

ADRIANA GHERARDI DA PONTE

Índices de resistência arterial no doente crítico: Correlação com marcadores de perfusão tecidual e prognóstico clínico

Brasília, 2026

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MÉDICAS**

ADRIANA GHERARDI DA PONTE

Índices de resistência arterial no doente crítico: Correlação com marcadores de perfusão tecidual e prognóstico clínico

Tese apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Medicina pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Médicas da Universidade de Brasília.

Orientadora: Profa. Dra. Neysa Aparecida Tinoco Regattieri

Área de concentração: Medicina Intensiva

Brasília, 2026

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

PP813? Ponte, Adriana Gherardi da
Índices de resistência arterial no doente crítico:
Correlação com marcadores de perfusão tecidual e prognóstico
clínico / Adriana Gherardi da Ponte; orientador Neysa
Aparecida Tinoco Regattieri. Brasília, 2026.
67 p.

Tese (Doutorado em Ciências Médicas) Universidade de
Brasília, 2026.

1. Resistência vascular. 2. Choque séptico. 3.
Hemodinâmica. 4. Ultrassonografia Doppler. 5. Terapia
intensiva. I. Aparecida Tinoco Regattieri, Neysa, orient.
II. Título.

ADRIANA GHERARDI DA PONTE

Índices de resistência arterial no doente crítico: Correlação com marcadores de perfusão tecidual e prognóstico clínico

Tese apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Medicina pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Médicas da Universidade de Brasília.

Aprovada em ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Profa. Dra. Neysa Aparecida Tinoco Regattieri (Presidente)
Universidade de Brasília

Dr. Dilson Palhares Ferreira (Membro Externo)
Secretaria de Saúde do Distrito Federal

Dr. André Luiz Araújo Branquinho (Membro Externo)
Hospital Universitário de Brasília

Dr. Sergio Ricardo Menezes Mateus (Membro Externo)
Hospital Universitário de Brasília

Dr. Flávio José Dutra de Moura (UnB) (Membro Suplente)
Universidade de Brasília

DEDICATÓRIA

Dedico esta tese ao meu marido, Samuel, pela paciência e pela resiliência — e por ter permanecido ao meu lado, mesmo em silêncio, durante esta caminhada.

Aos meus filhos, Maria, Pedro e Francisco, a razão do meu esforço e a esperança no futuro.

Aos meus pais, Noeme e Ronaldo — este último, em memória —, por me ensinarem o valor do trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus, Pai, Filho e Espírito Santo, por me sustentar na fé nos dias de cansaço e incerteza, e por me conceder a graça de seguir adiante quando me faltavam forças.

Ao meu pai, Ronaldo (em memória), que começou a trabalhar ainda na adolescência como engraxate e, mais tarde, construiu sua vida na carreira militar, pelo exemplo de compromisso e disciplina e pelo esforço que sustentou a minha graduação.

À minha mãe, Noeme, que enfrentou cedo a perda da própria mãe e, com resiliência, construiu a vida como mãe do lar. Mesmo tendo cursado apenas o ensino primário, foi ela quem me ensinou a estudar desde cedo: em casa, brincar só vinha depois da leitura, das cópias e do dever feito.

À minha orientadora, Profa. Dra. Neysa Aparecida Tinoco Regattieri, pela condução segura, pela paciência e pela generosidade intelectual, decisivas para a maturação deste trabalho.

Ao Sr. Gledson Alessandro Ribeiro da Silva, da Secretaria da Faculdade de Medicina da UnB, pela disponibilidade e prontidão em esclarecer dúvidas administrativas, sem as quais eu não teria conseguido defender a tempo.

À enfermeira Kamilla Grasielle Nunes da Silva, da Unidade de Terapia Intensiva, pela presença no dia a dia e pela ajuda concreta nos momentos em que eu precisei.

“Todos nascem originais, mas muitos morrem como fotocópias.”

Carlo Acutis

RESUMO

Introdução: Pacientes críticos frequentemente apresentam distúrbios na regulação circulatória que comprometem a perfusão tecidual e contribuem para disfunção orgânica e mortalidade. Alterações na resistência vascular periférica e esplênica são centrais nessas anormalidades hemodinâmicas. A ultrassonografia Doppler à beira do leito tem se destacado como ferramenta não invasiva para avaliação hemodinâmica em tempo real. **Objetivos:** Investigar a utilidade dos índices de resistência arterial radial (IRAR) e esplênica (IRAE) como marcadores de perfusão tecidual e gravidade clínica em doentes com choque séptico. **Métodos:** Trata-se de estudo prospectivo conduzido na Unidade de Terapia Intensiva do Hospital Universitário de Brasília, entre 2022 e 2025. Foram incluídos 143 doentes, sendo 111 com choque séptico e 32 pertencentes ao grupo controle, composto por pacientes em pós-operatório sem evidência de infecção. **Resultados:** Observou-se que o IRAR se correlacionou significativamente com o lactato ($r = 0,71$; $p < 0,0001$), o tempo de enchimento capilar (TEC) ($r = 0,67$; $p < 0,0001$) e o índice de perfusão periférica (IP) ($r = -0,46$; $p < 0,0001$), além de apresentar acurácia superior ao tempo de enchimento capilar para predizer a depuração do lactato (AUC 0,95 versus 0,77; $p < 0,0001$). Verificou-se ainda correlação inversa e significativa entre a saturação venosa central de oxigênio ($ScvO_2$) e o IRAE ($r = -0,57$; $p < 0,0001$). **Conclusão:** Conclui-se que os índices de resistência arterial radial e esplênica se associam a marcadores clínicos e laboratoriais de hipoperfusão e gravidade, demonstrando potencial como parâmetros não invasivos e complementares na avaliação hemodinâmica do doente crítico.

Palavras-chave: Resistência vascular; Choque séptico; Hemodinâmica; Ultrassonografia Doppler; Terapia intensiva.

ABSTRACT

Introduction: Critically ill patients frequently present disturbances in circulatory regulation that impair tissue perfusion and contribute to organ dysfunction and mortality. Changes in peripheral and splanchnic vascular resistance are central to these hemodynamic abnormalities. Bedside Doppler ultrasonography has emerged as a noninvasive tool for real-time hemodynamic assessment. **Objectives:** To investigate the usefulness of the radial arterial resistance index (RARI) and splenic arterial resistance index (SARI) as markers of tissue perfusion and clinical severity in patients with septic shock. **Methods:** This was a prospective study conducted in the Intensive Care Unit of the Hospital Universitário de Brasília between 2022 and 2025. A total of 143 patients were included, of whom 111 had septic shock and 32 belonged to the control group, composed of postoperative patients without evidence of infection. **Results:** RARI showed significant correlations with lactate ($r = 0.71$; $p < 0.0001$), capillary refill time ($r = 0.67$; $p < 0.0001$), and peripheral perfusion index ($r = -0.46$; $p < 0.0001$), and demonstrated higher accuracy than capillary refill time in predicting lactate clearance (AUC 0.95 versus 0.77; $p < 0.0001$). A significant inverse correlation was also found between central venous oxygen saturation ($ScvO_2$) and SARI ($r = -0.57$; $p < 0.0001$). **Conclusion:** The radial and splenic arterial resistance indices are associated with clinical and laboratory markers of hypoperfusion and severity, demonstrating potential as noninvasive and complementary parameters in the hemodynamic assessment of critically ill patients.

Keywords: Vascular resistance; Shock, septic; Hemodynamics; Ultrasonography, Doppler; Intensive care.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Ondas espectrais Doppler da artéria radial obtidas na tabaqueira anatômica, utilizadas para o cálculo do índice de resistência da artéria radial (IRAR). Transdutor linear (5-14 MHz). Unidade de Terapia Intensiva, Hospital Universitário de Brasília42
- Figura 2** – Traçado espectral Doppler mostrando índice de resistência (IR) de 1,0, indicando ausência de fluxo diastólico no segmento arterial analisado. Transdutor linear (5–14 MHz). Unidade de Terapia Intensiva. Hospital Universitário de Brasília42
- Figura 3** – Correlação entre o IRAE, níveis séricos de lactato e depuração de lactato em 48 horas47
- Figura 4** – Traçado espectral Doppler da artéria esplênica com IRAE elevado.....48
- Figura 5** – Traçado espectral Doppler da artéria esplênica com IRAE baixo.....49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características demográficas, clínicas e laboratoriais dos pacientes com choque séptico (CS) e pós-operatório POI (Grupo controle).....	36
Tabela 2 – Características basais: Epidemiológicas , clínicas e tipos de cirurgia em pacientes pós operatório (Grupo controle)	39
Tabela 3 – Comparação dos valores do IRAR e do IP entre os grupos choque séptico e pós-operatório	41
Tabela 4 – Coeficientes de correlação de Pearson simples e parcial entre IRAR e IP, Lactato e TEC	43
Tabela 5 – Subgrupos de depuração de lactato e valores do Índice de Resistência da Artéria Radial (IRAR).....	44
Tabela 6 – Sumário da análise ROC para a medida do IRAR	45
Tabela 7 – Análise de correlação de Pearson entre variáveis (SOFA, lactato e ScvO ₂)	45
Tabela 8 – Sumário das análises ROC para as medidas de IRAR e TEC	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AUC	Área sob a curva (Area Under the Curve)
CKD	Doença renal crônica
TEC	Tempo de enchimento capilar
CS	Choque séptico
DM2	Diabetes mellitus tipo 2
FiO ₂	Fração inspirada de oxigênio
HAS	Hipertensão arterial sistêmica
IC95%	Intervalo de confiança de 95%
IP	Índice de perfusão periférica
IR	Índice de resistência
IRAE	Índice de resistência da artéria esplênica
IRAR	Índice de resistência da artéria radial
PAM	Pressão arterial média
PEEP	Pressão positiva expiratória final
IP	Índice de pulsatilidade
PCT	Procalcitonina
RASS	Escala de agitação-sedação de Richmond
ROC	Curva característica de operação do receptor
SAPS III	Escore Fisiológico Simplificado III
ScvO ₂	Saturação venosa central de oxigênio
DP	Desvio padrão
SOFA	Escore de Avaliação de Disfunção Orgânica Sequencial
SpO ₂	Saturação periférica de oxigênio
UTI	Unidade de Terapia Intensiva
VIS	Escore vasoativo-inotrópico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 DEFINIÇÃO DE DOENTE CRÍTICO	15
1.2 MARCADORES DE PERFUSÃO TECIDUAL NO DOENTE CRÍTICO.....	18
1.2.1 Lactato	19
1.2.2 Tempo de enchimento capilar	20
1.2.3 Índice de perfusão periférica	21
1.2.4 O escore SOFA	21
1.2.5 Saturação venosa central	22
1.2.6 Índices de resistência arterial (Doppler) no doente crítico	22
2 OBJETIVOS	25
2.1 OBJETIVO GERAL	25
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
3 MÉTODOS	26
3.1 TIPO DE ESTUDO	26
3.2. LOCAL DO ESTUDO	26
3.3 POPULAÇÃO E AMOSTRA	26
3.3.1 Critérios de inclusão choque séptico	27
3.3.2 Critérios de inclusão do grupo controle	27
3.3.3 Critérios de exclusão	27
3.7 TAMANHO DA AMOSTRA:.....	28
3.8 MÉTODO DE AMOSTRAGEM: AMOSTRAGEM CONSECUTIVA	29
3.8.1 Coleta de dados	29
3.8.1.1 Identificação e recrutamento dos participantes	29
3.8.1.2 Registro de prontuário	29
3.8.1.3 -Avaliação clínica à beira-leito.....	29
3.8.2 -Doppler espectral	30
3.8.2.1 Protocolo de Doppler espectral : IRAR.....	30
3.8.2.2 Protocolo de Doppler espectral: IRAE.....	30
3.8.3 Coleta do lactato sérico	31

3.8.3 Coleta do tempo de enchimento capilar.....	32
3.8.4 Coleta do índice de perfusão	32
3.8.5 Coleta da SvcO₂.....	33
3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA	34
4 RESULTADOS.....	35
4.1 CARACTERÍSTICAS CLÍNICAS E LABORATORIAIS DOS PACIENTES COM CHOQUE SÉPTICO (CS) E PÓS-OPERATÓRIO (GRUPO CONTROLE)	35
4.2 CARACTERÍSTICAS DA POPULAÇÃO DO GRUPO CONTROLE	38
4.3 CORRELAÇÃO ENTRE IRAR E MARCADORES DE PERFUSÃO	41
4.4 IRAR E DEPURAÇÃO DE LACTATO	43
4.5 DESEMPENHO DIAGNÓSTICO DO IRAR: ANÁLISE ROC.....	44
4.6 CORRELAÇÃO ENTRE SOFA, LACTATO E SCVO ₂	45
4.7 DESEMPENHO DO IRAR E DO TEMPO DE ENCHIMENTO CAPILAR NA PREDIÇÃO DA DEPURAÇÃO DE LACTATO.....	46
4.8 ÍNDICE DE RESISTÊNCIA DA ARTÉRIA ESPLÊNICA.....	46
8 CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS.....	57
ANEXO	63

1 INTRODUÇÃO

1.1 DEFINIÇÃO DE DOENTE CRÍTICO

Doença crítica aguda é definida como um estado de adoecimento com disfunção de órgão vital. Há risco de deterioração iminente com potencial de reversibilidade. Sabe-se que sua identificação e seu tratamento são tempo-dependentes.¹ Desta maneira, a progressão para a síndrome da disfunção de múltiplos órgãos (SDMO) determina uma fase avançada do processo que requer monitorização seriada tanto da disfunção orgânica quanto de marcadores de perfusão tecidual com o objetivo de revertê-la.

