

CAPÍTULO 9

TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS PARA MONITORIZAÇÃO NÃO INVASIVA POR OXÍMETRO DE PULSO EM PACIENTES CRÍTICOS: REVISÃO INTEGRATIVA

Data de submissão: 11/10/2024

Data de aceite: 01/11/2024

Thiago dos Santos Eugênio

Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro - RJ
<https://orcid.org/0000-0002-1847-6715>

Cíntia Silva Fassarella

Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro - RJ
<https://orcid.org/0009-0006-6089-9670>

Ana Carolina Dames Varella Pereira

Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro - RJ
<https://orcid.org/0000-0002-2487-8489>

Elissandra de Miranda Teodoro da Silva
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro - RJ
<https://orcid.org/0000-0002-6697-0857>

Juliana Rodrigues Alves

Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro - RJ
<https://orcid.org/0000-0002-8056-3852>

Danielle de Mendonça Henrique

Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro - RJ
<https://orcid.org/0000-0002-0656-1680>

Flávia Giron Camerini

Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro - RJ
<https://orcid.org/0000-0002-4330-953X>

Ayla Maria Faria de Mesquita

Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro - RJ
<https://orcid.org/0000-0001-6777-9352>

RESUMO: **Objetivo:** identificar nas publicações científicas tendências tecnológicas da monitorização não invasiva por oxímetro de pulso no paciente crítico. **Método:** revisão integrativa da literatura, realizada entre maio e abril de 2022 nas bases de dados MEDLINE via portal da Biblioteca Virtual de Saúde, PUBMED, EMBASE, e *Cochrane Library*. Foi utilizado o gerenciador de referências, Mendeley, para remoção de duplicatas e seleção de estudos foi ancorada nas recomendações da diretriz PRISMA. **Resultados:** foram identificadas 590 publicações e compuseram a amostra 10 estudos que viabilizaram a elaboração de 3 categorias temáticas: desenvolvimento de novas tecnologias de monitorização por oximetria de pulso; gerenciamento do uso do oxímetro para o cuidar em enfermagem; e eficácia da monitorização por oxímetro de pulso na prática clínica. Destaca-se uma pequena produção de artigos por enfermeiros, 20% da amostra. A tecnologia de monitorização por oximetria de pulso

mais prevalente em pacientes críticos foi a espectrofotometria. **Considerações finais:** foi possível identificar tendências tecnológicas da monitorização não invasiva, tal como a oximetria cefálica, do canal auditivo, da traqueia e do esterno que são sítios promissores para avaliação da SpO₂. Recomenda-se a realização de mais estudos para garantir a prestação de assistência de qualidade.

PALAVRAS-CHAVE: Monitorização fisiológica; Oximetria de pulso; Pacientes; Cuidados críticos; Enfermagem.

TECHNOLOGICAL TRENDS FOR NON-INVASIVE MONITORING BY PULSE OXIMETRY IN CRITICAL PATIENTS: INTEGRATIVE REVIEW

ABSTRACT: **Objective:** To identify technological trends in non-invasive pulse oximetry monitoring in critically ill patients in scientific publications. **Method:** Integrative literature review conducted from May to April 2022 in the databases MEDLINE via the Virtual Health Library portal, PUBMED, EMBASE, and Cochrane Library. The reference manager Mendeley was used to remove duplicates, and the selection of studies was based on the PRISMA guidelines. **Results:** A total of 590 publications were identified, and 10 studies composed the sample, allowing the formulation of 3 thematic categories: development of new pulse oximetry monitoring technologies; management of oximeter use in nursing care; and efficacy of pulse oximetry monitoring in clinical practice. A small number of articles authored by nurses was highlighted, comprising 20% of the sample. The most prevalent pulse oximetry monitoring technology in critically ill patients was spectrophotometry. **Final considerations:** Technological trends in non-invasive monitoring were identified, such as cephalic oximetry, ear canal oximetry, tracheal oximetry, and sternal oximetry, which are promising sites for SpO₂ evaluation. It is recommended that more studies be conducted to ensure the provision of quality care.

KEYWORDS: Physiological monitoring; Pulse oximetry; Patients; Critical care; Nursing.

1 | INTRODUÇÃO

O paciente internado na unidade de terapia intensiva (UTI), carece de atendimento especializado de uma equipe multiprofissional, diante da sua condição de gravidade, instabilidade hemodinâmica e risco contínuo de complicações (AGUIAR et al., 2022). São ofertados cuidados avançados, com auxílio de aportes tecnológicos (PEREIRA et al., 2022), capazes de monitorar as funções fisiológicas e hemodinâmicas (AGUIAR et al., 2022; AFONSO, 2020).

Todo paciente crítico deve ser monitorado para acompanhamento da instabilidade hemodinâmica (VIANA; SOUZA; QUEIROZ, 2021). A leitura dos sinais vitais objetiva a continuidade da assistência, bem como à uma nova implementação terapêutica. Como parte da observação, são inseridos equipamentos e monitores, capazes de captar e realizar a análise dos sinais fisiológicos (AFONSO, 2020), favorecendo a tomada de decisão e prevenindo a ocorrência de complicações.

A monitorização hemodinâmica pode ser classificada em três principais grupos: invasiva, minimamente invasiva e não invasiva (URBINA LEAL, 2019). Geralmente, a monitorização não invasiva, apresenta diversos benefícios pelas suas características usuais. Além disso, os dispositivos são indolores e de baixo custo, oferecendo parâmetros vitais objetivos, tais como: frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR), temperatura, pressão arterial (PA), eletrocardiograma (ECG), oximetria de pulso e a capnografia (URBINA LEAL, 2019; AFONSO, 2020).

