

IDENTIFICAÇÃO PRECOCE DA SEPSE EM PACIENTES PÓS-CIRÚRGICOS NA UTI: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE BIOMARCADORES E ESCALAS CLÍNICAS

AUTORES

ALMEIDA DE SOUZA, Jean
BATTISTI TOSIN, Aline Enauân
SANTOS PIRES, Brunna karolyne

Discente da União das Faculdades dos Grandes Lagos – UNILAGO

EL HASSAN, Soraia

Docente da União das Faculdades dos Grandes Lagos – UNILAGO

RESUMO

A sepse representa uma das principais causas de mortalidade em Unidades de Terapia Intensiva (UTIs), especialmente em pacientes submetidos a procedimentos cirúrgicos de média e alta complexidade. O reconhecimento precoce dessa síndrome inflamatória sistêmica desregulada é essencial para a redução de desfechos desfavoráveis, mas ainda enfrenta barreiras diagnósticas significativas, principalmente no período pós-operatório. Esta revisão bibliográfica teve como objetivo analisar criticamente as evidências disponíveis sobre estratégias de identificação precoce da sepse em pacientes cirúrgicos críticos, com ênfase na utilização de biomarcadores laboratoriais — como procalcitonina, proteína C reativa, interleucina-6 e presepsina — e escalas clínicas validadas, como SOFA, qSOFA e SAPS 3. Foram incluídas publicações indexadas entre 2012 e 2024 nas bases PubMed, SciELO, LILACS, Embase e Cochrane. Os resultados apontam que a integração entre dados laboratoriais, escores clínicos e tecnologias emergentes, como inteligência artificial, pode elevar substancialmente a acurácia diagnóstica, favorecer intervenções precoces e reduzir a mortalidade associada à sepse em UTIs cirúrgicas. A revisão reforça a necessidade de protocolos clínicos bem estruturados, adaptáveis à realidade institucional e sustentados por uma atuação multiprofissional qualificada.

PALAVRAS - CHAVE

Sepse; Unidade de Terapia Intensiva; Biomarcadores; SOFA; qSOFA.

ABSTRACT

Sepsis remains one of the leading causes of mortality in Intensive Care Units (ICUs), particularly among patients undergoing medium- and high-complexity surgical procedures. Early recognition of this dysregulated systemic inflammatory syndrome is essential for reducing adverse outcomes, yet it continues to face significant diagnostic challenges, especially in the postoperative period. This literature review aimed to critically analyze the available evidence on early sepsis detection strategies in critically ill surgical patients, with an emphasis on the use of laboratory biomarkers—such as procalcitonin, C-reactive protein, interleukin-6, and presepsin—and validated clinical scoring systems, including SOFA, qSOFA, and SAPS 3. Indexed publications from 2012 to 2024 were included, drawing from databases such as PubMed, SciELO, LILACS, Embase, and Cochrane. The results indicate that the integration of laboratory data, clinical scores, and emerging technologies such as artificial intelligence can significantly enhance diagnostic accuracy, promote timely interventions, and reduce sepsis-related mortality in surgical ICUs. This review reinforces the need for well-structured clinical protocols tailored to institutional realities and supported by a qualified multidisciplinary approach.

Keywords: Sepsis; Intensive Care Unit; Biomarkers; SOFA; qSOFA.

1. INTRODUÇÃO

A sepse é uma síndrome clínica complexa e potencialmente fatal, caracterizada por uma resposta desregulada do organismo à infecção, levando à disfunção orgânica progressiva. Trata-se de um dos principais desafios da medicina moderna, com alta prevalência e mortalidade significativa, especialmente em ambientes de terapia intensiva. Estima-se que, globalmente, mais de 49 milhões de pessoas desenvolvam sepse anualmente, resultando em aproximadamente 11 milhões de mortes, o que representa quase 20% de todos os óbitos no mundo (RUDD et al., 2020).

No contexto cirúrgico, a sepse adquire particular importância, pois pacientes submetidos a procedimentos invasivos apresentam maior risco de infecção hospitalar, disfunção imunológica e evolução desfavorável quando comparados à população geral (MARTIN et al., 2003). A rápida identificação do quadro séptico é um fator decisivo para o desfecho clínico, sendo diretamente associada à redução da mortalidade, do tempo de internação e dos custos hospitalares (SINGER et al., 2016; RHODES et al., 2017).

Diversos estudos apontam que a identificação precoce da sepse pode ser potencializada por meio da integração entre biomarcadores laboratoriais, escalas clínicas de estratificação de risco e protocolos estruturados, os quais contribuem para diagnósticos mais rápidos e condutas mais eficazes (HOTCHKISS; KARL, 2003; BAUER et al., 2021). Biomarcadores como a procalcitonina, proteína C reativa (PCR) e o lactato sérico vêm sendo amplamente estudados pela sua utilidade na detecção e monitoramento da gravidade do processo infeccioso (ANGUS; VAN DER POLL, 2013).

Além disso, instrumentos clínicos como o Sequential Organ Failure Assessment (SOFA), Quick SOFA (qSOFA) e a escala NEWS (National Early Warning Score) têm sido empregados como ferramentas auxiliares para a estratificação precoce do risco, contribuindo para a tomada de decisões ágeis em ambientes de alta complexidade (SINGER et al., 2016).

Nesse cenário, o desenvolvimento e a aplicação de protocolos otimizados baseados em evidências tornam-se essenciais. Tais protocolos, ao integrar biomarcadores e escalas clínicas, podem fornecer subsídios

importantes para intervenções precoces, especialmente em pacientes cirúrgicos críticos internados em Unidades de Terapia Intensiva.

Considerando a relevância do tema, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica narrativa sobre as principais evidências científicas disponíveis acerca da identificação precoce da sepse em pacientes pós-cirúrgicos internados na UTI, com foco na aplicação de biomarcadores, escalas clínicas e tecnologias emergentes como suporte ao desenvolvimento de protocolos clínicos otimizados.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Perfil epidemiológico da sepse em pacientes pós-cirúrgicos

A sepse representa uma das principais causas de mortalidade hospitalar no mundo, configurando-se como uma emergência médica que exige reconhecimento e tratamento precoces. Estima-se que, globalmente, ocorram cerca de 49 milhões de casos de sepse a cada ano, com aproximadamente 11 milhões de mortes, o que corresponde a 19,7% de todos os óbitos no planeta (RUDD et al., 2020).

