UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENFERMAGEM

MESTRADO EM ENFERMAGEM

CARLOS ALBERTO DOS SANTOS CARVALHO

MONITORIZAÇÃO NÃO INVASIVA DA PRESSÃO INTRACRANIANA NO TCE GRAVE: COMPARAÇÃO DA TECNOLOGIA BASEADA EM ONDA DE PULSO COM ACHADOS TOMOGRÁFICOS

São Cristóvão/SE

2026

CARLOS ALBERTO DOS SANTOS CARVALHO

MONITORIZAÇÃO NÃO INVASIVA DA PRESSÃO INTRACRANIANA NO TCE GRAVE: COMPARAÇÃO DA TECNOLOGIA BASEADA EM ONDA DE PULSO COM ACHADOS TOMOGRÁFICOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Enfermagem da Universidade Federal de Sergipe como requisito para obtenção do título de Mestre em Enfermagem.

Orientadora: Profª. Drª. Rita de Cássia Almeida Vieira

Linha de pesquisa: Modelos teóricos e as tecnologias de enfermagem para o cuidado do indivíduo e grupos sociais

Área de concentração: Enfermagem, cuidado e saúde

São Cristóvão/SE
2026

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELO AUTOR

Carvalho, Carlos Alberto dos Santos
Monitorização não invasiva da pressão intracraniana no tce grave: comparação da tecnologia baseada em onda de pulso com achados tomográficos / Carlos Alberto dos Santos Carvalho; orientadora Rita de Cássia Almeida Vieira. – São Cristóvão, SE, 2026.

Dissertaçãao (mestrado em Enfermagem) – Universidade Federal de Sergipe, 2026.

1. Enfermagem. 2. Traumatismos cranioencefálicos. 3. Hipertensão intracraniana. 4. Desenvolvimento tecnológico. I. Vieira, Rita de Cássia Almeida. orient. II. Título.

CARLOS ALBERTO DOS SANTOS CARVALHO

MONITORIZAÇÃO NÃO INVASIVA DA PRESSÃO INTRACRANIANA NO TCE GRAVE: COMPARAÇÃO DA TECNOLOGIA BASEADA EM ONDA DE PULSO COM ACHADOS TOMOGRÁFICOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Enfermagem da Universidade Federal de Sergipe como requisito para obtenção do título de Mestre em Enfermagem.

Aprovada em: ____/____/____

COMISSÃO EXAMINADORA

_____

Prof. Dra. Rita de Cássia Almeida Vieira
Universidade Federal de Sergipe
Presidente da Bnaca

_____

Prof. Dr. Eduesley Santana Santos
Universidade Federal de Sergipe

_____

Prof. Dr. Arthur Maynart Pereira Oliveira
Universidade Federal de Sergipe

São Cristóvão/SE

2026

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, à minha família e a todos os pacientes que participaram desta pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por me conceder força, sabedoria e perseverança para percorrer essa trajetória. Nos momentos de incerteza e dificuldade, foi a fé que me sustentou e me permitiu seguir em frente, tornando possível a realização deste sonho.

Aos meus pais, Silvano e Sônia, minha eterna gratidão. Vocês representam minha base, meu porto seguro e a razão pela qual cheguei até aqui. Tudo o que sou e todas as conquistas que alcancei carregam um pouco dos valores, dos ensinamentos e do amor que sempre recebi de vocês. Sem o apoio, a dedicação e os sacrifícios de vocês, este momento não seria possível. Nos últimos dois anos, enfrentamos momentos especialmente difíceis em nossa família, marcados pelos desafios relacionados à saúde do meu pai. Foram períodos de preocupação, incertezas e muitas adaptações, mas também de união, amor e força. Agradeço de forma muito especial à minha mãe, Sônia, e à minha irmã, Tauane, por terem sido meu suporte diário, por dividirem comigo as responsabilidades e por segurarem a barra nos momentos mais difíceis. A presença, o cuidado e a força de vocês foram fundamentais para que eu conseguisse continuar essa caminhada.

Ao meu sobrinho Arthur, agradeço por trazer leveza e alegria aos meus dias. Sua presença representa uma das formas mais puras de amor e renovação. Mesmo sem compreender a dimensão deste momento, você esteve presente como uma fonte de felicidade, carinho e motivação. Seu sorriso, sua espontaneidade e sua forma única de enxergar o mundo tornaram essa caminhada mais especial e fizeram uma diferença enorme na minha vida.

À minha namorada, Fabrícia, minha gratidão por ser minha pessoa no mundo. Obrigado por caminhar ao meu lado, por compreender minhas ausências, minhas preocupações e os desafios dessa trajetória. Seu amor, companheirismo, paciência e apoio foram fundamentais nos momentos em que precisei de força para continuar. Ter você compartilhando essa caminhada tornou os dias difíceis mais leves e as conquistas ainda mais especiais.

À minha orientadora, professora Rita, expresso minha profunda gratidão por toda orientação, dedicação, paciência e confiança depositadas em mim ao longo deste percurso. Obrigado por compartilhar seus conhecimentos, por acreditar no meu potencial e por

proporcionar oportunidades que contribuíram não apenas para minha formação acadêmica, mas também para meu crescimento profissional e pessoal. Sua condução, disponibilidade e compromisso foram essenciais para a construção deste trabalho.

Aos meus amigos, agradeço por todo apoio, incentivo e pelos momentos compartilhados durante essa caminhada. A amizade de vocês tornou esse processo mais leve e significativo. Em especial, agradeço ao Max e ao Júlio, meus grandes amigos, pela presença constante, pelo companheirismo, pelas conversas, pelo apoio nos momentos difíceis e por fazerem parte da minha história de forma tão especial.

Ao Programa de Pós-Graduação em Enfermagem (PPGEN), agradeço pela oportunidade de formação, pelo ambiente de aprendizado e pelas experiências proporcionadas ao longo do mestrado. A todos os professores e colaboradores que contribuíram para minha trajetória acadêmica, deixo meu reconhecimento e minha gratidão.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), agradeço pelo apoio financeiro concedido por meio da bolsa de mestrado, que foi fundamental para minha permanência e dedicação ao desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Grupo de Estudos em Neurotrauma e Neurointensivismo (GENEURO), pelo ambiente de aprendizado, colaboração e construção do conhecimento científico na área do neurotrauma e neurointensivismo.

A todos os profissionais e colaboradores envolvidos na coleta de dados, meu sincero agradecimento pela disponibilidade, colaboração e compromisso. Em especial, agradeço aos profissionais do Hospital de Urgências de Sergipe (HUSE), que contribuíram diretamente para a realização deste estudo, permitindo o acesso aos dados e colaborando para o avanço do conhecimento científico na assistência ao paciente com trauma cranioencefálico.

Por fim, agradeço a todos aqueles que, direta ou indiretamente, fizeram parte desta caminhada. Cada gesto de apoio, incentivo e contribuição foi importante para que este momento se tornasse realidade.

RESUMO

CARVALHO, Carlos Alberto dos Santos. **Monitorização não invasiva da Pressão Intracraniana no TCE grave: Comparação da tecnologia baseada em onda de pulso com achados tomográficos**. 2026. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Enfermagem, Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, 2026.

Introdução: O trauma cranioencefálico (TCE) constitui importante problema de saúde mundial, sendo a hipertensão intracraniana (HIC) uma das principais complicações associadas ao TCE grave. Embora a monitorização invasiva da pressão intracraniana (PIC) seja uma importante estratégia de neuromonitorização, sua disponibilidade pode ser limitada em determinados contextos assistenciais. Nesse cenário, métodos não invasivos podem contribuir de forma complementar para a avaliação da dinâmica intracraniana. **Objetivo:** Avaliar a capacidade dos parâmetros derivados da monitorização intracraniana não invasiva por morfologia da onda de pulso para discriminar sinais tomográficos sugestivos de HIC em pacientes com TCE grave e analisar seu comportamento longitudinal durante as primeiras 48 horas após a admissão hospitalar. **Método:** Estudo de coorte prospectivo realizado em hospital público de referência em trauma no estado de Sergipe, Brasil, entre dezembro de 2024 e dezembro de 2025. Foram incluídos pacientes com TCE grave, Escala de Coma de Glasgow <9, idade superior a 15 anos e admitidos em até 12 horas após o trauma. A morfologia da onda de pulso intracraniana foi avaliada pelo sistema Brain4Care na admissão e a cada 12 horas durante as primeiras 48 horas, considerando a razão P2/P1 e o *time to peak* (TTP). A capacidade discriminativa desses parâmetros para sinais tomográficos sugestivos de HIC foi analisada por curvas *Receiver Operating Characteristic* (ROC), com cálculo da área sob a curva (AUC), sensibilidade, especificidade e índice de Youden. O comportamento longitudinal foi avaliado pelo teste de Friedman. **Resultados:** Foram incluídos 220 pacientes, predominantemente do sexo masculino (90,5%), com idade média de 35,9 ± 15,9 anos. Os acidentes de transporte corresponderam a 73,6% dos mecanismos de trauma, com predomínio dos acidentes motociclísticos (60,9%). Sinais tomográficos sugestivos de HIC foram identificados em 25,0% dos pacientes na admissão e a mortalidade hospitalar foi de 36,4%. A razão P2/P1 apresentou AUC entre 0,488 e 0,544, enquanto o TTP apresentou AUC entre 0,352 e 0,586, evidenciando capacidade limitada para discriminar sinais tomográficos sugestivos de HIC. Não foram observadas

associações estatisticamente significativas entre esses parâmetros e os sinais tomográficos de HIC. Na análise longitudinal, a razão P2/P1 apresentou variação estatisticamente significativa ao longo das primeiras 48 horas ($\chi^2(4)=19{,}123$; $p=0{,}001$), com aumento dos valores médios após a admissão, enquanto o TTP não apresentou variação temporal estatisticamente significativa. **Conclusão:** Nesta coorte, P2/P1 e TTP apresentaram capacidade limitada para discriminar isoladamente pacientes com sinais tomográficos sugestivos de HIC. Entretanto, a variação temporal observada na razão P2/P1 evidencia o caráter dinâmico da morfologia da onda de pulso intracraniana e reforça a relevância da avaliação seriada. Os achados não sustentam a utilização isolada desses parâmetros como substitutos da avaliação clínica, da TC de crânio ou da monitorização invasiva da PIC, quando indicada, mas contribuem para delimitar seu potencial papel como componente complementar da neuromonitorização multimodal em pacientes com TCE grave.

Descritores: Traumatismos cranioencefálicos; Hipertensão intracraniana; Desenvolvimento tecnológico.