O enfermeiro tem protagonismo na avaliação clínica à beira leito, cabendo-lhe intervir quando necessário às respostas orgânicas inadequadas.(FERNANDES; HOLANDA; PAULINO, 2018). Dessa forma, sua compreensão dos dados clínicos tem importância singular, contribuindo para a condução de uma assistência de qualidade.

Dentre as formas de avaliação clínica, a oximetria de pulso é o método de monitorização não invasiva capaz de detectar as mudanças de saturação periférica de oxigênio (SpO_2) na hemoglobina arterial (HATCH et al., 2020). Considerado atualmente como o “quinto sinal vital”, é amplamente utilizado na prática clínica como recurso diagnóstico. Na UTI fornece dados importantes para correção dos parâmetros da oxigenoterapia ou detecção de hipóxia, além de analisar a frequência cardíaca e a amplitude de pulso (HATCH et al., 2020; MELO; MACEDO; PEREIRA, 2021; VIANA; SOUZA; QUEIROZ, 2021).

Emprega os princípios de espectrofotometria, ou seja, a leitura entre hemoglobina oxigenada; oxiemoglobina e a dioxiemoglobina, que diferem-se sob a luz vermelha (660nm) e infravermelha (940nm) (VAQAR; HAQUE; ZAIDI, 2019; HATCH, 2020); e de pleismografia, que é a medição das mudanças entre o volume sanguíneo tecidual e a absorção de luz durante o ciclo pulsátil arterial (VAQAR; HAQUE; ZAIDI, 2019).

Por fim, o oxímetro de pulso é dotado de um microprocessador, onde calcula a diferença entre os dois componentes de luz absorvida e o transforma em informações paramétricas (URBINA LEAL, 2019; VAQAR; HAQUE; ZAIDI, 2019). Sua tecnologia deriva da lei de Beer-Lambert, expressa sobre a relação entre quantidade e a concentração de uma substância absorvente à luz em solução e a quantidade de luz transmitida através de uma solução (COLLINS, 2020).

Apesar do grau de confiabilidade, o oxímetro de pulso é uma ferramenta que pode sofrer interferências concernentes a fatores técnicos ou fisiológicos (VIANA; SOUZA; QUEIROZ, 2021). O movimento do artefato, a interferência luminosa e eletromagnética, lideram os motivos de diminuição de eficácia técnica. Enquanto os elementos fisiológicos relacionados, por exemplo, aos estados de choque e a subsequente baixa perfusão, pigmentação da pele e o aumento dos níveis séricos podem interferir em sua acurácia (PESSANHA et al. 2018).

Diante desse contexto, o objetivo do estudo foi identificar nas publicações científicas as tendências tecnológicas da monitorização não invasiva por meio de oxímetros de pulso em pacientes críticos. Os resultados poderão contribuir para uma melhor compreensão

sobre essa ferramenta tão utilizada nas terapias intensivas. Considerando as práticas baseadas em evidências, que estão diretamente relacionadas à vivência clínica dos profissionais de saúde.

2 | MÉTODO

Trata-se de um estudo de revisão integrativa (RI) da literatura, realizado por meio de bases de dados nacionais e internacionais. A revisão sistemática integrativa consiste na síntese do conhecimento científico por meio de buscas padronizadas e estratificadas. Para a construção desta pesquisa, foram adotadas as seis etapas da RI, a saber: 1) elaboração da questão norteadora; 2) busca e seleção primária dos estudos; 3) extração dos dados; 4) avaliação sistemática dos trabalhos incluídos; 5) revisão e análise dos resultados; e 6) síntese do método.

Dada a delinearção da questão de revisão: Quais são os desfechos/eficácia da monitorização não invasiva por oximetria de pulso em pacientes críticos? Definida por meio da estratégia PICo, onde se estabelece: (P) População do Estudo - Paciente Crítico; (I) Interesse - Oxímetro de Pulso; e (Co) Contexto - Dispositivos de Monitorização Não Invasiva.

coleta de dados estruturada ocorreu em abril e maio de 2022, com busca avançada de estudos primários através do portal da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), nas seguintes bases de dados: MEDLINE, PUBMED, EMBASE e Cochrane Library. Os descritores DeCs e MeSH, assim como seus termos não controlados, foram estabelecidos a partir da estratégia PICo e combinados com os operadores booleanos OR e AND, conforme apresentado no Quadro 1.

Base de dados	Frase Booleana
PUBMED	(Oximetry[MeSH Terms]) OR (Oximetries[MeSH Terms]) OR (oximetry, pulse[MeSH Terms]) OR (oximetries, pulse[MeSH Terms]) OR (pulse oximetries[MeSH Terms]) OR (pulse oximetry[MeSH Terms]) OR (((blood gas monitoring, transcutaneous[MeSH Terms]) OR (cutaneous oximetry[Title/Abstract]) OR (cutaneous oximetries[Title/Abstract]) AND (monitoring, physiologic[MeSH Terms]) OR (monitoring physiological[Title/Abstract])) OR (physiological monitoring[Title/Abstract])) OR (patient monitoring[Title/Abstract])) OR (monitoring patient[Title/Abstract]).
MEDLINE (via BVS)	(monitorização fisiológica) OR (monitorização do paciente) OR (monitoramento do paciente) OR (monitoramento fisiológico) AND (oximetria) OR (oximetria de pulso) OR (óxímetro de pulso) OR (telemétrico) AND (pacientes) OR (clientes) OR (doente) OR (doentes) OR (enfermo) OR (paciente) AND (cuidados críticos) OR (cuidado intensivo) OR (cuidados intensivos) OR (terapia intensiva).
Cochrane Library	(Monitoring physiologic OR Monitoring, physiological OR Physiological monitoring OR Patient monitoring OR Monitoring patient) AND (oximetry OR oximetries OR oximetry, pulse OR oximetry, pulse OR pulse oximetries OR pulse oximetry) AND (patients OR patient OR clients OR client) AND (Critical care OR Care, critical OR intensive care OR care, intensive) in Keyword - (Word variations have been searched).