A avaliação da disfunção orgânica é primordial na assistência ao doente crítico. A doença crítica aguda necessita de suporte avançado pois há maior risco de desfechos desfavoráveis. Nesse contexto, medidas estruturadas de quantificação da função orgânica permitem descrever a gravidade e acompanhar sua evolução.² Entre essas medidas, o escore de Avaliação Sequencial de Falência Orgânica (SOFA) consolidou-se como ferramenta padronizada para avaliação seriada na unidade de terapia intensiva (UTI).³ Nesse contexto, medidas estruturadas de quantificação da função orgânica permitem descrever a gravidade, acompanhar sua evolução ao longo do tempo e comparar populações e resultados em pesquisa clínica.² Há limitações em certas definições como, por exemplo, distinguir-se disfunção crônica daquela instalada no curso agudo da doença crítica e a influência de intervenções terapêuticas sobre alguns sistemas, posto que não há fundamentação analítica robusta que as sustentem.⁴ Uma vez entendido que a doença crítica aguda é um estado dinâmico de instabilidade fisiológica com risco de rápida deterioração rápida, a disfunção orgânica deixa de ser um desfecho e passa a ser reconhecida como eixo estruturante da definição clínica do quadro.⁵ Assim, o escore SOFA contribui tanto para estratificar gravidade, quanto para descrever a trajetória evolutiva ao longo do tempo.⁶ Entre a agressão inicial e a falência orgânica estabelecida existe um componente central: a perfusão tecidual e sua monitorização. Por essa razão, a busca e o monitoramento seriado de marcadores de perfusão tecidual tornam-se fundamentais na abordagem do doente crítico, uma vez que parâmetros macrodinâmicos podem sugerir estabilidade hemodinâmica enquanto

persiste disfunção microcirculatória e hipóxia celular.⁷ A incorporação sistemática desses marcadores, em conjunto com a avaliação de disfunção orgânica, amplia a capacidade de reconhecer precocemente a deterioração, orientar intervenções individualizadas no tempo oportuno e reduzir a probabilidade de evolução para falência de múltiplos órgãos.⁸ A doença crítica aguda é um fenômeno complexo e multissistêmico, no qual a disfunção orgânica resulta de interações dinâmicas entre inflamação sistêmica, hipóxia/estresse oxidativo e disfunção endotelial.⁹ Modelos contemporâneos reforçam que a progressão para disfunção de múltiplos órgãos pode emergir de ciclos de retroalimentação e pontos de inflexão ao nível celular e orgânico, o que torna limitada a interpretação isolada de um único sistema.¹⁰ Nesse cenário, a avaliação clínica efetiva requer uma abordagem integrada de órgãos e sistemas, com monitorização seriada da perfusão tecidual, visando interromper precocemente trajetórias desfavoráveis que culminem em SDMO.¹¹

De acordo com o protocolo internacional Sepsis-3, o diagnóstico clínico de choque séptico é estabelecido quando há necessidade de vasopressores para manter a pressão arterial média (PAM) ≥ 65 mmHg e lactato sérico > 2 mmol/L após ressuscitação volêmica adequada.¹²

O choque séptico é uma das principais causas de admissão em terapia intensiva e de mortalidade hospitalar. Há aumento expressivo tanto em gastos de recursos financeiros quanto em desfechos clínicos negativos a longo prazo, mesmo após alta da unidade de terapia intensiva.¹³ Estimativas mundiais e revisões sistemáticas indicam que, entre os pacientes tratados em UTI, a sepse está associada a taxas elevadas de mortalidade hospitalar.¹⁴ Análises recentes sugerem que a incidência e a mortalidade por sepse sofreram um incremento durante 2020–2021, em diversas faixas etárias, destacando a persistência do problema como prioridade de saúde pública.¹⁵ No Brasil, dados de prevalência em unidades de terapia intensiva e mortalidade associada reforçam a magnitude do cenário nacional, com elevada proporção de pacientes sépticos entre os internados e desfechos adversos relevantes.¹⁶ A sepse e o choque séptico representam termos consagrados para designar a resposta sistêmica gerada pela imunidade inata diante de um patógeno.¹⁷

Essa agressão ligada à infecção desencadeia uma sequência de interações moleculares e celulares que inicia uma resposta inflamatória, a qual pode se tornar desregulada e induzir disfunção imunológica.¹⁸ A resposta desregulada do hospedeiro associada a pelo menos uma disfunção orgânica, identificada como mudança aguda ≥ 2 pontos no SOFA, define sepse segundo os critérios Sepsis-3.¹⁹

Em muitos casos, a inflamação é controlada e o quadro se limita à “infecção”, frequentemente acompanhada do que antes era chamado de SIRS (síndrome da resposta inflamatória sistêmica); porém, quando o gatilho é intenso (virulência) ou há vulnerabilidades do hospedeiro (idade, comorbidades, lesões, medicações ou predisposição genética), a inflamação pode evoluir para formas mais graves, incluindo sepse e choque séptico, com risco de SDMO.²⁰ No choque séptico, a falência circulatória não se limita à hipotensão, mas envolve alterações da vasculatura periférica.²¹ Esse fenômeno resulta de mecanismos interligados, incluindo disfunção endotelial, excesso de mediadores vasodilatadores (como óxido nítrico), alterações do glicocálix e perturbações da sinalização vasomotora, culminando em vasodilatação disseminada com resposta compensatória heterogênea.²²

A sepse cursa com disfunção microcirculatória caracterizada por redução de densidade capilar perfundida, presença de capilares não perfundidos adjacentes a áreas bem perfundidas e marcada heterogeneidade de fluxo, o que pode gerar desacoplamento entre macrodinâmica e microcirculação (“perda de coerência hemodinâmica”).²³ Essa combinação — vasoplegia periférica e microperfusão heterogênea — sustenta a hipoperfusão tecidual mesmo quando parâmetros globais parecem “adequados”.²⁴ Assim, a sepse se caracteriza por heterogeneidade regional e perda de coerência da macro e da microcirculação.²⁵ Desta maneira tanto a vasodilatação central (global) quanto a vasoconstrição periférica e segmentar podem coexistir.²⁶ Neste contexto, o fluxo sanguíneo regional adquire relevância, uma vez que parâmetros globais adequados não correspondem, necessariamente, a uma ressuscitação efetiva.

1.2 MARCADORES DE PERFUSÃO TECIDUAL NO DOENTE CRÍTICO

Na doença crítica aguda, a perfusão tecidual representa um componente central do processo fisiopatológico que antecede e sustenta a disfunção orgânica.⁷ Por isso, a abordagem contemporânea recomenda uma avaliação multimodal da perfusão, combinando marcadores clínicos periféricos e laboratoriais, reconhecendo que parâmetros macrodinâmicos podem indicar estabilidade enquanto persiste a hipoperfusão microcirculatória.²⁷ Entre os marcadores laboratoriais, o lactato sérico permanece amplamente utilizado. Ele é empregado como indicador de gravidade e como alvo de reavaliação seriada durante a ressuscitação volêmica do doente crítico.¹²

O TEC tem sido incorporado às diretrizes como medida adjunta para guiar ressuscitação no choque séptico, por sua facilidade de aplicação à beira do leito e por refletir de modo mais imediato alterações de perfusão periférica.¹² Ensaios clínicos comparando estratégias de ressuscitação guiadas por TEC versus lactato reforçam o papel do TEC como alvo prático e seriado durante as primeiras horas do choque séptico.^{28,29} Além desses marcadores, parâmetros derivados do metabolismo e remoção de CO₂, como o gradiente venoarterial de CO₂ e a saturação venosa central de oxigênio são utilizados na avaliação de inadequação de fluxo sanguíneo e perfusão em estados de choque, sobretudo nos quadros de persistência de sinais de hipoperfusão.³⁰

Em conjunto, esses marcadores fornecem uma visão mais ampla da perfusão tecidual e ajudam a reconhecer precocemente trajetórias de deterioração. Isto permite intervenções com o objetivo de interromper a progressão da doença crítica aguda para a SDMO.³¹

Entre os marcadores à beira do leito, temos também, o índice de perfusão periférica (IP), derivado da oximetria de pulso, tem ganhado destaque por ser simples, contínuo e não invasivo. O IP é definido como a razão entre a porção pulsátil (arterial) e a porção não pulsátil (venosa e outros tecidos) do sinal pletismográfico, refletindo variações do volume sanguíneo periférico a cada batimento.³²

1.2.1 Lactato

O lactato é um marcador central para avaliação de prognóstico em cenários como sepse, choque e trauma.³³ Apesar da complexidade das vias bioquímicas, relacionadas à cinética do lactato, ele é considerado um índice prognóstico, em pacientes graves. O lactato é o produto final da glicólise anaeróbica, produzido, normalmente e especialmente, no músculo esquelético, no intestino, no cérebro e nos eritrócitos.³⁴ O aumento da produção de lactato pode decorrer de maior glicólise anaeróbica e de maior produção por glicólise aeróbica (por exemplo, aumento da produção de piruvato após ativação de receptores β 2 ou estresse intenso).³⁵

O lactato é um biomarcador central no choque circulatório, mas sua interpretação exige compreender sua cinética bifásica. A depuração do lactato segue duas fases. A primeira, compreendida entre 6-12 horas, é conhecida como fase inicial. Ela depende, predominantemente, do fluxo, na qual níveis elevados refletem hipoperfusão tecidual e melhoram com a restauração da oferta de oxigênio por meio de fluidos, vasopressores ou correção da hipoxemia. A segunda fase, conhecida como tardia (>12 horas), reflete reprogramação metabólica, ativação imune e disfunção mitocondrial, e não por hipoperfusão tecidual contínua.³⁶

Dados clínicos e experimentais sugerem que a hiperlactatemia deve ser contextualizada. Por exemplo: a disfunção sistólica grave pode prejudicar o depuramento, apesar do fluxo restaurado, enquanto estímulo beta-adrenérgico excessivo (particularmente com epinefrina) pode elevar o lactato sem mudança metabólica significativa.³⁷

Revisões de literatura demonstraram que hiperlactatemia persistente em contexto de hipoperfusão (por exemplo, TEC anormal, ScvO₂ baixa ou gradiente veno arterial de CO₂ elevado) associa-se a piores prognósticos.³⁸

O ensaio ANDROMEDA-SHOCK demonstrou que a ressuscitação do paciente com choque séptico não deve ser guiada apenas pelos valores do lactato. Foi observado que a ressuscitação orientada por TEC melhorou os desfechos em comparação com aquelas pautadas por lactato.²⁸

Desta maneira, o nível sérico de lactato, quando interpretado em conjunto com outros marcadores de hipoperfusão tecidual, constitui uma estratégia relevante para estratificação de risco do doente crítico e para orientação terapêutica, especialmente quando avaliado de forma seriada.

1.2.2 Tempo de enchimento capilar

O TEC constitui um marcador clínico simples, rápido e à beira do leito para avaliação da perfusão periférica e do estado circulatório no doente crítico, principalmente nas fases iniciais do choque, quando a identificação precoce de hipoperfusão pode anteceder alterações laboratoriais mais tardias.³⁹

Em adultos criticamente enfermos, um TEC prolongado tem se mostrado um sinal precoce de perfusão tecidual comprometida e insuficiência circulatória, associando-se de forma consistente a piores desfechos.³⁹

Em revisão sistemática, o TEC prolongado correlacionou-se com maior mortalidade e maior tempo de internação, apresentando sensibilidade robusta e especificidade moderada para prever desfechos adversos, além de demonstrar correlação positiva com níveis elevados de lactato e com maior mottling score, reforçando seu papel como indicador de anormalidades de perfusão tecidual.^{40,41}

Dessa forma, o TEC agrega valor clínico ao compor uma abordagem multimodal de perfusão, complementando marcadores metabólicos como o lactato e contribuindo para decisões terapêuticas mais individualizadas, com menor risco de intervenções excessivas quando interpretado em conjunto com outros sinais de hipoperfusão.⁴⁰

Além do valor prognóstico do TEC, em condições de hipoperfusão, estudos demonstram que o TEC pode ser utilizado de forma dinâmica para orientar a ressuscitação.²⁸ Em pacientes com falência circulatória aguda, Jacquet-Lagrèze et al. (2019) demonstraram que a redução do TEC durante a elevação passiva dos membros inferiores prediz a melhora da perfusão.⁴²

1.2.3 Índice de perfusão periférica

O índice de perfusão (IP) funciona a partir do sinal de fotopletismografia gerado pelo oxímetro de pulso.⁴³

Esse sinal possui dois componentes: um componente pulsátil, que oscila a cada batimento e reflete principalmente a variação do volume arterial no leito periférico, e um componente não pulsátil, relativamente estável, determinado pela absorção dos tecidos e do sangue não pulsátil (venoso/capilar e estruturas locais).⁴³ Por refletir essa pulsatilidade arterial o IP pode ser monitorado continuamente como um indicador indireto de perfusão periférica, devendo sempre ser interpretado no contexto clínico e hemodinâmico do paciente.⁴³

1.2.4 O escore SOFA

O escore Sequential Organ Failure Assessment (SOFA) é utilizado rotineiramente na unidade de terapia intensiva (UTI) para descrever a gravidade da disfunção orgânica.⁴⁴ Apesar de seu papel consolidado na quantificação seriada da disfunção orgânica, o SOFA descreve predominantemente a expressão “final” da doença crítica — a disfunção instalada — e, por isso, pode não indicar com a mesma sensibilidade os estágios iniciais do processo fisiopatológico, nos quais alterações microcirculatórias e de perfusão antecedem a falência orgânica. O escore SOFA tem suas limitações em anteceder a gravidade instalada.²⁵ A integração do SOFA — como marcador de gravidade e prognóstico clínico — com

marcadores de perfusão tecidual à beira do leito (como TEC, IP e lactato seriado) torna-se estratégica para reconhecer precocemente hipoperfusão, orientar intervenções de forma mais individualizada e reduzir risco de iatrogenias por ressuscitação excessiva.⁴⁵

A avaliação de índices Doppler de resistência arterial, por refletirem o estado hemodinâmico periférico e sua interação com a perfusão, correlacionam-se com marcadores de perfusão tecidual e agregam valor ao acompanhamento prognóstico em conjunto com escores de disfunção orgânica como o SOFA.⁴⁶

1.2.5 Saturação venosa central

A saturação venosa central de oxigênio ($ScvO_2$) é um marcador de hipoperfusão do doente crítico. Ela se relaciona ao balanço entre oferta e consumo de oxigênio e à adequação do fluxo para remoção de CO_2 .⁴⁷

As variações de $ScvO_2$ após expansão volêmica correlacionam-se com a variação do índice cardíaco reforçando que esses parâmetros devem ser interpretados de forma contextual e integrada aos demais marcadores de perfusão tecidual.⁴⁸

1.2.6 Índices de resistência arterial (Doppler) no doente crítico

A microcirculação é o compartimento onde ocorre a entrega efetiva de oxigênio aos tecidos. Sua disfunção é associada a piores desfechos no doente crítico.⁴⁹

Sua monitorização permanece pouco acessível a instrumentos de mensuração convencionais. Nesse cenário, a avaliação da perfusão periférica a partir do exame clínico e por métodos não invasivos como o Doppler espectral podem ser utilizados como um marcadores indiretos do estado perfusional,

sobretudo quando há discrepância entre parâmetros macrodinâmicos e microdinâmicos.⁵⁰

A ressuscitação clássica é orientada por metas sistêmicas, como pressão arterial média e variáveis globais de fluxo, mas a normalização desses parâmetros não garante perfusão adequada.⁵¹

O Doppler espectral arterial permite caracterizar o padrão de fluxo ao longo do ciclo cardíaco e quantificar velocidades sistólicas e diastólicas. Utilizando-se o Doppler espectral, calcula-se o índice de resistência (IR), definido como velocidade pico sistólico- velocidade diastólica final / velocidade pico sistólico. Trata-se de um parâmetro que reflete alterações do padrão de pulsatilidade, da impedância distal e da vasomotricidade regional.⁵²

Embora seja um marcador indireto, influenciado por múltiplos determinantes hemodinâmicos, o IR amplia a avaliação da perfusão além das variáveis sistêmicas e pode contribuir para identificar alterações perfusionais regionais em diferentes contextos de doença crítica.⁵³

Medidas obtidas por este método, em artérias periféricas e esplâncnicas, como os índices de resistência da artéria radial e da artéria esplênica, configuram ferramentas promissoras, à beira leito, para integrar a avaliação hemodinâmica regional, permitindo a estratificação prognóstica e a tomada de decisão no doente crítico.⁵⁴

A análise da onda de pulso arterial está estabelecida como ferramenta para investigar a funcionalidade do sistema cardiovascular e pode fornecer informações prognósticas valiosas. O Doppler espectral permite identificar alterações no componente diastólico do fluxo, principalmente relacionadas à vasomotricidade do leito distal (tônus arteriolar) e à impedância vascular regional.⁵⁵

Assim, os índices de resistência da artéria radial (IRAR) e da artéria esplênica (IRAE) podem ser compreendidos como uma extensão fisiológica quantificável dos marcadores clínicos tradicionais. Eles permitem uma leitura mais objetiva do comportamento da vasculatura periférica e esplâncnica, da redistribuição de fluxo e da perda de coerência entre macrodinâmica e perfusão tecidual, fenômenos centrais na sepse. A pressão de pulso é definida pela pressão sistólica menos a pressão diastólica.