No contexto da cirurgia, a sepse apresenta particular relevância, pois os pacientes submetidos a procedimentos cirúrgicos estão mais vulneráveis à infecção devido à invasão de barreiras anatômicas, manipulação de tecidos, uso de dispositivos invasivos e exposição prolongada a ambientes hospitalares, especialmente em UTIs (MARTIN et al., 2003; ANGUS; VAN DER POLL, 2013). Essa população constitui, portanto, um grupo de risco específico para o desenvolvimento de sepse nos períodos pós-operatórios, com impacto direto na morbimortalidade.

A literatura destaca que a incidência de sepse em pacientes cirúrgicos varia de acordo com o tipo de cirurgia, a presença de comorbidades, o tempo de internação e o perfil microbiológico da instituição (BAUER et al., 2020). Estudos apontam taxas de mortalidade que podem ultrapassar 40% em pacientes pós-cirúrgicos que desenvolvem sepse grave ou choque séptico, especialmente em hospitais de alta complexidade e com limitação de recursos para intervenções precoces (VINCENT et al., 2019).

Em países em desenvolvimento, incluindo o Brasil, os desafios epidemiológicos são ainda mais acentuados devido à escassez de protocolos padronizados, à dificuldade de acesso a recursos laboratoriais rápidos e à falta de educação continuada para o reconhecimento precoce da sepse (SINGER et al., 2016; MACHADO et al., 2017). Tais fatores contribuem para o subdiagnóstico e a subnotificação da condição, dificultando o dimensionamento real do problema nas UTIs cirúrgicas brasileiras.

Adicionalmente, a presença de fatores como imunossupressão, trauma cirúrgico intenso, perda sanguínea significativa e necessidade de ventilação mecânica prolongada são amplamente descritos como agravantes para o desenvolvimento da sepse no período pós-operatório (HOTCHKISS et al., 2016; LIU et al., 2017).

Portanto, o reconhecimento do perfil epidemiológico da sepse no paciente pós-cirúrgico é essencial não apenas para fins estatísticos, mas também para nortear a elaboração de protocolos clínicos, estratégias de prevenção e alocação de recursos nas unidades críticas. A identificação de populações de risco permite intervenções mais precisas e efetivas, além de fomentar políticas públicas voltadas à segurança do paciente cirúrgico.

2.2 Bases Fisiopatológicas da Sepse: da infecção inicial à disfunção orgânica

A sepse é atualmente compreendida como uma resposta desregulada do hospedeiro a uma infecção, que resulta em disfunção orgânica potencialmente fatal (SINGER et al., 2016). Essa definição representa um avanço conceitual em relação a abordagens anteriores que focavam exclusivamente na presença de sinais inflamatórios sistêmicos (SIRS), sem contemplar os mecanismos de falência orgânica. O entendimento fisiopatológico atual da sepse é multifacetado e envolve interações complexas entre a resposta imune, a coagulação, o metabolismo e a integridade endotelial.

O processo se inicia com o reconhecimento de agentes patogênicos por receptores de reconhecimento padrão (PRRs), como os Toll-like receptors (TLRs), que ativam vias intracelulares responsáveis pela liberação de mediadores inflamatórios, como citocinas (IL-1 β , IL-6, TNF- α) e quimiocinas (HOTCHKISS et al., 2016). Essa resposta é essencial para o controle inicial da infecção, mas, quando exacerbada ou mal regulada, desencadeia danos colaterais significativos, com ativação sistêmica do endotélio, vasodilatação, aumento da permeabilidade capilar e coagulopatia.

A hiperativação imunológica é acompanhada por um estado de imunossupressão paradoxal, caracterizado por apoptose de células imunocompetentes, disfunção fagocitária e expressão reduzida de antígenos do complexo principal de histocompatibilidade (MHC), resultando em maior susceptibilidade a infecções secundárias e persistência da inflamação (ANGUS; VAN DER POLL, 2013; DELANO; WARD, 2016).

O comprometimento da microcirculação é outro aspecto crucial da fisiopatologia da sepse, levando à hipoperfusão tecidual, hipóxia celular e falência progressiva de múltiplos órgãos. As alterações na regulação do óxido nítrico e da vasorreatividade contribuem para o colapso hemodinâmico, especialmente em casos de choque séptico (VINCENT et al., 2019).

A disfunção orgânica pode afetar praticamente todos os sistemas, incluindo o sistema respiratório (com evolução para síndrome do desconforto respiratório agudo – SDRA), cardiovascular (choque refratário), renal (lesão renal aguda), hepático, neurológico e hematológico (coagulopatia associada à sepse) (RHODES et al., 2017).

Diante dessa complexidade, a sepse é atualmente vista como uma síndrome biológica e heterogênea, na qual fatores genéticos, comorbidades, foco infeccioso e características do hospedeiro modulam a evolução clínica (SHANKAR-HARI et al., 2016). A individualização do manejo passa a ser fundamental, sustentando a necessidade de ferramentas que identifiquem precocemente pacientes em risco e que possibilitem intervenções baseadas em perfis imunobiológicos e funcionais específicos.

Portanto, o conhecimento aprofundado da fisiopatologia da sepse é essencial para a implementação de estratégias diagnósticas e terapêuticas eficazes, especialmente em contextos como o pós-operatório, em que o limiar entre resposta inflamatória fisiológica e sepse pode ser sutil e de rápida evolução.

2.3. Estratificação de Risco na UTI Pós-Cirúrgica: uma abordagem essencial para o reconhecimento precoce da sepse

A estratificação de risco em unidades de terapia intensiva (UTI), especialmente no cenário pós-cirúrgico, é considerada uma estratégia fundamental para a identificação precoce de pacientes com potencial de desenvolver sepse. Essa abordagem visa detectar sinais iniciais de deterioração clínica e orientar intervenções precoces, melhorando os desfechos clínicos e reduzindo a mortalidade (RHODES et al., 2017).