EMBASE	('patient'/exp OR 'patient' OR 'patients' OR 'sufferer' OR 'sufferers') AND ('physiologic monitoring'/exp OR 'monitoring, physiologic' OR 'physiologic monitoring' OR 'transcutaneous oxygen monitoring'/exp OR 'blood gas monitoring, transcutaneous' OR 'oxygen tension monitoring, transcutaneous' OR 'transcutaneous blood gas monitoring' OR 'transcutaneous oxygen monitoring' OR 'transcutaneous oxygen tension') AND ('oximetry'/exp OR 'blood oxygen measurement' OR 'oximetry' OR 'oxygen measurement, blood' OR 'oxymetry') AND ('intensive care'/exp OR 'care, intensive' OR 'critical care' OR 'intensive care' OR 'intensive care, paediatric' OR 'intensive care, pediatric' OR 'intensive therapy' OR 'paediatric intensive care' OR 'pediatric intensive care' OR 'therapy, intensive').
---------------	---

Quadro 1 - Descritores e frases booleanas conforme bases de dados.

Fonte: Os autores, 2022.

Esta revisão adotou como critérios de inclusão os estudos que apresentaram desfechos e eficácia da monitorização não invasiva por oxímetro de pulso em pacientes críticos em ambiente hospitalar. Foram excluídos estudos em formato de editorial, carta ao editor, artigos de opinião, relatos de caso, relatos de experiência e cenários de cuidado relacionados à neonatologia, pediatria, gestantes e puérperas.

Os filtros foram elencados, seguindo os princípios de: a) temporalidade — artigos publicados nos últimos cinco anos a partir da data da pesquisa, ou seja, datados de 2018 a 2022, para manter um marco temporal na identificação de inovações tecnológicas e atualização de pesquisa; b) integridade — os textos devem estar completos nos idiomas: português, inglês ou espanhol.

Na seleção preliminar, foi utilizado um gerenciador de referências, o Mendeley®, para remover duplicatas. Em seguida, a leitura dos títulos e resumos foi realizada por quatro avaliadores, enquanto um quinto revisor analisou os casos de discordância e resolveu os impasses.

Para a seleção final, foi realizada uma leitura minuciosa e crítica do texto completo, selecionando os artigos que atendiam aos critérios de elegibilidade. Os artigos foram avaliados detalhadamente na íntegra por dois revisores, e qualquer divergência na tomada de decisão era discutida coletivamente entre os autores deste estudo. Em seguida, foi elaborado um instrumento para a extração de dados dos artigos selecionados, cujas variáveis incluíram: nomenclatura, título, ano de publicação, objetivo, desenho do estudo, desfecho, tipo de oxímetro de pulso e nível de evidência, que foi classificado quanto à efetividade do protocolo a partir do *Joanna Briggs Institute (JBI) Levels of Evidence* (JBI, 2014).

Finalmente os artigos foram nomeados conforme ordem decrescente de publicação, sendo: E1, E2, E3(...). e divididos em categorias para a elaboração da discussão.

3 | RESULTADOS

Por meio da pesquisa foram identificados 590 artigos nas bases de dados, procedeu-

se com a seleção dos artigos conforme os critérios adotados, removendo artigos por duplicata e bloqueio, incluindo nessa Revisão Integrativa de literatura 10 estudos conforme Figura 1.