Seu alargamento reflete a vasoplegia no choque séptico. Desta maneira, evidências na literatura apontam na direção que a morfologia alterada na onda arterial, observada ao Doppler espectral, pode refletir esta vasoplegia.⁵⁶

Portanto, apesar do avanço na monitorização hemodinâmica à beira leito e da ampla utilização de marcadores globais de hipoperfusão tais como o lactato e sua depuração, a TEC, o índice de perfusão (IP), a ScvO₂ e escores de disfunção orgânica como o SOFA, ainda permanece limitada a capacidade de identificar, de forma precoce e regional, a persistência de hipoperfusão em cenários marcados por heterogeneidade perfusional e desacoplamento entre macrodinâmica e microcirculação.

Índices Doppler de resistência arterial surgem como alternativas promissoras. Eles fornecem uma leitura regional, não invasiva e reprodutível da impedância distal. Evidências recentes sugerem que o índice de resistência da artéria radial na tabaqueira anatômica se correlaciona com resistência vascular sistêmica e com parâmetros de perfusão tecidual, além de prever depuração de lactato em choque séptico.⁴⁶

Em choque séptico, Buitrago-González et al. (2026) observaram associação entre IRAE elevado (>0,7) e menor sobrevida intra-hospitalar, reforçando seu potencial prognóstico precoce.⁵⁷

O Doppler espectral das artérias radial e esplênica surgem como ferramentas potenciais a serem incorporadas na avaliação da disfunção orgânica e estratificação prognóstica de pacientes com quadro clínico de choque séptico. Investigar marcadores de perfusão tecidual não invasivos à beira do leito capazes de identificar precocemente hipoperfusão e risco de progressão para disfunção orgânica torna-se pertinente para a tomada de decisão visando a morbimortalidade relacionada ao choque séptico.¹⁴

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar os índices de resistência arterial radial e esplênica por ultrassonografia à beira leito (POCUS) no indivíduo crítico com choque séptico.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar a associação entre o índice de resistência da artéria radial (IRAR) e a depuração de lactato sérico, tempo de enchimento e índice de perfusão periférica em pacientes com choque séptico.
2. Determinar a associação entre o índice de resistência da artéria esplênica (IRAE) e saturação venosa central em indivíduos com choque séptico

3 MÉTODOS

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de Brasília (CEP/FM-UnB), sob o número 5.327.421 (CAAE: 54355221.5.0000.5558), em 1º de abril de 2022 (ANEXO A). Todos os procedimentos estiveram em conformidade com as normas institucionais e nacionais para pesquisas envolvendo seres humanos e com a Declaração de Helsinque (1964) e suas emendas posteriores, ou padrões éticos equivalentes.

3.1 TIPO DE ESTUDO

Este é um estudo observacional, analítico, prospectivo, clínico e comparativo, realizado em pacientes com choque séptico e um grupo controle. O estudo avalia as relações entre o índice de resistência arterial e os marcadores de perfusão tecidual globais. A avaliação ocorre em dois momentos de coleta: T0 e 48h após T0.

3.2. LOCAL DO ESTUDO

O estudo foi conduzido na Unidade de Terapia Intensiva Adulto do Hospital Universitário de Brasília (HUB–UnB), instituição vinculada à Universidade de Brasília. A inclusão dos participantes e a coleta de dados ocorreram de forma prospectiva no período de janeiro de 2022 a janeiro de 2025.

3.3 POPULAÇÃO E AMOSTRA

A população do estudo foi composta por pacientes admitidos na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) do Hospital Universitário de Brasília (HUB–UnB). Os pacientes admitidos eram provenientes do departamento de emergência do hospital ou das Unidades de Pronto Atendimento (UPAs) vinculadas. Todos os pacientes do grupo choque séptico encontravam-se sob ventilação mecânica invasiva no momento da inclusão. O grupo comparativo foi composto por pacientes em pós-operatório imediato de

cirurgias eletivas, também sob ventilação mecânica, e sem evidências clínicas ou laboratoriais de infecção. Um total de 143 pacientes adultos foram incluídos: 112 com diagnóstico de choque séptico e 31 pacientes pós-operatórios.

3.3.1 Critérios de inclusão choque séptico

1. Idade maior ou igual a 18 anos;
2. Diagnóstico de choque séptico, conforme critérios Sepsis-3 e registro de temperatura axilar $\geq 38,3$ °C em pelo menos um momento nas 48 horas que antecederam a admissão;
3. Admitidos nas primeiras 24 horas na UTI;
4. Admissão ocorrida em até 72 horas após o diagnóstico de choque séptico;
5. Ventilação mecânica invasiva no momento da inclusão com $FiO_2 \leq 40\%$ e PEEP ≤ 8 cmH₂O;
6. Analgosedação com alvo de RASS entre -3 e -5;
7. Noradrenalina menor ou igual a 0.5 mcg/kg/min.

3.3.2 Critérios de inclusão do grupo controle

1. Idade maior ou igual a 18 anos;
2. Submetidos a cirurgia com duração maior que 04 horas sem suspeita de infecção;
3. Admitido na UTI no pós operatório imediato e em uso de Noradrenalina $<$ ou $=$ 0.5 mcg/kg/minuto;
4. Em ventilação mecânica sob analgosedação e com escala de RASS entre -3 e -5. Com $FiO_2 <$ ou $=$ a 40 % e PEEP $<$ OU $=$ 8 cm H₂O.

3.3.3 Critérios de exclusão

Foram excluídos pacientes que apresentavam condições clínicas ou técnicas capazes de interferir na hemodinâmica esplâncnica ou comprometer a acurácia da

mensuração do Índice de Resistência da Artéria Radial (IRAR) e da Artéria Esplênica (IRAE), incluindo:

1. Arritmias cardíacas;
2. Valvulopatias aórticas significativas;
3. Hipertensão intra-abdominal;
4. Uso de balão intra-aórtico (IABP);
5. Necessidade de terapia renal substitutiva nas primeiras 48 horas da admissão na UTI;
6. Ascite;
7. Diagnóstico ou suspeita de Hipertensão Portal;
8. Temperatura corporal $< 36^{\circ}\text{C}$;
9. Cuidados paliativos ou parada cardiorrespiratória (PCR) prévia.

3.7 TAMANHO DA AMOSTRA:

Para o estudo analítico proposto o tamanho da amostra foi estimado no número de indivíduos necessários para detectar associação (de uma determinada magnitude de efeito) e variabilidade, com probabilidade de incorrer em erros tipo I (falso positivo) e tipo II (falso negativo). Baseado no teste de T de student para amostras independentes, assumindo um alfa = 0,05, beta 0,1 e efeito moderado (Cohen d = 0,5), para detecção de uma diferença significativa entre as médias de índice de resistência da artéria radial e da artéria esplênica e os grupos com instabilidade fisiológica ou não será necessário uma amostra de N= 128 (86 com instabilidade fisiológica e 42 não), considerando a apresentação de 70% de instabilidade fisiológica que foi observada em pacientes em UTIs públicas pelo projeto UTIs brasileiras.

3.8 MÉTODO DE AMOSTRAGEM: AMOSTRAGEM CONSECUTIVA

3.8.1 Coleta de dados

3.8.1.1 Identificação e recrutamento dos participantes

A triagem dos participantes ocorreu de forma prospectiva e diária na UTI Adulto do HUB–UnB, a partir das admissões registradas no setor. Os potenciais elegíveis foram avaliados quanto aos critérios de inclusão e exclusão, e, após confirmação de elegibilidade e obtenção do TCLE, foram incluídos por amostragem consecutiva. Obtenção dos dados clínicos, laboratoriais e imagem por ultrassonografia, no primeiro momento realizada nas primeiras 24 horas após a admissão na UTI, e a segunda em 48 horas após a primeira avaliação, sendo definido como tempo zero (T0) e tempo um (T1), respectivamente.

3.8.1.2 Registro de prontuário

O prontuário eletrônico e registro assistencial, foi o local onde foram coletados os dados demográficos (idade, sexo) e os valores dos exames como: hemograma, proteína C reativa, creatinina, Bilirrubina total e procalcitonina.

O cálculo do escore SOFA foi calculado somando-se a pontuação de seis domínios de disfunção orgânica resultando em um total que varia de 0 a 24 pontos.

3.8.1.3 Avaliação clínica à beira-leito

A partir de observação direta do monitor multiparamétrico foram coletados os parâmetros : pressão arterial média (PAM), tipo de vasopressor e dose utilizada, Spo2, IP e parâmetros de ventilação mecânica ajustados(modo ventilatório, FiO2, PEEP.).Calculado a RASS no momento da avaliação (alvo –3 a –5).

3.8.2 Doppler espectral

3.8.2.1 Protocolo de Doppler espectral: IRAR

A avaliação ultrassonográfica da artéria radial foi realizada por meio de Doppler espectral utilizando equipamento Mindray M5 (Mindray Bio-Medical Electronics Co., Shenzhen, China). Todos os exames foram conduzidos por um único médico intensivista com dois anos de treinamento em ultrassonografia point-of-care, utilizando-se transdutor linear com frequência de 5–14 MHz. A artéria radial distal foi identificada na região da tabaqueira anatômica, com o membro superior posicionado de forma neutra ou levemente pronada. O punho foi mantido em posição neutra, evitando compressão parcial da artéria. Para aquisição espectral, utilizou-se Doppler pulsado com correção de ângulo, buscando-se manter o ângulo de insonação $< 60^\circ$ com alinhamento do feixe ao eixo longitudinal do vaso. Foram obtidos três ciclos espectrais consecutivos minimizando artefatos e fenômenos de aliasing. O valor final do IRAR correspondeu à média das três medidas válidas.

O IRAR foi calculado segundo a fórmula: $IRAR = (Velocidade\ sistólica\ máxima - Velocidade\ diastólica\ final) / Velocidade\ sistólica\ máxima$.

A escolha da artéria radial distal fundamentou-se em evidências ultrassonográficas que demonstram trajeto superficial, orientação longitudinal mais estável e menor curvatura tridimensional no segmento da tabaqueira anatômica, características que facilitam ângulos de insonação reduzidos, maior estabilidade do feixe acústico e maior acurácia das medidas Doppler.

3.8.2.2 Protocolo de Doppler espectral: IRAE

A avaliação do Índice de Resistência da Artéria Esplênica (IRAE) foi realizada por meio de ultrassonografia Doppler colorido, utilizando o equipamento Mindray M5 (Mindray Bio-Medical Electronics Co., Shenzhen, China), com transdutor convexo de 2–5 MHz. Todos os exames foram executados por um médico intensivista com dois anos de treinamento em ultrassonografia point-of-care. Os pacientes foram avaliados em decúbito

dorsal. Não foram realizados reposicionamentos adicionais, como lateralização do tronco, com o objetivo de evitar manipulações desnecessárias e garantir uniformidade metodológica entre as avaliações. A janela esplênica foi obtida em plano longitudinal, com visualização adequada do hilo. Nos casos em que não foi possível obter visualização satisfatória do hilo esplênico o exame não foi realizado. A avaliação da artéria esplênica deu-se a aproximadamente 1 cm distal ao hilo esplênico. Essa região anatômica foi escolhida por apresentar:

1. Menor tortuosidade vascular;
2. Melhor alinhamento espontâneo com o feixe ultrassonográfico;
3. Menor interferência das estruturas costais;
4. Maior estabilidade do espectro Doppler;
5. Maior reprodutibilidade interobservador.

3.8.3 Coleta do lactato sérico

A mensuração do lactato arterial foi realizada por meio de gasometria arterial, utilizada como marcador metabólico de perfusão tecidual. As coletas foram realizadas em dois momentos previamente definidos: T0, correspondente às primeiras 24 horas após a admissão na Unidade de Terapia Intensiva (UTI), e T1, correspondente a 48 horas após a avaliação inicial. Somente foram considerados válidos os valores de lactato obtidos até 20 minutos antes ou até 20 minutos após a realização do exame ultrassonográfico Doppler radial. Quando já existia uma gasometria arterial registrada nesse intervalo, essa medida foi utilizada para análise. O percentual de depuração do lactato foi calculada conforme a seguinte fórmula:

$$\text{Lactato (\%)} = \text{lactato T1} / \text{lactato T0} \times 100$$

Reduções iguais ou superiores a 20% foram consideradas indicativas de depuração adequada do lactato.