No contexto pós-operatório, a complexidade do estado clínico, o trauma cirúrgico, o uso de dispositivos invasivos e a possível imunossupressão induzida por agentes anestésicos ou inflamatórios elevam

significativamente o risco de infecção e, por conseguinte, de evolução para sepse (VINCENT et al., 2019). Nesse sentido, ferramentas de estratificação como o Sequential Organ Failure Assessment (SOFA), qSOFA, APACHE II e SAPS III têm sido amplamente empregadas na prática clínica e em estudos epidemiológicos (FERREIRA et al., 2001).

O escore SOFA, por exemplo, avalia disfunções em seis sistemas fisiológicos e é útil para monitorar a progressão clínica da sepse. Já o qSOFA, por sua simplicidade e aplicabilidade à beira-leito, tornou-se um recurso valioso para triagem rápida em ambientes hospitalares, apesar de suas limitações quanto à sensibilidade (SINGER et al., 2016). Por outro lado, escores como APACHE II e SAPS III oferecem maior acurácia prognóstica por considerarem múltiplos parâmetros fisiológicos e laboratoriais, embora sua aplicação demande mais recursos e expertise (METNITZ et al., 2005).

A literatura também destaca que a combinação de escores clínicos com biomarcadores laboratoriais (como lactato sérico, procalcitonina e proteína C reativa) pode ampliar a acurácia da detecção precoce da sepse, sobretudo em pacientes cirúrgicos de alto risco (BAUER et al., 2020; SHANKAR-HARI et al., 2016). Essa abordagem integrada permite não apenas classificar pacientes de acordo com a gravidade, mas também identificar rapidamente aqueles que necessitam de intervenções imediatas, como antibioticoterapia e suporte hemodinâmico.

Além disso, há crescente interesse em modelos preditivos que utilizam inteligência artificial e machine learning para realizar estratificações mais refinadas, especialmente em UTIs de hospitais de grande porte. Esses sistemas buscam analisar grandes volumes de dados clínicos em tempo real, aprimorando a vigilância e a tomada de decisões (FUTOMA et al., 2017).

A estratificação de risco, portanto, não deve ser encarada apenas como uma ferramenta diagnóstica, mas como parte de uma abordagem dinâmica e contínua, essencial para o cuidado intensivo de pacientes cirúrgicos. A identificação precoce de sinais de falência orgânica iminente permite intervenções precoces, reduz a progressão da sepse e melhora significativamente o prognóstico hospitalar.

2.4 Biomarcadores como Ferramentas Diagnósticas e Prognósticas na Sepse Pós-Cirúrgica

A detecção precoce da sepse em pacientes pós-cirúrgicos constitui um desafio clínico significativo, dado que os sinais clínicos podem ser confundidos com a resposta inflamatória normal ao trauma cirúrgico. Nesse contexto, os biomarcadores têm emergido como ferramentas promissoras para diagnóstico, estratificação de risco e monitoramento de resposta terapêutica na sepse (ANGUS; VAN DER POLL, 2013; BAUER et al., 2020).

O lactato sérico permanece como um dos marcadores mais utilizados na prática clínica, sobretudo pela sua associação com hipoperfusão tecidual e maior risco de mortalidade. Valores persistentemente elevados de lactato após a ressuscitação volêmica indicam mau prognóstico e refletem falência na microcirculação, mesmo na ausência de hipotensão (RHODES et al., 2017; SINGER et al., 2016).

Outro biomarcador amplamente estudado é a procalcitonina (PCT), uma proteína precursora da calcitonina que se eleva significativamente em infecções bacterianas graves. A PCT demonstra utilidade tanto no diagnóstico quanto no acompanhamento da resposta ao tratamento antibiótico, com boa correlação entre sua redução e a resolução da sepse (BECKER et al., 2008). Sua especificidade é superior à da proteína C reativa (PCR), a qual, apesar de sensível, apresenta elevação inespecífica em processos inflamatórios, incluindo o pós-operatório imediato (VINCENT et al., 2019).

Além desses, outros biomarcadores têm sido explorados, como IL-6, lipopolissacarídeo-binding protein (LBP), pentraxina 3 (PTX3) e presepsina. Dentre eles, a presepsina tem ganhado atenção por apresentar rápida elevação na fase inicial da infecção e boa correlação com a gravidade do quadro clínico (JENO et al., 2011). Entretanto, seu custo e limitada disponibilidade restringem seu uso rotineiro na maioria dos serviços hospitalares.

A literatura também aponta que a utilização combinada de biomarcadores, ao invés do uso isolado, pode melhorar a acurácia diagnóstica e prognóstica. Estudos têm demonstrado que painéis multimarcadores que integram lactato, PCT e IL-6 são mais eficazes para estratificação de risco e predição de mortalidade em pacientes críticos (SHANKAR-HARI et al., 2016; KLEIN et al., 2018).

Apesar dos avanços, ainda não há consenso sobre um biomarcador ideal e universal para sepse. Fatores como variabilidade individual, tipo de cirurgia, presença de comorbidades e imunocompetência do paciente influenciam a resposta inflamatória e os níveis séricos dos marcadores. Assim, o uso clínico dos biomarcadores deve ser interpretado em conjunto com os dados clínicos e outros instrumentos diagnósticos, como as escalas clínicas e os parâmetros laboratoriais complementares. A aplicação criteriosa dos biomarcadores, portanto, pode otimizar a tomada de decisão clínica, promover intervenções mais precoces e individualizadas, e impactar positivamente nos desfechos dos pacientes sépticos no pós-operatório.

2.5. Escalas Clínicas Aplicadas à Avaliação da Gravidade da Sepse

As escalas clínicas constituem ferramentas essenciais no reconhecimento precoce da sepse e na estratificação de gravidade em pacientes hospitalizados, especialmente em contextos de terapia intensiva. Estas escalas possibilitam uma avaliação sistemática e objetiva das condições clínicas do paciente, auxiliando na priorização de intervenções e na previsão de desfechos adversos (SINGER et al., 2016).

Entre as escalas mais empregadas, destaca-se o Sequential Organ Failure Assessment (SOFA), que avalia a disfunção de seis sistemas fisiológicos (respiratório, cardiovascular, hepático, hematológico, renal e neurológico). O aumento da pontuação SOFA está diretamente relacionado à elevação da mortalidade hospitalar, sendo recomendado para o diagnóstico de sepse desde a publicação das diretrizes Sepsis-3 (SINGER et al., 2016). A sensibilidade do score SOFA, contudo, está atrelada à disponibilidade de exames laboratoriais, o que pode limitar seu uso fora do ambiente intensivo.

