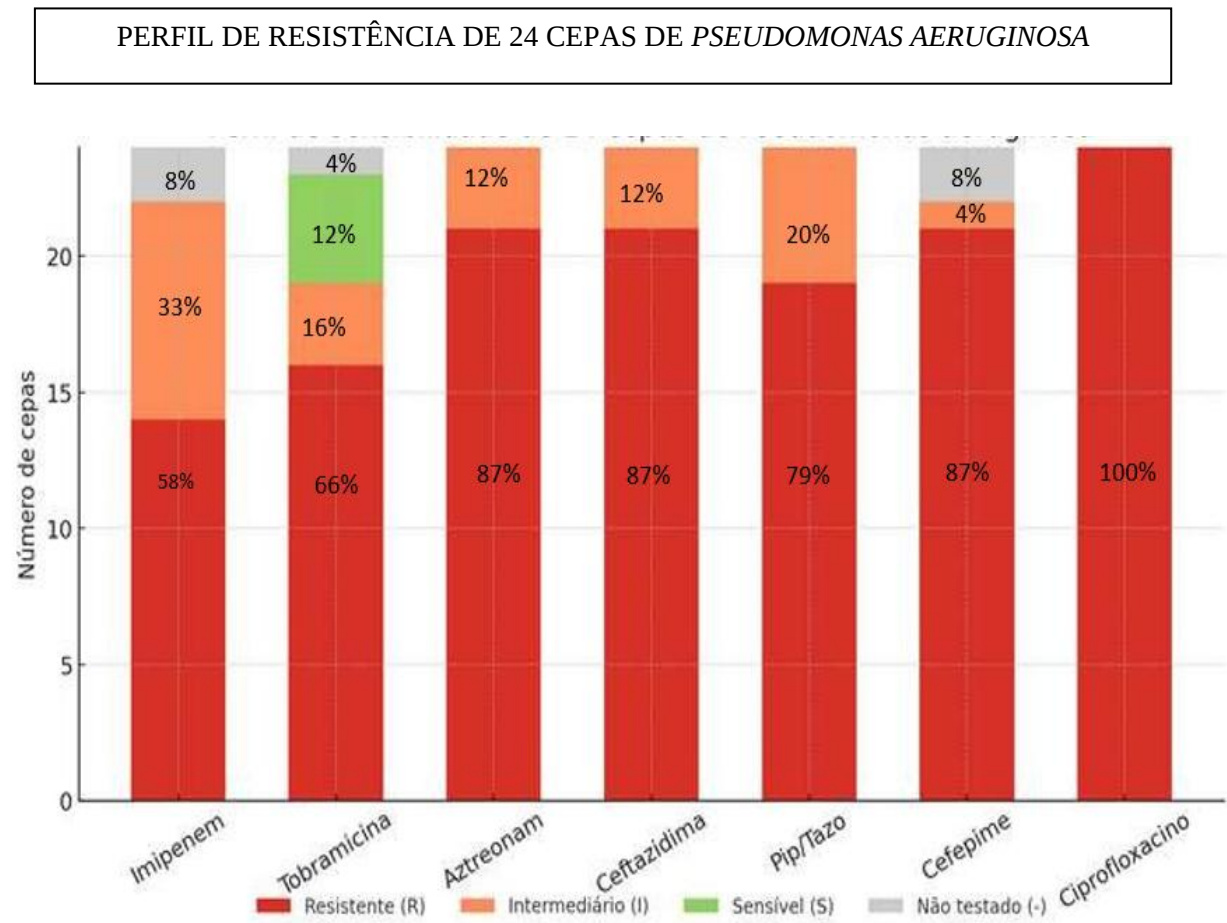
CEPAS	IMIPENEM	TOBRAMICINA	AZTREONAM	CEFTAZIDIMA	PIPERACILINA + TAZOBACTAM	CEFEPIME	CIPROFLOXACINO	Nº de tarefas Formas RESISTENTE
A16	R	R	R	R	R	R	R	7
A18	I	R	R	R	R	R	R	6
A30	R	R	R	R	R	R	R	7
A36	R	R	R	R	R	R	R	7
A38	R	R	R	R	R	R	R	7
A44	R	R	R	R	R	R	R	7
A37	I	S	R	R	I	-	R	3
A68	R	R	R	R	R	R	R	7
A69	R	R	R	R	R	R	R	7
A90	R	R	R	R	R	R	R	7
A98	R	-	R	R	R	R	R	6
A100	I	R	R	R	R	R	R	5
A102	R	S	I	I	I	R	R	3
A103	I	R	R	R	I	R	R	5
A104	R	R	R	R	R	R	R	7
A105	I	R	R	R	R	R	R	6
A108	R	R	I	R	R	R	R	6
A109	R	S	R	R	I	R	R	6
A110	I	R	R	R	R	R	R	5
A111	I	R	R	R	I	R	R	6
A112	I	S	R	R	I	R	R	5
A113	-	-	R	R	I	R	R	4
A114	I	S	R	R	I	R	R	4
A115	R	R	R	R	I	R	R	4
% RESISTENTE	58%	71%	100%	96%	63%	96%	100%	137

Fonte: própria 2025

Legenda: S – Sensível; R – Resistente; I – Sensível com exposição aumentada (Intermediário).

O gráfico 3 mostra a análise das 24 cepas de *Pseudomonas aeruginosa*, demonstrou altos índices de resistência frente aos antimicrobianos testados. Os percentuais foram distribuídos da seguinte forma. Imipenem: 14 cepas resistentes (58,3%), 8 intermediárias (33,3%) e 2 sem resultado registrado (8,4%). Tobramicina: 16 resistentes (66,6%), 4 sensíveis (16,6%), 3 intermediárias (12,5%) e 1 não testada (4,3%). Aztreonam: 21 resistentes (87,5%) e 3 intermediárias (12,5%). Cefazidima: 21 resistentes (87,5%) e 3 intermediárias (12,5%). Nenhuma cepa sensível. Piperacilina + Tazobactam: 19 resistentes (79,1%) e 5 intermediárias (20,9%). Cefepime: 21 resistentes (87,5%), 1 intermediária (4,1%) e 2 não testadas (8,4%). Ciprofloxacino: 24 resistentes (100%), não havendo registros de sensibilidade ou intermediário.