3.8.3 Coleta do tempo de enchimento capilar

O tempo de enchimento capilar (TEC) foi mensurado segundo protocolo padronizado e executado sempre pelo mesmo avaliador, previamente treinado na técnica, com o objetivo de reduzir a variabilidade interobservador. Todas as medidas foram realizadas em ambiente com temperatura controlada (22–24 °C) e iluminação adequada, minimizando interferências ambientais. A avaliação foi realizada na falange distal do segundo dedo da mão contralateral à utilizada para a insonação da artéria radial, a fim de evitar influência local decorrente do posicionamento do transdutor ou de manipulações associadas ao exame Doppler. Para padronização da compressão, utilizou-se uma seringa de 10 mL comprimida até o volume de 7 mL, aplicada perpendicularmente à polpa digital e mantida até o completo branqueamento da região avaliada, conforme metodologia descrita por Jacquet-Lagrèze et al. (2019).⁴² Após a retirada abrupta da pressão, o tempo necessário para o retorno da coloração cutânea foi registrado em segundos, utilizando-se cronômetro digital com resolução de 0,01 s.

O procedimento foi repetido três vezes consecutivas, com intervalo de 30 segundos entre as medições. O valor final adotado para análise correspondeu à média aritmética das três mensurações válidas. Para fins de reprodutibilidade temporal, o protocolo completo foi repetido após 48 horas, sob as mesmas condições ambientais e técnicas. Para análise, valores de TEC ≤ 4 segundos foram considerados dentro da faixa de referência adotada para adultos no presente protocolo, enquanto valores superiores foram interpretados como indicativos de perfusão periférica reduzida. As coletas foram realizadas em dois momentos previamente definidos: T0, correspondente às primeiras 24 horas após a admissão na Unidade de Terapia Intensiva (UTI), e T1, correspondente a 48 horas após a avaliação inicial.

3.8.4 Coleta do índice de perfusão

O Índice de Perfusão (IP), foi obtido diretamente por meio do monitor multiparamétrico Mindray, equipamento que calcula automaticamente esse parâmetro a partir da análise do sinal fotopletomográfico proveniente do sensor digital. As avaliações

foram realizadas nas primeiras 24 horas após a admissão na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) (T0) e repetidas após 48 horas (T1), seguindo protocolo previamente padronizado. O sensor digital foi aplicado na falange distal do dedo indicador da mão contralateral à utilizada para a insonação da artéria radial, com o objetivo de evitar interferências locais decorrentes do exame Doppler e garantir uniformidade das condições de medição entre os pacientes. Antes do registro do valor, aguardou-se um período de estabilização do sinal fotopleletismográfico entre 30 e 60 segundos, até que o monitor exibisse curva estável, com amplitude regular e ausência de artefatos evidentes. Após essa fase, procedeu-se à análise de uma janela contínua de observação de 1 minuto, durante a qual as condições hemodinâmicas permaneceram estáveis. Para cada paciente, o valor considerado para análise correspondeu ao maior IP estável acima de 1,0 exibido no monitor durante a janela analisada. Leituras nas quais o IP oscilava repetidamente acima e abaixo de 1,0 dentro do mesmo intervalo de observação foram descartadas, sendo o procedimento reiniciado desde a fase de estabilização do sinal. A interpretação fisiológica do IP seguiu os fundamentos descritos por Sun et al. (2024)³², considerando-se a influência do tônus vascular periférico, do volume sistólico e da amplitude da pressão de pulso sobre o sinal fotopleletismográfico. Valores persistentemente reduzidos foram interpretados como indicativos de vasoconstrição periférica e perfusão cutânea diminuída.

3.8.5 Coleta da SvcO₂

A saturação venosa central de oxigênio (SvcO₂) foi obtida por meio de gasometria venosa central coletada de cateter venoso central posicionado em veia jugular interna ou subclávia. Foram considerados válidos os valores registrados até 20 minutos antes ou após a realização do exame ultrassonográfico, garantindo adequada correspondência temporal entre as medidas. As coletas foram realizadas em dois momentos previamente definidos: T0, correspondente às primeiras 24 horas após a admissão na Unidade de Terapia Intensiva (UTI), e T1, correspondente a 48 horas após a avaliação inicial.

3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SAS, versão 9.4 (SAS Institute, Cary, NC, EUA). Inicialmente, todas as variáveis contínuas foram avaliadas quanto à distribuição de normalidade por inspeção gráfica e por testes estatísticos apropriados. As variáveis com distribuição normal foram descritas como média e desvio-padrão, enquanto aquelas com distribuição não normal foram expressas como mediana e intervalo interquartil (percentis 25–75). As variáveis categóricas foram apresentadas como frequência absoluta e percentual. Associações entre o Índice de Resistência da Artéria Radial (IRAR) e variáveis fisiológicas e metabólicas — incluindo lactato sérico, tempo de enchimento capilar (TEC) e índice de perfusão periférica (IP) — foram avaliadas por meio do coeficiente de correlação de Pearson ou Spearman, conforme a distribuição dos dados. Quando identificadas correlações estatisticamente significativas, foi realizada análise de regressão linear múltipla, com método de seleção stepwise, a fim de explorar a contribuição independente das variáveis associadas ao IRAR. As comparações entre subgrupos foram conduzidas por meio do teste de Mann–Whitney, quando apropriado. Adotou-se um nível de significância estatística de 5% ($p < 0,05$).

4 RESULTADOS

4.1 CARACTERÍSTICAS CLÍNICAS E LABORATORIAIS DOS PACIENTES COM CHOQUE SÉPTICO (CS) E PÓS-OPERATÓRIO (GRUPO CONTROLE)

A idade média foi semelhante entre os grupos, sem diferença estatisticamente significativa ($p = 0,22$), indicando perfis etários comparáveis, conforme apresentado na Tabela 1. Observou-se predominância do sexo masculino na amostra total (59,4%). Os pacientes com choque séptico apresentaram maior gravidade basal, evidenciada por valores significativamente mais elevados do escore SOFA em comparação ao grupo pós-operatório ($p < 0,0001$). Além disso, apresentaram temperatura corporal e lactato sérico significativamente superior ($p = 0,00029$ e $p = 0,0000071$, respectivamente), refletindo maior intensidade do processo inflamatório e comprometimento perfusional, conforme detalhado na Tabela 1. O foco infeccioso predominante entre os pacientes sépticos foi o pulmonar (55,9%), seguido pelos focos abdominal e hematogênico. Apesar das diferenças marcantes de gravidade clínica, os grupos foram avaliados sob condições macrodinâmicas semelhantes, não havendo diferenças estatisticamente significativas quanto à dose de noradrenalina ($p = 0,63$), pressão arterial média ($p = 0,054$) ou nível de sedação, avaliado pela escala RASS ($p = 0,95$). Esse equilíbrio hemodinâmico e de sedação, também demonstrado na Tabela 1, é fundamental para assegurar que as diferenças observadas posteriormente nos parâmetros Doppler reflitam predominantemente alterações microcirculatórias, e não discrepâncias relacionadas ao suporte vasopressor, à pressão arterial ou à profundidade de sedação. Adicionalmente, a distribuição de comorbidades apresentou padrões distintos entre os grupos. Hipertensão arterial sistêmica e diabetes mellitus tipo 2 foram mais prevalentes no grupo pós-operatório, enquanto neoplasias hematológicas, HIV/AIDS e doenças autoimunes ocorreram exclusivamente entre os pacientes com choque séptico. Biomarcadores inflamatórios, como a procalcitonina, também apresentaram valores significativamente mais elevados no grupo choque séptico ($p < 0,0001$), conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1 – Características demográficas, clínicas e laboratoriais dos pacientes com choque séptico (CS) e pós-operatório POI (Grupo controle)

Variável	CS (n=111)	POI (n=32)	Total	p
Idade (anos, média±DP)	54.6 ± 16.6	51.4 ± 11.9	53.9 ± 15.7	0.22
Sexo M, n%	70 (63.1%)	15 (46.9%)	85 (59.4%)	—
Sexo F, n %	41 (36.9%)	17 (53.1%)	58 (40.6%)	
SOFA score (média±DP)	12.2 ± 4.8	1.6 ± 0.8	9.8 ± 5.7	<0.0001 *
Dose Noradrenalina (mcg/kg/min)	0.28 ± 0.13 (0.06–0.50)	0.29 ± 0.13 (0.07–0.49)	—	0.63
Temperatura (°C, média ± DP)	37.2 ± 0.8 (36.0–39.6)	36.8 ± 0.5 (36.0–37.9)	—	0.00029
PAM (mmHg, mean ± SD)	71.7 ± 4.7 (65–85)	70.0 ± 4.1 (66–81)	—	0.054
RASS	–3.51 ± 1.12 (–5 to –2)	–3.50 ± 1.14 (–5 to –2)	—	0.95
HAS	21 (18.9%)	22 (68.8%)	43 (30.1%)	<0.0001 *
DM2 %	17 (15.3%)	13 (40.6%)	30 (21.0%)	0.005 *

Continua

Continuação

Variável	CS (n=111)	POI (n=32)	Total	p
DM1%	5 (4.5%)	0 (0.0%)	5 (3.5%)	0.587
Artrite R n%	7 (6.3%)	0 (0.0%)	7 (4.9%)	0.349
LES, n%	3 (2.7%)	0 (0.0%)	3 (2.1%)	1.000
HIV/SIDA, n (%)	12 (10.8%)	0 (0.0%)	12 (8.4%)	0.068
Leucemia, n %	11 (9.9%)	0 (0.0%)	11 (7.7%)	0.124
Linfoma, n%	6 (5.4%)	0 (0.0%)	6 (4.2%)	0.338
Tumor sólido, n (%)	4 (3.6%)	16 (50.0%)	20 (14.0%)	<0.0001 *
Procalcitonina (ng/mL), mediana (IIQ)	3,0 (1,11–8,25)	0,61 (0,48–0,94)	—	<0.0001 *
Lactato (mmol/L) mediana (IIQ)	2,7 (1,0–5,4)	1,3 (1-4)	—	0.0000071 *

Fonte: Elaborada pela autora.

Nota: $p < 0,05$ foi considerado estatisticamente significativo. Variáveis contínuas são apresentadas como média \pm desvio-padrão (DP) e foram comparadas pelos testes t de Student ou Mann–Whitney, conforme a distribuição. Variáveis categóricas foram comparadas pelos testes exatos de Fisher ou qui-quadrado (χ^2). SOFA: Sequential Organ Failure Assessment; PAM: pressão arterial média; RASS: Richmond Agitation-Sedation Scale; HAS: hipertensão arterial sistêmica; DM1: diabetes mellitus tipo 1; DM2: diabetes mellitus tipo 2; LES: lúpus sistêmico; HIV/SIDA: infecção pelo vírus da imunodeficiência humana/síndrome da imunodeficiência adquirida; PCT: procalcitonina; CS: choque séptico; POI: pós-operatório imediato.

4.2 CARACTERÍSTICAS DA POPULAÇÃO DO GRUPO CONTROLE

Entre as comorbidades prevalentes, hipertensão arterial sistêmica foi observada em 58,5% dos pacientes, seguida de diabetes mellitus tipo 2 (31,7%), doença renal crônica (19,5%), e tumores sólidos ativos — incluindo pulmão, trato intestinal, ovário, rim e fígado — presentes em 26,8% da amostra.

Quanto ao tipo de procedimento cirúrgico realizado, a coorte apresentou ampla diversidade, refletindo o perfil habitual de um centro cirúrgico de alta complexidade. Os procedimentos mais frequentes foram transplante renal (n = 8), ressecção abdominoperineal do reto (n = 7), prostatectomia (n = 5) e histerectomia (n = 4), esta última incluindo três casos por atonia uterina e um por placenta acreta. Também foram realizados procedimentos oncológicos maiores, como debulking de tumor ovariano (n = 4), lobectomias pulmonares (n = 4), nefrectomias (n = 4), além de hepatectomias (n = 3) e duodenectomias (n = 2). Conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Características basais: Epidemiológicas , clínicas e tipos de cirurgia em pacientes pós operatório (Grupo controle)

Variável	n (%) ou média ± DP
Idade	55 ± 8
Sexo(M /F)	27 / 14
SAPS III	29 ± 11
Score SOFA admissão	7 ± 3
Escore vasoativo–inotrópico	22 ± 14
RASS	-4 ± 1
PAM	≥ 65 Todos os pacientes
Sato2	≥ 94
FIO2	42 ± 8
PEEP	6 ± 1
Doença de base	
HAS	24 (58,5%)
DM2	13 (31,7%)
DRC	8 (19,5%)
Tumor sólido	11 (26,8%)

Continua

Continuação

Variável	n (%) ou média ± DP
Tipo de cirurgia	
Transplante Renal	8
Ressecção abdominoperineal do reto	7
Debulking de tumor ovariano	4
Nefrectomia	4
Prostatectomia	5
Lobectomia	4
Hepatectomia	3
Duodenectomia	2
Histrectomia (3 por atonia uterina; 1 por placenta acreta)	4

Fonte: Elaborada pela autora.

Nota: Valores expressos como média ± desvio-padrão (DP) ou número absoluto (%). Total: 41 pacientes.

Foram adquiridas 740 imagens ultrassonográficas, provenientes de 178 pacientes inicialmente incluídos, resultando em uma média de 3 a 4 imagens por paciente, conforme o protocolo descrito no Capítulo (Métodos). Entretanto, 18 pacientes foram excluídos da análise final em razão da retirada posterior do consentimento pelos familiares, o que implicou a eliminação integral dos respectivos dados, em conformidade com as normas éticas vigentes. Adicionalmente, 12 pacientes apresentaram imagens ultrassonográficas consideradas tecnicamente inadequadas, resultando na exclusão de aproximadamente 36 a 48 imagens. Dessa forma, 143 pacientes compuseram a coorte final analisada, constituindo a amostra definitiva utilizada nas análises subsequentes dos resultados.

4.3 CORRELAÇÃO ENTRE IRAR E MARCADORES DE PERFUSÃO

O índice de resistência da artéria radial (IRAR) foi significativamente mais elevado no grupo com choque séptico em comparação ao grupo pós-operatório ($p < 0,0001$). No grupo com choque séptico, o IRAR concentrou-se predominantemente acima de 1,0, enquanto no grupo pós-operatório os valores se mantiveram em torno de 0,8, conforme apresentado na Tabela 3. O índice de perfusão (IP) apresentou valores médios significativamente menores no grupo séptico quando comparado ao grupo pós-operatório ($p = 0,0071$). Os valores de IP foram inferiores no grupo séptico e apresentaram maior dispersão em relação aos valores de IRAR, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Comparação dos valores do IRAR e do IP entre os grupos choque séptico e pós-operatório

Variável	Choque séptico (n = 112)	POI-Pós op (n=31)	p
IRAR	1,02± 0,24	0,78±0,07	<0,0001
IP	1,82±1,31	2,52±1,45	0,0071

Fonte: Elaborada pela autora.