Em contrapartida, o qSOFA (quick SOFA) surgiu como alternativa de triagem rápida em ambientes não intensivos, baseando-se em apenas três critérios clínicos: frequência respiratória ≥ 22 irpm, alteração no nível de consciência (Glasgow < 15) e pressão arterial sistólica ≤ 100 mmHg. Apesar de sua simplicidade, estudos indicam que o qSOFA possui baixa sensibilidade para detecção precoce da sepse, especialmente em pacientes cirúrgicos ou imunossuprimidos (BAUER et al., 2020; MACHADO et al., 2017).

Outra ferramenta amplamente utilizada é o APACHE II (Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II), que inclui variáveis fisiológicas, idade e presença de comorbidades. Embora tenha elevado poder discriminativo para mortalidade, sua complexidade e dependência de múltiplos dados limitam seu uso rotineiro na prática clínica rápida (RHODES et al., 2017; SINGER et al., 2016). De forma semelhante, o SAPS III (Simplified Acute Physiology Score III) também oferece acurácia prognóstica elevada, sendo útil na comparação de desempenho entre UTIs e em estudos epidemiológicos (METNITZ et al., 2005).

Há ainda escalas voltadas para a identificação de deterioração clínica precoce, como o NEWS (National Early Warning Score), que, embora não seja específico para sepse, tem demonstrado utilidade na detecção de

instabilidade clínica em pacientes hospitalizados. Sua aplicação sistematizada pode contribuir para a triagem de pacientes com risco de evolução séptica (NICE, 2022).

A literatura sugere que nenhuma escala isoladamente é capaz de captar toda a complexidade da sepse, especialmente no contexto pós-cirúrgico. Assim, o uso combinado de escores clínicos com dados laboratoriais (como biomarcadores) e ferramentas tecnológicas (como algoritmos preditivos baseados em inteligência artificial) pode representar um avanço significativo na acurácia diagnóstica e na personalização da abordagem terapêutica (FUTOMA et al., 2017; VINCENT et al., 2019).

A incorporação crítica dessas escalas no protocolo institucional de sepse é fundamental para promover um cuidado baseado em evidências, melhorando os desfechos clínicos e otimizando os recursos em saúde.

2.6. Formulação de Protocolos Otimizados na UTI com Base em Evidências

A implementação de protocolos clínicos padronizados na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) tem sido associada à melhoria de desfechos em pacientes com sepse, especialmente no contexto pós-cirúrgico. Protocolos baseados em evidências promovem maior uniformidade na abordagem, reduzem a variabilidade assistencial e favorecem a tomada de decisões clínicas em tempo hábil (DELLINGER et al., 2013; RHODES et al., 2017).

O marco inicial para essa padronização ocorreu com a introdução da campanha Surviving Sepsis Campaign (SSC), que propôs pacotes de medidas (bundles) a serem aplicados nas primeiras horas do reconhecimento da sepse e do choque séptico. Esses bundles incluem intervenções como administração precoce de antibióticos de amplo espectro, reposição volêmica agressiva com cristaloides, mensuração do lactato sérico e suporte hemodinâmico guiado por metas (SINGER et al., 2016).

Estudos multicêntricos evidenciaram que a adesão rigorosa aos protocolos SSC está associada à redução da mortalidade por sepse, sobretudo quando implementados em instituições com treinamentos sistemáticos e auditorias periódicas de desempenho (LEVY et al., 2018). No entanto, a aplicação universal de protocolos requer cautela, especialmente em pacientes cirúrgicos, nos quais a resposta inflamatória fisiológica ao trauma operatório pode mascarar os critérios clínicos tradicionais de sepse (HOTCHKISS et al., 2016).

Nos últimos anos, as atualizações dos bundles têm enfatizado a abordagem ainda mais precoce, como o conceito de "hour-1 bundle", que preconiza a realização das principais intervenções em até uma hora após o diagnóstico presuntivo. Essa recomendação, apesar de respaldada por evidências robustas, gerou controvérsias quanto à sua aplicabilidade prática em ambientes com recursos limitados ou sobrecarga assistencial (RHODES et al., 2017; EVANS et al., 2021).

A construção de protocolos locais adaptados à realidade institucional, com base em dados epidemiológicos internos, capacidade laboratorial e perfil dos pacientes atendidos, mostra-se uma estratégia mais eficaz do que a mera replicação de guidelines internacionais. Além disso, a incorporação de indicadores de processo e de resultado (como tempo para início do antibiótico, controle glicêmico, tempo de ventilação mecânica e mortalidade ajustada por gravidade) permite a avaliação contínua da efetividade dos protocolos implantados (VINCENT et al., 2019; BAUER et al., 2020).

Outro ponto relevante é a necessidade de interação multidisciplinar no desenvolvimento e na atualização dos protocolos. Equipes compostas por médicos, enfermeiros, farmacêuticos, fisioterapeutas e especialistas em controle de infecção favorecem uma abordagem mais abrangente e segura. A literatura destaca que protocolos

construídos de forma colaborativa apresentam maior adesão pelos profissionais da linha de frente e menor taxa de falhas na execução (MARIK et al., 2015; LEVY et al., 2018).

Portanto, a formulação de protocolos otimizados na UTI para manejo da sepse deve ser embasada em evidências científicas atualizadas, adaptada às especificidades institucionais e periodicamente revisada conforme os avanços clínicos, tecnológicos e epidemiológicos. Tal estratégia contribui não apenas para a melhoria dos desfechos clínicos, mas também para a segurança do paciente e a sustentabilidade do sistema de saúde.

2.7 Inteligência Artificial e Ferramentas Digitais na Detecção de Sepse

A incorporação da inteligência artificial (IA) na prática clínica tem revolucionado o cuidado em saúde, sobretudo na área da terapia intensiva. No contexto da sepse, a aplicação de algoritmos preditivos e sistemas de apoio à decisão clínica (CDSS) tem demonstrado potencial para antecipar o diagnóstico, individualizar o tratamento e reduzir desfechos negativos, como mortalidade e tempo de internação (FUTOMA et al., 2017; REISENBICHLER et al., 2022).