Gráfico 3 – Distribuição dos resultados do teste de sensibilidade antimicrobiana (antibiograma) realizado segundo os critérios de interpretação do BrCAST (2024). Foram testados os antibióticos imipenem, tobramicina, aztreonam, ceftazidima, piperacilina + tazobactam, cefepime e ciprofloxacino. Os resultados estão expressos como sensível (S), intermediário (I), resistente (R) ou não testado (-)



Fonte: própria 2025

Esses resultados trazem implicações muito sérias para a sociedade, especialmente no que diz respeito à segurança do ambiente hospitalar e à saúde coletiva. A presença de cepas de *P. aeruginosa* resistentes a praticamente todas as classes de antibióticos testados evidencia não apenas um desafio clínico, mas também um grave problema de saúde pública, uma vez que esse microrganismo está incluído na lista de patógenos prioritários devido ao seu elevado potencial de resistência e impacto assistencial (WHO, 2017). Quando bactérias multirresistentes como *P. aeruginosa* persistem em superfícies hospitalares, elas passam a atuar como reservatórios ambientais ativos, favorecendo a transmissão cruzada e aumentando o risco de IRAS, especialmente em pacientes críticos e imunocomprometidos (Russotto *et al.*, 2015).

Esse cenário contribui diretamente para o aumento da morbimortalidade, o prolongamento do tempo de internação hospitalar e a elevação dos custos do sistema de saúde, além de limitar as opções terapêuticas disponíveis, agravando o impacto epidemiológico das IRAS causadas por microrganismos multirresistentes (Magiorakos *et al.*, 2012; ANVISA, 2023).

Diante desse cenário, a constatação de um padrão de multirresistência aponta para um contexto em que as opções terapêuticas são cada vez mais limitadas. Isso significa que infecções que antes poderiam ser tratadas de maneira rápida e eficaz agora podem se tornar de difícil manejo, colocando em risco a vida de pessoas com baixa imunidade, idosos, recém-nascidos e pacientes críticos.

Sob a perspectiva social, esses achados reforçam a urgência em repensar práticas de uso de antibióticos, tanto na medicina quanto no cotidiano. O uso inadequado e muitas vezes excessivo de antimicrobianos, seja por automedicação, prescrições desnecessárias ou falhas em programas de controle de infecção, contribui para acelerar esse processo de resistência. Dessa forma, não se trata apenas de uma questão técnica ou hospitalar, mas de um problema que exige consciência coletiva, envolvendo profissionais de saúde, gestores.

Portanto, os resultados deste estudo não apenas alertam para a gravidade da resistência bacteriana dentro do ambiente hospitalar, mas também chamam atenção para a necessidade de medidas urgentes de prevenção, educação em saúde e políticas públicas mais eficazes. Se não houver uma mudança de postura diante desse comportamento, a sociedade poderá enfrentar um futuro em que infecções comuns voltem a ser letais simplesmente porque os antibióticos deixaram de funcionar.

Ao detalhar os resultados, observa-se que o elevado índice de resistência ao imipenem é um achado relevante, visto que os carbapenêmicos representam uma das principais opções terapêuticas no manejo de infecções graves por *Pseudomonas aeruginosa*. A perda de eficácia desta classe tem sido amplamente relatada na literatura, geralmente associada à produção de carbapenemases, perda de porinas e superexpressão de bombas de efluxo (Poirel; Nordmann, 2016; BrCAST, 2024).

De forma complementar, a resistência generalizada à ceftazidima e ao cefepime indica um comprometimento da eficácia das cefalosporinas de espectro expandido, muitas vezes relacionadas à presença de β -lactamases cromossômicas do tipo AmpC e/ou mecanismos adquiridos de resistência (Livermore, 2002). A alta resistência à piperacilina/tazobactam, observada em mais de 80% das cepas, reforça esse panorama, visto que esta associação é frequentemente empregada como terapia empírica em infecções hospitalares por PA.

No que diz respeito aos aminoglicosídeos, representados aqui pela tobramicina, verificou-se um predomínio de resistência, embora algumas cepas tenham demonstrado perfil sensível (S) ou intermediário (I). Este dado pode estar relacionado à modificação enzimática de aminoglicosídeos, redução na captação da droga ou mutações nos ribossomos, tais mecanismos reforçam a necessidade de monitoramento contínuo dos padrões locais de resistência para orientar terapias antimicrobianas mais eficazes e seguras (Zhang *et al.*, 2020).

Em relação ao aztreonam, monobactâmico com ação restrita contra bacilos Gram-negativos, este também se mostrou ineficaz contra a maioria das cepas analisadas, o que pode estar associado tanto à produção de β -lactamases de espectro estendido (ESBLs) como à presença de mecanismos múltiplos de resistência. Outro ponto crítico refere-se à resistência elevada frente ao ciprofloxacino, fluoroquinolona amplamente utilizada na prática clínica. A resistência a esta classe antimicrobiana geralmente está associada a mutações nos genes que codificam a DNA girase e a topoisomerase IV, bem como à superexpressão de bombas de efluxo (Drlica; Zhao, 2021).

De modo geral, os resultados apontam para um padrão de multirresistência (MDR), considerando que a maioria das cepas apresentou resistência simultânea a três ou mais classes de antimicrobianos. Esse achado é alarmante, visto que *Pseudomonas aeruginosa* é reconhecida pela Organização Mundial da Saúde (OMS) (WHO, 2017).

Assim, a presença de cepas multirresistentes em superfícies hospitalares, conforme demonstrado neste estudo, representa risco significativo para a disseminação de infecções associadas à assistência à saúde (IRAS). Tais resultados reforçam a necessidade de estratégias

rigorosas de controle de infecção, incluindo a higienização adequada do ambiente hospitalar, a implementação de protocolos de uso racional de antimicrobianos e o monitoramento contínuo da resistência bacteriana no contexto hospitalar.

5.3 Formulação do desinfetante a base do extrato pirolenhoso de *Eucalyptus Urograndis*

O desinfetante experimental foi elaborado a partir do extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis*, obtido junto à Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). A formulação foi definida com base nos resultados da Concentração Inibitória Mínima (CIM) e da Concentração Bactericida Mínima (CBM), que indicaram a concentração de 50% como a mais eficaz na eliminação das cepas bacterianas testadas.

Para o preparo, foram utilizados 50mL de extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis* (50%) e 50mL de água destilada estéril, totalizando 100mL de solução.

Após o preparo observou-se que o produto possui odor forte e característico, resultante da presença de compostos fenólicos e voláteis, o que pode limitar sua aplicação direta em ambientes fechados ou em setores hospitalares sem ventilação adequada. Essa característica está de acordo com a natureza complexa do extrato pirolenhoso, rico em ácidos orgânicos, fenóis, aldeídos e cetonas, compostos que conferem tanto aroma quanto a atividade biológica (Qi *et al.*, cit. em Silva, 2022; Biscaia, 2021) e cujas proporções variam conforme as condições de carbonização e condensação da madeira. Estudos conduzidos pelo Professor Alexandre Santos Pimenta e colaboradores demonstraram que a composição química do extrato, obtido a partir de biomassa de eucalipto híbrido, pode ser caracterizada de forma robusta por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS), identificando predominantemente fenóis como fenol, cresóis, guaiacol e siringol, que são diretamente associados à sua atividade antimicrobiana (Pimenta *et al.*, 2018; Gama *et al.*, 2023; Pimenta & Gama, 2023).