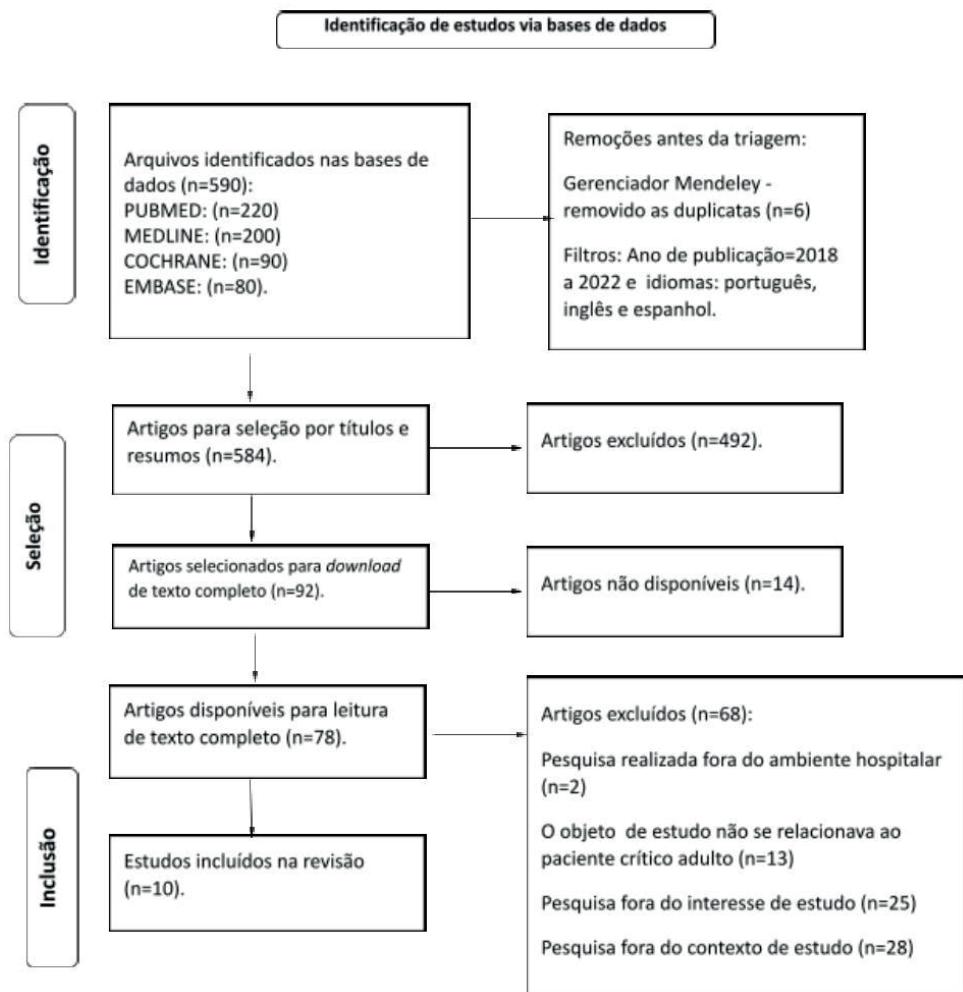


FIGURA 1 - Fluxograma PRISMA adaptado, processo de seleção dos estudos.

Fonte: Os autores, 2022.

Com o objetivo de evidenciar os estudos, sucedeu-se com a sistematização dos dados em forma de figura, de modo a dar visibilidade às principais características de cada produção:

JBI	Ano	Título	Objetivo	Desenho do estudo	Desfecho	Tipo de oxímetro
E1	3.e	Analysis of the difference in pulse oxygen saturation between the ventral and dorsal fingers. (ZHEN et al., 2022)	Investigar o efeito de diferentes posicionamentos da sonda nos lados ventral e dorsal.	Estudo observacional sem grupo controle.	"Os achados não sugeriram diferença significativa nas medidas de saturação com a variação de posição.	Fotopletismografia.
E2		Usual and Advanced Monitoring in Patients Receiving Oxygen Therapy. (LELUOCHE; L'HER, 2020)	Analizar parâmetros de monitorização em pacientes em oxigenoterapia.	Estudo experimental com análise de literatura.	O estudo concluiu que é capaz de precisar a titulação e o desmame do fluxo de oxigênio, calculando a relação P/F e detectando a deterioração clínica.	Espectrofotometria.
E3	3.e	Acoustic respiration rate and pulse oximetry-derived respiration rate: a clinical comparison study. (EISENBERG; GIVONY; LEVIN, 2020)	Comparar o desempenho da técnica acústica de medição da FR e da oximetria de pulso com um dispositivo de referência baseado em capnografia.	Estudo observacional prospectivo.	Constatou-se que o oxímetro de pulso é preciso e não apresentou desvios significativos.	Fotopletismografia.
E4	1.a	Noninvasive hemoglobin monitoring in clinical trials: a systematic review and meta-analysis. (ZORTÉA, 2020)	Comparar os valores de Hb entre sonda e o exame laboratorial.	Revisão sistemática com metanálise.	A monitorização não invasiva da Hb por co-oximetria foi eficaz, podendo ser tendência usual.	Espectrofotometria.
E5	2.c	A Novel Photoplethysmograph y Sensor for Vital Signs Monitoring from the Human Trachea. (MAY et al., 2019)	Analizar as limitações dos oxímetros de pulso atuais.	Ensaio clínico do tipo quase experimental.	Demonstrou-se que sinais fotopletismográficos podem ser medidos na traqueia humana e são comparáveis aos medidos no dedo.	Espectrofotometria.
E6	2.c	Measuring arterial oxygen saturation from an intraosseous photoplethysmographic signal derived from the sternum. (NÄSLUND et al., 2019)	Avaliar um novo protótipo de fotopletismografia a ser fixado sobre o esterno.	Estudo quase experimental.	Observou-se a detecção de hipoxemia significativamente mais rápido no fluxo sanguíneo esternal do que a oximetria de pulso realizada no dedo ou na orelha.	Fotopletismografia.
E7	3.e	Prediction of bilateral cerebral oxygen desaturations from a single sensor in adult cardiac surgery. (DE LA MATTA; DOMÍNGUEZ, 2018)	Avaliar a eficácia de uma única sonda cefálica lateral ou medial para detectar dessaturações substanciais em ambos os flancos.	Estudo observacional prospectivo.	Constatou-se diferença mínima no uso da sonda unilateral na monitorização regional da saturação cerebral de oxigênio (rcSO2).	Espectrofotometria.
E8	3.d	Photoplethysmograph y for blood volumes and oxygenation changes during intermittent vascular occlusions. (ABAY; KYRIACOU, 2018)	Investigar a capacidade de monitorar mudanças relativas nos volumes de sangue e oxigenação por oclusão vascular usando fotopletismografia.	Estudo observacional do tipo caso controle.	Os resultados da SpO2 estimados a partir do antebraço sugerem que, durante oclusões venosas parciais baixas, a oximetria de pulso não conseguiu detectar uma alteração.	Fotopletismografia e Espectroscopia.
E9	3.d	In vivo investigation of ear canal pulse oximetry during hypothermia. (BUDIDHA; KYRIACOU, 2018)	Avaliar a eficácia do uso de um fotopletismógrafo no canal auditivo em comparação com dispositivos habituais.	Estudo observacional do tipo caso controle.	Dispositivos que fornecem dados a partir da leitura fotopletismográfica mostraram-se eficazes tanto no canal auditivo quanto no oxímetro de pulso.	Fotopletismografia.
E10	4.b	Factors which influence concordance among measurements obtained by different pulse oximeters currently used in some clinical situations. (DE LA MERCED DÍAZ-GONZÁLEZ et al., 2017)	Avaliar a concordância entre as medidas de três diferentes oxímetros de pulso utilizados por enfermeiros em unidades hospitalares e suas variáveis.	Estudo coorte descritivo.	O uso de aparelhos de oximetria sem fio demonstrou resultados promissores segundo os critérios de Landis-Koch, o que é importante para a prática diária e a segurança do paciente.	Espectrofotometria.