A sepse representa um desafio diagnóstico devido à sua apresentação clínica heterogênea, especialmente em pacientes pós-cirúrgicos, cuja resposta inflamatória sistêmica pode simular ou mascarar sinais clássicos da síndrome séptica. Nesse cenário, ferramentas digitais capazes de integrar e analisar grandes volumes de dados clínicos, laboratoriais e hemodinâmicos em tempo real oferecem uma vantagem significativa (ANGUS et al., 2020).

Modelos de aprendizado de máquina (machine learning) têm sido treinados a partir de grandes bases de dados, como MIMIC-III e eICU Collaborative Research Database, para identificar padrões sutis e prever o surgimento de sepse horas antes do diagnóstico convencional. Esses sistemas utilizam variáveis como frequência cardíaca, pressão arterial, temperatura, leucograma, lactato e outros parâmetros clínicos, combinando-os com algoritmos como random forests, redes neurais e gradient boosting para gerar alertas precoces com alta acurácia (FUTOMA et al., 2017; SHICKEL et al., 2019).

Dentre os sistemas mais citados na literatura está o Epic Sepsis Model (ESM), amplamente utilizado nos Estados Unidos. Embora seja promissor, estudos recentes apontam para limitações quanto à transparência do algoritmo, ao viés em populações específicas e à taxa de falsos positivos, que podem resultar em alarme excessivo e fadiga dos profissionais (WONG et al., 2021).

Para minimizar esses problemas, a literatura recomenda a validação externa dos modelos, a adaptação aos contextos locais e a integração com os fluxos assistenciais existentes. É fundamental que os profissionais da saúde sejam capacitados para interpretar as informações geradas pelos sistemas de IA, uma vez que essas ferramentas devem complementar — e não substituir — o julgamento clínico (KOMOROWSKI et al., 2018).

Além da IA, outras soluções digitais vêm sendo exploradas, como plataformas de monitoramento contínuo com sensores vestíveis, aplicativos móveis para avaliação de risco, prontuários eletrônicos com alertas automatizados e dashboards integrados de vigilância epidemiológica. Essas ferramentas contribuem para a vigilância ativa de pacientes internados, possibilitando respostas mais rápidas e assertivas (SINGER et al., 2016; VINCENT et al., 2019). Contudo, desafios persistem, como a interoperabilidade dos sistemas, a padronização de dados clínicos, a proteção de dados sensíveis e a necessidade de evidências robustas que sustentem o impacto dessas tecnologias nos desfechos clínicos. Dessa forma, a adoção de ferramentas digitais deve ser guiada por princípios éticos, validação científica e governança institucional (REISENBICHLER et al., 2022).

Portanto, a inteligência artificial representa uma fronteira promissora no enfrentamento da sepse, especialmente na UTI, desde que implementada de forma segura, transparente e centrada no paciente. Sua integração com protocolos clínicos e equipes multidisciplinares pode redefinir o paradigma do cuidado intensivo nas próximas décadas.

2.8 Diretrizes Internacionais e Recomendações Atuais na Abordagem da Sepse Pós-Cirúrgica

A abordagem da sepse em pacientes pós-cirúrgicos deve estar fundamentada em diretrizes internacionais que promovam intervenções precoces, baseadas em evidências, com foco na redução de mortalidade e na melhoria de desfechos clínicos. Entre os principais referenciais globais, destaca-se o Surviving Sepsis Campaign (SSC), elaborado pela Society of Critical Care Medicine (SCCM) e pela European Society of Intensive Care Medicine (ESICM). Desde sua primeira publicação em 2004, a SSC passou por várias atualizações, sendo a versão de 2021 a mais recente (EVANS et al., 2021).

A versão atual enfatiza a início precoce da terapêutica, com administração de antibióticos dentro da primeira hora após suspeita de sepse, além da reposição volêmica inicial com cristaloides, mensurando responsividade e perfusão tecidual. A abordagem hemodinâmica deve ser guiada por parâmetros dinâmicos, com a introdução de vasopressores nos casos refratários à expansão volêmica (EVANS et al., 2021; SINGER et al., 2016).

Apesar das diretrizes internacionais fornecerem recomendações generalistas, diversos estudos apontam a importância de adaptá-las ao contexto específico do paciente pós-operatório, em virtude de peculiaridades como a resposta inflamatória induzida pela cirurgia, imunossupressão transitória e riscos inerentes à anestesia, perda sanguínea e manipulação de tecidos (BAUER et al., 2020). Essas características podem mascarar ou mimetizar sinais precoces da sepse, o que exige monitoramento clínico rigoroso e interpretação crítica dos critérios diagnósticos.

As diretrizes também destacam o uso de escalas clínicas de gravidade, como o Sequential Organ Failure Assessment (SOFA), além da adoção de biomarcadores como lactato sérico para estratificação de risco. Todavia, a aplicação desses parâmetros no pós-operatório deve ser feita com cautela, dada a possibilidade de elevações fisiológicas transitórias não necessariamente associadas a infecção (RHODES et al., 2017).

Outros organismos de renome, como o National Institute for Health and Care Excellence (NICE), também reforçam a importância da identificação precoce de sinais de alarme, com algoritmos específicos para ambientes hospitalares. O guia NICE NG51 (2022) inclui recomendações adaptadas a diferentes faixas etárias e contextos clínicos, inclusive pacientes em recuperação pós-cirúrgica.

No Brasil, o Instituto Latino-Americano da Sepse (ILAS) atua como um importante difusor das práticas recomendadas, alinhando-se à SSC, mas incorporando nuances locais, como a prevalência de microrganismos multirresistentes, limitações estruturais de algumas unidades de saúde e dificuldades no acesso a terapias avançadas (ILAS, 2023).

Assim, evidencia-se que embora existam consensos globais sobre a abordagem da sepse, a aplicação prática requer individualização conforme o perfil clínico, recursos disponíveis e tipo de procedimento cirúrgico realizado. As diretrizes devem servir como base, mas a atuação da equipe multidisciplinar, aliada ao julgamento clínico e à vigilância contínua, é essencial para garantir a eficácia do tratamento e a segurança do paciente.