ABSTRACT

CARVALHO, Carlos Alberto dos Santos. **Non-invasive intracranial pressure monitoring in severe traumatic brain injury: Comparison of pulse-wave-based technology with computed tomography findings.** 2026. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Enfermagem, Universidade Federal de Sergipe, Sergipe

Introduction: Traumatic brain injury (TBI) is a major global health problem, and intracranial hypertension (ICH) is one of the main complications associated with severe TBI. Although invasive intracranial pressure (ICP) monitoring is an important neuromonitoring strategy, its availability may be limited in certain clinical settings. In this context, noninvasive methods may provide complementary information for the assessment of intracranial dynamics. **Objective:** To evaluate the ability of parameters derived from noninvasive intracranial pulse waveform monitoring to discriminate computed tomography (CT) findings suggestive of ICH in patients with severe TBI and to analyze their longitudinal behavior during the first 48 hours after hospital admission. **Methods:** This prospective cohort study was conducted at a public trauma referral hospital in Sergipe, Brazil, between December 2024 and December 2025. Patients with severe TBI, a Glasgow Coma Scale score <9, aged >15 years, and admitted within 12 hours of injury were included. Intracranial pulse waveform morphology was assessed using the Brain4Care system every 12 hours during the first 48 hours, considering the P2/P1 ratio and time to peak (TTP). The ability of these parameters to discriminate CT findings suggestive of ICH was assessed using receiver operating characteristic (ROC) curves, with calculation of the area under the curve (AUC), sensitivity, specificity, and Youden index. Longitudinal changes were assessed using the Friedman test. **Results:** A total of 220 patients were included, predominantly male (90.5%), with a mean age of 35.9 ± 15.9 years. Traffic-related injuries accounted for 73.6% of injury mechanisms, predominantly motorcycle-related injuries (60,9%). CT findings suggestive of ICH were identified in 25.0% of patients, and in-hospital mortality was 36.4%. The P2/P1 ratio showed AUC values ranging from 0.488 to 0.544, whereas TTP showed AUC values ranging from 0.352 to 0.586, indicating limited ability to discriminate CT findings suggestive of ICH. No statistically significant associations were observed between these parameters and CT findings suggestive of ICH. In the longitudinal analysis, the P2/P1 ratio varied significantly over the first 48 hours ($\chi^2(4) = 19.123$; $p = 0.001$), with an increase in mean values after admission, whereas TTP showed no statistically significant temporal

variation. **Conclusion:** In this cohort, P2/P1 and TTP showed limited ability to independently discriminate patients with CT findings suggestive of ICH. However, the temporal variation observed in the P2/P1 ratio highlights the dynamic nature of the intracranial pulse waveform and supports the relevance of serial assessment. These findings do not support the use of these parameters in isolation as substitutes for clinical assessment, brain CT, or invasive ICP monitoring when indicated, but contribute to defining their potential role as complementary components of multimodal neuromonitoring in patients with severe TBI.

Descriptors: Traumatic brain injury; Intracranial hypertension; Technological development.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Fisiopatologia do TCE, mostrando a cascata de eventos que leva ao dano cerebral. 30

Figura 2- Relação entre pressão e volume intracraniano 32

Figura 3- Autorregulação cerebrovascular. 33

Figura 4- Tomografia computadorizada de crânio com achados compatíveis com sinais de Hipertensão intracraniana.....36

Figura 5- Morfologia da onda de PIC.....37

Figura 6- Classificação da onda de PIC de acordo com o nível de complacência cerebral...38

Figura 7- Ondas de Lundberg. 39

Figura 8- Morfologia da onda de pulso intracraniana com padrão de complacência preservada durante cinco minutos de monitorização não invasiva. 41

Figura 9- Sensor B4C. 42

Figura 10- Representação das ondas da complacência intracraniana apresentadas no relatório da monitorização com o sensor B4C, e os seus respectivos parâmetros. 49

Figura 11- Fluxograma da coleta de dados 51

Figura 12- Fluxograma do processo de seleção dos pacientes. 56

Figura 13- Distribuição espacial dos casos de TCE grave.....59

Figura 14- Distribuição percentual dos achados tomográficos em pacientes com traumatismo cranioencefálico grave, segundo o momento da avaliação.....61

Figura 15- Descrição das variáveis clínicas dos pacientes de TCE grave internados. 62

Figura 16- Análise discriminativa (curva ROC) da razão de P2/P1e do TTP para sinais na de HIC nas primeiras 48 horas após o TCE grave. (A). avaliação do B4C na admissão comparando com a TC de crânio da admissão; (B). avaliação do B4C às 12 horas após a

admissão comparação com a TC de crânio da admissão; (C). avaliação do B4C 24 horas após a admissão comparação com a TC de crânio realizada 24 horas; (D). avaliação do B4C 36 horas após a admissão comparação com a TC de crânio realizada 24h após a admissão hospitalar; (E). avaliação do B4C 48 horas após a admissão comparação com a TC de crânio realizada 48h após a admissão hospitalar..... 64

Figura 17- Evolução longitudinal dos valores estimados de P2/P1 e TTP segundo presença de sinais de HIC..... 71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Características sociodemográficas dos pacientes de trauma cranioencefálico admitidos no hospital. 57

Tabela 2- Mecanismo do trauma, descrição do atendimento pré-hospitalar (APH) e do trauma cranioencefálico dos pacientes admitidos no hospital. 57

Tabela 3- Caracterização clínica dos pacientes de TCE grave na cena e na admissão hospitalar.....60

Tabela 4 - Distribuição dos parâmetros P2/P1 e TTP segundo a classificação na admissão hospitalar de pacientes com TCE grave 63

Tabela 5- Capacidade discriminativa da razão P2/P1 e do TTP para sinais na tomografia de crânio de hipertensão intracraniana nas primeiras 48 horas após o TCE grave 65

Tabela 6- Capacidade discriminativa da razão P2/P1 e do TTP segundo o número de sinais tomográficos sugestivos de hipertensão intracraniana após o TCE grave 66

Tabela 7- Associação entre classificações categóricas de TTP e P2/P1 com a tomografia de crânio da admissão hospitalar com sinais de hipertensão intracraniana 66

Tabela 8- Comportamento dos parâmetros P2/P1 e TTP durante as primeiras 48 horas de monitorização intracraniana não invasiva. 68

Tabela 9- Relação entre a evolução dos parâmetros P2/P1 e TTP e a presença de sinais tomográficos sugestivos de hipertensão intracraniana durante as primeiras 48 horas..... 69

Tabela 10- Médias estimadas dos parâmetros P2/P1 e TTP ao longo das primeiras 48 horas, em pacientes com e sem sinais tomográficos sugestivos de hipertensão intracraniana. 70

Tabela 11- Comparação dos parâmetros P2/P1 e TTP entre os diferentes momentos de monitorização intracraniana não invasiva. 72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APH	Atendimento Pré-Hospitalar
ATP	Adenosina Trifosfato
AUC	Área sob a Curva
AVE	Acidente Vascular Encefálico
B-ICONIC	*Brussels Consensus for Non-Invasive ICP Monitoring when Invasive Systems Are Not Available in the Care of TBI Patients*
B4C	Brain4care
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
DLM	Desvio das Estruturas da Linha Média
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
ECG	Escala de Coma de Glasgow
ECG-P	Escala de Coma de Glasgow com resposta pupilar
FC	Frequência Cardíaca
FR	Frequência Respiratória
FSC	Fluxo Sanguíneo Cerebral
HIC	Hipertensão Intracraniana
HUSE	Hospital de Urgências de Sergipe
IA	Inteligência Artificial
IOT	Intubação Orotraqueal
LAD	Lesão Axonial Difusa
LCR	Líquido Cefalorraquidiano

ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PAD	Pressão Arterial Diastólica
PAS	Pressão Arterial Sistólica
PCR	Parada Cardiorrespiratória
PIC	Pressão Intracraniana
PPC	Pressão de Perfusão Cerebral
RedCap	*Research Electronic Data Capture*
ROC	*Receiver Operating Characteristic*
SpO_2	Saturação Periférica de Oxigênio
STROBE	*Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology*
TALE	Termo de Assentimento Livre e Esclarecido
TC	Tomografia Computadorizada
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TCE	Trauma Cranioencefálico
TTP	*Time to Peak*
UFS	Universidade Federal de Sergipe

SUMÁRIO

1INTRODUÇÃO 19

2 OBJETIVOS 23

2.1 Geral 24

2.2 Específicos 24

3 REVISÃO DA LITERATURA 25

3.1 Traumatismo Cranioencefálico 26

3.1.1 Definição e classificação 26

3.1.2 Epidemiologia 27

3.1.3 Fisiopatologia do TCE 28

3.2 Pressão Intracraniana 30

3.3 Hipertensão Intracraniana 33

3.3.1 Tomografia computadorizada 35

3.4 Morfologia da Onda de pressão intracraniana 37

3.5 Sensor Brain4Care 39

4 MÉTODOS 43

4.1 Tipo de estudo 44

4.2 Local do Estudo 44

4.3 Causuística 44

4.4 Variáveis do estudo 45

4.5 Operacionalização da coleta de dados 50

4.6 Análise dos dados 52

4.7 Uso da Inteligência Artificial. 53

4.8 Aspectos éticos..... 54

5 RESULTADOS 55

6 DISCUSSÃO. 73

7 CONCLUSÃO..... 83

REFERÊNCIAS 86

APÊNDICES..... 98

1. INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

O trauma cranioencefálico (TCE) constitui um problema de saúde pública de grande magnitude, com importantes repercussões clínicas, sociais e epidemiológicas (Maas *et al.,* 2017). Caracterizado como uma alteração da função cerebral causada por força externa, o TCE acomete aproximadamente 69 milhões de indivíduos anualmente, configurando-se como uma das principais causas de morte e incapacidade em todo o mundo (Dewan *et al.,* 2018). No Brasil, dados epidemiológicos reforçam a relevância desse agravo, com importante participação dos acidentes de trânsito, quedas e agressões entre os mecanismos associados ao TCE (DATASUS, 2026).

As consequências do TCE são determinadas tanto pela lesão primária, decorrente do impacto inicial, quanto pelos mecanismos de lesão cerebral secundária que podem se desenvolver nas horas e dias subsequentes ao trauma (Thapa *et al.,* 2021). Entre esses mecanismos, a hipertensão intracraniana (HIC) constitui uma complicação particularmente relevante nos pacientes com TCE grave. A elevação sustentada da pressão intracraniana (PIC) pode comprometer a pressão de perfusão cerebral e contribuir para isquemia, edema e agravamento da lesão cerebral secundária (Maas *et al.,* 2017). Nesse contexto, a monitorização da PIC desempenha papel importante no manejo de pacientes selecionados com TCE grave, auxiliando na identificação de alterações da dinâmica intracraniana, na orientação de intervenções terapêuticas e na avaliação da resposta ao tratamento (Carney *et al.,* 2017).

A monitorização da PIC é tradicionalmente realizada por métodos invasivos, principalmente por meio de cateter intraventricular ou sensores intraparenquimatosos (Nag *et al.,* 2019; Robba *et al.,* 2021). Embora esses métodos permitam a mensuração direta da PIC, sua utilização está associada a potenciais complicações, como infecção e sangramento, além de demandar infraestrutura, recursos materiais e equipes especializadas (Heldt *et al.,* 2019; Palavani *et al.,* 2024). Essas características podem limitar sua disponibilidade, particularmente em contextos assistenciais com menor acesso a recursos especializados, reforçando a necessidade de estratégias complementares de neuromonitorização (Rajajee, 2024).