Nota: Valores expressos como média \pm desvio-padrão (DP). p calculado pelo teste de Mann-Whitney. As comparações entre os grupos foram realizadas pelo teste de Mann-Whitney. IRAR: Índice de Resistência da Artéria Radial; IP: Índice de Perfusão.

As Figuras 1 e 2 apresentam registros espectrais Doppler da artéria radial obtidos na tabaqueira anatômica, utilizados para a mensuração do índice de resistência da artéria radial (IRAR). A Figura 1 ilustra o padrão de onda espectral empregado no cálculo do índice, evidenciando a aplicabilidade do método como ferramenta não invasiva de avaliação hemodinâmica periférica. A Figura 2 demonstra traçado com índice de resistência igual a 1,0, caracterizado pela ausência de fluxo diastólico, achado compatível com aumento acentuado da resistência vascular distal. Em conjunto, as imagens reforçam tanto a padronização técnica da medida quanto a relevância fisiopatológica do IRAR na avaliação da perfusão periférica.

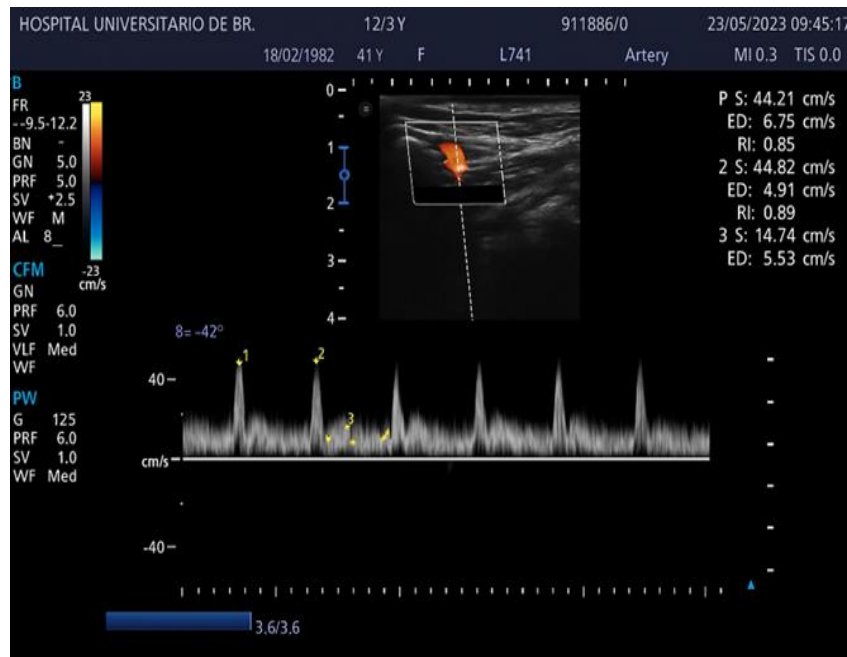


Figura 1 – Ondas espectrais Doppler da artéria radial obtidas na tabaqueira anatômica, utilizadas para o cálculo do índice de resistência da artéria radial (IRAR). Transdutor linear (5-14 MHz). Unidade de Terapia Intensiva, Hospital Universitário de Brasília

Fonte: Elaborada pela autora.

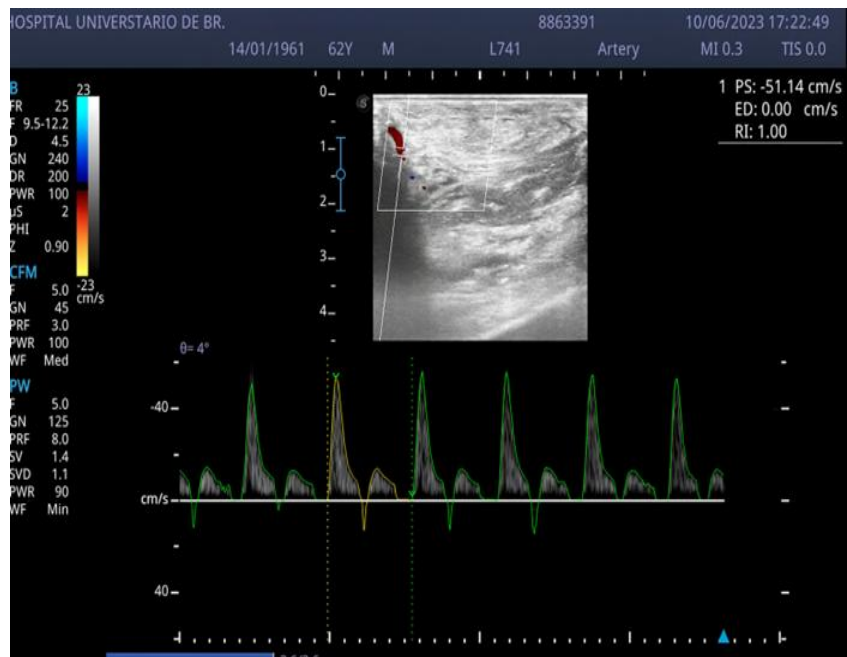


Figura 2 – Traçado espectral Doppler mostrando índice de resistência (IR) de 1,0, indicando ausência de fluxo diastólico no segmento arterial analisado. Transdutor linear (5–14 MHz). Unidade de Terapia Intensiva. Hospital Universitário de Brasília

Fonte: Elaborada pela autora.

A Tabela 4 apresenta a correlação entre o índice de resistência da artéria radial (IRAR) e três variáveis contínuas: lactato, tempo de enchimento capilar (TEC) e índice de perfusão (IP). O lactato e o TEC apresentaram correlação direta e significativa com o IRAR ($r = 0,71$; $p < 0,0001$ e $r = 0,67$; $p < 0,0001$, respectivamente). A correlação entre o IP e o IRAR foi inversa e estatisticamente significativa ($r = -0,46$; $p < 0,0001$). O IRAR foi considerado a variável dependente, enquanto as variáveis explicativas (TEC, IP e lactato) foram avaliadas quanto à sua relação com as alterações no IRAR. Após ajuste por modelo multivariado utilizando procedimento stepwise, apenas o lactato e o TEC mantiveram correlação significativa com o IRAR, indicando que o IP perdeu importância quando analisado simultaneamente com as demais variáveis. As correlações ajustadas permaneceram diretas e significativas, embora com menor magnitude ($r = 0,36$; $p < 0,0001$ para lactato e $r = 0,17$; $p = 0,0483$ para TEC).

Tabela 4 – Coeficientes de correlação de Pearson simples e parcial entre IRAR e IP, Lactato e TEC

Variável	r de Pearson (IC 95%)	p	Partial r (95% CI)*	
IP	-0.46 (-0.58; -0.31)	< 0.0001		
Lactato	0.71 (0.62; 0.79)	< 0.0001	0.36 (0.20; 0.50)	< 0.0001
TEC	0.67 (0.56; 0.75)	< 0.0001	0.17 (0.00; 0.34)	0.0483

Fonte: Elaborada pela autora.

* Modelo de regressão linear múltipla com seleção stepwise.

4.4 IRAR E DEPURAÇÃO DE LACTATO

O índice de resistência radial (IRAR) diferiu significativamente entre os dois subgrupos analisados, conforme demonstrado na Tabela 5. Para essa análise, os pacientes com choque séptico foram divididos em dois subgrupos distintos: (1) aqueles

que apresentaram depuração de lactato $\geq 20\%$, considerada clinicamente relevante, e (2) aqueles que não apresentaram depuração significativa, incluindo pacientes com lactato estável ou em elevação ao longo do período avaliado.

Pacientes que atingiram depuração de lactato $\geq 20\%$ apresentaram valores de IRAR significativamente menores quando comparados aos que não apresentaram depuração ($1,30 \pm 0,25$ vs. $0,89 \pm 0,07$; $p < 0,0001$). Esse achado sugere uma relação entre melhora da perfusão microcirculatória e redução da resistência vascular periférica, indicando que valores mais baixos de IRAR se associam a estados de recuperação hemodinâmica mais eficaz. Nenhuma subdivisão adicional foi aplicada dentro do grupo “sem depuração”, mantendo-se ambos — os que permaneceram com lactato estável e os que apresentaram aumento — analisados como um único subgrupo para fins de comparação.

Tabela 5 – Subgrupos de depuração de lactato e valores do Índice de Resistência da Artéria Radial (IRAR)

Variável	Sem depuração n=32	Com depuração >ou = 20 % n=79	p
IRAR	1,30±0,25	0,89 ± 0,07	< 0,0001

Fonte: Elaborada pela autora.

Nota: Valores expressos como média \pm desvio-padrão (DP). O valor de p foi calculado pelo teste de Mann–Whitney U. “Sem depuração” inclui pacientes com aumento ou estabilização dos níveis de lactato ao longo do período avaliado. IRAR: Índice de Resistência da Artéria Radial.

4.5 DESEMPENHO DIAGNÓSTICO DO IRAR: ANÁLISE ROC

A acurácia do índice de resistência da artéria radial (IRAR) para discriminar pacientes com choque séptico foi avaliada por meio de análise da curva ROC. Conforme apresentado na Tabela 6, o IRAR demonstrou desempenho diagnóstico excepcional, com uma área sob a curva (AUC) de 0,97 (IC 95%: 0,92–1,00).

Tabela 6 – Sumário da análise ROC para a medida do IRAR

Parâmetro	Cut-off Point	AUC (95% CI)	Sensibilidade (95% CI)	Especificidade (95% CI)
IRAR	0.99	0.97 (0.92–1.00)	0.97 (0.84–1.00)	0.97 (0.91–1.00)

Fonte: Elaborada pela autora.

Nota: Os valores representam a área sob a curva ROC (AUC), acompanhada dos respectivos intervalos de confiança de 95%. O ponto de corte, sensibilidade e especificidade foram definidos com base na análise ROC para discriminação entre os grupos choque séptico e pós-operatório. IRAR: Índice de Resistência da Artéria Radial.

4.6 CORRELAÇÃO ENTRE SOFA, LACTATO E SCVO₂

Conforme apresentado na Tabela 7, foram calculados coeficientes de correlação de Pearson entre variáveis selecionadas. Observou-se correlação positiva e significativa entre o escore SOFA e o lactato sérico ($r = 0,52$; IC 95%: 0,40–0,65; $p < 0,0001$). Verificou-se também correlação inversa e significativa entre o escore SOFA e a saturação venosa central de oxigênio (ScvO₂) ($r = -0,27$; IC 95%: -0,44 a -0,09; $p = 0,0043$).

Embora tenha sido identificada uma tendência inversa na correlação entre lactato e ScvO₂ ($r = -0,18$; IC 95%: -0,36 a 0,01), essa associação não alcançou significância estatística ($p = 0,0678$).

Tabela 7 – Análise de correlação de Pearson entre variáveis (SOFA, lactato e ScvO₂)

Variáveis	r de Pearson (IC 95%)	p
SOFA vs Lactato	0,52 (0,40; 0,65)	< 0,0001
SOFA vs ScvO ₂	-0,27 (-0,44; -0,09)	0,0043
Lactato vs ScvO ₂	-0,18(-0,36;0,01)	0,0678

Fonte: Elaborada pela autora.

Nota: Coeficientes de correlação de Pearson acompanhados dos respectivos intervalos de confiança de 95%. ScvO₂: saturação venosa central de oxigênio; SOFA: *Sequential Organ Failure Assessment*.

4.7 DESEMPENHO DO IRAR E DO TEMPO DE ENCHIMENTO CAPILAR NA PREDIÇÃO DA DEPURAÇÃO DE LACTATO

Na Tabela 8, observa-se que a área sob a curva ROC (AUC), que representa o desempenho do Índice de Resistência da Artéria Radial (IRAR) como discriminador entre pacientes com ou sem depuração de lactato, foi de 0,95 (IC 95%: 0,89–1,00). O ponto de corte ótimo identificado foi 0,99, com sensibilidade de 0,94 (IC 95%: 0,80–0,99) e especificidade de 0,97 (IC 95%: 0,91–1,00).

A área sob a curva ROC (AUC) que representa o desempenho do tempo de enchimento capilar (TEC) na discriminação entre pacientes com ou sem depuração de lactato foi de 0,77 (IC 95%: 0,68–0,86). O ponto de corte ótimo foi 4 segundos, com sensibilidade de 0,73 (IC95%: 0,54–0,87) e especificidade de 0,72 (IC95%: 0,60–0,81).

Tabela 8 – Sumário das análises ROC para as medidas de IRAR e TEC

Variável	Ponto de Corte	AUC (IC 95%)	Sensibilidade (IC 95%)	Especificidade (IC 95%)
IRAR	0.99	0,95 (0,89–1,00)	0,94 (0,80–0,99)	0,97 (0,91–1,00)
TEC	4 Seg	0,77 (0,68–0,86)	0,73 (0,54–0,87)	0,72 (0,60–0,81)

Fonte: Elaborada pela autora.

Nota: ROC: *receiver operating characteristic*; AUC: *area under the curve*; IRAR: Índice de Resistência da Artéria Radial; TEC: tempo de enchimento capilar. Valores expressos com seus respectivos intervalos de confiança de 95%.

4.8 ÍNDICE DE RESISTÊNCIA DA ARTÉRIA ESPLÊNICA

Índice de Resistência da Artéria Esplênica (IRAE) apresentou forte correlação positiva com os níveis séricos de lactato ($\rho = 0,68$; $p < 0,001$). Pacientes que não alcançaram a depuração de lactato $\geq 20\%$ dentro de 48 horas apresentaram uma frequência maior de IRAE elevado ($IR \geq 0,66$) conforme demonstrado na Figura 3.