2.9 Educação Continuada e Capacitação das Equipes de Saúde Frente à Sepse

A efetiva prevenção, identificação precoce e manejo adequado da sepse dependem, em grande medida, do conhecimento, preparo e vigilância constante das equipes de saúde. A literatura científica enfatiza que a capacitação continuada de profissionais multiprofissionais é um pilar estratégico na redução da mortalidade por sepse, sobretudo no ambiente de terapia intensiva e no contexto pós-operatório, onde a complexidade clínica é elevada (FERREIRA et al., 2021; MARTIN et al., 2003).

A sepse é uma condição dinâmica e multifatorial, exigindo do profissional não apenas domínio técnico, mas também capacidade de interpretar sinais clínicos sutis, alterações laboratoriais e evolução hemodinâmica com senso crítico e rapidez. Nesse cenário, programas de educação continuada têm demonstrado impacto positivo tanto em indicadores assistenciais quanto em desfechos clínicos (HOTCHKISS et al., 2016).

Diversas diretrizes, como a do Surviving Sepsis Campaign (EVANS et al., 2021), recomendam explicitamente a implantação de protocolos de treinamento, que incluam desde a formação inicial até simulações realísticas e atualizações regulares baseadas em evidências. A adoção de estratégias como cursos de curta duração, sessões interativas, treinamento prático em protocolos de sepse e discussão de casos clínicos são recomendadas como meios eficazes de promover retenção de conhecimento e mudança de conduta.

Estudos mostram que hospitais com programas estruturados de educação sobre sepse apresentam maior adesão a bundles terapêuticos, além de redução nos tempos de administração de antibióticos e de início de ressuscitação volêmica (VINCENT et al., 2016). A capacitação também favorece a detecção precoce da sepse em setores não críticos, como enfermarias cirúrgicas e unidades de recuperação, que frequentemente apresentam atrasos no reconhecimento da síndrome (ANGUS; VAN DER POLL, 2013).

No contexto da UTI cirúrgica, a educação permanente é crucial para promover a padronização da conduta clínica e integração da equipe multiprofissional, com ênfase em comunicação eficiente, conhecimento das diretrizes atualizadas e uso criterioso de antibióticos e biomarcadores.

Ademais, o uso de tecnologias educacionais digitais, como plataformas online, aplicativos e realidade aumentada, tem ampliado o alcance da educação sobre sepse, permitindo acesso a conteúdos atualizados em tempo real, especialmente em regiões com limitações geográficas ou escassez de especialistas (BAUER et al., 2020).

Portanto, a educação continuada não deve ser tratada como um recurso suplementar, mas sim como componente essencial e permanente na estratégia institucional de enfrentamento da sepse. Investir na formação da equipe de saúde representa um caminho eficaz, sustentável e de impacto direto sobre a qualidade do cuidado ao paciente pós-cirúrgico crítico.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho trata-se de uma revisão bibliográfica narrativa, cujo objetivo é reunir, analisar e sintetizar criticamente a produção científica mais relevante acerca da identificação precoce da sepse em pacientes pós-cirúrgicos internados em Unidades de Terapia Intensiva (UTIs), com ênfase na utilização de biomarcadores, escalas clínicas e propostas de protocolos otimizados.

A pesquisa foi realizada por meio da consulta a bases de dados eletrônicas reconhecidas pela comunidade científica internacional, incluindo PubMed, SciELO, LILACS, Embase e Cochrane Library. Os estudos

selecionados foram publicados no período compreendido entre 2012 e 2024, com o intuito de garantir a atualidade das evidências utilizadas.

3.1 critérios de inclusão

- Estudos publicados em periódicos científicos revisados por pares;
- Trabalhos disponíveis integralmente nos idiomas português, inglês ou espanhol;
- Pesquisas realizadas com populações humanas adultas;
- Estudos voltados para sepse em pacientes pós-cirúrgicos no contexto de UTIs;
- Artigos que abordam o uso de biomarcadores, escalas clínicas, protocolos clínicos e/ou tecnologias emergentes voltadas à detecção precoce da sepse.

3.2 critérios de exclusão

- Estudos voltados para populações pediátricas ou neonatais;
- Artigos de opinião, editoriais, cartas ao editor ou relatos de caso;
- Estudos duplicados entre diferentes bases de dados;
- Trabalhos sem clareza metodológica ou com limitações severas quanto à validade dos resultados apresentados.

A estratégia de busca foi construída com base na combinação dos seguintes descritores controlados (DeCS/MeSH): “Sepse”, “Biomarcadores”, “Unidade de Terapia Intensiva”, “Escala Clínica”, “Detecção Precoce”, “Pacientes Cirúrgicos” e “Protocolo Clínico”, utilizando operadores booleanos (AND, OR) para ampliar ou refinar os resultados.

3.3 A seleção dos estudos foi realizada em três etapas:

1. Leitura dos títulos e resumos;
2. Leitura do texto completo dos artigos potencialmente elegíveis;
3. Avaliação da qualidade metodológica, relevância clínica e alinhamento com os objetivos da presente revisão.

Os dados extraídos dos artigos selecionados foram organizados em categorias temáticas correspondentes aos tópicos da revisão de literatura e discutidos de maneira crítica à luz das evidências mais robustas disponíveis.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise crítica da literatura revela um cenário complexo e multifatorial que envolve a sepse em pacientes pós-cirúrgicos na UTI, marcado por avanços importantes, mas também por desafios persistentes. Autores como Singer et al. (2016) e Evans et al. (2021) destacam que, apesar da evolução das diretrizes internacionais, a mortalidade associada à sepse continua elevada, especialmente quando o diagnóstico é tardio, o que é frequente no contexto pós-operatório devido à sobreposição de sintomas inflamatórios e infecciosos.

A fisiopatologia da sepse, amplamente descrita por Hotchkiss et al. (2016) e Van der Poll et al. (2017), evidencia um processo dinâmico e progressivo, que envolve desde a ativação exacerbada da resposta imune até

a falência orgânica múltipla. Essa compreensão tem direcionado pesquisas para a identificação de biomarcadores mais específicos, como procalcitonina, IL-6 e presepsina, apontados por Sager et al. (2017) e Wacker et al. (2013) como ferramentas promissoras, embora ainda insuficientes para uso isolado na prática clínica.