Diante dessas limitações, diferentes métodos não invasivos têm sido investigados como ferramentas auxiliares para avaliação da dinâmica intracraniana. Entre eles, destacam-se a ultrassonografia do diâmetro da bainha do nervo óptico,

o Doppler transcraniano, Pupilometria automatizada e métodos baseados na análise de sinais fisiológicos e da morfologia da onda de pulso intracraniana (Nucci *et al.,* 2016; Robba *et al.,* 2020; Jeng *et al.,* 2021; Vieira *et al.,* 2026). Essas estratégias não substituem necessariamente a monitorização invasiva, mas podem fornecer informações complementares, especialmente em situações nas quais esta não está disponível ou não está indicada.

Entre essas abordagens, a análise da morfologia da onda de pulso intracraniana permite investigar aspectos relacionados à dinâmica e à complacência intracraniana. Essa onda onda resulta da interação entre componentes vasculares, liquóricos e teciduais no interior do compartimento craniano e apresenta características relacionadas à dinâmica e à complacência intracraniana (Nag *et al*., 2019). Classicamente, sua morfologia apresenta três componentes, denominados P1, P2 e P3. Alterações na relação entre esses componentes, particularmente na razão P2/P1, assim como em parâmetros temporais da onda, podem refletir modificações das propriedades biomecânicas do compartimento intracraniano (Czosnyka *et al.,* 2020; Cucciolini, Motroni, Czosnyka, 2023; Kazimierska *et al.,* 2023a).

Nesse contexto, foi desenvolvida uma tecnologia não invasiva para registro da morfologia da onda de pulso intracraniana, denominada Brain4care® (B4C). O sistema utiliza um sensor posicionado externamente sobre o crânio para detectar pequenas deformações cranianas relacionadas às variações pulsáteis intracranianas, permitindo a obtenção de parâmetros derivados da morfologia da onda, entre eles a razão P2/P1 e o time to peak (TTP) (Andrade *et al.,* 2021). Diferentemente dos métodos invasivos, o sistema não fornece diretamente valores absolutos de PIC em mmHg, mas informações relacionadas à morfologia da onda e à dinâmica intracraniana.

Além de sua natureza não invasiva, a tecnologia Brain4Care apresenta características que podem favorecer sua viabilidade operacional e econômica nos serviços de saúde. Sua portabilidade e a possibilidade de avaliações seriadas à beira-leito permitem obter informações sobre a dinâmica intracraniana sem a necessidade de procedimentos cirúrgicos. Nesse contexto, um estudo retrospectivo publicado em 2026 com 102 pacientes críticos, observou menores taxas de mortalidade na unidade de terapia intensiva e de readmissão hospitalar em 30 dias entre os pacientes acompanhados com auxílio da tecnologia. A análise econômica exploratória estimou uma economia de US$ 3.878 por paciente relacionada às readmissões hospitalares, fornecendo evidências preliminares sobre o potencial de custo-efetividade da

tecnologia (Moreira *et al*., 2026).

Paralelamente às avaliações sobre seus aspectos clínicos e econômicos, studos têm investigado a relação entre os parâmetros derivados dessa tecnologia e a monitorização invasiva da PIC, com resultados variáveis quanto à correlação e à capacidade de identificação da HIC (Brasil *et al.,* 2023; Ballestero et al., 2023; Frigieri *et al.* 2025). Embora algumas investigações tenham demonstrado resultados promissores, a heterogeneidade entre populações, pontos de corte e desenhos metodológicos ainda limita a definição do papel desses parâmetros na prática clínica. Além disso, a maior parte das evidências disponíveis concentra-se na comparação com a monitorização invasiva da PIC, permanecendo menos explorada sua relação com alterações estruturais identificadas na TC de crânio, particularmente no contexto da avaliação inicial e do acompanhamento seriado de pacientes com TCE grave.

Essa lacuna assume especial relevância em serviços nos quais a monitorização invasiva da PIC não está disponível de forma rotineira e a avaliação clínica e tomográfica constitui parte fundamental do acompanhamento do paciente. A investigação da relação entre os parâmetros derivados da morfologia da onda de pulso e os sinais tomográficos sugestivos de HIC pode contribuir para compreender quais informações essas diferentes modalidades fornecem sobre a dinâmica intracraniana e para delimitar o potencial papel da monitorização não invasiva como componente complementar da neuromonitorização multimodal.

Diante desse cenário, o presente estudo propõe avaliar a capacidade dos parâmetros derivados da monitorização intracraniana não invasiva por morfologia da onda de pulso para discriminar sinais tomográficos sugestivos de HIC em pacientes com TCE grave, bem como analisar seu comportamento longitudinal durante as primeiras 48 horas após a admissão hospitalar. Assim, busca-se responder à seguinte questão de pesquisa: qual é a capacidade dos parâmetros P2/P1 e TTP, obtidos por meio da monitorização não invasiva da morfologia da onda de pulso intracraniana, para discriminar sinais tomográficos sugestivos de HIC em pacientes com TCE?

2. OBJETIVOS

2 OBJETIVOS

Geral

Avaliar a capacidade dos parâmetros derivados da monitorização intracraniana não invasiva por morfologia da onda de pulso para discriminar sinais sugestivos de HIC na TC de crânio em pacientes com TCE grave.

Específicos

- Caracterizar as variáveis sociodemográficas, clínicas, neurológicas dos pacientes com TCE grave submetidos à monitorização intracraniana não invasiva por morfologia da onda de pulso.
- Analisar a relação entre os parâmetros P2/P1 e TTP e os sinais tomográficos sugestivos de HIC identificados na TC de crânio.
- Avaliar a capacidade discriminativa dos parâmetros P2/P1 e TTP para identificação de sinais tomográficos sugestivos de HIC.
- Analisar o comportamento longitudinal dos parâmetros P2/P1 e TTP durante as primeiras 48 horas após a admissão hospitalar.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Trauma Cranioencefálico

3.1.1 Definição e classificação

O TCE é definido como uma lesão cerebral decorrente de uma força física externa que resulta em alteração temporária ou permanente da função cerebral. Essa força pode ocorrer por impacto direto na cabeça, movimentos abruptos de aceleração e desaceleração ou mecanismos penetrantes (Menon *et al.,* 2010). A manifestação clínica varia amplamente, podendo incluir desde breve perda de consciência ou confusão mental até coma prolongado (Theadom *et al.,* 2017).

O TCE leve corresponde à pontuação entre 13 e 15, geralmente associado a confusão mental e amnésia, com baixa mortalidade e bom prognóstico. O TCE moderado, com pontuação entre 9 e 12, envolve comprometimento neurológico mais significativo, maior risco de complicações e necessidade de internação. Já o TCE grave, com pontuação entre 3 e 8, representa a forma mais crítica, com elevada mortalidade e maior probabilidade de sequelas permanentes, exigindo monitoramento intensivo e intervenções imediatas (Teasdale; Jennett, 1974).

Com o objetivo de aprimorar essa avaliação, a reatividade pupilar foi incorporada à ECG, originando a versão conhecida como ECG-P. O escore é inicialmente calculado de forma tradicional e, em seguida, ajustado conforme a resposta pupilar à luz: se ambas as pupilas reagirem, não há subtração de pontos; se apenas uma reagir, subtrai-se um ponto; e se nenhuma reagir, subtraem-se dois pontos. A pontuação final varia de 1 a 15, permitindo uma avaliação mais refinada do estado neurológico (Brennan; Murray; Teasdale, 2018).

Outra forma de classificação considera o tipo de lesão cerebral, que pode ser primária ou secundária (Thapa *et al.,* 2021). A lesão primária ocorre no momento do impacto e é resultado direto da força mecânica sobre o cérebro, incluindo contusões, lacerações, hemorragias e lesões por cisalhamento, como a lesão axonal difusa. Já a lesão secundária se desenvolve nas horas ou dias subsequentes ao trauma, sendo causada por eventos como edema cerebral, isquemia, hipóxia, hipertensão intracraniana e infecções, os quais agravam o dano inicial (Andrade *et al.,* 2009; Lozano *et al.,* 2015).

O TCE também pode ser classificado como aberto ou fechado, a depender da integridade do crânio e das meninges. No TCE fechado, o crânio permanece intacto e o dano cerebral decorre do impacto do cérebro contra a calota craniana. No TCE aberto, ou penetrante, há fratura craniana e ruptura das meninges, permitindo comunicação entre o meio externo e o tecido cerebral, o que aumenta o risco de infecções intracranianas, como a meningite, e de extravasamento de líquor (Alao; Munakomi; Waseem, 2024; Andrade *et al.,* 2009).

3.1.2 Epidemiologia

O TCE é uma das principais causas de óbito e incapacidade a longo prazo, configurando-se como a principal causa de morte em indivíduos com menos de 45 anos, faixa etária que corresponde à base produtiva e social de muitos países (Johnson *et al.,* 2023). Essa realidade é ainda mais preocupante em países de baixa e média renda, onde se concentra a maior parte dos casos e onde os sistemas de saúde frequentemente carecem de recursos adequados para diagnóstico e tratamento (Dewan *et al.,* 2018).

Em escala global, o TCE afeta cerca de 69 milhões de pessoas por ano, sendo uma das principais causas de mortalidade e incapacidade decorrentes de trauma (Dewan *et al.,* 2018). Nos Estados Unidos, estima-se a ocorrência de ao menos 3,5 milhões de novos casos anualmente, resultando em aproximadamente 290 mil hospitalizações e mais de 60 mil óbitos (CDC, 2021). A mortalidade alcança cerca de 10% nos casos classificados como moderados e pode chegar a 30% nos casos graves, refletindo a severidade do quadro clínico (Maas *et al.,* 2017). Entre os sobreviventes, de 50% a 99% apresentam algum grau de incapacidade neurológica permanente (Maas *et al.,* 2017; Dewan *et al.*, 2018).

No Brasil, dados recentes extraídos da plataforma DATASUS pelo pesquisador indicam que, entre janeiro de 2015 e dezembro de 2024, foram registradas 1.061.664 internações por TCE, das quais 101.114 evoluíram para óbito. O impacto econômico dessa condição é igualmente expressivo, com custos que ultrapassaram R$ 2 bilhões aos cofres públicos nesse período, representando uma média anual superior a R$ 200 milhões. Somente o estado de Sergipe registrou, nesse mesmo intervalo, 8.575 internações por TCE e 1.255 óbitos, o que evidencia a relevância dessa lesão como problema prioritário de saúde pública no contexto local (DATASUS, 2026).

3.1.3 Fisiopatologia do TCE

A fisiopatologia do TCE pode ser compreendida como uma sequência de eventos interligados que se inicia no momento do impacto e progride nas horas e dias subsequentes (Lozano *et al.*, 2015). O processo tem início com a lesão primária, que corresponde ao dano mecânico imediato e irreversível causado pela força do impacto. Essa lesão pode ser focal, envolvendo contusões, fraturas e hematomas, ou difusa, como a lesão axonial difusa (LAD), decorrente de movimentos de aceleração e desaceleração do encéfalo (Mustafa; Alshboul, 2013). Os hematomas intracranianos são manifestações frequentes da lesão primária e incluem o hematoma epidural, geralmente de origem arterial por ruptura da artéria meníngea média associada a fraturas temporais, e o hematoma subdural, decorrente da ruptura de veias de ponte e frequentemente associado à alta mortalidade (Lee *et al.,* 2018).