Figura 2 - Apresentação dos estudos selecionados na Revisão Integrativa.

Fonte: Os autores, 2022.

No que diz respeito ao ano de publicação, 30% (n=3) dos artigos selecionados foram publicados em 2020 e 2018, 20% (n=2) em 2019, e 10% (n=1) em 2017 e 2022. Além disso, segundo os autores dos estudos selecionados, apenas 20% (n=2) eram compostos por enfermeiros.

Em relação aos países de publicação dos estudos, 60% (n=6) das pesquisas foram realizadas na Europa com prevalência do Reino Unido (E5, E8, E9), além de Espanha (E7 e E10) e Suécia (E6). Houve também a presença de artigos da Ásia, com China (E1) e Israel (E3); e da América com Canadá (E2) e Brasil (E4) com 20% cada (n=2).

Quanto ao tipo de estudo percebeu-se predominância de estudos observacionais e analíticos. Quanto ao nível de evidência dos estudos têm-se 50% (n=5) com Nível de evidência- 3, sendo: E1, E3 e E7 - Nível (3.e) e E8 e E9 - Nível (3.d); 30% (n=3) dos artigos com Nível de evidência - 2, sendo E2, E5 e E6 - Nível (2.c); e 10% (n=1) com Nível de evidência - 1 e 4, sendo: E4 - Nível (1.a) e E10 - Nível (4.b).

O tipo de oxímetro utilizado nos estudos selecionados foram em sua maioria, 50% (n=5) com aplicação de tecnologia por espectrofotometria, 40% (n=4) por fotopletismografia e 10% (n=1) dispôs da utilização de tecnologia mista.

4 | DISCUSSÃO

Alterações não constatadas nos sinais vitais dos pacientes podem resultar em mortes evitáveis na assistência ao paciente crítico. Nesse contexto, os monitores hemodinâmicos não invasivos fornecem informações fundamentais, sem a necessidade de transpor a superfície da pele. Essas características são essenciais devido à vasta aplicabilidade e ao menor potencial lesivo ao paciente. A principal finalidade da monitorização é identificar as variações fisiológicas, o que permite correções antecipadas, evitando eventos adversos e garantindo a segurança do paciente.

Diante disso, ao examinar as publicações, foi possível estabelecer uma linha de pensamento aprofundada sobre as tendências e inovações científicas relacionadas ao oxímetro de pulso e aos sensores. Consequentemente, os artigos foram categorizados com base na nomenclatura, ano, título, objetivo, desenho do estudo, desfecho e tipo de oxímetro. Observou-se o desenvolvimento de novas tecnologias, como protótipos, em estudos clínicos para avaliar o oxímetro de pulso ou um transdutor com sua tecnologia basilar.

Entretanto, ressaltamos a ausência de estudos nacionais sobre o tema, bem como o protagonismo dos enfermeiros na coordenação ou participação em pesquisas clínicas. Os achados foram amplos e variaram em relação ao assunto principal. Em consequência disso, houve a divisão em três categorias temáticas para discussão: desenvolvimento de novas tecnologias de monitorização por oximetria de pulso; gerenciamento do uso do oxímetro para o cuidado em enfermagem; e a eficácia do oxímetro de pulso na prática clínica.

4.1 Desenvolvimento de novas tecnologias de monitorização por oximetria de pulso

O estudo observacional prospectivo realizado na Espanha por De la Matta e Dominguez (2018) utilizou três sensores de saturação cerebral de oxigênio (rcSO2) durante procedimentos de cirurgia cardíaca em adultos. O objetivo foi acompanhar os eventos de dessaturação decorrentes da revascularização do miocárdio e de doenças valvares sem gravidade, inclusive durante o uso de circulação extracorpórea (CEC). Além disso, o estudo buscou identificar se houve a necessidade de conjugar mais de um medidor.

Comparando os dados, comprovou-se que a utilização de um único sensor se adequaria à boa qualidade de leitura dos parâmetros com fidelidade. Os elementos estudados também consideram a efetividade da rcSO2 contínua como uma possibilidade promissora em situações de hipoperfusão.

Em outro estudo desenvolvido pelos engenheiros biomédicos Budidha e Kyriacou (2018), foi realizado um comparativo da fotopletismografia (FPG) vermelha e infravermelha adquiridas pelo canal auditivo e pelos dedos, enquanto os sujeitos estavam submetidos à hipotermia induzida artificialmente por meio de exposição ao frio (10°C). A amplitude de pulso foi estabilizada, enquanto o SpO2 foi calculado a partir de ambos os sinais adquiridos.