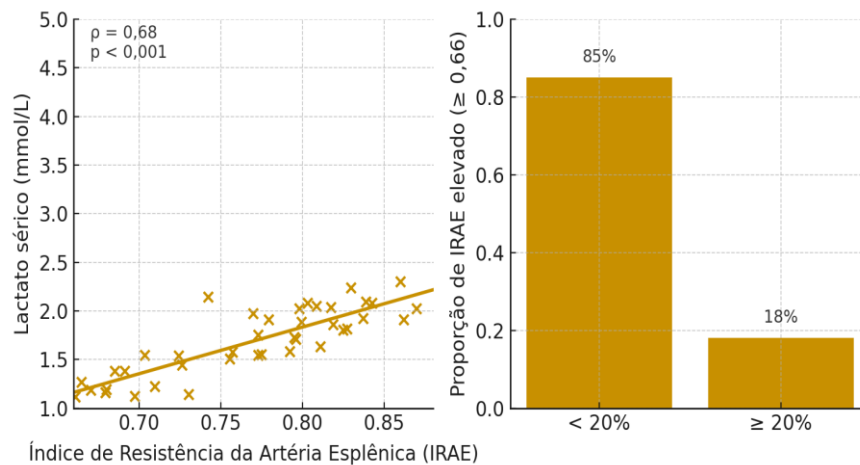


Figura 3 – Correlação entre o IRAE, níveis séricos de lactato e depuração de lactato em 48 horas

Nota: Gráficos demonstrando (A) a correlação positiva entre o Índice de Resistência da Artéria Esplênica (IRAE) e os níveis séricos de lactato na admissão à UTI ($\rho = 0,68$; $p < 0,001$) e (B) a proporção de pacientes com IRAE elevado ($\geq 0,66$) após 48 horas, de acordo com a presença ou ausência de depuração de lactato $\geq 20\%$ (85% vs. 18%; $p < 0,001$).

Fonte: Elaborada pela autora.

As Figuras 4 e 5 ilustram, de forma representativa, diferentes padrões do traçado espectral Doppler da artéria esplênica observados neste estudo, evidenciando variações do índice de resistência da artéria esplênica (IRAE) e, conseqüentemente, do comportamento da resistência vascular esplênica. Esses registros contribuem para a compreensão visual da aplicabilidade do Doppler esplênico como método não invasivo de avaliação hemodinâmica regional.

A Figura 4 apresenta traçado espectral Doppler da artéria esplênica com IRAE médio de 0,69, valor compatível com aumento da resistência vascular esplênica. Esse padrão sugere maior oposição ao fluxo sanguíneo no território esplênico, com redução relativa do componente diastólico do fluxo, aspecto que pode refletir vasoconstrição regional e comprometimento da perfusão esplênica. Tal representação é relevante por demonstrar, de maneira objetiva, o comportamento espectral associado a valores mais elevados do índice de resistência.

Em contraste, a Figura 5 mostra traçado espectral Doppler da artéria esplênica com IRAE médio de 0,61, compatível com baixa resistência vascular esplênica. Nesse contexto, o traçado evidencia padrão de fluxo com maior manutenção do componente diastólico, sugerindo menor impedância vascular distal e condição hemodinâmica mais favorável no território avaliado. Esse achado ilustra, portanto, um perfil espectral distinto

daquele observado na Figura 8, permitindo comparação visual entre diferentes faixas de resistência arterial esplênica.

Em conjunto, as Figuras 4 e 5 reforçam a utilidade do Doppler da artéria esplênica na caracterização de padrões hemodinâmicos regionais distintos, contribuindo para a interpretação fisiopatológica dos valores de IRAE obtidos no estudo. A comparação entre ambos os traçados demonstra que pequenas variações numéricas no índice de resistência correspondem a diferenças perceptíveis no padrão espectral, o que fortalece a relevância desse parâmetro na avaliação da circulação esplênica.

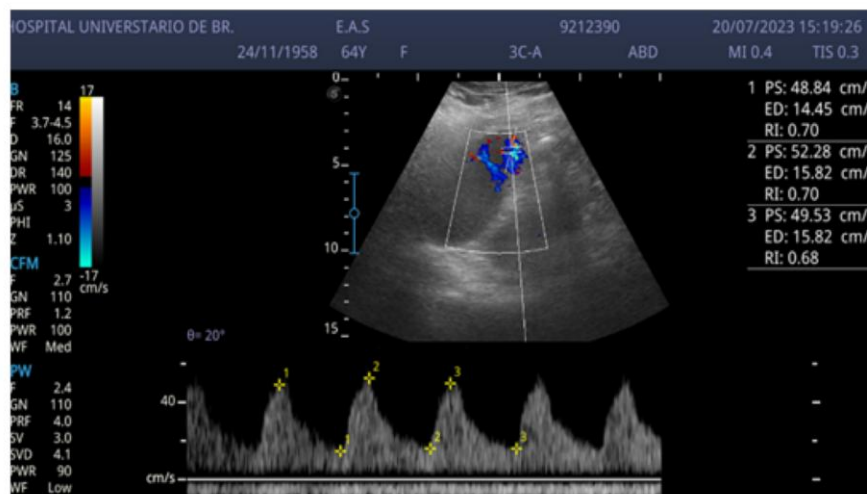


Figura 4 – Traçado espectral Doppler da artéria esplênica com IRAE elevado

Nota: Traçado espectral Doppler da artéria esplênica demonstrando índice de resistência da artéria esplênica (IRAE) médio de 0,69, compatível com aumento da resistência vascular esplênica. Imagem obtida pela autora (Adriana Gherardi), abril de 2023.

Fonte: Elaborada pela autora.

7 DISCUSSÃO

Os principais achados deste estudo foram: (1) o índice de resistência da artéria radial (IRAR) foi significativamente maior no grupo com choque séptico do que no grupo pós-operatório; (2) pacientes sépticos que não atingiram depuração adequada de lactato apresentaram valores mais elevados de IRAR; (3) o IRAR apresentou excelente desempenho discriminatório para prever ausência de depuração de lactato, com ponto de corte de 0,99, elevada sensibilidade e especificidade; (4) o IRAR mostrou desempenho superior ao tempo de enchimento capilar (TEC) na discriminação desse desfecho nesta coorte; (5) o índice de perfusão (IP) foi menor no grupo séptico; (6) houve correlação positiva entre IRAR e escore SOFA, bem como correlação direta entre o índice de resistência da artéria esplênica (IRAE) e o SOFA; e (7) o IRAE apresentou correlação inversa com a $ScvO_2$ e correlação positiva com o lactato, além de associação com falha de depuração de lactato. Em conjunto, esses achados sugerem que os índices de resistência arterial obtidos por Doppler, tanto radial quanto esplênico, refletem alterações relevantes da perfusão regional e da gravidade clínica em pacientes com choque séptico. No presente estudo, o IRAR foi significativamente maior no grupo séptico ($1,02 \pm 0,24$) em comparação ao grupo pós-operatório ($0,78 \pm 0,07$; $p < 0,0001$), indicando maior impedância vascular periférica no contexto da sepse. Além disso, o valor médio de IRAR foi significativamente menor nos pacientes com choque séptico que apresentaram depuração de lactato em comparação àqueles sem depuração adequada ($p < 0,0001$). A análise da curva ROC reforçou esse achado: o ponto de corte de 0,99 apresentou excelente capacidade discriminatória, com sensibilidade de 0,97 (IC 95% 0,84–1,00) e especificidade de 0,97 (IC 95% 0,91–1,00). Esses resultados sugerem que o IRAR pode funcionar como marcador não invasivo útil para identificar pacientes com maior probabilidade de persistência de hipoperfusão tecidual.

Do ponto de vista fisiopatológico, esse comportamento é plausível. Embora o choque séptico seja classicamente definido por vasoplegia sistêmica, a perfusão regional é heterogênea, e diferentes leitos vasculares podem apresentar respostas distintas ao processo inflamatório, à disfunção endotelial e à terapia vasopressora. Assim, valores elevados de IRAR, particularmente acima de 1,0 frequentemente associados à presença

de fluxo diastólico reverso, não contradizem necessariamente a fisiopatologia do choque vasoplégico; ao contrário, podem expressar aumento segmentar da resistência periférica e persistência de hipoperfusão distal em território altamente reativo. Nesse sentido, um IR radial elevado pode sinalizar falha de reperfusão tecidual mesmo quando parâmetros macrocirculatórios aparentam estabilização.

O desempenho superior do IRAR em relação ao TEC para predizer depuração de lactato também merece destaque. O TEC reflete o tempo necessário para o preenchimento capilar após compressão digital, enquanto o IRAR fornece medida Doppler objetiva do comportamento do fluxo diastólico e da resistência distal. A associação entre ambos foi significativa ($r = 0,67$; $p < 0,0001$), embora atenuada após ajuste multivariado (r parcial = $0,17$; $p = 0,0483$), sugerindo que compartilham base fisiopatológica comum relacionada à hipoperfusão periférica, mas não são equivalentes. O lactato parece explicar parcela mais substancial da variabilidade perfusional, o que reforça o papel do IRAR como marcador complementar dentro de uma abordagem multimodal.

Pacientes sem depuração adequada de lactato apresentaram valores mais elevados de IRAR, menor IP e TEC prolongado, sugerindo que o IRAR capta alterações da perfusão tecidual que podem não ser plenamente detectadas por variáveis macrocirculatórias tradicionais. A diferença entre os subgrupos com e sem depuração de lactato ($1,30 \pm 0,25$ versus $0,89 \pm 0,07$; $p < 0,0001$) reforça a hipótese de dissociação entre macrocirculação e microcirculação, fenômeno amplamente descrito na sepse. Nessa condição, a normalização de pressão arterial média e outros alvos sistêmicos não garante, necessariamente, restauração adequada do fluxo microvascular ou da perfusão regional.

Esses achados são coerentes com a literatura. Lee et al. (2019)⁵⁷ demonstraram forte correlação entre o índice de resistência radial obtido na tabaqueira anatômica e a resistência vascular sistêmica em pacientes sépticos, sustentando a utilidade do Doppler periférico como marcador da hemodinâmica vascular. Wang et al. (2020)⁴⁶ também mostraram associação entre o índice de resistência da artéria radial e marcadores de perfusão tecidual em pacientes sépticos, reforçando o valor desse parâmetro como indicador de hipoperfusão. Além disso, Lima e Bakker (2014)⁵⁸ destacaram que a

perfusão periférica frequentemente é uma das primeiras a se deteriorar e uma das últimas a se restabelecer no choque, o que justifica o interesse por métodos que captem alterações regionais precoces ou persistentes.

A plausibilidade clínica do uso dos índices de resistência é reforçada ainda por estudos em outros territórios vasculares. Song et al.⁶⁰ demonstraram valor da combinação do índice de resistência renal com a pressão venosa central na predição precoce de lesão renal aguda induzida por sepse. Mais recentemente, Huang et al. observaram que valores mais elevados do índice de resistência vascular renal estiveram associados a maior gravidade e piores desfechos em doentes com sepse e lesão renal aguda associada à sepse. De maneira semelhante, Chen et al.⁶¹ demonstraram que variações dos índices Doppler renais nas primeiras 24 horas foram capazes de prever lesão renal aguda em pacientes com sepse. Embora esses estudos tenham avaliado o território renal, eles reforçam o conceito de que alterações da resistência arterial detectadas ao Doppler acompanham a evolução da disfunção orgânica e podem agregar valor à estratificação clínica.

No presente estudo, essa relação com gravidade ficou evidente também na análise do escore SOFA. Houve correlação linear positiva moderada e estatisticamente significativa entre o IRAR e o escore SOFA ($r = 0,396$; IC 95% 0,224–0,544; $p = 0,000022$), indicando que valores mais elevados de IRAR estiveram associados a maior gravidade clínica. Além disso, observou-se correlação direta e significativa entre o IRAE e o SOFA ($r = 0,17$; IC 95% 0,01–0,33; $p = 0,0418$). Embora o escore SOFA médio da amostra tenha sido 12,16 e o IRAR médio 1,03, esses valores absolutos não são diretamente comparáveis por pertencerem a escalas distintas. Ainda assim, a análise pareada mostrou que valores mais elevados de IRAR tenderam a acompanhar escores SOFA mais altos. Esses dados sugerem que tanto o componente periférico quanto o componente esplâncnico da resistência arterial podem refletir comprometimento circulatório mais amplo, associado à disfunção orgânica.

Os achados envolvendo o IRAE ampliam essa interpretação. A correlação inversa e moderada entre ScvO₂ e IRAE ($r = -0,57$; $p < 0,0001$) é biologicamente plausível, pois sugere que maior impedância vascular distal no território esplâncnico se associa a pior equilíbrio global entre oferta e consumo de oxigênio. Embora a ScvO₂ seja marcador

central do balanço oferta-consumo, sua interpretação na sepse deve ser cautelosa, já que a heterogeneidade da extração tecidual e a redistribuição regional de fluxo, particularmente no território esplâncnico, limitam sua capacidade de refletir adequadamente a oxigenação regional. Ainda assim, a associação observada sugere um eixo fisiopatológico coerente entre aumento da resistência esplâncnica e pior estado perfusional sistêmico.

Na mesma direção, a correlação positiva e significativa entre IRAE e lactato sérico na admissão ($\rho = 0,68$; $p < 0,001$) reforça a hipótese de que maior impedância vascular no território esplâncnico acompanha maior deterioração sistêmica. O território esplâncnico é particularmente vulnerável em estados de choque, podendo apresentar hipoperfusão regional e disfunção microcirculatória precoces. Assim, a elevação do índice de resistência esplênico pode refletir aumento da resistência distal e comprometimento do fluxo regional, enquanto a elevação do lactato expressa desequilíbrio entre oferta e consumo de oxigênio, bem como alterações metabólicas e de depuração. O fato de pacientes que não atingiram depuração de lactato $\geq 20\%$ em 48 horas apresentarem frequência muito maior de IRAE elevado ($\geq 0,66$) ao final do período (85% versus 18%; $p < 0,001$) sugere que a persistência de hipoperfusão esplâncnica pode atuar como marcador de falha de recuperação perfusional.

Esses achados encontram respaldo em estudos prévios. Hernández et al. (2019)²⁸ demonstraram que a restauração de parâmetros macrodinâmicos não garante necessariamente normalização da perfusão esplâncnica em pacientes sépticos. Brusasco et al. mostraram que o índice de resistência esplênico se comporta como variável hemodinâmica sensível a intervenções, acompanhando alterações sistêmicas e inferências de perfusão esplâncnica após desafio volêmico em pacientes ventilados no pós-operatório. Mais recentemente, Buitrago-González et al. (2026)⁵⁹ sugeriram associação entre valores elevados do índice Doppler esplênico e piores desfechos em sepse, incluindo mortalidade intra-hospitalar acima de determinados pontos de corte. Corradi et al. (2020)⁶² também destacaram a expansão do uso do ultrassom na avaliação da perfusão orgânica à beira do leito, reforçando o potencial do Doppler como ferramenta para ampliar a janela de monitorização do choque.