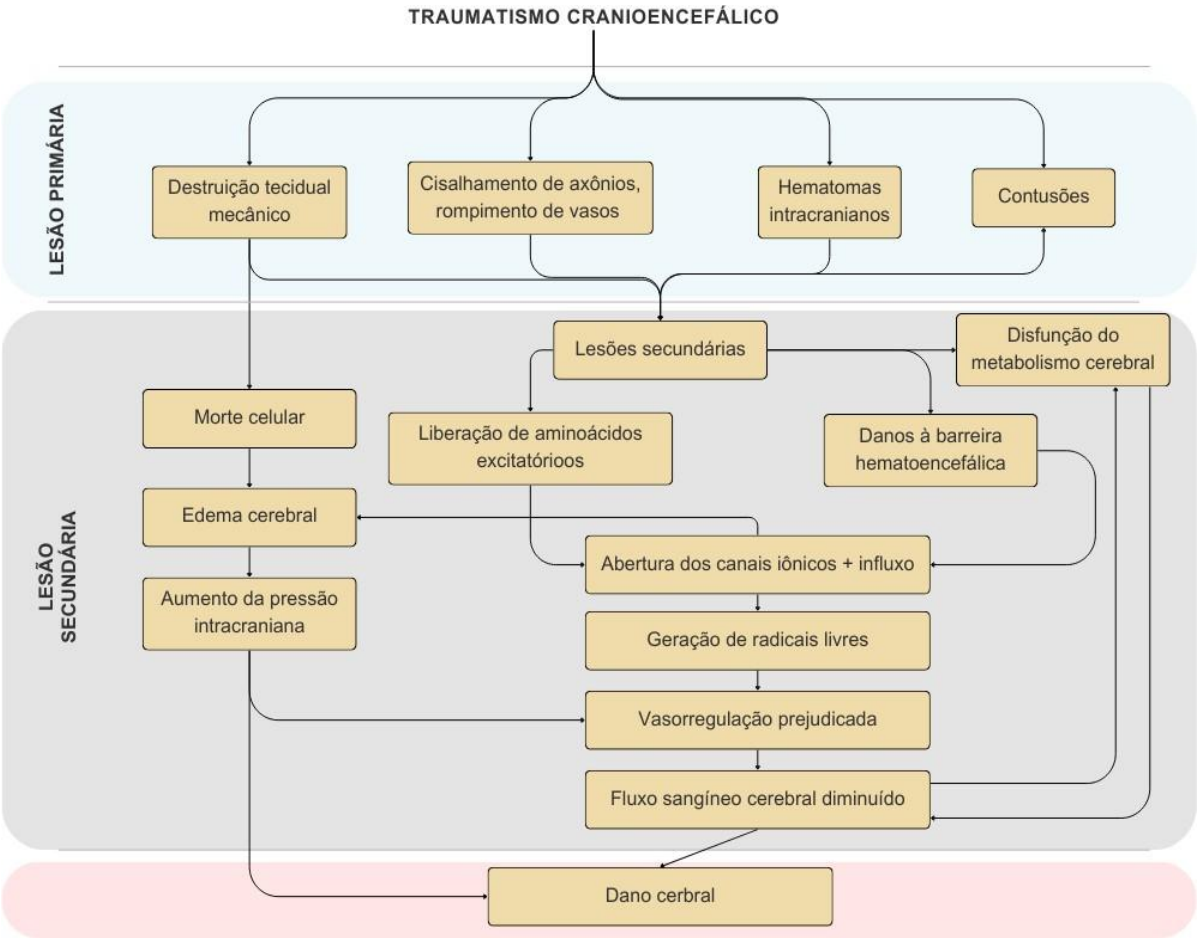
Além disso, podem ocorrer hemorragias intracerebrais relacionadas a contusões e hemorragia subaracnóidea, que pode obstruir as vilosidades aracnoides e vias liquóricas, predispondo ao desenvolvimento de hidrocefalia (Steyberg *et al.,* 2008; Niedzwecki et al., 2008). Mesmo na ausência de fraturas, o mecanismo de golpe–contragolpe pode produzir contusões em polos frontais e temporais, enquanto o componente rotacional do trauma pode causar lesão axonal difusa, caracterizada por ruptura do citoesqueleto, falha do transporte axoplásmico e desconexão neuronal, frequentemente sem alterações significativas na tomografia, mas com elevado impacto clínico (Humble *et al.,* 2018).

A lesão primária atua como gatilho para a lesão secundária, que consiste em uma cascata de eventos celulares e bioquímicos responsáveis por agravar o dano cerebral inicial. O primeiro passo dessa cascata envolve a falha na autorregulação do fluxo sanguíneo cerebral e a redução do metabolismo, resultando em uma condição semelhante à isquemia, com depleção de ATP e falha das bombas iônicas responsáveis pelo equilíbrio celular (Werner; Engelhard, 2007; Podolsky-Godim *et al.,* 2018). O colapso energético e a despolarização sustentada levam à liberação excessiva de neurotransmissores excitatórios, como glutamato e aspartato, em um processo conhecido como excitotoxicidade. Esse excesso estimula de forma exagerada receptores na membrana celular, especialmente os tipos NMDA e AMPA, permitindo um influxo tóxico e desordenado de cálcio e sódio para o interior do neurônio. A entrada excessiva desses íons provoca edema citotóxico e disfunção da barreira hematoencefálica, favorecendo o

acúmulo de fluidos no espaço intersticial, caracterizando edema vasogênico (Pear *et al.,* 2017; Sulhan *et al.,* 2020; Van der Horn *et al.*, 2020).

O aumento do volume cerebral decorrente do edema e de eventuais sangramentos eleva a PIC, que, quando aumentada, reduz a pressão de perfusão cerebral (PPC), necessária para manter as funções encefálicas normais. A diminuição da PPC agrava a hipóxia e a isquemia, perpetuando um ciclo vicioso de lesão (Stein *et al.,* 2012; Steiner; Andrews, 2006). Paralelamente, o excesso de neurotransmissores excitatórios e o desequilíbrio iônico sobrecarregam as mitocôndrias, levando à geração de espécies reativas de oxigênio e ao estabelecimento de estresse oxidativo.

Nesse contexto, a produção de radicais livres supera a capacidade dos sistemas antioxidantes endógenos, promovendo danos progressivos às estruturas celulares, incluindo DNA, proteínas estruturais e enzimáticas e lipídios de membrana (Cornelius *et al.*, 2013). Como resultado, instala-se morte celular, que pode ocorrer por necrose, quando há ruptura da membrana plasmática e inflamação, ou por apoptose, caracterizada pela ativação de vias programadas de autodestruição. Assim, o estresse oxidativo constitui um elo central entre a disfunção mitocondrial e a degeneração progressiva do tecido neural no TCE (Nathoo *et al.*, 2004; Uzan *et al.,* 2006; Akamatsu; Hanafy, 2020).



Fonte: Adaptado do autor Kaur; Sharma (2018).

Figura 1 - Fisiopatologia do TCE mostrando a cascata de eventos que leva ao dano cerebral.

3.2 Pressão Intracraniana

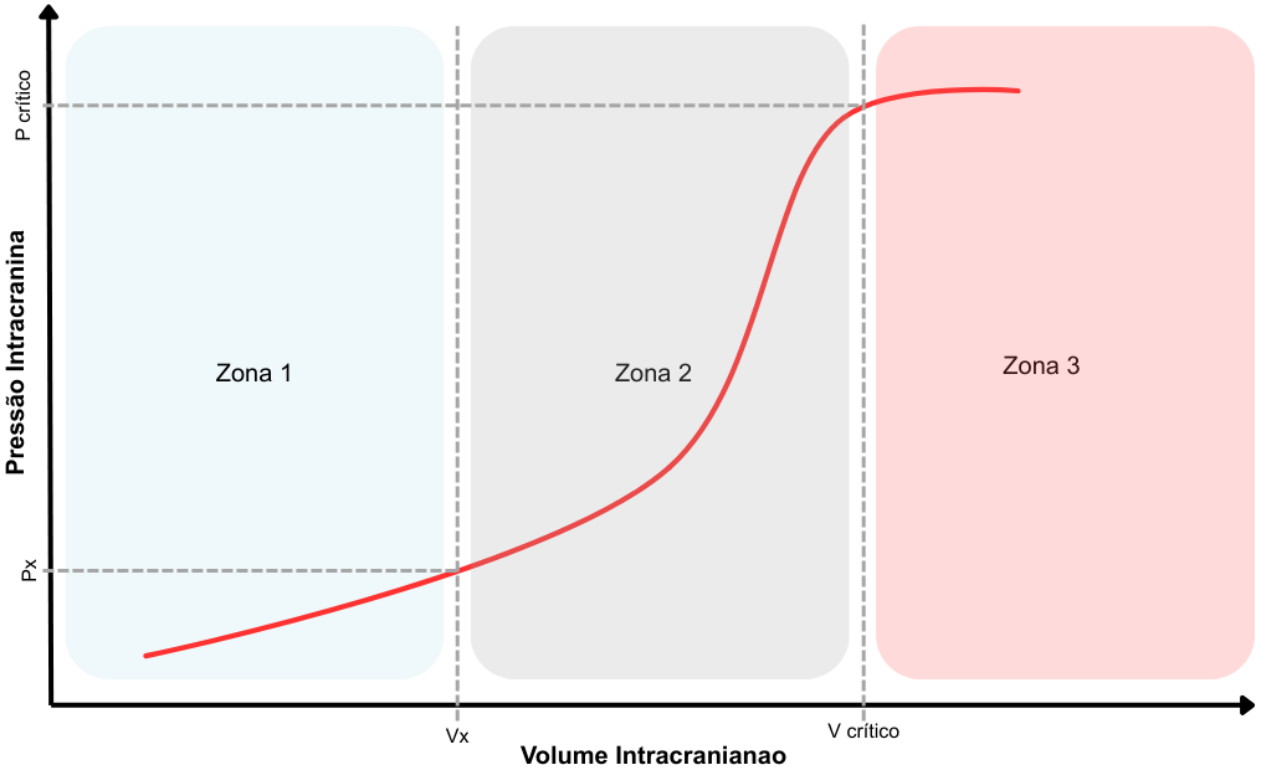
A PIC é definida como a pressão exercida pelos componentes intracranianos sobre as paredes do crânio e suas estruturas internas, sendo composta principalmente pelo tecido cerebral, pelo sangue e pelo líquido cefalorraquidiano (LCR) (Cardim *et al.,* 2016). Em adultos saudáveis, em posição de decúbito dorsal, a PIC fisiológica varia entre 7 e 15 mmHg, podendo oscilar discretamente em função da postura, ventilação, atividade metabólica e condições sistêmicas (Harary; Dolmans; Gormley, 2018). O conceito de PIC começou a ser descrito em 1783, quando Alexander Monro propôs que, devido à rigidez da caixa craniana e à natureza “incompressível” do encéfalo, o volume de sangue dentro do crânio deveria permanecer constante, com a entrada arterial sendo compensada pela saída venosa.