Além disso, protocolos de concentração e padronização do extrato, desenvolvidos em parceria, tornam possível ajustar a qualidade química do produto, ampliando sua estabilidade e preservando sua ação inibitória contra microrganismos resistentes, como observado em ensaios *in vitro* e em contextos aplicados (Gama *et al.*, 2023). Apesar dos desafios sensoriais e de aplicabilidade imediata, o desempenho antimicrobiano obtido evidencia sua viabilidade como alternativa aos desinfetantes convencionais, desde que sejam realizados novos estudos voltados à redução do odor, ao aumento da estabilidade química e à padronização da formulação, incluindo avaliação toxicológica e ajustes tecnológicos.

Em comparação com desinfetantes convencionais como hipoclorito de sódio, compostos de amônio quaternário e peróxido de hidrogênio, o extrato pirolenhoso destaca-se por ser um produto natural, biodegradável e com menor potencial tóxico ao meio ambiente (CDC, 2024; Martins *et al.*, 2021). No entanto, ainda carece de padronização e validação de uso em larga escala, etapas essenciais para garantir segurança, estabilidade e eficácia contínua.

Portanto, embora apresente eficácia comprovada na eliminação de microrganismos, o desinfetante à base do extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis* deve ser compreendido como uma alternativa experimental promissora, cujo aprimoramento depende de estudos complementares voltados à otimização sensorial, físico-química e microbiológica.

5.4 Análise eficácia do desinfetante a base extrato pirolenhoso de *Eucalyptus Urograndis*

A Tabela 4 apresenta a distribuição do crescimento bacteriano nas diferentes superfícies hospitalares da UTI, antes da aplicação do desinfetante à base de extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis*. No total de 42 amostras, 22 (52%) apresentaram crescimento bacteriano, evidenciando que mais da metade das superfícies analisadas estavam contaminadas previamente ao processo de desinfecção.

Tabela 4 – Quantificação da área coletada com crescimento bacteriano em superfícies hospitalares da Unidade de Terapia Intensiva do Hospital Rafael Fernandes em Mossoró/RN, antes da aplicação do desinfetante à base de extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis*.

SUPERFICIE	QUANTIDADE DE AMOSTRAS	CRESIMENTO BACTERIANO ANTES DA APLICAÇÃO 24HS	SEM CRESIMENTO ANTES DA APLICAÇÃO 24 HS	% CRESIMENTO
Porta	2	2	0	5%
Monitor	8	5	3	12%
Ventilador mecânico	12	8	4	19%
Bomba de infusão (BIC)	13	6	7	46%
Poltrona	3	0	3	0%
Armário	2	0	2	0%
Bancada (Pia)	1	1	0	2%
Computador	1	0	1	0%
TOTAL	42	22	20	52%

Fonte: própria 2025

Observou-se que a bomba de infusão (BIC) foi a superfície com maior percentual de crescimento bacteriano (46%), seguida pelo ventilador mecânico (19%) e monitor multiparamétrico (12%). Esses achados reforçam a literatura que descreve tais equipamentos como de alto risco para contaminação cruzada, por serem de uso contínuo e permanecerem em contato direto com o paciente crítico (Silva *et al.*, 2021; Anvisa, 2022).

Superfícies de menor manuseio, como armário, bancada (pia) e computador, não apresentaram crescimento bacteriano no período avaliado, sugerindo menor risco de colonização por patógenos, embora não devam ser negligenciadas nos protocolos de limpeza, pois atuam como reservatórios ambientais potenciais (Oliveira *et al.*, 2020).

O percentual de crescimento em portas (5%) e computadores (0%) foi baixo, o que pode estar relacionado tanto à frequência de higienização quanto à menor manipulação por parte da equipe de saúde. No entanto, estudos apontam que superfícies aparentemente “menos críticas” podem atuar como fontes secundárias de infecção, especialmente em ambientes de terapia intensiva (Who, 2019).

A taxa geral de 52% de crescimento bacteriano antes da aplicação do desinfetante demonstra a importância da implementação de protocolos rígidos de desinfecção. A escolha do extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis* justifica-se por sua ação antimicrobiana comprovada em estudos *in vitro*, com potencial de reduzir a carga microbiana em ambientes hospitalares (Martins *et al.*, 2023).

Além disso, o fato de o desinfetante ter sido aplicado em conformidade com a rotina hospitalar duas vezes ao dia, em intervalos de 12 horas confere aplicabilidade prática ao estudo, garantindo condições reais de avaliação e comparabilidade com os produtos tradicionalmente utilizados.

Assim, os dados reforçam que a contaminação está concentrada em equipamentos de suporte avançado à vida, o que exige maior rigor nos protocolos de limpeza e monitoramento, considerando que esses dispositivos, quando contaminados, ampliam o risco de disseminação de microrganismos multirresistentes, como *Pseudomonas aeruginosa*.

A Tabela 5 apresenta exclusivamente as superfícies hospitalares que demonstraram crescimento bacteriano antes da aplicação do desinfetante à base de extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis*. Observa-se que os maiores índices de crescimento ocorreram no ventilador mecânico (36%), bomba de infusão (27%) e monitor (23%), equipamentos de uso contínuo e de contato direto com a assistência ao paciente crítico. Esses dados reforçam que

tais superfícies constituem pontos de risco para a disseminação de microrganismos em ambientes de terapia intensiva, sendo potenciais fontes de infecções relacionadas à IRAS.

Tabela 5 – Demonstrativo do crescimento bacteriano de gram negativa identificado em amostras coletadas de superfícies hospitalares da Unidade de Terapia Intensiva do Hospital Rafael Fernandes, em Mossoró/RN, antes e após da aplicação do desinfetante à base de extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis*.

Superfície	Crescimento antes	%	Crescimento após
Porta	2	9%	0
Monitor	5	23%	0
Ventilador mecânico	8	36%	0
Bomba de infusão (Bic)	6	27%	0
Bancada (Pia)	1	5%	0
Total	22	100%	

Fonte: própria 2025

Os resultados encontrados neste estudo alcançaram plenamente o objetivo proposto. Todas as superfícies que inicialmente apresentaram crescimento bacteriano demonstraram eliminação total após a aplicação do extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis*. Esse achado é significativo porque comprova, em condições reais de ambiente hospitalar, a capacidade do extrato em inibir microrganismos em superfícies críticas, rompendo a cadeia de contaminação que poderia representar risco para pacientes internados em UTI.