A síntese desse estudo sugere que o canal auditivo pode ser utilizado como um sítio adequado e alternativo para a monitorização da saturação de oxigênio no sangue arterial em momentos em que a perfusão periférica está comprometida ou fria.

Diante desse contexto, a fotopletismografia realizada nas extremidades periféricas pode fornecer parâmetros imprecisos da saturação arterial de oxigênio. Na pesquisa de Näslund et al. (2020), avaliou-se um novo protótipo de fotopletismografia a ser fixado sobre o esterno, inferindo que a detecção da hipoxemia ocorre mais rapidamente do que em outras regiões. O protótipo utiliza o princípio de corrente contínua (CC) da FPG, com uma distância aumentada entre a fonte de luz e os fotodetectores, o que permite medir o fluxo sanguíneo em tecidos mais profundos, como os ossos.

Monitorar a oxigenação regional e as alterações dos volumes sanguíneos nos tecidos de forma não invasiva é vital na prática clínica. Considerando os diferentes graus de oclusões vasculares, o estudo de Abay e Kyriacou (2018) investigou a capacidade e responsividade dos sinais de FPG e de Espectroscopia no Infravermelho Próximo (NIRS) para indicar alterações de perfusão e oxigenação.

O protocolo do estudo, induziu oclusões vasculares intermitentes através do manguito de um esfigmomanômetro automático. Os sensores de FPG e de NIRS, foram posicionados para que pudessem comparar as concentrações relativas de hemoglobina estimadas. Em geral, o resultado do estudo indica que apesar das técnicas realizarem uma leitura superficial da pele, podem identificar mudanças significativas de perfusão e oxigenação durante as oclusões venosas ou arteriais.

Outrossim, vale ressaltar que o estudo constata maior sensibilidade do FPG em identificar mudanças relativas às concentrações de hemoglobina durante oclusões de baixa pressão (20 mmHg) do que em comparação ao NIRs.

O estudo realizado por May et al. (2019) no Reino Unido desenvolveu e comparou um novo sensor de FPG traqueal, buscando abordar as limitações dos oxímetros de pulso atuais. A concordância entre os valores calculados de saturação de oxigênio no sangue arterial na traqueia e os valores dos oxímetros habituais apoia a hipótese de que a traqueia também pode ser um local alternativo eficaz para monitorar a saturação de oxigênio no sangue.

4.2 Gerenciamento do uso do oxímetro para o cuidar em enfermagem

Um estudo realizado por enfermeiros, que compara três tipos diferentes de oxímetros sem fio, aborda a prática clínica profissional ao esclarecer mecanicamente sua fidedignidade em diversas circunstâncias, por meio de instrumentos de correlação. Os pesquisadores alertam para a necessidade de aperfeiçoar a capacidade de associação de informações entre os profissionais de saúde, considerando o baixo número de pessoas capazes de interpretar a curva de dissociação da hemoglobina. No que diz respeito à calibração, o estudo recomenda sua realização periódica, em conformidade com as recomendações dos fabricantes (DE LA MERCED DÍAZ-GONZÁLEZ et al., 2017).

Considerando a limitação do estudo, pode-se questionar a adequação dos parâmetros utilizados pela ausência de um comparativo com achados relacionados à gasometria venosa e arterial como padrão ouro.

O posicionamento dos dispositivos sempre foi pauta de dúvidas para os profissionais de saúde. Apesar das recomendações do fabricante em relação ao posicionamento do artefato, a pigmentação da pele e o uso de esmaltes são interferências comuns atribuídas às leituras dos oxímetros.

Dessa forma, através do estudo de Zhen et al. (2022), também produzido por enfermeiros, foi comparado o posicionamento da sonda do oxímetro nas faces ventrais e dorsais dos dedos. O projeto identificou que não houve diferença nas métricas, apesar das diferentes marcas do mercado. A análise tem implicações para a prática clínica, considerando a indiferença dos achados em pacientes submetidos a determinadas drogas, diferentes estados de doença ou gravideade.

Considerando apenas os achados já conhecidos sobre a imprevisibilidade de leitura em situações de diminuição do débito cardíaco, vasoconstrição e hipotermia, os autores afirmam que esses achados podem simplificar o trabalho diário da enfermagem, reduzindo preocupações sobre a precisão do aparelho e melhorando a realização das atividades diárias relacionadas. Apesar da relevância amostral, a limitação do estudo decorre da falta de randomização e por ter sido realizado em um centro único.

4.3 A eficácia do oxímetro de pulso na prática clínica

A FR é um sinal vital decisivo que permite a detecção precoce da angústia respiratória e do comprometimento ventilatório, tendo a capacidade de identificar insuficiência, deteriorações fisiológicas ou predição do risco de morte. Apesar de a capnografia ser considerada um diagnóstico real para o monitoramento da frequência respiratória, ela sofre interferências significativas pela respiração oral. No estudo de Eisenberg, Givony e Levin (2020) que compara a respiração acústica (RRa) e a oximetria de pulso (RRoxi), foi estabelecido que, apesar da precisão geral de ambos os métodos ter sido relativamente alta, os resultados corroboram que a RRoxi pode ser mais precisa do que a RRa.