Anos mais tarde, George Kellie corroborou essa teoria, reforçando que qualquer aumento ou diminuição no volume de um dos componentes intracranianos seria compensado por ajustes nos demais, de modo a manter o volume total. Em 1846, George Burrows acrescentou o LCR a essa equação, demonstrando que alterações no volume sanguíneo podem ser compensadas pelo deslocamento do líquido cefalorraquidiano, consolidando o entendimento que hoje é conhecido como doutrina de Monro-Kellie (Sonig *et al.,* 2020).

De acordo com essa doutrina, quando um volume anormal, como hematomas, tumores ou edema se acumula dentro do crânio, mecanismos compensatórios são acionados para manter a PIC dentro dos níveis fisiológicos. Entre esses mecanismos destacam-se o deslocamento do LCR para o espaço perimedular e a redução do volume sanguíneo cerebral. No entanto, essa capacidade de compensação é limitada e, quando os mecanismos se esgotam, a PIC aumenta e a pressão de perfusão cerebral (PPC) diminui, comprometendo o fluxo sanguíneo cerebral (FSC) (Sonig *et al.,* 2020; Rodríguez-Boto, 2015).

Essa capacidade do crânio de acomodar alterações volumétricas é descrita pelo conceito de complacência cerebral, e a PIC reflete a relação entre modificações de volume e a capacidade do sistema em suportá-las. Quando a complacência é superada, a pressão se eleva rapidamente, caracterizando um quadro de HIC, uma das principais determinantes prognósticas em pacientes com TCE grave (Tisdal; Smith, 2007).

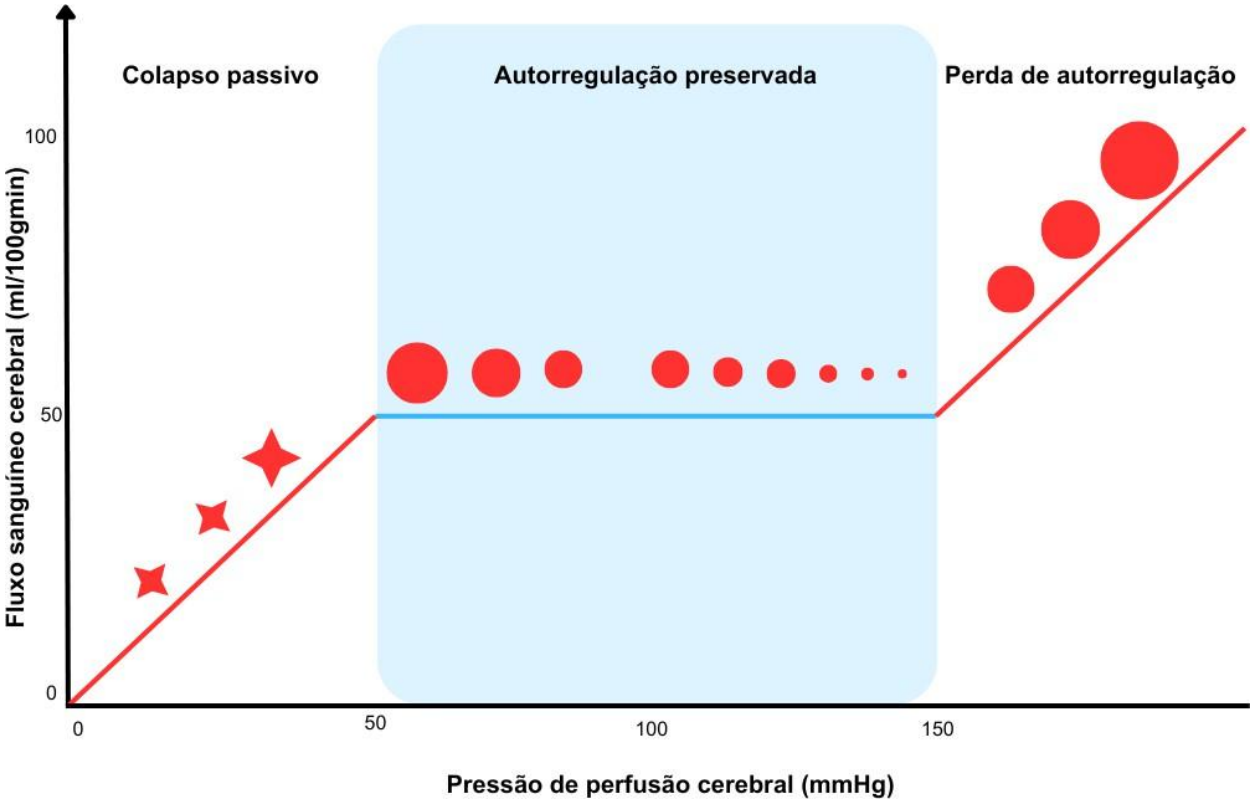
Esse fenômeno é didaticamente representado pela curva pressão-volume intracraniana. Na sua fase inicial (zona 1), a curva apresenta comportamento quase linear, pois o aumento do volume intracraniano não eleva significativamente a PIC devido ao deslocamento compensatório do LCR e do sangue venoso para fora da cavidade craniana. À medida que os mecanismos de autorregulação começam a falhar (zona 2), a complacência se reduz progressivamente e a pressão intracraniana passa a se elevar de maneira mais acentuada. Quando a capacidade de compensação é ultrapassada, a curva sofre uma inflexão e assume comportamento exponencial, de modo que pequenos aumentos de volume resultam em elevações expressivas da PIC (Marmarou; Shulman; Resende, 1978).



Fonte: Adaptado do autor Kim *et al.* (2009).

Figura 2 - Relação entre pressão e volume intracraniano.

Apesar de a Doutrina de Monro-Kellie apresentar mecanismos importantes para a estabilidade da PIC, ela não aborda um aspecto igualmente relevante, o fluxo sanguíneo cerebral. Para isso, o cérebro dispõe de um segundo e poderoso mecanismo de defesa, conhecido como autorregulação cerebrovascular (Harary; Dolmans; Gormley, 2018).



Fonte: Adptado do autor Tadevosyan; Kornbluth (2021).

Figura 3 - Autorregulação cerebrovascular.

Conforme ilustrado na figura 3, a autorregulação cerebrovascular corresponde à capacidade do cérebro de ajustar o tônus vascular para manter o fluxo sanguíneo cerebral (FSC) estável quando a PPC se encontra dentro de uma faixa que varia aproximadamente entre 50 e 150 mmHg. Nesse intervalo, as arteríolas cerebrais se adaptam ativamente, contraindo-se para evitar excesso de fluxo ou dilatando-se para compensar quedas pressóricas, garantindo irrigação adequada do tecido nervoso. No entanto, fora dessa faixa, o mecanismo de autorregulação torna-se ineficaz. Quando a PPC cai abaixo de 50 mmHg, as arteríolas já se encontram no máximo de dilatação, o que reduz significativamente o FSC e aumenta o risco de isquemia cerebral. Em contrapartida, quando a PPC ultrapassa 150 mmHg, a vasoconstrição atinge seu limite e o FSC se eleva de forma perigosa, favorecendo o desenvolvimento de edema cerebral (Beaumont, 2017; Raboel, 2012).

3.3 Hipertensão Intracraniana

A hipertensão intracraniana (HIC) caracteriza-se pela elevação sustentada da pressão intracraniana acima dos limites fisiológicos, podendo ocorrer em decorrência de diferentes condições neurológicas, como trauma cranioencefálico, acidentes

vasculares encefálicos, tumores, infecções do sistema nervoso central e hidrocefalias (Bothwell; Janigro; Patabendige, 2019). Em pacientes com TCE grave, as diretrizes da Brain Trauma Foundation recomendam o tratamento de valores de PIC superiores a 22 mmHg, considerando sua associação com maior mortalidade (Carney *et al.,* 2017). A magnitude e a duração da elevação pressórica são aspectos relevantes para a avaliação da HIC, uma vez que a exposição prolongada a valores elevados de PIC pode comprometer a perfusão cerebral e contribuir para o agravamento da lesão neurológica (Hawryluk et al., 2019; Hawryluk; Ghajar, 2021).

Do ponto de vista fisiopatológico, o desenvolvimento da HIC está relacionado ao desequilíbrio entre os volumes dos componentes intracranianos e à redução da capacidade compensatória do compartimento craniano. De acordo com a doutrina de Monro-Kellie, o volume intracraniano é constituído principalmente pelo parênquima cerebral, sangue e líquido cefalorraquidiano, cujas variações são inicialmente compensadas por mecanismos de redistribuição volumétrica. Entre esses mecanismos, destacam-se o deslocamento do líquido cefalorraquidiano para o compartimento espinal e a redução do volume sanguíneo venoso intracraniano. Entretanto, à medida que a capacidade de compensação diminui, pequenos aumentos adicionais de volume passam a produzir elevações progressivamente maiores da PIC, refletindo a redução da complacência intracraniana (Bothwell; Janigro; Patabendige, 2019).

Conforme abordado na seção sobre a fisiopatologia do TCE, a hipertensão intracraniana pode resultar de processos associados às lesões cerebrais primárias e secundárias, como hematomas, contusões hemorrágicas e edema cerebral, que contribuem para o aumento do volume intracraniano. O edema pode apresentar componentes citotóxicos, relacionados ao acúmulo intracelular de água, e vasogênicos, decorrentes do aumento da permeabilidade da barreira hematoencefálica (Maas *et al.,* 2017; Bothwell; Janigro; Patabendige, 2019). A elevação sustentada da pressão intracraniana pode reduzir a pressão de perfusão cerebral e comprometer o fluxo sanguíneo cerebral, especialmente quando os mecanismos de autorregulação estão prejudicados, favorecendo o desenvolvimento de isquemia e o agravamento das lesões cerebrais secundárias (Carney *et al.,* 2017; Hawryluk *et al.,* 2019).

As manifestações clínicas da HIC variam conforme sua etiologia, magnitude e velocidade de instalação. Entre os sinais e sintomas descritos estão cefaleia, náuseas,

vômitos, alterações do nível de consciência, anormalidades pupilares e déficits neurológicos. Em situações de elevação acentuada da PIC, podem ocorrer alterações dos reflexos do tronco encefálico, instabilidade hemodinâmica e sinais de herniação cerebral. A tríade de Cushing, caracterizada por hipertensão arterial, bradicardia e alterações do padrão respiratório, constitui uma manifestação tardia de comprometimento neurológico grave. Entretanto, em pacientes com TCE grave, a identificação dessas manifestações pode ser dificultada pela sedação, ventilação mecânica e presença de outras lesões traumáticas, limitando a avaliação clínica isolada para o reconhecimento da HIC (Tadevosyan; Kornbluth, 2021).