Tendo em vista essa eficácia observada, torna-se relevante destacar o critério utilizado para a escolha das superfícies analisadas. A seleção das superfícies para aplicação do desinfetante à base do extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis* foi definida a partir dos resultados obtidos na fase inicial do estudo, quando foram realizadas coletas para identificação das áreas com maior incidência de crescimento bacteriano. Conforme demonstra a Figura 5, as superfícies que apresentaram presença confirmada de *Pseudomonas aeruginosa* foram: ventilador mecânico (n = 9), bomba de infusão (BIC) (n = 5), bancada (pia) (n = 2), monitor cardíaco (n = 2), porta (n = 2), armário (n = 1), poltrona (n = 1) e teclado de computador (n = 1) (Gráfico 2).

A partir desses resultados, definiu-se que o experimento seria conduzido exclusivamente nas superfícies previamente contaminadas por *Pseudomonas aeruginosa*, por se tratar de áreas críticas do ambiente hospitalar e com maior risco de disseminação de

microrganismos multirresistentes. Essa escolha permitiu avaliar de forma direcionada a eficácia do desinfetante em condições reais de contaminação ambiental.

Com base nessa seleção criteriosa, a etapa experimental possibilitou verificar, de maneira prática, o desempenho do extrato pirolenhoso frente às superfícies previamente contaminadas. O fato de superfícies como ventiladores mecânicos, BIC e monitores que são constantemente manuseados e de contato direto com a assistência não apresentarem mais crescimento bacteriano após a intervenção demonstra a eficácia do produto em locais tradicionalmente mais difíceis de manter livres de contaminação (Tabela 5). Da mesma forma, superfícies de contato indireto, como portas e bancadas, também tiveram resultados satisfatórios, reforçando a abrangência da ação antimicrobiana observada (Tabela 5).

A identificação dessas superfícies como áreas críticas é especialmente relevante, pois ventilador mecânico, bomba de infusão e monitor são dispositivos indispensáveis no cuidado intensivo, utilizados em pacientes em estado grave. Dessa forma, a eliminação do crescimento bacteriano nesses equipamentos, após a aplicação do extrato pirolenhoso, sugere que o desinfetante possui potencial real de reduzir significativamente as IRAS, fortalecendo as medidas de biossegurança hospitalar e diminuindo o risco de contaminação cruzada.

A relevância desse resultado se amplia ao considerar que, após a aplicação do desinfetante, todas as superfícies apresentaram ausência de crescimento bacteriano, evidenciando a eficácia do produto na eliminação dos microrganismos detectados. Esse achado demonstra não apenas a atividade bactericida do extrato, mas também a sua aplicabilidade prática em áreas críticas da UTI, o que reforça sua importância como ferramenta complementar às práticas já consolidadas de higiene hospitalar.

As superfícies selecionadas refletem locais de uso contínuo e contato direto com pacientes e profissionais de saúde, o que justifica o foco do estudo. Equipamentos como o ventilador mecânico e a bomba de infusão apresentaram as maiores frequências de contaminação, sendo considerados pontos críticos de persistência microbiana na UTI. Essa observação está em conformidade com estudos prévios que apontam tais dispositivos como potenciais reservatórios de patógenos oportunistas, incluindo *PA*, devido ao seu uso prolongado e à dificuldade de higienização (Oliveira *et al.*, 2021; Martins *et al.*, 2022).

Nesse contexto, diversos estudos destacam o potencial antimicrobiano de compostos de origem vegetal, como os óleos essenciais de espécies de eucalipto, frente a microrganismos multirresistentes, incluindo *Pseudomonas aeruginosa* (Kumar *et al.*, 2021). Esses compostos atuam por diferentes mecanismos, como a desestabilização da membrana celular e a inibição

da formação de biofilmes, dificultando o desenvolvimento de resistência microbiana. De forma semelhante, o extrato pirolenhoso se destaca por sua composição rica em fenóis, ácidos orgânicos e aldeídos, substâncias reconhecidas por sua forte atividade antimicrobiana e potencial aplicação em diferentes contextos (Morita *et al.*, 2019).

Outro aspecto fundamental a ser considerado é o tempo de contato e a forma de aplicação do desinfetante. A literatura aponta que a eficácia de agentes antimicrobianos depende diretamente da concentração e do período de exposição (Dubois-Brissonnet *et al.*, 2016). No presente estudo, a rotina de aplicação a cada 12 horas, aliada à coleta de amostras 15 minutos após o procedimento, pode ter sido determinante para o resultado de ausência de crescimento bacteriano, o que reforça a importância de protocolos bem definidos para assegurar a efetividade do produto.

Sob a perspectiva social e ambiental, os achados ganham ainda mais importância. A utilização do extrato pirolenhoso, subproduto do processamento da madeira, representa uma alternativa sustentável e economicamente viável ao uso exclusivo de desinfetantes químicos. Sua aplicação em hospitais pode reduzir custos, minimizar impactos ambientais e ampliar o acesso a métodos eficazes de controle microbiano, sobretudo em instituições do sistema público de saúde (Campos *et al.*, 2020). Além disso, a redução do risco de contaminação cruzada contribui para a diminuição das infecções hospitalares, reduzindo tempo de internação, custos com tratamentos e uso excessivo de antibióticos fatores que impactam diretamente tanto o sistema de saúde quanto a qualidade de vida dos pacientes.

Entretanto, é importante reconhecer limitações. A ausência de crescimento observada nos ensaios não implica em esterilização completa, mas sim ausência de detecção pelos métodos de cultivo empregados. Outros fatores, como presença de matéria orgânica, condições das superfícies e tempo de estocagem do desinfetante, podem influenciar sua eficácia (Dubois-Brissonnet *et al.*, 2016). Dessa forma, recomenda-se a realização de estudos adicionais, incluindo testes de longo prazo, avaliação contra biofilmes estabelecidos e comparações diretas com desinfetantes convencionais em diferentes cenários hospitalares.

Assim, os resultados obtidos demonstram não apenas o potencial antimicrobiano do extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis*, mas também sua aplicabilidade prática como uma alternativa sustentável e eficiente no controle de microrganismos em ambientes críticos de saúde, apontando para um caminho promissor no enfrentamento das infecções hospitalares.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Identificado a presença de *Pseudomonas aeruginosa* em diferentes superfícies da Unidade de Terapia Intensiva (UTI), confirmando a contaminação ambiental por microrganismos potencialmente patogênicos e resistentes.

Que nos ensaios *in vitro*, o extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis* demonstrou expressiva atividade antibacteriana frente aos isolados clínicos de *Pseudomonas aeruginosa*.