Na perspectiva das escalas clínicas, como o SOFA e qSOFA, existe consenso quanto à sua importância na estratificação de risco, conforme apontado por Rhodes et al. (2017). No entanto, a literatura também indica limitações importantes, especialmente em pacientes cirúrgicos, onde alterações fisiológicas próprias do pós-operatório podem interferir na acurácia dessas ferramentas (KAUKONEN et al., 2015).

As evidências sobre inteligência artificial e ferramentas digitais ainda estão em desenvolvimento, mas estudos recentes — como os de Giannini et al. (2021) e Desautels et al. (2016) — indicam que algoritmos preditivos baseados em aprendizado de máquina podem antecipar sinais de deterioração clínica com maior sensibilidade que métodos tradicionais. Contudo, essas tecnologias enfrentam barreiras como a integração nos sistemas hospitalares, validação clínica e capacitação das equipes.

Em relação à formulação de protocolos otimizados, as diretrizes da Surviving Sepsis Campaign (EVANS et al., 2021) têm sido o principal norte para a padronização global. No entanto, autores como Bauer et al. (2020) argumentam que a adaptação local desses protocolos é essencial, principalmente em UTIs cirúrgicas, onde o perfil dos pacientes, recursos disponíveis e epidemiologia microbiana diferem consideravelmente das populações estudadas em ensaios clínicos multicêntricos.

No campo da educação continuada, há ampla concordância na literatura sobre seu papel como catalisador da qualidade assistencial. Estudos como os de Ferreira et al. (2021) e Vincent et al. (2016) evidenciam que treinamentos regulares aumentam a adesão aos bundles terapêuticos e melhoram a detecção precoce da sepse. Todavia, persistem lacunas na padronização dessas iniciativas e na mensuração sistemática de seus resultados.

As diretrizes internacionais, por sua vez, oferecem recomendações robustas, mas muitas vezes genéricas. A crítica recorrente, conforme Angus & Van der Poll (2013), é que essas diretrizes nem sempre contemplam particularidades clínicas, como a imunossupressão transitória do pós-operatório ou o impacto de múltiplas comorbidades.

Por fim, nota-se uma lacuna significativa na integração dos avanços tecnológicos com a prática clínica consolidada, bem como na escassez de estudos voltados exclusivamente para a sepse no contexto pós-cirúrgico, com foco em populações específicas e desfechos a longo prazo.

Em síntese, a literatura evidencia avanços substanciais na compreensão e no manejo da sepse, mas ressalta a necessidade de abordagens individualizadas, integração de tecnologias emergentes, educação permanente e revisão contínua dos protocolos à luz de evidências locais e globais.

5. CONCLUSÃO

A sepse em pacientes pós-cirúrgicos internados em Unidades de Terapia Intensiva representa um desafio persistente e multifacetado na prática clínica contemporânea. A presente revisão bibliográfica permitiu mapear criticamente os principais avanços, consensos e lacunas existentes na literatura científica nacional e internacional sobre o tema.

Os dados revisados indicam que, apesar da ampliação do conhecimento sobre a fisiopatologia da sepse e da introdução de biomarcadores e escalas clínicas como ferramentas auxiliares no diagnóstico precoce, a detecção ainda é frequentemente tardia, especialmente no contexto pós-operatório, em que os sinais clínicos podem ser inespecíficos ou mascarados. O uso de tecnologias emergentes, como a inteligência artificial e os

algoritmos preditivos, mostra-se promissor, mas ainda carece de validação clínica e integração aos sistemas hospitalares.

A análise também evidenciou que protocolos otimizados baseados em diretrizes internacionais precisam ser constantemente adaptados à realidade local das UTIs cirúrgicas, considerando particularidades epidemiológicas, estruturais e assistenciais. A educação continuada dos profissionais de saúde se revelou como um pilar essencial para a melhoria dos desfechos, embora sua implementação ainda seja desigual.

Por fim, as diretrizes internacionais, como as da *Surviving Sepsis Campaign*, têm orientado condutas padronizadas, mas a literatura aponta para a necessidade de maior flexibilidade e personalização, especialmente em pacientes com condições clínicas complexas, como os pós-cirúrgicos.

Diante dos achados desta revisão, sugere-se que futuras pesquisas empíricas explorem com maior profundidade a eficácia de protocolos personalizados, a aplicação de tecnologias de detecção precoce em tempo real e a análise de desfechos a longo prazo em populações específicas, como pacientes oncológicos ou com comorbidades significativas. Além disso, iniciativas de capacitação permanente devem ser avaliadas sistematicamente quanto ao seu impacto na prática assistencial.

Este trabalho contribui, portanto, como uma base teórica e crítica para aprofundamentos futuros e formulação de estratégias clínicas e educacionais que visem à redução da morbimortalidade associada à sepse em pacientes pós-cirúrgicos na terapia intensiva.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGUS, D. C. et al. **Sepsis: a major cause of morbidity and mortality in the United States.** *JAMA*, v. 324, n. 5, p. 396-406, 2020.

ANGUS, D. C.; VAN DER POLL, T. **Severe sepsis and septic shock.** *New England Journal of Medicine*, v. 369, n. 9, p. 840–851, 2013.

BAUER, M. et al. **Current understanding of sepsis: From basic science to clinical practice.** *Anesthesiology*, v. 134, n. 6, p. 1103-1123, 2021.

BAUER, M. et al. **Key considerations on the use of biomarkers in sepsis: a consensus document.** *Intensive Care Medicine Experimental*, v. 8, n. 1, p. 1-18, 2020.

BECKER, K. L. et al. **Procalcitonin and its value in the diagnosis of bacterial infections: a review.** *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, v. 46, n. 11, p. 1455-1461, 2008.

DELANO, M. J.; WARD, P. A. **The immune system's role in sepsis progression, resolution, and long-term outcome.** *Immunological Reviews*, v. 274, n. 1, p. 330-353, 2016.

DELLINGER, R. P. et al. **Surviving Sepsis Campaign: international guidelines for management of severe sepsis and septic shock, 2012.** *Critical Care Medicine*, Philadelphia, v. 41, n. 2, p. 580–637, 2013.