O diagnóstico da HIC pode ser realizado por métodos diretos ou indiretos. O padrão-ouro é a monitorização invasiva da PIC, por meio de cateter ventricular externo ou sonda intraparenquimatosa, os quais permitem mensuração contínua e precisa da PIC, embora envolvam riscos de infecção e sangramento. Na ausência ou indisponibilidade desses recursos, recorre-se a métodos não invasivos associados à avaliação clínica e radiológica (Robba *et al.,* 2020; Canac *et al.,* 2020). A tomografia computadorizada (TC), por exemplo, pode evidenciar sinais sugestivos de HIC (Carney *et al.,* 2017). Nesses contextos, a integração entre exame clínico, imagem e ferramentas não invasivas torna-se essencial para apoiar o diagnóstico e embasar condutas quando a monitorização invasiva não é viável.

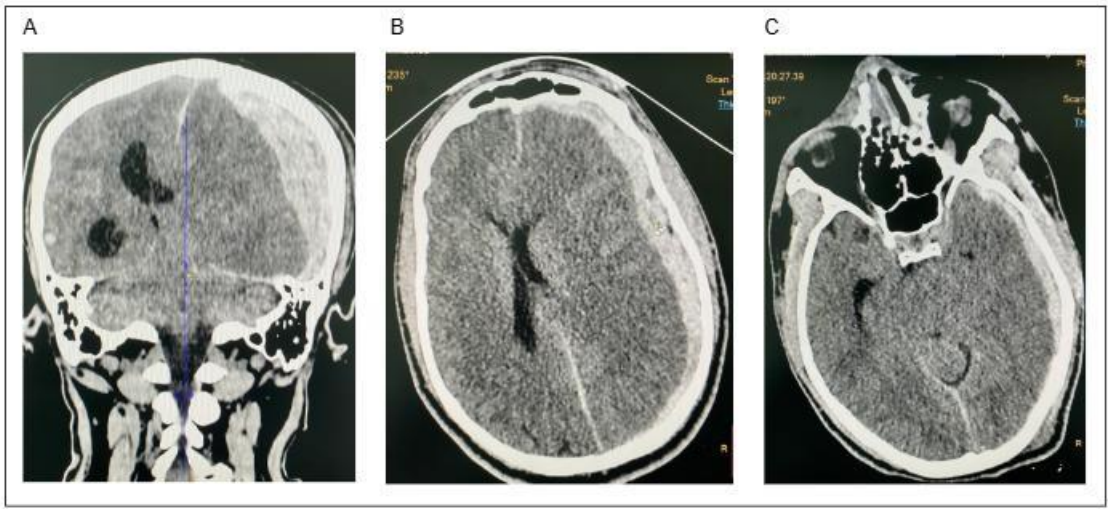
3.3.1 Tomografia computadorizada

A TC é uma ferramenta diagnóstica importante no manejo de pacientes de TCE. Nesse contexto, o Consenso Internacional de Bruxelas sobre Monitorização Não Invasiva da Pressão Intracraniana (B-ICONIC) reforça a importância da TC como método central na avaliação da HIC quando a monitorização invasiva não está disponível (Robba et al., 2025).

Os principais achados tomográficos que aumentam a suspeita de hipertensão intracraniana são: (1) compressão ou apagamento das cisternas basais**;** (2) desvio das estruturas da linha média >5 mm**;** (3) apagamento de sulcos e redução da diferenciação substância cinzenta/branca indicando edema difuso**;** (4) redução ou colapso ventricular por efeito expansivo/edema; e (5) lesões expansivas hemorrágicas ou contusões volumosas que causam efeito de massa. Esses sinais indicam alterações anatômicas que correlacionam-se com aumento do volume intracraniano e risco de

herniação, e sua presença deve elevar o nível de alerta e guiar intervenções mais imediatas. Importante destacar que a ausência desses sinais no exame tomográfico inicial não exclui hipertensão intracraniana; portanto, a avaliação clínica sequencial e o uso de métodos não invasivos continuam sendo necessários quando houver suspeita clínica. (Robba *et al.,* 2025).

O B-ICONIC também propõe que a TC seja utilizada em associação com parâmetros clínicos e métodos não invasivos de estimativa da PIC, com o objetivo de aumentar a sensibilidade diagnóstica e a segurança das decisões terapêuticas (Robba *et al.,* 2025). Com base no *Consensus-Based Management Protocol* (CREVICE), o consenso classifica achados TC como o colapso das cisternas da base e o desvio das estruturas da linha média como marcadores maiores de hipertensão intracraniana (Chesnut *et al.,* 2020). Dessa forma, torna-se evidente que a TC não apenas desempenha papel diagnóstico, mas integra ativamente os protocolos de manejo recomendados pelo B-ICONIC. Esse cenário destaca a tomografia como ferramenta indispensável em ambientes com recursos limitados, uma vez que associa dados estruturais de imagem ao raciocínio clínico e a métodos não invasivos disponíveis (Shannon *et al.,* 2019).



Fonte: Dados da pesquisa (2026).

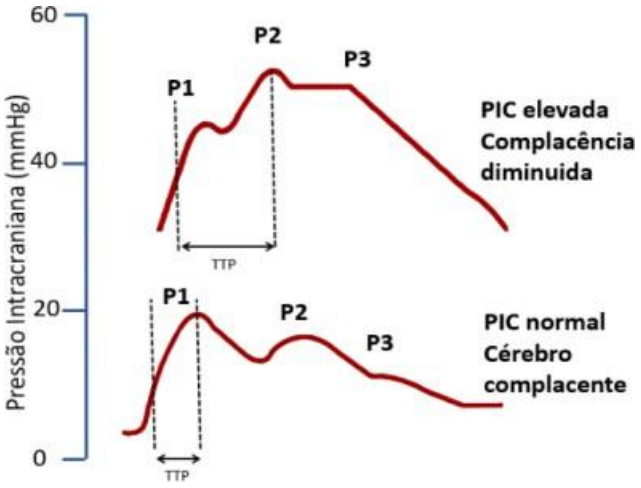
Figura 4 – Tomografia computadorizada de crânio com achados compatíveis com sinais de Hipertensão intracraniana.

Legenda: (A) - TC em corte coronal evidenciando volumoso hematoma subdural, com desvio das estruturas da linha média de 23 mm, cisternas apagadas, sulcos ausentes, com ventrículo desviado para a direita.; (B) – Exame em corte axial com presença de DLM e edema cerebral difuso; (C)– TC em corte axial, apresentando entre outras lesões, herniação do uncus à esquerda.

3.4 Morfologia da onda de pressão intracraniana

A análise da morfologia da onda da PIC oferece informações de grande relevância clínica, embora muitas vezes seja subvalorizada ou pouco explorada em comparação ao valor absoluto da pressão, que tradicionalmente recebe maior atenção e já está mais consolidado na prática assistencial (Cucciolini; Motroni; Czosnyka, 2023). Cada batimento cardíaco é refletido em uma onda de PIC composta por três componentes principais: P1,P2 e P3. A primeira, conhecida como onda de percussão (P1), representa a transmissão direta do pulso arterial intracraniano e, em condições normais, apresenta a maior amplitude do traçado. A segunda, chamada onda tidal (P2), reflete a complacência cerebral, ou seja, a capacidade do encéfalo de acomodar variações de volume sem elevação significativa da pressão. A terceira componente, P3, também chamada de onda dicrótica, está relacionada ao fechamento da valva aórtica e apresenta a menor amplitude entre as três ondas (Czosnyka; Czosnyka, 2020).

Em indivíduos com boa complacência cerebral, a relação entre essas ondas assume um padrão fisiológico, no qual P1 é maior que P2, e P2 é maior que P3. No entanto, em situações de hipertensão intracraniana, quando os mecanismos compensatórios já estão esgotados e há perda da complacência intracraniana, observa-se a elevação progressiva da onda P2, que pode ultrapassar a amplitude de P1, indicando risco de deterioração neurológica (Kazimierska *et al.,* 2023a).

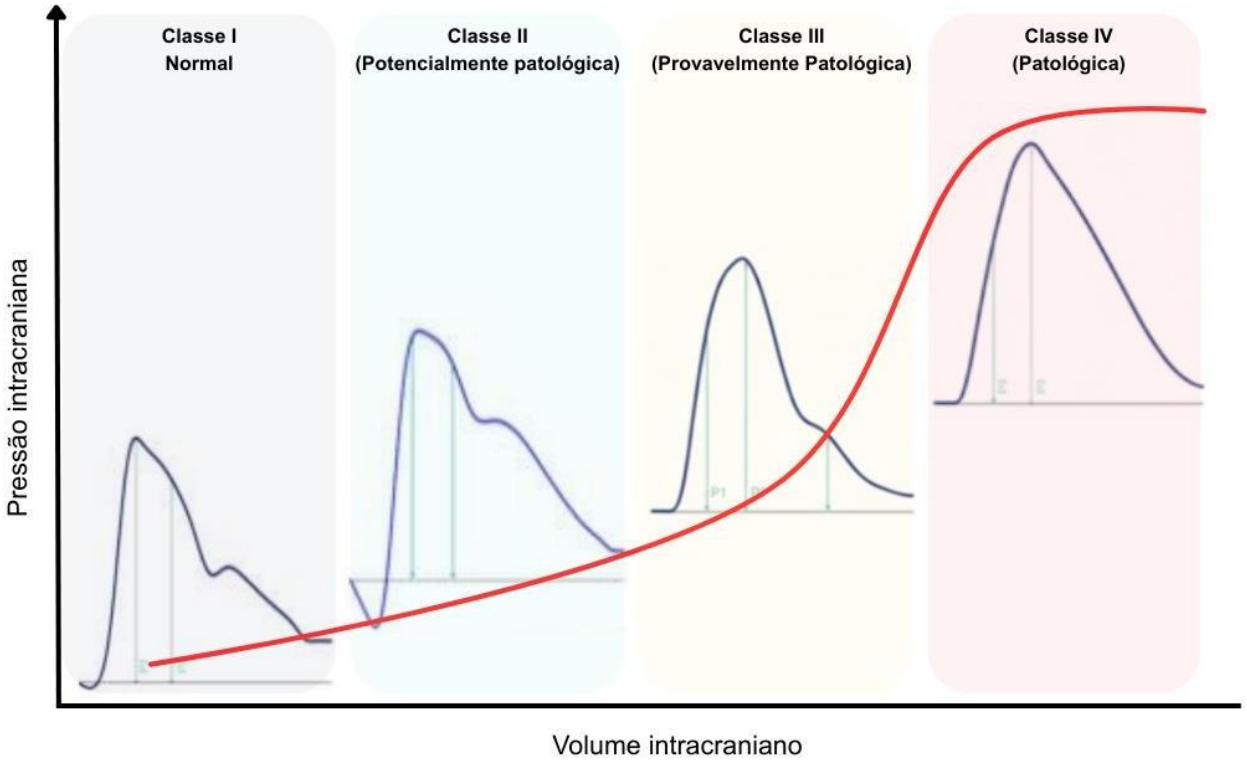


Fonte: Ballestero *et al.,* (2023).