A formulação do desinfetante líquido à base de extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis*, na concentração de 50%, mostrou-se eficaz, eliminando 100% das bactérias, resultado que se confirmou também nos testes *in loco*. Após sua aplicação em superfícies hospitalares críticas, observou-se eliminação completa do crescimento bacteriano.

Dessa forma, conclui-se ainda que o extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis* constitui uma alternativa promissora, eficaz e sustentável para a desinfecção de superfícies hospitalares, apresentando-se como um produto de baixo custo e com potencial para integrar programas de controle de infecção hospitalar.

Contudo, apesar dos resultados positivos, faz-se necessário o aprimoramento do produto quanto a aspectos sensoriais e de segurança. Recomenda-se a continuidade das pesquisas voltadas à padronização da formulação, ao controle da volatilidade dos compostos odoríferos e à análise toxicológica completa. Tais aprimoramentos poderão consolidar o extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis* como uma alternativa eficaz, segura e ambientalmente responsável aos desinfetantes convencionais atualmente empregados em serviços de saúde.

Além disso, o fato de derivar de uma matéria-prima natural e renovável confere ao produto um caráter ecologicamente favorável, alinhado aos princípios de sustentabilidade e inovação tecnológica em saúde ambiental.

REFERÊNCIAS

ALVIM, A. L. S.; COUTO, B. R. M. G.; GAZZINELLI, A. **Qualidade das práticas de profissionais dos programas de controle de infecção no Brasil: estudo transversal**. Escola Anna Nery, v. 27, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/2177-9465-EAN-2022-0229p>.

ANELO, T. F. S.; CAREGNATO, R. C. A. **Ação educativa direcionada à segurança hospitalar**. Vigilância Sanitária em Debate, v. 6, n. 3, p. 89-95, 2018. Disponível em: <http://www.visaemdebate.incqs.fiocruz.br/>. Acesso em: 04 abr. 2024.

ANVISA. **Plano Nacional para a Prevenção e o Controle da Resistência Microbiana nos Serviços de Saúde**. Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/servicosdesaude/prevencao-e-controle-de-infeccao-e-resistencia-microbiana>. Acesso em: jan. 2026.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Prevenção e controle de infecções por microrganismos multirresistentes em serviços de saúde**. Brasília: ANVISA, 2021.

ARAÚJO, M. L. et al. **Avaliação da atividade antimicrobiana do extrato pirolenhoso de Eucalyptus urograndis em formulações sólidas**. Revista Brasileira de Biotecnologia, v. 4, n. 1, p. 22–30, 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Prevenção de infecções por microrganismos multirresistentes em serviços de saúde. Série Segurança do Paciente e Qualidade em Serviços de Saúde**. Brasília: Anvisa, 2021. 103 p. Versão a ser diagramada posteriormente.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Segurança do paciente em serviços de saúde: limpeza e desinfecção de superfícies**. Brasília: Anvisa, 2010. 116 p. ISBN 1. Vigilância Sanitária. 2. Saúde Pública. I. Título.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria nº 2616, de 12 de maio de 1998**. Brasília, 1998. Disponível em: <https://www.saude.gov.br/portaria2616>. Acesso em: 11 ago. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Manual de implantação de serviços de práticas integrativas e complementares no SUS**. Brasília: Ministério da Saúde, 2018. 56 p. ISBN 978-85-334-2584-2.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Práticas integrativas e complementares: plantas medicinais e fitoterapia na Atenção Básica**. Brasília: Ministério da Saúde, 2012. 156 p.: il. (Série A. Normas e Manuais Técnicos; Cadernos de Atenção Básica, n. 31). ISBN 978-85-334-1912-4.

BELAY, W. Y. et al. **Mechanism of antibacterial resistance, strategies and next-generation antimicrobials to contain antimicrobial resistance: a review**. Frontiers in Pharmacology, v. 15, p. 1444781, 2024. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/pharmacology/articles/10.3389/fphar.2024.1444781/full>. Acesso em: jan. 2026.

BRCAST – Brazilian Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing. **Tabela de pontos de corte clínicos** – versão 2024.

BISCAIA, L. et al. Composição do ácido pirolenhoso. In: Silva (Org.). **Produtos derivados da queima de madeira: aspectos químicos e aplicações**. Mossoró: UFERSA, 2021. (citado em Qi et al.)

BUDENECK, M. F.; TOLOTTI, M. F.; VIDAL, A. L. **Efeito antimicrobiano in vitro do óleo essencial de sementes de coentro (Coriandrum sativum L.)**. Saúde Integral, Guarapuava, v. 1, n. 1, p. 3-15, jul./dez. 2018. Disponível em: <file:///C:/Users/pedro/Downloads/365-Texto%20do%20artigo-707-1-10-20190522.pdf>. Acesso em: 03 abr. 2024.

CAMPOS, A. D. et al. **Avaliação do uso do extrato pirolenhoso como alternativa sustentável em diferentes contextos**. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, v. 13, n. 3, p. 953-969, 2020.

CÂNDIDO, N. R.; MODOLO, L. V.; PASA, V. M. D.; FÁTIMA, Â. **Extratos pirolenhos de casca de coco, acácia negra e eucalipto: caracterização físico-química e avaliação in vitro como potenciais inibidores da urease**. Química Nova, v. 46, n. 10, p. 961-971, 2023. Disponível em: . Acesso em: : 04 abr. 2024.

CANGUSSU, E. W. S. **Importância do Acinetobacter baumannii no ambiente hospitalar**. Journal of Biotechnology and Biodiversity, v. 8, n. 1, p. 041-046, 2020. DOI: <https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v8n1.cangussu>. Acesso em: 04 abr. 2024.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). **Chemical Disinfectants – Guideline for Disinfection and Sterilization in Healthcare Facilities**. 2024.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC).. **Antibiotic Use and Antimicrobial Resistance (AMR)**. Atlanta, 2024. Disponível em: <https://www.cdc.gov/antibiotic-use/> Acesso em: 05 fev. 2025.

CHRISTOFF, A. P. et al. **Microbiome and resistome analysis of healthcare-associated infections in Brazilian intensive care units**. PLoS One, v. 15, n. 6, e0234127, 2020. DOI: 10.1371/journal.pone.0234127.

CHRISTOFF, A. P. et al. **Microbiome and Resistome Analysis of Healthcare-Associated Infections in Brazilian Intensive Care Units**. PLoS One, v. 15, n. 6, p. e0234127, 2020. DOI: 10.1371/journal.pone.0234127.

COSTA, E. A. **Fundamentos da vigilância sanitária**. Salvador: EDUFBA, 2009. 237 p. ISBN 978-85-232-0652-9. Disponível em: <http://books.scielo.org>. Acesso em: 04 abr. 2024.
COWAN, M. M. **Plant products as antimicrobial agents**. Clinical Microbiology Reviews, v. 12, n. 4, p. 564-582, 1999. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/reben/a/k64MVNS6Qhtrk7K9X9NVTP/?format=html>. Acesso em: 03 abr. 2024.