Entre os pontos fortes deste estudo, destaca-se a integração de diferentes marcadores de perfusão e gravidade — incluindo lactato, TEC, IP, ScvO₂, SOFA, IRAR e IRAE — permitindo avaliação multimodal da hemodinâmica em pacientes críticos. Outro aspecto relevante foi a inclusão de dois territórios arteriais distintos, radial e esplâncnico, o que ampliou a compreensão da heterogeneidade perfusional na sepse. Além disso, o uso de métodos não invasivos, repetíveis e aplicáveis à beira do leito confere potencial utilidade prática aos índices estudados.

Entretanto, algumas limitações devem ser consideradas. A elevada performance observada para o IRAR na análise ROC pode refletir, em parte, o comportamento específico desta coorte, composta por pacientes com choque séptico em condições hemodinâmicas particulares, incluindo uso de dose teto de noradrenalina, o que limita a generalização dos achados. Embora o IRAR tenha superado o TEC nesta amostra, isso não deve ser interpretado como superioridade global do Doppler em relação à avaliação clínica. O TEC permanece amplamente validado e recomendado em protocolos internacionais, como o ANDROMEDA-SHOCK. Além disso, a acurácia do TEC pode ter sido influenciada pelo uso de ponto de corte de 4 segundos, ligeiramente superior ao valor de 2 a 3 segundos mais comumente adotado na literatura.

Uma limitação relevante é a ausência de subdivisões mais detalhadas dentro do grupo sem depuração de lactato, uma vez que pacientes com lactato estável e pacientes com elevação do lactato podem compartilhar o significado clínico de falha de depuração, mas seguir trajetórias fisiológicas distintas.

Como perspectiva, os resultados apontam para o potencial de integração dos índices de resistência arterial com marcadores clássicos e globais de perfusão em uma estratégia multimodal de monitorização hemodinâmica à beira do leito. A combinação de IRAR e IRAE com lactato, TEC, ScvO₂ e score SOFA pode aprimorar a detecção precoce de hipoperfusão, permitir melhor reconhecimento da dissociação entre macrocirculação e perfusão regional e favorecer intervenções mais individualizadas. Estudos futuros com amostras maiores, diferentes perfis hemodinâmicos e validação externa dos pontos de corte encontrados serão fundamentais para definir o papel desses índices na prática clínica e seu valor prognóstico em pacientes com choque séptico.

8 CONCLUSÃO

Nesta tese, os índices de resistência arterial obtidos por ultrassonografia Doppler mostraram-se marcadores úteis da perfusão tecidual e da gravidade clínica em diferentes contextos do paciente crítico.

Na coorte de pacientes com choque séptico, o Índice de Resistência da Artéria Radial (IRAR) apresentou associação consistente com marcadores de hipoperfusão tecidual, comportando-se como indicador sensível de aumento da resistência vascular periférica. Pacientes que não atingiram depuração de lactato $\geq 20\%$ em 48 horas exibiram valores significativamente mais elevados de IRAR, compatíveis com persistência de comprometimento perfusional e redução do fluxo diastólico radial. A associação do IRAR com lactato, tempo de enchimento capilar e escore SOFA reforça sua capacidade de refletir não apenas alterações perfusionais periféricas, mas também maior gravidade clínica. Além disso, o IRAR apresentou elevado desempenho discriminatório para prever falha de depuração de lactato, superando o tempo de enchimento capilar nesta amostra, embora essa comparação deva ser interpretada com cautela diante das particularidades metodológicas e do ponto de corte adotado para o TEC.

Na coorte pós-operatória, o Índice de Resistência da Artéria Esplênica (IRAE) mostrou comportamento fisiopatologicamente coerente como marcador de resistência vascular esplâncnica. Sua correlação negativa com a hemoglobina e positiva com o número de unidades transfundidas sugere elevação do IRAE em resposta à hipovolemia e à perda sanguínea, inclusive em situações de sangramento potencialmente oculto. A associação com o lactato e com outros indicadores de gravidade sugere ainda que a vasoconstrição esplâncnica acompanha deterioração metabólica e comprometimento perfusional mais amplo. A elevada acurácia do IRAE para prever necessidade transfusional significativa reforça o potencial desse índice como ferramenta complementar na detecção precoce de risco clínico.

Em conjunto, os resultados desta tese sustentam que os índices de resistência arterial periférico e esplâncnico, obtidos por Doppler, podem ampliar a avaliação hemodinâmica à beira do leito ao captar alterações regionais da perfusão que nem sempre são reconhecidas por parâmetros macrocirculatórios tradicionais. Ao

identificarem sinais de hipoperfusão persistente em cenários de aparente estabilidade sistêmica, IRAR e IRAE despontam como ferramentas promissoras para uma abordagem multimodal, mais precoce e mais individualizada do doente crítico. Estudos adicionais, com amostras maiores e validação externa, serão importantes para confirmar sua aplicabilidade clínica e definir seu papel na monitorização e no prognóstico desses pacientes.

REFERÊNCIAS

1. Kayambankadzanja RK, Goodacre S. Towards definitions of critical illness and critical care using concept analysis. *BMJ Open*. 2022;12(9):e060972.
2. Vincent JL. Assessing organ function in the critically ill patient. *J Transl Crit Care Med*. 2024;6(4):e24-00038.
3. Moreno R, Rhodes A, Piquilloud L, Hernandez G, Takala J, Gershengorn HB, et al. The Sequential Organ Failure Assessment (SOFA) Score: has the time come for an update? *Crit Care*. 2023;27(1):15.
4. Yu J, Sun K, Zhou Y, Fan Y, Zhang X, Chen H, et al. Update of the sequential organ failure assessment score: current status and challenges? *Front. Med*. 2026;12:1733090.
5. Stevens J, Tezel O, Bonnefil V, Hapstack M, Atreya MR. Biological basis of critical illness subclasses: from the bedside to the bench and back again. *Crit Care*. 2024;28(1):186.
6. Yang R, Han D, Zhang L, Huang T, Xu F, Zheng S, et al. Analysis of the correlation between the longitudinal trajectory of SOFA scores and prognosis in patients with sepsis at 72 hour after admission based on group trajectory modeling. *J Intensive Med*. 2022;2(1):39-49.
7. Chandrasekhar A, Padrós-Valls R, Pallarès-López R, Palanques-Tost E, Houstis N, Sundt TM, et al. Tissue perfusion pressure enables continuous hemodynamic evaluation and risk prediction in the intensive care unit. *Nat Med*. 2023;29(8):1998-2006.
8. Demailly Z, Modica E, Vitali E, Sousa F, Dragoni C, Zernini IS, et al. Multimodal assessment of peripheral perfusion in critically ill patients: a pilot study. *Ann Intensive Care*. 2025;15(1):176.
9. Battaglini D, De Rosa S, Godoy DA, eds . *Organ System Crosstalk in Critical Illness*. Cham: Springer; 2025. <https://doi.org/10.1007/978-3-032-01024-7>
10. Aerts JM, Haddad WM, An G, Vodovotz Y. From data patterns to mechanistic models in acute critical illness. *J Crit Care*. 2014;29(4):604-10.

11. Vodovotz Y, Billiar TR. In silico modeling: methods and applications to trauma and sepsis. *Crit Care Med*. 2013;41(8):2008-14.
12. Evans L, Rhodes A, Alhazzani W, Antonelli M, Coopersmith CM, French C, et al. Surviving sepsis campaign: international guidelines for management of sepsis and septic shock 2021. *Intensive Care Med*. 2021;47(11):1181-247.
13. La Via L, Maniaci A, Lentini M, Cuttone G, Ronsivalle S, Tutino S, et al. The Burden of Sepsis and Septic Shock in the Intensive Care Unit. *J Clin Med*. 2025;14(19):6691.
14. Fleischmann-Struzek C, Mellhammar L, Rose N, Cassini A, Rudd KE, Schlattmann P, et al. Incidence and mortality of hospital- and ICU-treated sepsis: results from an updated and expanded systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med*. 2020;46(8):1552-62.
15. GBD 2021 Global Sepsis Collaborators. Global, regional, and national sepsis incidence and mortality, 1990-2021: a systematic analysis. *Lancet Glob Health*. 2025;13(12):e2013-26.
16. Lobo SM, Rezende E, Mendes CL, Oliveira MC. Mortality due to sepsis in Brazil in a real scenario: the Brazilian ICUs project. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2019;31(1):1-4.
17. Kox M, Bauer M, Bos LDJ, Bouma H, Calandra T, Calfee CS, et al. The immunology of sepsis: translating new insights into clinical practice. *Nat Rev Nephrol*. 2026;22(1):30-49.
18. Cajander S, Kox M, Scicluna BP, Weigand MA, Mora RA, Flohé SB, et al. Profiling the dysregulated immune response in sepsis: overcoming challenges to achieve the goal of precision medicine. *Lancet Respir Med*. 2024;12(4):305-22.
19. Tidswell R, Inada-Kim M, Singer M. Sepsis: the importance of an accurate final diagnosis. *Lancet Respir Med*. 2021;9(1):17-8.
20. Daniel M, Bedoui Y, Vagner D, Raffray L, Ah-Pine F, Doray B, et al. Pathophysiology of Sepsis and Genesis of Septic Shock: The Critical Role of Mesenchymal Stem Cells (MSCs). *Int J Mol Sci*. 2022;23(16):9274.
21. Leone M, Russell L, Cecconi M, Khanna AK, Pirracchio R, Bauer M, Rello J. Hemodynamic failure during sepsis: What clinicians and researchers must know. *Anaesth Crit Care Pain Med*. 2025;44(6):101602.

22. De Backer D, Orbegozo Cortes D, Donadello K, Vincent JL. Pathophysiology of microcirculatory dysfunction and the pathogenesis of septic shock. *Virulence*. 2014;5(1):73-9.
23. Valeanu L, Bubenek-Turconi SI, Gingham C, Balan C. Hemodynamic Monitoring in Sepsis-A Conceptual Framework of Macro- and Microcirculatory Alterations. *Diagnostics (Basel)*. 2021;11(9):1559.
24. McMullan RR, McAuley DF, O'Kane CM, Silversides JA. Vascular leak in sepsis: physiological basis and potential therapeutic advances. *Crit Care*. 2024;28(1):97.
25. Cantan B, Martín-Loeches I. Microcirculation in patients with sepsis: from physiology to interventions. In: Vincent JL, ed. *Annual Update in Intensive Care and Emergency Medicine 2020*. Cham: Springer; 2020. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37323-8_20
26. Landry DW, Oliver JA. The pathogenesis of vasodilatory shock. *N Engl J Med*. 2001;345(8):588-95.
27. Huang L, Huang Q, Ma W, Yang H. Understanding hemodynamic incoherence: mechanisms, phenotypes, and implications for treatment. *Shock*. 2025;63(3):342-50.
28. Hernández G, Ospina-Tascón GA, Damiani LP, Estenssoro E, Dubin A, Hurtado J, et al. Effect of a Resuscitation Strategy Targeting Peripheral Perfusion Status vs Serum Lactate Levels on 28-Day Mortality Among Patients With Septic Shock: The ANDROMEDA-SHOCK Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2019;321(7):654-64.
29. Ait-Oufella H, Lemoine S, Boelle PY, Galbois A, Baudel JL, Lemant J, et al. Mottling score predicts survival in septic shock. *Intensive Care Med*. 2011;37(5):801-7.
30. Mallat J, Jozwiak M, Orozco N, Hamzaoui O, Monnet X, Teboul JL, et al. Use of CO₂-derived variables in critically ill patients. *Ann Intensive Care*. 2025;15(1):142.
31. Wang H, Ding H, Wang ZY, Zhang K. Research progress on microcirculatory disorders in septic shock: A narrative review. *Medicine (Baltimore)*. 2024;103(8):e37273.
32. Sun X, He H, Xu M, Long Y. Peripheral perfusion index of pulse oximetry in adult patients: a narrative review. *Eur J Med Res*. 2024;29(1):457.
33. Levy B, Hernandez G, Taccone F. Lactate dynamics as a marker of perfusion: physiological interpretation and pitfalls. *Intensive Care Med*. 2025;51:2145-8.

34. Li X, Yang Y, Zhang B, Lin X, Fu X, An Y, et al. Lactate metabolism in human health and disease. *Signal Transduct Target Ther.* 2022;7(1):305. Erratum in: *Signal Transduct Target Ther.* 2022;7(1):372.
35. Jansen TC, Bakker J. Lactate monitoring in the ICU. In: Webb A, et al., eds. *Oxford Textbook of Critical Care.* 2nd ed. Oxford: Oxford University Press; 2016. <https://doi.org/10.1093/med/9780199600830.003.0139>.
36. Castro R, Hernández G, Kattan E, Bakker J. What every intensivist should know about the biphasic kinetics of lactate in septic shock. *J Crit Care.* 2026;91:155286.
37. Alegría L, Vera M, Dreyse J, Castro R, Carpio D, Henriquez C, et al. A hypoperfusion context may aid to interpret hyperlactatemia in sepsis-3 septic shock patients: a proof-of-concept study. *Ann Intensive Care.* 2017;7(1):29.
38. Kabra R, Acharya S, Kumar S. Serum lactate levels in critically ill patients: an early marker to be targeted. *J Sci Soc.* 2022;49(3):246-50.
39. Hernandez G, Carmona P, Ait-Oufella H. Monitoring capillary refill time in septic shock. *Intensive Care Med.* 2024;50(4):580-2.
40. Passos RH, Assunção MSC, Custódio SSF, Kraft MRPL, Garrido ADPG, Bravim BA, Corrêa TD. The Vitruvian exploration: systematic review of capillary refill time in adult critically ill patients. *Einstein (São Paulo).* 2024;22(Suppl 2):MV004.
41. Dumas G, Lavillegrand JR, Joffre J, Bigé N, de-Moura EB, Baudel JL, et al. Mottling score is a strong predictor of 14-day mortality in septic patients whatever vasopressor doses and other tissue perfusion parameters. *Crit Care.* 2019;23(1):211.
42. Jacquet-Lagrèze M, Bouhamri N, Portran P, Schweizer R, Baudin F, Lilot M, et al. Capillary refill time variation induced by passive leg raising predicts capillary refill time response to volume expansion. *Crit Care.* 2019;23(1):281.
43. Coutrot M, Dudoignon E, Joachim J, Gayat E, Vallée F, Dépret F. Perfusion index: Physical principles, physiological meanings and clinical implications in anaesthesia and critical care. *Anaesth Crit Care Pain Med.* 2021;40(6):100964.
44. Helleberg J, Sundelin A, Soltani N, Thobaben R, Mårtensson J, Rooyackers O. Automated Calculation of Sequential Organ Failure Assessment (SOFA) Score in the Intensive Care Unit: Algorithm Development, Validation, and Association With 30-Day Mortality. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2026;70(3):e70205.