Na revisão sistemática de Zortéa et al. (2020), houve a introdução da medida de concentração de hemoglobina (Hb) por co-oximetria. Esse método transformador oferece precisão e agilidade no tratamento das informações obtidas, por meio de monitorização contínua, não invasiva e rápida. A associação dos artigos reforça a concisão do dispositivo em identificar a taxa de transporte de oxigênio.

A monitorização respiratória em pacientes críticos recebendo oxigenoterapia é obrigatória em todas as fases do manejo intra-hospitalar, devido ao potencial risco de piora clínica. Considerando o National Early Warning Score (NEWS), ou, em tradução livre, Escore para Alerta Precoce (EPAP), a pesquisa de Lellouche e L'her (2020) idealiza uma titulação e/ou desmame automático do fluxo de O₂ por meio de algoritmos na utilização do oxímetro de pulso e outros dispositivos. O estudo pondera a antecipação de desfechos negativos, apontando maior assertividade na análise contínua e automática das funções humanas.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta Revisão Integrativa buscou identificar, nas publicações científicas, tendências tecnológicas da monitorização não invasiva por oxímetro de pulso no paciente crítico. Constatou-se que houve efetividade e consonância na utilização da oximetria em relação à assistência intensiva. Foi possível identificar, de acordo com o objetivo do estudo, tendências tecnológicas da monitorização não invasiva, como a oximetria cefálica, do canal auditivo, da traqueia e do esterno, considerados sítios promissores para a avaliação da SpO₂. Evidenciou-se a relevância dos resultados obtidos por meio dessa revisão, que são de fácil aplicação na prática clínica intensiva.

Destaca-se a aplicabilidade do instrumento de estudo no processo de trabalho do enfermeiro, por meio da avaliação da curva de dissociação da hemoglobina, da operacionalização do oxímetro quanto ao local de utilização, da avaliação da SpO₂, da frequência respiratória (FR), da frequência cardíaca (FC), da perfusão tissular periférica e da análise contínua e automática para titulação e desmame do fluxo de O₂. Portanto, é de suma importância que o enfermeiro domine essa tecnologia para maior utilidade, além de

um melhor planejamento de suas ações e intervenções.

Quanto à metodologia do estudo, inferiu-se que as limitações decorrentes da baixa qualidade dos estudos encontrados comprometeram o grau de consistência da pesquisa. Em consequência, mesmo com a realização de uma busca ampla em bases de dados internacionais, muitos artigos foram excluídos por não se adequarem ao tema de pesquisa. Além disso, ressalta-se a falta de estudos nacionais e realizados por enfermeiros sobre a temática.

À vista disso, recomenda-se a realização de mais estudos para garantir a prestação de assistência de qualidade pelos enfermeiros e sua equipe, por meio da interpretação adequada dos dados coletados de forma não invasiva, correlacionados com a base teórico-científica.

REFERÊNCIAS

ABAY, T. Y.; KYRIACOU, P. A. Fotopletismografia para volumes sanguíneos e alterações de oxigenação durante oclusões vasculares intermitentes. *J Clin Monit Comput* 32, 447-455 (2018): doi: <https://doi.org/10.1007/s10877-017-0030-2>. Disponível: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28547651/>. Acesso em: 21 jul. 2022.

AFONSO, S. R. **Assistência em enfermagem ao paciente crítico**: monitorização [Internet]. 1. ed. 9. vol. São Paulo: Centro Paula Souza; 2020. 96 p. Disponível em: <http://www.memorias.cpscetec.com.br/publicacoes/apostilas/UTI.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2022.

AGUIAR, L. M. M. et al. Perfil de unidades de terapia intensiva adulto no Brasil: revisão sistemática de estudos observacionais [Internet]. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*, 2021; 33(04). Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbtia/sDnLGny8cZgQtVVfX5q3X7G/>. Acesso em: 26 mar. 2022.

BUDIDHA, K.; KYRIACOU, P. A. In vivo investigation of ear canal pulse oximetry during hypothermia. *J Clin Monit Comput* 32, 97-107 (2018): doi: <https://doi.org/10.1007/s10877-017-9975-4> Disponível: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28130679/>. Acesso em: 18 jul. 2022.

COLLINS, P. A. W. Outsmarting a pulse oximeter: teaching spectrophotometry with a Foley catheter. *Canadian Journal of Anesthesia*; 2020 67(11): 1675–1676; doi: <https://doi.org/10.1007/s12630-020-01752-y>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12630-020-01752-y>. Acesso em: 01 maio 2022.

DE LA MATTA, M.; DOMÍNGUEZ, A. Prediction of bilateral cerebral oxygen desaturations from a single sensor in adult cardiac surgery, *European Journal of Anaesthesiology*: May 2018, Volume 35, Issue 5, 365-371 doi: 10.1097/EJA.0000000000000806. Disponível: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29538007/>. Acesso em: 05 jul. 2022.

DE LA MERCED DÍAZ-GONZÁLEZ, C. et al. Factors which influence concordance among measurements obtained by different pulse oximeters currently used in some clinical situations. *J Clin Nurs.* 2018 Feb;27(3-4):677-683. doi: 10.1111/jocn.14012. Disponível: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jocn.14012>. Acesso em: 12 jul. 2022.

EISENBERG, M. E.; GIVONY, D.; LEVIN, R. Acoustic respiration rate and pulse oximetry-derived respiration rate: a clinical comparison study. *J Clin Monit Comput.* 2020 Feb;34(1):139-146: doi: 10.1007/s10877-018-0222-4. Disponível: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30478523/>. Acesso em: 18 jul. 2022.