DRLICA, K.; ZHAO, X. **DNA gyrase, topoisomerase IV, and the 4-quinolones.** Microbiology and Molecular Biology Reviews, v. 85, n. 1, p. 1-23, 2021.

DUBOIS-BRISSENET, F. et al. **Resistance of bacterial biofilms to disinfectants: a review.** Biofouling, v. 32, n. 4, p. 403-418, 2016.
em: <https://bmcinfectdis.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2334-6-130>.

EFRAIM, E. et al. **Contamination of hospital surfaces by resistant bacteria and implications for healthcare-associated infections.** Journal of Multidisciplinary Healthcare, v. 12, p. 273-281, 2019. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6906863/>. Acesso em: jan. 2026.

EMBRAPA. **Eucalipto no Brasil: bases para produção florestal sustentável.** Brasília: Embrapa Florestas, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/florestas>. Acesso em: jan. 2026.

FIGUEREDO, A. C. F.; FREITAS, N. L.; DALMOLIN, T. V.; BRANDO, F. **Pseudomonas aeruginosa: panorama do perfil de resistência aos carbapens no Brasil.** Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 9661-9672, jan. 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n1-655.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). **Relatório anual 2022.** Brasília: IBÁ, 2022. Disponível em: <https://iba.org> Acesso em: jan. 2026.

GAMA, G. S. P. et al. **Concentração do extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis* (clone I144), sua viabilidade e ação antimicrobiana.** Agropecuária Científica no Semi-Árido, 2021. Disponível em: <https://www.acsa.revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/1418>. Acesso em: jan. 2026.

GAMA, G. S. P.; PIMENTA, A. S.; FEIJÓ, F. M. C.; et al. **Efeito do pH sobre a atividade bactericida e fungitóxica do extrato pirolenhoso de eucalipto.** Revista Árvore, Viçosa-MG, v. 47, 2023. Disponível em: <https://www.revistaarvore.ufv.br/rarv/article/view/263451>. Acesso em: jan. 2026.

GIAROLA, L. B.; BARATIERI, T.; COSTA, A. M.; BEDENDO, J.; MARCON, S. S.; WAIDMAN, M. A. P. **Infecção hospitalar na perspectiva dos profissionais de enfermagem: um estudo bibliográfico.** Cogitare Enfermagem, v. 17, n. 1, p. 151-157, jan./mar. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/reben/a/k64MVNS6Qhtrk7K9X9NVTPL/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 03 abr. 2024.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

GOMES, M. F.; MORAES, V. L. **O programa de controle de infecção relacionada à assistência à saúde em meio ambiente hospitalar e o dever de fiscalização da Agência Nacional de Vigilância Sanitária.** Revista de Direito Sanitário, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 43-61, nov. 2017./fev. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2316-9044.v18i3p43-61>. Acesso em: 04 abr. 2024.

GONÇALVES, D. R. et al. **Efeito antibacteriano do extrato pirolenhoso concentrado de *Eucalyptus urograndis***. *Agropecuária Científica no Semiárido (ACSA)*, v. 18, n. 3, p. 45–52, 2022.

GONÇALVES, J. L. M. et al. **Eucalipto no Brasil: silvicultura, manejo e produtividade**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 37, n. esp., p. 1–15, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br> Acesso em: jan. 2026.

KONEMAN, E. W. **Koneman's Color Atlas and Textbook of Diagnostic Microbiology**. 7. ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health, 2016.

KRAMER, A.; SCHWEBKE, I.; KAMPF, G. **How long do nosocomial pathogens persist on inanimate surfaces? A systematic review**. *BMC Infectious Diseases*, v. 6, p. 130, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2334-6-130>

KRAMER, A.; SCHWEBKE, I.; KAMPF, G. **How long do nosocomial pathogens persist on inanimate surfaces? A systematic review**. *BMC Infectious Diseases*, v. 6, p. 130, 2006. DOI: 10.1186/1471-2334-6-130.

KUMAR, A. et al. **Antibacterial and antibiofilm activity of essential oils of *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus citriodora* against *Pseudomonas aeruginosa***. *European Journal of Medicine*, v. 8, n. 4, p. 1-7, 2021.

LIMA, L. B. **Avaliação da contaminação de superfícies inanimadas por bacilos gram-negativos em um hospital regional no Nordeste do Brasil**. 2021. 40 f. Monografia (Graduação em Medicina) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2021.

LIVERMORE, D. M. **Multiple mechanisms of antimicrobial resistance in *Pseudomonas aeruginosa*: our worst nightmare?** *Clinical Infectious Diseases*, v. 34, n. 5, p. 634–640, 2002.

LOURENÇO, Y. B. C.; PIMENTA, A. S.; PAIVA, L. L.; FEIJÓ, F. M. C.; FASCIOTTI, M.; CASTRO, R. V. O.; SOUZA, E. C. ***Eucalyptus* wood vinegar: chemical profiling, evaluation of acute toxicity to *Artemia salina* and effect on the hatching of *Betta splendens* eggs**. *Ensaios e Ciência*, v. 25, n. 5, esp., p. 776-782, 2021. DOI: <https://doi.org/10.17921/1415-6938.2021v25n5-espp776-782>. Acesso em: 07 abr. 2024.

LOURENÇO, M. S. et al. **Composição química e potencial biocida de extratos pirolenhosos de espécies florestais**. *Ciência Florestal*, v. 31, n. 2, p. 1024–1036, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br> Acesso em: jan. 2026.

MAGIORAKOS, A.-P. et al. **Multidrug-resistant, extensively drug-resistant and pandrug-resistant bacteria: an international expert proposal for interim standard definitions for acquired resistance**. *Clinical Microbiology and Infection*, v. 18, n. 3, p. 268–281, 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21793988/>. Acesso em: jan. 2026.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MARTINS, A. M. et al. **Avaliação microbiológica de superfícies e equipamentos hospitalares em unidade de terapia intensiva.** Journal of Infection Control, v. 11, n. 2, p. 125–134, 2022. Disponível em: <https://www.jic.abih.net.br/>

MARTINS, C. H. G. et al. **Avaliação comparativa de desinfetantes químicos utilizados em serviços de saúde: eficácia, riscos e sustentabilidade ambiental.** Revista Saúde e Meio Ambiente, v. 12, n. 4, p. 102–113, 2021.

MORITA, S. et al. **Antimicrobial activities of pyroligneous acid from hardwood against pathogenic bacteria.** Journal of Environmental Science and Health, Part B, v. 54, n. 6, p. 423-429, 2019.