45. Emfietzoglou M, Terentes-Printzios D, Kotronias RA, Marin F, Montalto C, De Maria GL, et al. The spectrum and systemic associations of microvascular dysfunction in the heart and other organs. *Nat Cardiovasc Res*. 2022;1(4):298-311.
46. Wang C, Wang X, Zhang H, Su L, Huang W, Liu D. Association Between Doppler Snuffbox Resistive Index and Tissue Perfusion in Septic Patients. *Shock*. 2020;54(6):723-30.
47. Guo Z, Yin M, Kong J, Wang B, Dai K, Zuo T, et al. Relationship Analysis of Central Venous-to-arterial Carbon Dioxide Difference and Cardiac Index for Septic Shock. *Sci Rep*. 2019;9(1):8822.
48. NASSAR, Boulos et al. Central venous-to-arterial PCO₂ difference as a marker to identify fluid responsiveness in septic shock. *Scientific Reports*, v. 11, art. 17256, 2021. DOI: 10.1038/s41598-021-96806-6.
49. Aksu U, Yavuz-Aksu B, Goswami N. Microcirculation: current perspective in diagnostics, imaging, and clinical applications. *J Clin Med*. 2024;13:6762.
50. Falotico JM, Shinozaki K, Saeki K, Becker LB. Advances in the Approaches Using Peripheral Perfusion for Monitoring Hemodynamic Status. *Front Med (Lausanne)*. 2020;7:614326.
51. Yuriditsky E, Bakker J. What every intensivist should know about...Systolic arterial pressure targets in shock. *J Crit Care*. 2024;82:154790.
52. Paeng DG, Lee CA, Imtiaz C. Principles of Doppler ultrasound and emerging blood flow imaging. *Ultrasonography*. 2025;44(6):409-24.
53. Kattan E, Ibarra-Estrada M, Ospina-Tascón G, Hernández G. Perspectives on peripheral perfusion assessment. *Curr Opin Crit Care*. 2023;29(3):208-14.
54. Rossi OO, Fornasa SLS, Sena EG, Gonçalves LCS, Arbigaus NC, Maillard NF, et al. Uso da ultrassonografia na monitorização hemodinâmica do paciente crítico. In: *Trauma, Cirurgia e Medicina Intensiva: Teoria e Prática*. 2nd ed. Rio de Janeiro: Editora Pasteur; 2024. p. 167-180.
55. Carrara M, Campitelli R, Guberti D, Monge Garcia MI, Ferrario M. The role of pulse wave analysis indexes for critically ill patients: a narrative review. *Physiol Meas*. 2024;45(8).

56. Carrara M, Herpain A, Baselli G, Ferrario M. Vascular Decoupling in Septic Shock: The Combined Role of Autonomic Nervous System, Arterial Stiffness, and Peripheral Vascular Tone. *Front Physiol.* 2020;11:594.
57. Lee EP, Hsia SH, Huang CC, Kao KC, Chan OW, Lin CY, et al. Strong correlation between doppler snuffbox resistive index and systemic vascular resistance in septic patients. *J Crit Care.* 2019;49:45-9.
58. Lima A, Bakker J. Clinical monitoring of peripheral perfusion: there is more to learn. *Crit Care.* 2014;18(1):113.
59. Buitrago-González T, Poveda-Henao C, Montaña-Padilla G, Garzón-Ruiz J, Jaramillo-Hernández D, Robayo-Amortegui H. Evaluation of the splenic Doppler resistive index as a hemodynamic variable and its association with mortality in sepsis: A prospective cohort study. *Medicine (Baltimore).* 2026;105(5):e47433.
60. Song J, Wu W, He Y, Lin S, Zhu D, Zhong M. Value of the combination of renal resistance index and central venous pressure in the early prediction of sepsis-induced acute kidney injury. *J Crit Care.* 2018;45:204-8.
61. Chen X, Wu W, Lei C, Li C, Zhang Z, Qu X. Variations of renal Doppler indices during the initial 24-hour predict acute kidney injury in patients with sepsis: A single-center observational case-control clinical study. *Clinics (Sao Paulo).* 2025;80:100538.
62. Corradi F, Via G, Tavazzi G. What's new in ultrasound-based assessment of organ perfusion in the critically ill: expanding the bedside clinical monitoring window for hypoperfusion in shock. *Intensive Care Med.* 2020;46(4):775-9.

ANEXO

ANEXO A – Parecer consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade e Brasília

FACULDADE DE MEDICINA DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA -
UNB



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Índices de resistência na matriz ungueal e na artéria esplênica e suas correlações com o Tempo de Enchimento Capilar e parâmetros globais de choque em pacientes internados em Unidade de Terapia intensiva

Pesquisador: Adriana Gherardi da Ponte

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 54355221.5.0000.5558

Instituição Proponente: EMPRESA BRASILEIRA DE SERVICOS HOSPITALARES - EBSERH

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.327.421

Apresentação do Projeto:

Trata-se de reapresentação do projeto intitulado "Índices de resistência na matriz ungueal e na artéria esplênica e suas correlações com o Tempo de Enchimento Capilar e parâmetros globais de choque em pacientes internados em Unidade de Terapia intensiva", com respostas às pendências listadas no parecer deste Comitê de Ética em Pesquisa, datada de 27 de janeiro de 2022.

A hipótese do estudo é de que exista um padrão matemático que possa explicar a correlação entre circulação arterial esplênica, arteriolar periférica e o tempo de enchimento capilar. Tal correlação poderia representar um marcador semiológico de fácil acesso à predição de criticidade do quadro do paciente e seria uma ferramenta adjuvante na tomada de decisões precoces e um desfecho clínico favorável ao paciente.

É estudo observacional, clínico, longitudinal e analítico composto de uma coorte prospectiva com estimativa de 154 indivíduos adultos que necessitem de monitorização e intervenções complexas como ventilação invasiva, alto fluxo de oxigênio, instabilidade hemodinâmica instalada ou em risco de ocorrer a curto prazo, pós-operatório com tempo anestésico superior a quatro horas, distúrbio hidroeletrólito e/ou acidobásico grave, sepse e/ou choque séptico. Será desenvolvido no Hospital Universitário de Brasília, nos setores de Unidade de Terapia Intensiva geral, Unidade de Terapia Intensiva cardiológica e em leitos para pacientes com Síndrome respiratória aguda grave.

No estudo, os participantes terão avaliados, comparados e correlacionados seus parâmetros

Endereço: Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro - Faculdade de Medicina
Bairro: Asa Norte **CEP:** 70.910-900
UF: DF **Município:** BRASÍLIA
Telefone: (61)3107-1918 **E-mail:** cepfm@unb.br

FACULDADE DE MEDICINA DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA -
UNB



Continuação do Parecer: 5.327.421

quanto ao tempo de enchimento capilar, Doppler da artéria esplênica; Doppler da polpa digital; gasometria arterial e os parâmetros globais de perfusão (pressão arterial média com linha invasiva, saturação venosa central, Gap CO₂, débito urinário, PaO₂/FiO₂).

O desfecho primário do estudo consiste na análise da taxa de mortalidade entre os pacientes que apresentarem prolongamento do enchimento capilar superior a 3 segundos e aumento do índice de eficiência relativa assíncronica superior a 0,73.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo geral do estudo é determinar se nesse grupo de pacientes o índice de resistência da vasculatura da polpa digital correlaciona-se com o tempo de enchimento capilar.

O objetivo secundário é avaliar se o índice de resistência da artéria esplênica e o índice de resistência da matriz ungueal correlacionam-se entre si de forma linear com os parâmetros globais do choque.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

A pesquisadora principal acrescentou no item riscos e benefícios os seguintes pontos:

-riscos: perda de confidencialidade desconforto com os exames de ultrassonografia; complicações da coleta da gasometria arterial, assim como os mecanismos que serão utilizados para minimizá-los.

-benefícios: não haverá benefícios diretos ao paciente durante a pesquisa, mas a participação no estudo permitirá ampliar o conhecimento científico sobre o tema.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Em relação às pendências listadas no parecer anterior:

1. Metodologia:

1.a- acrescentar o cálculo amostral mínimo que provenha poder estatístico ao estudo.

Resposta: acrescentado. O cálculo mínimo para prover força estatística ao estudo é de 154 participantes (93 com instabilidade fisiológica e 61 sem instabilidade).

1.b- acrescentar os cuidados que serão tomados na decisão do momento de realização dos exames

Resposta: acrescentados. Os exames não serão realizados em momentos críticos ou que coloquem em risco a integridade física do paciente.

1.c- deixar claro na metodologia do estudo quais os procedimentos farão parte especificamente

Endereço: Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro - Faculdade de Medicina
Bairro: Asa Norte **CEP:** 70.910-900
UF: DF **Município:** BRASÍLIA
Telefone: (61)3107-1918 **E-mail:** cepfm@unb.br

FACULDADE DE MEDICINA DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA -
UNB



Continuação do Parecer: 5.327.421

do estudo e quais já fazem parte do protocolo de assistência.

Resposta: corrigido. Os exames específicos do estudo são os exames de ultrassonografia com Doppler da artéria esplênica e arterial da matriz ungueal. Os demais exames fazem parte da rotina assistencial desse grupo de pacientes.

1.d- se houver grupo controle, ele deve ser descrito na metodologia e deve haver um TCLE específico.

Resposta: Não haverá grupo controle.

1.e- inserir critérios de inclusão e exclusão.

Resposta: corrigido. Critérios de inclusão: pacientes maiores de 18 anos, de ambos os sexos, com limite de idade até 70 anos; tempo de internação em UTI menor que 7 dias. Critérios de exclusão definidos.

2. No arquivo "Informações Básicas do Projeto":

2.a- inserir os critérios de inclusão e de exclusão no estudo

Resposta: inseridos, como referido acima.

2.b- reorganizar o item "riscos e benefícios"

Resposta: incluídos os potenciais riscos associados aos procedimentos (como a gasometria arterial e ultrassonografia) e de perda de confidencialidade dos dados pessoais; assim como os benefícios ao conhecimento científico em participar do estudo.

2.c- corrigir que haverá uso de fontes secundárias de dados

Resposta: corrigido.

2.d- corrigir informações sobre "Orçamento Financeiro".

Resposta: corrigido. Apresentada nova planilha orçamentária.

3. TCLE:

3.a. Reestruturar redação em suas terminologias compreensíveis ao paciente, redação dirigida ao participante e/ou ao responsável por ele(a) naquele momento, inserir riscos e benefícios em sua participação.

Resposta: Redigido um novo TCLE contemplando os pontos solicitados.

4. Cronograma:

4.a- reorganizar a tabela e inserir as etapas após a conclusão de coleta de dados.

Resposta: corrigido, com apresentação de nova tabela do cronograma.

5. Planilha Orçamentária:

5.a- corrigir as informações.

Endereço: Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro - Faculdade de Medicina
Bairro: Asa Norte **CEP:** 70.910-900
UF: DF **Município:** BRASILIA
Telefone: (61)3107-1918 **E-mail:** cepfm@unb.br

FACULDADE DE MEDICINA DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA -
UNB



Continuação do Parecer: 5.327.421

Resposta: corrigida com a organização de nova planilha orçamentária.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram todos apresentados e as respectivas redações estão em conformidade com as resoluções 466/2012 e 510/2016.

Recomendações:

No cronograma, corrigir o período programado de submissão à Plataforma Brasil. A submissão inicial já foi feita, aguardando-se sua aprovação. Em seguida, deve-se apresentar relatórios semestrais até a finalização do estudo.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O estudo foi reapresentado com a resolução das pendências listadas no parecer anterior, redigido de modo claro, completo e coerente em seus aspectos éticos. o parecer é pela aprovação do estudo.

Considerações Finais a critério do CEP:

Após apreciação na reunião dia 30/03/2022 do colegiado CEP/FM o projeto foi aprovado.OBS: De acordo com a Resolução CNS 466/12, nos inciso II.19 e II.20, cabe ao pesquisador elaborar e apresentar ao CEP os relatórios parciais e final do seu projeto de pesquisa. Bem como a notificação de eventos adversos, de emendas ou modificações no protocolo para apreciação do CEP.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1865211.pdf	21/02/2022 18:17:04		Aceito
Outros	PENDENCIAS.pdf	21/02/2022 18:15:57	Adriana Gherardi da Ponte	Aceito
Outros	RESUMO.docx	17/02/2022 18:22:59	Adriana Gherardi da Ponte	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO.docx	17/02/2022 18:22:29	Adriana Gherardi da Ponte	Aceito
Orçamento	PLANILHA.docx	17/02/2022 16:59:03	Adriana Gherardi da Ponte	Aceito

Endereço: Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro - Faculdade de Medicina
Bairro: Asa Norte **CEP:** 70.910-900
UF: DF **Município:** BRASÍLIA
Telefone: (61)3107-1918 **E-mail:** cepfm@unb.br

FACULDADE DE MEDICINA DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA -
UNB



Continuação do Parecer: 5.327.421

Cronograma	Cronograma.docx	17/02/2022 16:58:22	Adriana Gherardi da Ponte	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	17/02/2022 16:57:38	Adriana Gherardi da Ponte	Aceito
Outros	CurriculoNeysa.pdf	08/12/2021 22:50:12	Adriana Gherardi da Ponte	Aceito
Outros	CurriculoAlexandre.PDF	08/12/2021 22:49:31	Adriana Gherardi da Ponte	Aceito
Outros	CurriculoAdriana.pdf	08/12/2021 22:45:07	Adriana Gherardi da Ponte	Aceito
Outros	Termoresponsabilidade.pdf	08/12/2021 22:38:54	Adriana Gherardi da Ponte	Aceito
Outros	termodeconcordancia.pdf	07/12/2021 18:19:44	Adriana Gherardi da Ponte	Aceito
Folha de Rosto	folhaderostoassinada.pdf	07/12/2021 18:17:35	Adriana Gherardi da Ponte	Aceito
Outros	carta.pdf	07/12/2021 17:55:56	Adriana Gherardi da Ponte	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BRASILIA, 01 de Abril de 2022

Assinado por:
Antônio Carlos Rodrigues da Cunha
(Coordenador(a))

Endereço: Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro - Faculdade de Medicina
Bairro: Asa Norte **CEP:** 70.910-900
UF: DF **Município:** BRASILIA
Telefone: (61)3107-1918 **E-mail:** cepfm@unb.br