Figura 5 - Morfologia da onda de PIC.

Com base na relação entre as ondas P1, P2 e P3, a morfologia da onda de

pressão de pulso pode ser classificada em quatro categorias, que refletem o grau de complacência cerebral. Em condições normais (classe I), a onda P1 apresenta a maior amplitude, superando P2 e P3. Um padrão que indica possível alteração (classe II) ocorre quando P2 se iguala ou se torna discretamente maior que P1, embora P3 permaneça menor. A classe III representa um estado provavelmente patológico, caracterizado pela inversão das amplitudes, com P2 e P3 ultrapassando P1. A condição mais grave é observada na classe IV, em que P2 e P3 predominam no traçado, e a curva assume formato arredondado, com os três picos praticamente indistinguíveis (Nucci *et al.*, 2016).

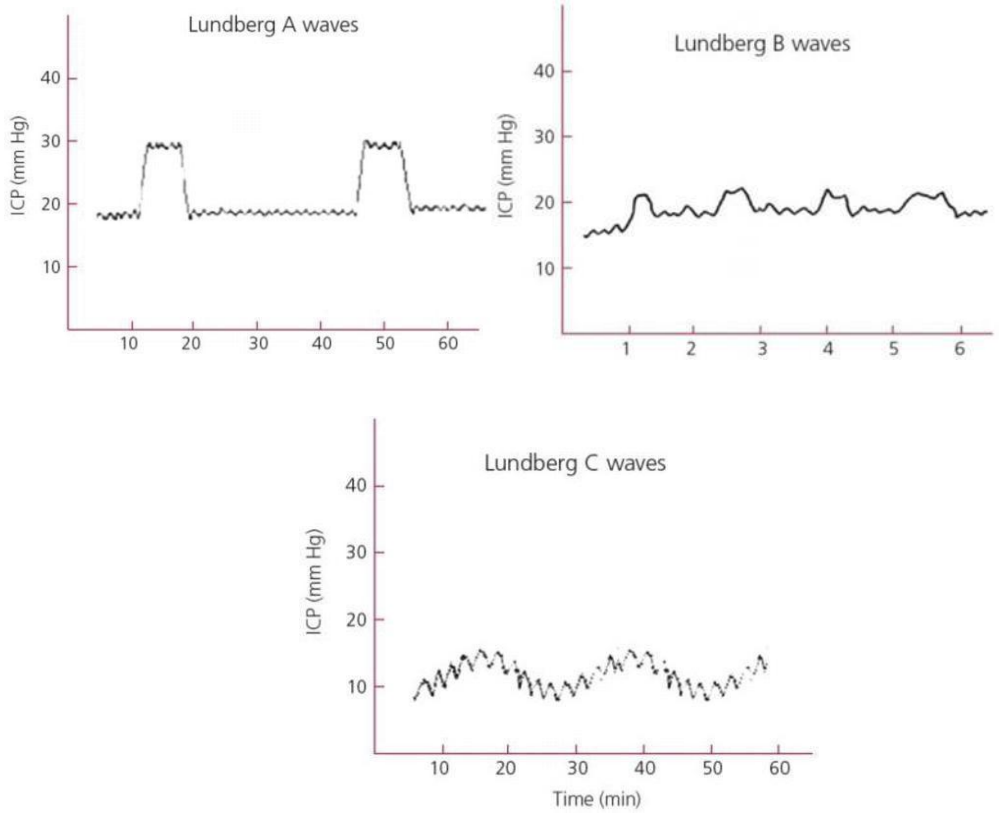


Fonte: Adaptado do autor Brasil *et al.,* (2021).

Figura 6 - Classificação da onda de PIC de acordo com o nível de complacência cerebral.

Para além da análise morfológica das ondas P1, P2 e P3, o traçado da pressão intracraniana também pode apresentar oscilações mais lentas, conhecidas como ondas de Lundberg. As ondas A, também chamadas de "*plateau waves*", correspondem a elevações abruptas e sustentadas da PIC e estão frequentemente associadas à isquemia cerebral e ao risco iminente de herniação. As ondas B, por sua vez, caracterizam-se por flutuações rítmicas de menor duração e estão relacionadas

a instabilidades na autorregulação cerebrovascular. Já as ondas C, também conhecidas como ondas de Mayer, representam variações rápidas e de menor relevância clínica, podendo inclusive ser consideradas dentro da normalidade (Wijdicks, 2019). A identificação desses padrões auxilia no reconhecimento precoce de descompensações hemodinâmicas e neurológicas, permitindo intervenções antes que o quadro clínico se torne irreversível.



Fonte: Hirzallah; Choi, (2016).

Figura 7 - Ondas de Lundberg.

Portanto, o estudo da morfologia da onda de pressão intracraniana é tão relevante quanto a mensuração de seu valor absoluto. O aumento da amplitude do traçado, conforme mencionado anteriormente, pode indicar risco iminente, pois sinaliza o esgotamento dos mecanismos de compensação da PIC, mesmo antes que os valores numéricos atingam níveis considerados patológicos (Cucciolini; Motroni; Czosnyka, 2023).

3.5 Sensor Brain4Care (B4C)

Em 2007, o neurofísico Sérgio Mascarenhas fez uma descoberta que contrariou a clássica doutrina de Monro-Kellie ao demonstrar que o crânio não é uma estrutura

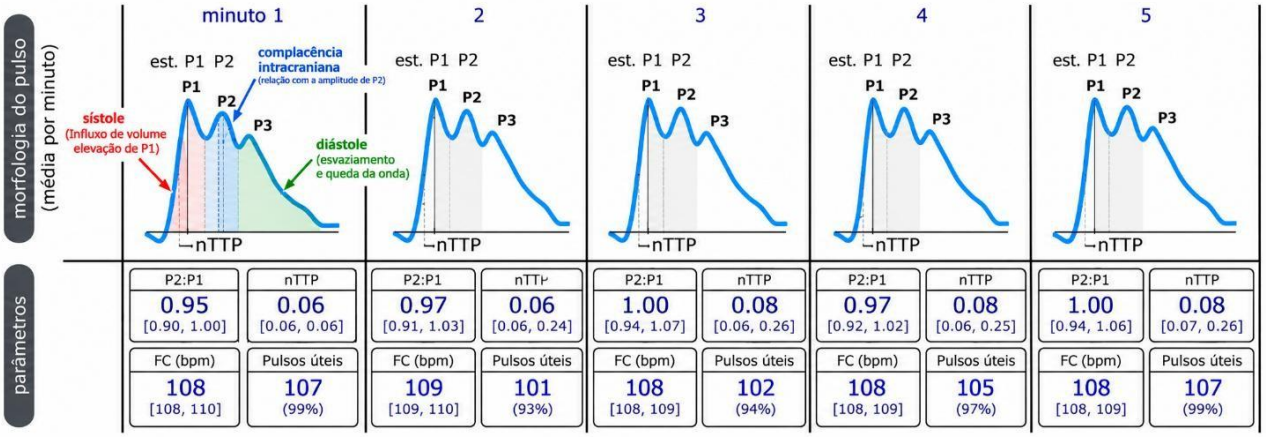
perfeitamente rígida e incompressível. Embora essa doutrina afirme que o volume intracraniano permanece constante, Mascarenhas comprovou que os ossos e suturas cranianas de adultos podem sofrer mínimas deformações em resposta às variações da pressão intracraniana (Mascarenhas *et al.,* 2012). Essa observação abriu caminho para o desenvolvimento de métodos não invasivos capazes de detectar essas microdeformações.

Com base nessa descoberta, em 2011 foi desenvolvido, na Universidade Federal de São Carlos, o primeiro sensor não invasivo capaz de detectar variações nanométricas na superfície do crânio decorrentes da pulsação sanguínea gerada pelo ciclo cardíaco. Em 2014, foi fundada a empresa Brain4care, responsável pela produção e desenvolvimento tecnológico do dispositivo. Em 2019, o sensor recebeu autorização para uso comercial pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), e em 2021 obteve certificação do Food and Drug Administration (FDA), permitindo sua utilização nos Estados Unidos. Atualmente, o sensor é posicionado na região temporal por ser uma área de menor espessura óssea e mais favorável à captação das microdeformações cranianas. O dispositivo conta com um transdutor mecânico que identifica essas alterações mínimas e as converte em sinais elétricos por meio de um conversor analógico-digital de alta resolução, transmitindo os dados via Bluetooth (Andrade *et al.,* 2021).

De forma simplificada, o sensor avalia a complacência intracraniana por meio da análise da morfologia da onda de pulso da PIC, com ênfase em dois parâmetros principais: a razão P2/P1 e o tempo até o pico (TTP). A razão P2/P1 compara a amplitude dos dois primeiros picos da onda. Em condições normais, P1 é mais elevado que P2; entretanto, quando a complacência cerebral diminui, P2 torna-se mais proeminente e pode ultrapassar P1, indicando possível aumento da PIC. Já o TTP corresponde ao intervalo entre o início da onda de pulso e seu ponto de maior amplitude. Quando o TTP aumenta além do valor de referência, indica que o pico principal está ocorrendo em P2, o que sugere redução da complacência cerebral. Ambos os parâmetros fornecem dados quantitativos úteis para a identificação precoce de alterações pressóricas e risco de hipertensão intracraniana (Andrade *et al*., 2021; Kazimierska *et al.,* 2023a).

A Figura 8 apresenta um exemplo de monitorização não invasiva da pressão intracraniana durante cinco minutos, evidenciando um padrão de onda de pulso compatível com a complacência intracraniana preservada. Observam-se três picos

característicos: P1, relacionado à pulsação arterial sistólica; P2, associado à complacência intracraniana; e P3, relacionado ao componente dicrótico e à transição para a diástole (Czosnyka; Czosnyka, 2020). Ao longo do exame, observa-se a predominância de P1 em relação a P2, com valores da razão P2/P1 entre 0,95 e 1,00 e tempo até o pico (TTP) entre 0,06 e 0,08 segundos, indicando ausência de alterações morfológicas sugestivas de redução da complacência intracraniana.



Fonte: Dados da pesquisa, adaptado pelo autor (2026).