NASCIMENTO, N.; C. D; BORGES; K. F. L.; PENINA, P. O.; PEREIRA, A. L.. **Inteligência artificial e novas tecnologias em saúde: desafios e perspectivas.** Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 9431-9445, feb. 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n2-306. Acesso em: 01 set. 2024.

OLIVEIRA RD, Bustamante PFO, Besen BAMP. **Tackling healthcare-associated infections in Brazilian intensive care units: we need more than collaboration.** Rev Bras Ter Intensiva. 2022 Nov 4;34(3):313-315. doi: 10.5935/0103-507X.2022editorial-pt. PMID: 36351063; PMCID: PMC9749086.

OLIVEIRA, A. C. S. et al. **Biofilmes bacterianos: aspectos gerais e clínicos.** Revista Pan-Amazônica de Saúde, v. 7, n. 3, p. 65–72, 2016.

OLIVEIRA, A. C. S. et al. **Biofilmes bacterianos: aspectos gerais e clínicos.** Revista Pan-Amazônica de Saúde, v. 7, n. 3, p. 65-72, 2016.

OLIVEIRA, A. C.; DAMASCENO, Q. S. **Superfícies do ambiente hospitalar como possíveis reservatórios de bactérias resistentes: uma revisão.** Revista Escoviana de Enfermagem da USP, v. 44, n. 4, p. 1118-1123, 2010. Disponível em: www.ee.usp.br/reeusp/. Acesso em: 31 mar. 2024.

OLIVEIRA, L. M.; SANTOS, A. L.; OLIVEIRA, T. C. M. **Resistência antimicrobiana em Pseudomonas aeruginosa: mecanismos de defesa e impacto clínico.** Revista de Ciências Médicas e Biológicas, v. 19, n. 3, p. 421-432, 2020.

OLIVEIRA, L. R. et al. **Superfícies hospitalares como reservatórios de patógenos multirresistentes: revisão de literatura.** Revista Brasileira de Enfermagem, v. 74, n. 4, p. 1–8, 2021. DOI: 10.1590/0034-7167-2020-0843.

OLIVEIRA, L. R.; SANTOS, A. L.; OLIVEIRA, T. C. M. **Resistência antimicrobiana em Pseudomonas aeruginosa: mecanismos de defesa e impacto clínico.** Revista de Ciências Médicas e Biológicas, v. 19, n. 3, p. 421–432, 2021.

OLIVEIRA, V. J. S. **Caracterização das produções científicas sobre levantamento etnobotânico de plantas medicinais: revisão integrativa.** Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde, v. 21, n. 1, p. 42-47, 2017. Kroton Educacional S.A., Campo Grande, Brasil.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Global priority list of antibiotic-resistant bacteria to guide research, discovery, and development of new antibiotics.** Genebra: OMS, 2017.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Prioridade global de patógenos resistentes a antibióticos.** Genebra: OMS, 2017.

OSMAN AH, Darkwah S, Kotey FCN et al. **Reservatórios de Patógenos Nosocomiais em Unidades de Terapia Intensiva: Uma Revisão Sistemática.** Environmental Health Insights . 2024;18.

PIMENTA AS, Fasciotti M, Monteiro TVC, Lima KMG. **Chemical Composition of Pyroligneous Acid Obtained from Eucalyptus GG100 Clone.** Molecules. 2018 Feb 15;23(2):426. doi: 10.3390/molecules23020426. PMID: 29462854; PMCID: PMC6017387.
Pimenta, AS; Fasciotti, M.; Monteiro, TVC; Lima, KMG. **Composição Química do Ácido Pirolíneo Obtido do Clone GG100 de Eucalipto.** Molecules 2018 , 23 , 426.

PIMENTA, A. S. et al. **Extrato pirolenhoso: obtenção, propriedades e aplicações.** *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 13, n. 3, p. 1–9, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br> Acesso em: jan. 2026.

POIREL, L.; NORDMANN, P. **Carbapenem resistance in Enterobacteriaceae: mechanisms and epidemiology.** *Clinical Microbiology and Infection*, v. 22, n. 6, p. 512–519, 2016.

REIS, L. M.; RABELLO, B. R.; ROSS, C.; SANTOS, L. M. R. **Avaliação da atividade antimicrobiana de antissépticos e desinfetantes utilizados em um serviço público de saúde.** *Revista Brasileira de Enfermagem*, Brasília, v. 64, n. 5, p. 870-875, set./out. 2011.

RODRIGUES, A. C. et al. **Epidemiology of bacterial contamination of inert hospital surfaces and equipment in critical and non-critical care units: a Brazilian study.** *Research, Society and Development*, v. 9, n. 9, e619997118, 2020.

RUSSOTTO, V. et al. **Bacterial contamination of inanimate surfaces and equipment in the intensive care unit.** *Journal of Hospital Infection*, v. 91, n. 3, p. 257–263, 2015. DOI: 10.1016/j.jhin.2015.07.010.

RUSSOTTO, V. et al. **Hospital environmental contamination and risk of healthcare-associated infections: a multicenter study.** *Intensive Care Medicine*, v. 41, n. 5, p. 912-920, 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25731663/>. Acesso em: jan. 2026.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. P. B. **Metodologia de pesquisa.** 6. ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

SANTA BÁRBARA, M. C.; MIYAMARU, L. L.; YANO, H. M.; ALMODOVAR, A. A. B.; LIMA, R. F.; AURICCHIO, M. T.; BUGNO, A. **Qualidade de saneantes e antissépticos utilizados em hospitais da rede pública.** *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, São Paulo, v. 71, n. 4, p. 650-655, 2012. Disponível

em: <https://periodicoshomolog.saude.sp.gov.br/index.php/RIAL/article/view/32479/31310>. Acesso em: 02 jun. 2024.

SANTAROSA, E.; PENTEADO JÚNIOR, J.F.; GOULART, I. C. G. R. **Transferência de tecnologia florestal: cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 138 p. ISBN 978-85-7035-400-6.

SANTOS, M. F.; ALMEIDA, R. S.; LIMA, E. O. **Atividade antimicrobiana de extratos vegetais frente a bactérias multirresistentes**. Revista Brasileira de Plantas Medicinais, v. 22, p. 72-80, 2020.

SANTOS, N. Q. **A resistência bacteriana no contexto da infecção hospitalar**. Texto & Contexto – Enfermagem, v. 13, n. esp., p. 64-70, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/tce/a/KrkXBPPt83ZyvMBmxHL8yCf/?lang=pt>. Acesso em: 31 mar. 2024.

SENA, M. F. M.; ANDRADE, A. M.; THODE FILHO, S.; SANTOS, F. R.; PEREIRA, L. F. **Potencialidades do extrato pirolenhoso: práticas de caracterização**. REGET, v. 18, ed. especial, p. 41-44, mai. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/2236117013808>. Acesso em: 07 abr. 2024.