FERNANDES D. Q.; HOLANDA, A. C. S.; PAULINO, T. S. C. O papel da enfermagem diante a monitorização de sinais vitais em pacientes graves. In: CONGRESSO NORDESTINO DE ENFERMAGEM EM CUIDADOS INTENSIVOS [Internet]. Natal: RN; 2018. *Anais* [...]. ISSN 2596-2665. Disponível em: <https://www.doity.com.br/anais/coneci/trabalho/45719>. Acesso em: 09 abr. 2022.

HATCH G. M. et al. Is cellular energy monitoring more responsive to hypoxia than pulse oximetry? *International Journal of the Science and Practice of Sleep Medicine*; 2020; 24(4) 1633–1643. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11325-020-02104-2>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11325-020-02104-2>. Acesso em: 19 mar. 2022.

LELLOUCHE F.; L'HER, E. Usual and Advanced Monitoring in Patients Receiving Oxygen Therapy. *Respir Care*. 2020 Oct; 65 (10): 1591-1600: doi: 10.4187/respcare.07623. Disponível: <https://rc.rcjournal.com/content/early/2020/08/04/respcare.07623>. Acesso em: 10 jul. 2022.

MAY, J. M. et al. Um novo sensor de fotopletismografia para monitoramento de sinais vitais da traqueia humana. *Biosensores*. 2019; 9(4):119. doi: <https://doi.org/10.3390/bios9040119>. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/mdl-31581652>. Acesso em: 15 abr. 2022.

MELO S. M. D.; MACEDO, M. F. O.; PEREIRA, J. S. S. Agreement among four portable wireless pulse oximeters and in-office evaluation of peripheral oxygen saturation. *Jornal Bras. Pneumol.* 2021;47(1): e2020025. Disponível em: <https://www.jornaldepneumologia.com.br/how-to-cite/3437/pt-BR>. Acesso em: 26 abr. 2022.

MENDES, K.D. S.; SILVEIRA, R. C. C. P.; GALVÃO, C. M. Use of the bibliographic reference manager in the selection of primary studies in integrative reviews. *Texto & Contexto - Enfermagem*. 2019; 28; doi: <https://doi.org/10.1590/1980-265x-tce-2017-0204>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/tce/a/HZD4WwnbqL8t7YZpdWSjypj/?lang=en>. Acesso em: 02 maio 2022.

NÄSLUND, E. et al. Measuring arterial oxygen saturation from an intraosseous photoplethysmographic signal derived from the sternum. *J Clin Monit Comput*. 2020 Feb;34(1):55-62: doi: 10.1007/s10877-019-00289-w. Disponível: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6946764/>. Acesso em: 17 maio. 2022.

PEREIRA, Larissa Maria Vasconcelos et al. Retirada não planejada de dispositivos invasivos e suas implicações para a segurança do paciente crítico [Internet]. *Revista de Pesquisa Cuidado é Fundamental Online*, 2018; 10(2) 490–495; doi: <https://doi.org/10.9789/2175-5361.2018.v10i2.490-495>. Disponível em: Acesso em: 10 abr. 2022.

PESSANHA, N. S. et al. Fatores técnicos e fisiológicos que interferem no uso do oxímetro de pulso no CTI: do contexto histórico ao assistencial. Revista UNIABEU. Jan-Abr 2018; 11(27): 301-310. Disponível em: <https://revista.uniabeu.edu.br/index.php/RU/article/viewFile/3101/pdf>. Acesso em: 02 maio 2022.

THE JOANNA BRIGGS INSTITUTE (JBI). **Supporting Document for the Joanna Briggs Institute Levels of Evidence and Grades of Recommendation**. 2014: 18p. Disponível em: https://jbi.global/sites/default/files/2019-05/JBI-Levels-of-evidence_2014_0.pdf. Acesso em: 28 abr. 2022.

URBINA LEAL, Juan Fernando. **Desenvolvimento de um protótipo de monitoramento de pressão arterial sistêmica baseado em fotopletismografia**. 2019. Tese (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico; 2019. 114 p. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/handle/10/11142>. Acesso em: 23 mar. 2022.

VAQAR, A.; HAQUE, I. R. I.; ZAIDI, T. Spectroscopic Properties of Blood for Pulse Oximeter Design. In: 9TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON BIOMEDICAL ENGINEERING AND TECHNOLOGY-ICBET, Tokyo, Japan, Mar. 28-30, 2019; 19, p. 217–222 doi: <https://doi.org/10.1145/3326172.3326205>. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3326172.3326205>. Acesso em: 28 abr. 2022.

VIANA, R. A. P. P.; SOUZA L. P.; QUEIROZ, A. G. S. Monitorizações Não Invasivas. In: VIANA, R. A. P.; NETO, J. M. R. **Enfermagem em Terapia Intensiva**: Práticas Baseadas em Evidências. 2 ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2021. p. 263-273.

ZHEN, Y. et al. Analysis of the difference in pulse oxygen saturation between the ventral and dorsal fingers. **International Journal Nursing Practice**. 2022, abr. 28(2):e12916: doi: 10.1111/ijn.12916. Disponível: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33491291/>. Acesso em: 21 abr. 2022.

ZORTÉA, T. et al. Noninvasive hemoglobin monitoring in clinical trials: a systematic review and meta-analysis. **Revista Brasileira de Anestesiologia [online]**. 2020, v. 70, n. 4, pp. 388-39: doi: <https://doi.org/10.1016/j.bjane.2020.06.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0104001420300877?via%3Dihub>. Acesso em: 13 abr. 2022.