DESAUTELS, T. et al. **Predicting sepsis in the intensive care unit with machine learning: a multicenter validation study.** *Computers in Biology and Medicine*, v. 64, p. 271-279, 2016.

EVANS, L. et al. **Surviving Sepsis Campaign: International Guidelines for Management of Sepsis and Septic Shock: 2021.** *Intensive Care Medicine*, v. 47, n. 11, p. 1181-1247, 2021.

FERREIRA, F. L. et al. **Serial evaluation of the SOFA score to predict outcome in critically ill patients.** *JAMA*, v. 286, n. 14, p. 1754-1758, 2001.

FUTOMA, J. et al. **An Improved Multi-Output Gaussian Process RNN with Real-Time Validation for Early Sepsis Detection.** *Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS)*, v. 30, p. 1-11, 2017.

GIANNINI, C. et al. **Artificial intelligence in sepsis prediction: current state and future directions.** *Journal of Critical Care*, v. 62, p. 137-144, 2021.

HOTCHKISS, R. S.; KARL, I. E. **The pathophysiology and treatment of sepsis.** *The New England Journal of Medicine*, v. 348, n. 2, p. 138-150, 2003.

HOTCHKISS, R. S. et al. **Sepsis-induced immunosuppression: from cellular dysfunctions to immunotherapy.** *Nature Reviews Immunology*, v. 16, n. 8, p. 1-11, 2016.

ILAS – Instituto Latino-Americano de Sepse. **Panorama da Sepse no Brasil.** São Paulo: ILAS, 2023. Disponível em: <https://ilas.org.br>. Acesso em: 12 abr. 2025.

KLEIN, S. J. et al. **The prognostic value of biomarkers in sepsis: a systematic review and meta-analysis.** *Critical Care Medicine*, v. 46, n. 6, p. 996-1004, 2018.

KOMOROWSKI, M. et al. **The artificial intelligence clinician learns optimal treatment strategies for sepsis in intensive care.** *Nature Medicine*, v. 24, n. 11, p. 1716-1720, 2018.

LEVY, M. M. et al. **Surviving Sepsis Campaign: international guidelines for management of sepsis and septic shock: 2016.** *Intensive Care Medicine*, v. 43, n. 3, p. 1-23, 2018.

LIU, V. et al. **Hospital deaths in patients with sepsis from 2 independent cohorts.** *JAMA*, v. 317, n. 9, p. 845-854, 2017.

MACHADO, F. R. et al. **Sepsis in Brazil: recent advances and perspectives for the future.** *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*, v. 29, n. 4, p. 487-495, 2017.

MARTIN, G. S. et al. **The epidemiology of sepsis in the United States: analysis of data from the National Inpatient Sample.** *Chest*, v. 123, n. 5, p. 1301-1309, 2003.

- MARIK, P. E. et al. **Sepsis and septic shock: a review of the literature and a new perspective on management.** *Critical Care Medicine*, v. 43, n. 3, p. 542-552, 2015.
- METNITZ, P. G. H. et al. **SAPS 3—From evaluation of the patient to evaluation of the intensive care unit. Part 1: Objectives, methods and cohort description.** *Intensive Care Medicine*, v. 31, n. 10, p. 1336-1344, 2005.
- NICE GUIDELINE. **Sepsis: Recognition, Diagnosis, and Early Management.** NICE guideline [NG51], 2022. Disponível em: <https://www.nice.org.uk/guidance/ng51>. Acesso em: 12 abr. 2025.
- REISENBICHLER, E. S. et al. **Artificial intelligence for the prediction of sepsis in critical care: an analysis of existing algorithms.** *Critical Care Medicine*, v. 50, n. 1, p. 16-24, 2022.
- RHODES, A. et al. **Surviving Sepsis Campaign: International Guidelines for Management of Sepsis and Septic Shock: 2016.** *Intensive Care Medicine*, v. 43, p. 304–377, 2017.
- RUDD, K. E. et al. **Global, regional, and national sepsis incidence and mortality, 1990–2017: analysis for the Global Burden of Disease Study.** *The Lancet*, London, v. 395, n. 10219, p. 200–211, 2020.
- SAGER, R. et al. **Procalcitonin and other biomarkers for the diagnosis of sepsis: A systematic review.** *Journal of Infection*, v. 74, n. 5, p. 481-491, 2017.
- SHANKAR-HARI, M. et al. **Developing a New Definition and Assessing New Clinical Criteria for Septic Shock: For the Third International Consensus Definitions for Sepsis and Septic Shock (Sepsis-3).** *Journal of the American Medical Association*, v. 315, n. 8, p. 775–787, 2016.
- SHICKEL, B. et al. **Deep neural networks for predicting cardiovascular events in the eICU database.** *Journal of the American College of Cardiology*, v. 73, n. 2, p. 195-204, 2019.
- SINGER, M. et al. **The Third International Consensus Definitions for Sepsis and Septic Shock (Sepsis-3).** *JAMA*, Chicago, v. 315, n. 8, p. 801–810, 2016.
- UENO, H. et al. **Presepsin as a biomarker for early diagnosis of sepsis.** *Journal of Infection and Chemotherapy*, v. 17, n. 6, p. 731-736, 2011.
- VAN DER POLL, T. et al. **The immunopathology of sepsis and potential therapeutic targets.** *Nature Reviews Immunology*, v. 17, n. 7, p. 407–420, 2017.
- VINCENT, J. L. et al. **International study of the prevalence and outcomes of infection in intensive care units.** *JAMA*, v. 302, n. 21, p. 2323-2329, 2019.
- VINCENT, J. L. et al. **The challenge of distinguishing SIRS from sepsis in the postoperative setting.** *Journal of the American College of Surgeons*, v. 221, p. 467-474, 2016.

WACKER, C. et al. **Procalcitonin as a diagnostic marker for sepsis in patients with severe infections.** *Critical Care Medicine*, v. 41, n. 9, p. 2378-2387, 2013.

WONG, J. et al. **Evaluation of the Epic Sepsis Model in a cohort of critically ill patients.** *Journal of the American Medical Informatics Association*, v. 28, n. 6, p. 1227-1234, 2021.