SENA, R. F. et al. **Caracterização química e atividade antimicrobiana do extrato pirolenhoso de eucalipto**. Revista Árvore, v. 38, n. 1, p. 187–193, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br> Acesso em: jan. 2026.

SILVA, F. A.; MOURA, G. S.; FERREIRA, R. S. **Atividade antimicrobiana de extratos vegetais e seus metabólitos secundários**. Revista Fitos, v. 15, n. 3, p. 322-334, 2021.

SILVA, P. H. M. et al. **Desempenho silvicultural e qualidade da madeira de clones de *Eucalyptus urograndis***. Revista Árvore, v. 44, e4412, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/VQ6pQkZrN8QJwVtQvZfJ9kF/>. Acesso em: jan. 2026.

SILVA, R. C. **Formulações de extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis* e suas atividades antimicrobianas frente a patógenos hospitalares**. 2022. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022. Acesso em: 24 ago. 2025.1.

SILVA, T. C.; RODRIGUES, A. P. **Prevenção e controle de infecção hospitalar**. Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento, [S. l.], v. 5, p. e13612541628, 2023. DOI: 10.33448/rsd-v12i5.41628. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/41628>. Acesso em: 2 jun. 2024.

SINGH, N. et al. Bacterial contamination of hospital fomites: a systematic review and meta-analysis. Infection and Drug Resistance, v. 17, p. 4321-4335, 2024. DOI: 10.1177/11786302241243239.

SOUZA, M. G. A.; ROCHA, A. D.; MOREIRA, D. M S.; CORRÊA, Jamile da Silva; MORAES, J. E. J.; CRUZ, J. S.; NUNES, J. V.; FERNANDES, L. M. L.; AZEVEDO, A. P.

Fatores de interferência na qualidade da desinfecção e limpeza de superfícies hospitalares. Brazilian Journal of Health Review, Curitiba, v. 4, n. 2, p. 8981- 8993, mar./abr. 2021. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/28608/22596>. Acesso em: 04 abr. 2024.

SOUZA-SILVA, A.; ZANETTI, R.; CARVALHO, G. A.; MENDONÇA, L. A. **Qualidade de mudas de eucalipto tratadas com extrato pirolenhoso.** Cerne, Lavras, v. 12, n. 1, p. 19-26, jan./mar. 2006. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74412103>. Acesso em: 03 abr. 2024.

SOUZA, T. R. et al. **Avaliação do potencial antimicrobiano do extrato pirolenhoso de *Eucalyptus urograndis*.** Journal of Wood Chemistry and Technology, v. 40, n. 4, p. 265–275, 2020. Disponível em: <https://www.tandfonline.com> Acesso em: jan. 2026.

TOMAZINI BM, Besen BAMP, Santos RHN, Nassar AP Jr, Veiga TS, Campos VB, Tokunaga SM, Santos ES, Barbante LG, da Costa Maia R, Kojima FCS, Laranjeira LN, Taniguchi LU, Roepke RML, Franke CA, Sanches LC, Melro LMG, Maia IS, de Souza Dantas VC, Figueiredo RC, de Alencar Filho MS, Irineu VM, Lovato WJ, Zandonai CL, Machado FR, Arns B, Marsola G, Veiga VC, Pereira AJ, Cavalcanti AB; IMPACTO-MR investigators (2019 - 2023);

BRICNet. **Clinical impact of healthcare-associated infections in Brazilian ICUs: a multicenter prospective cohort.** Crit Care. 2025 Jan 3;29(1):4. doi: 10.1186/s13054-024-05203-8. PMID: 39754200; PMCID: PMC11699823.

VERA, D. E.; LAURA, V. A.; FERREIRA, André Dominghetti; COUTO, Allan Motta. **Crescimento e forma do eucalipto em função da densidade de plantio.** Ciência Florestal, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 504-522, jan./mar. 2022. Disponível em: . Acesso aberto. Submissão: 28/07/2020; Aprovação: 13/05/2021; Publicação: 25/03/2022. ISSN 1980-5098.

WHO – World Health Organization. **Global priority list of antibiotic-resistant bacteria to guide research, discovery, and development of new antibiotics.** Geneva: WHO, 2017.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Global priority list of antibiotic-resistant bacteria to guide research, discovery, and development of new antibiotics.** Geneva: WHO, 2017. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-EMP-IAU-2017.12>. Acesso em: jan. 2026.

ZHANG, Y. et al. **Mechanisms of aminoglycoside resistance in clinical *Pseudomonas aeruginosa* isolates.** Infection and Drug Resistance, v. 13, p. 1599–1611, 2020.

APÊNDICE 1 – Cartilha educativa Prevenção de Infecções Hospitalares por Superfícies Contaminadas





COMO PREVENIR INFECÇÕES POR SUPERFÍCIES

Higienização do ambiente

Utilize desinfetantes hospitalares adequados (hipoclorito de sódio, álcool 70%, quaternário de amônio, peróxido de hidrogênio ou outras recomendações pela Anvisa).



Limpeza de superfícies de contato mútuo

Dê atenção especial às superfícies de maior contato, como mesas, macas, monitores e teclados.

Rotina de limpeza

Realize a limpeza seguindo uma rotina fixa, evitando a propagação de microrganismos.



Evite contato com objetos pessoais:

Evite usar celulares, relógios e anéis para áreas críticas do hospital.

Se usá-los, higienize-os frequentemente com álcool 70%.



COMO PREVENIR INFECÇÕES POR SUPERFÍCIES

Higienização das mãos

Lave as mãos com água e sabão ou utilize álcool 70% antes e depois de tocar em qualquer superfície hospitalar.



Uso de Equipamentos de Proteção Individualizada (EPIs):

Utilize luvas ao manusear materiais contaminados, mas lembre-se: luvas não substituem a higienização das mãos!



Máscaras e aventais devem ser descartados corretamente para evitar contaminação cruzada.



CONCLUSÃO

A prevenção de infecções por superfícies contaminadas exige a colaboração de todos, sendo fortalecida por hábitos como higienização das mãos, desinfecção de equipamentos e práticas seguras no ambiente hospitalar.



Manter um ambiente limpo e seguro não é apenas uma questão de protocolo, mas um fator essencial para garantir a qualidade da assistência à saúde e proteger vidas. Ao reforçarmos a importância dessas medidas, fortalecemos a segurança hospitalar e contribuimos para um cuidado mais humanizado e eficaz.

A sua participação é fundamental!

Juntos, podemos prevenir infecções e tornar o ambiente hospitalar um espaço mais seguro para todos.



PPGATS

UFERSA