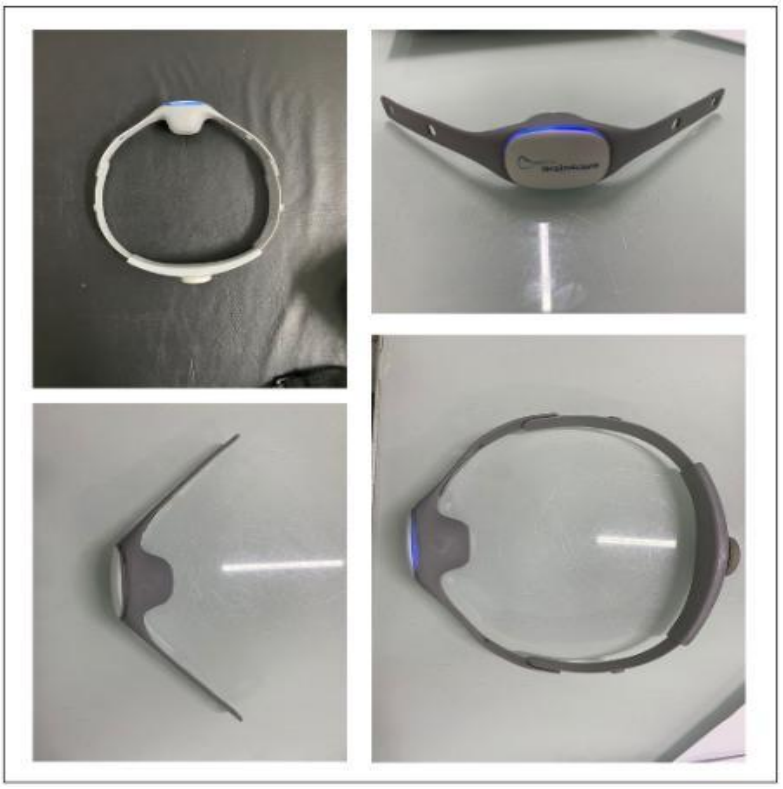
Figura 8- Morfologia da onda de pulso intracraniana com padrão de complacência preservada durante cinco minutos de monitorização não invasiva.

Legenda: P2/P1- razão entre as ondas P2 e P1. nTTP- tempo para alcançar o pico. FC- Frequência Cardíaca.

Para interpretação dos parâmetros fornecidos pelo sistema B4C, são sugeridas faixas de referência para a razão P2/P1 e o TTP. A razão P2/P1 é classificada como alterada quando inferior a 0,65, normal entre 0,65 e 0,99, em alteração entre 1,00 e 1,20 e alterada quando superior a 1,20. Para o TTP, valores inferiores a 0,20 segundos são considerados normais, entre 0,20 e 0,25 segundos são classificados como em alteração e valores superiores a 0,25 segundos como alterados (Neurolife Laboratórios, [s. d.]; Da Costa *et al.,* 2023).

Em um estudo observacional e prospectivo conduzido com 40 pacientes neurocríticos internados em uma UTI do Hospital das Clínicas da Universidade de São Paulo, buscou-se correlacionar a monitorização invasiva da PIC com as informações obtidas pelo sensor B4C. Os resultados demonstraram forte correlação entre os parâmetros do B4C e a morfologia da onda de pulso obtida de forma invasiva, sendo os melhores coeficientes observados para a razão P2/P1 (r = 0,72) e para o TTP (r =

0,85). Os autores concluíram que o dispositivo se mostra uma ferramenta promissora e útil para o monitoramento não invasivo de pacientes neurocríticos (Brasil *et al*., 2021).



Fonte: Acervo da pesquisa (2026).

Figura 9 - Sensor Brain4Care.

4. MÉTODO

4 MÉTODO

4.1 Tipo de estudo

Trata-se de um estudo do tipo coorte prospectivo com dados coletados no momento da admissão hospitalar até a alta por meio de instrumentos de coleta confeccionado pelos pesquisadores (APÊNDICES A), baseados em escalas de gravidade e nos protocolos de monitorização não invasiva da PIC. O presente estudo foi conduzido e descrito em conformidade com as diretrizes STROBE (*Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology*).

4.2 Local do Estudo

O estudo foi desenvolvido no Hospital de Urgências do Estado de Sergipe (HUSE), referência em trauma no estado. A coleta de dados ocorreu no período de dezembro de 2024 a dezembro de 2025.

4.3 Causuística

Foram incluídos no estudo pacientes de ambos os sexos, com idade acima de 15 anos, admitidos no HUSE com TCE grave (Glasgow <9) até doze horas após o trauma, que realizaram duas medidas diárias das curvas de complacência com o B4C por 48 horas antes de qualquer procedimento cirúrgico e que tenham pelo menos dois exames de TC craniana nas primeiras 48 horas, sendo indispensável a TC nas primeiras horas da admissão. Foram pacientes com histórico prévio de Acidente Vascular Cerebral e/ou TCE. Também foram excluídos pacientes que apresentavam condições capazes de impedir a fixação adequada do sensor ou aumentar o risco durante a monitorização, tais como: agitação psicomotora, feridas abertas na região temporal, deformidades cranianas.

O tamanho amostral foi estimado para a avaliação da sensibilidade e da especificidade dos parâmetros do Brain4Care na identificação de qualquer sinal na TC de crânio sugestivo de hipertensão intracraniana, em comparação à ausência desses sinais. Utilizou-se o método de Buderer, considerando nível de confiança de 95%, margem de erro absoluta de 10 pontos percentuais e proporção esperada de participantes com sinais

tomográficos de 30%. Na ausência de estimativas prévias de desempenho, adotaram-se sensibilidade e especificidade esperadas de 50%, valores conservadores para esse cálculo. Foi selecionado o maior tamanho amostral entre os dois critérios, resultando em uma amostra mínima de 321 pacientes avaliáveis, após arredondamento a presente análise contemplou 220 pacientes, permanecendo a coleta de dados em andamento para alcançar o tamanho amostral estimado.

Variáveis do estudo

4.4.1 Variáveis sociodemográficas

- Idade: expressa em anos completos, considerada na data do trauma;
- Data de nascimento: registrada em dia, mês e ano;
- Sexo: feminino ou masculino;
- Estado civil: solteiro, casado, união estável, separado/divorciado ou viúvo;
- Raça/cor: branca, preta, parda, amarela, indígena ou não informada.

4.4.2 Variáveis do Atendimento Pré-Hospitalar:

- Local do acidente: município e estado onde ocorreu o evento traumático;
- Hora do trauma: categorizada de acordo com o período do dia em manhã (7h–12h59), tarde (13h–18h59) e noite (19h–6h59);
- Tipo do trauma: classificada em trauma contuso, ou trauma penetrante.
- Mecanismo do trauma: descrição das circunstâncias relacionadas ao evento traumático, incluindo altura da queda, velocidade do veículo, tipo de acidente, capotamento, atropelamento, ejeção do veículo, encarceramento em ferragens, entre outras;
- Dispositivos de proteção: uso de capacete, cinto de segurança ou dispositivo de retenção/assento de segurança;

- Sinais de ingestão de álcool: presença ou ausência de sinais sugestivos de consumo previamente ao evento traumático;

- ECG na cena: pontuação de 3 a 15 pontos, utilizada para avaliação do nível de consciência no local do evento traumático pela equipe de atendimento pré-hospitalar, considerando abertura ocular, melhor resposta verbal e melhor resposta motora. Maiores pontuações indicam melhor nível de consciência;

- Escala de Coma de Glasgow-Pupilas (ECG-P) na cena: pontuação obtida a partir da combinação da ECG com a avaliação da reatividade pupilar no local do evento traumático;

- Tempo até a chegada do resgate à cena: intervalo entre o acionamento/ocorrência do trauma e a chegada da equipe de atendimento pré-hospitalar, expresso em minutos;

- Tempo de permanência na cena: intervalo entre a chegada e a saída da equipe de atendimento pré-hospitalar do local do trauma, expresso em minutos;

- Tempo de transporte: intervalo entre a saída da cena e a chegada à unidade hospitalar, expresso em minutos;

- Tempo total: intervalo total relacionado ao atendimento pré-hospitalar até a chegada à unidade hospitalar, expresso em minutos.

4.4.3 Variáveis da admissão e internação:

- Data da admissão hospitalar: registrada em dia, mês e ano;

- Data da internação na UTI: registrada em dia, mês e ano;

- Admissão em protocolo de imobilização: presença de colar cervical, prancha rígida, tirantes e protetor lateral no momento da admissão hospitalar;

- Intervenções na admissão hospitalar: intubação orotraqueal (IOT), máscara laríngea, oxigenoterapia, sedação, bloqueador neuromuscular, acesso venoso, drogas vasoativas, concentrado de hemácias, plasma, ácido tranexâmico, eletrólitos, drenagem torácica, cricotireoidostomia de emergência, torniquete,

imobilização de membros, realização de FAST na sala de emergência e outros tratamentos ou intervenções realizados durante o atendimento;

- Avaliação inicial: ECG, ECG-P, avaliação pupilar, pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD), frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR), saturação periférica de oxigênio (SpO_2) e glicemia capilar;
- Manifestações clínicas na admissão: presença ou ausência de perda de consciência, vômito, cefaleia, amnésia, agitação, desorientação, parada cardiorrespiratória ou crise convulsiva, identificadas por meio da avaliação clínica e/ou dos registros em prontuário;
- Tipos de trauma e lesões: identificação das regiões corporais acometidas e descrição das lesões encontradas durante a avaliação hospitalar;
- Procedimentos cirúrgicos: descrição do tipo de procedimento cirúrgico ao qual o paciente foi submetido durante a internação.

4.4.4 Monitorização não invasiva da PIC

A monitorização da PIC foi realizada por meio do sensor B4C que foi cedido pela empresa para realização deste estudo de triagem em pacientes admitidos com diagnóstico de TCE grave. O procedimento foi iniciado no momento da admissão hospitalar e repetido em intervalos regulares de 12 horas, estendendo-se até completar 48 horas de acompanhamento. Durante a monitorização, os pacientes foram posicionados com a cabeceira do leito elevada entre 30°, conforme a recomendação para otimização do retorno venoso cerebral e redução do risco de elevação da PIC.

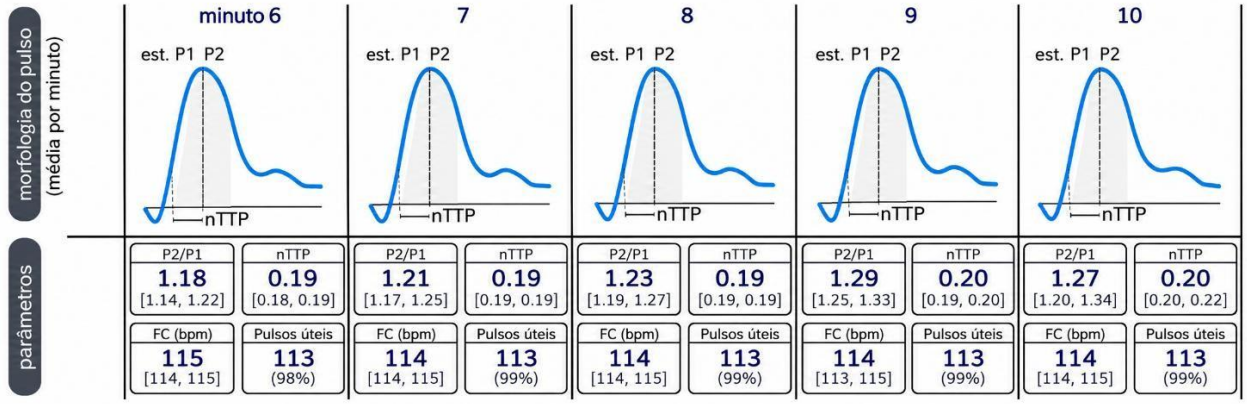
Cada sessão de monitorização buscava identificar dez curvas de PIC, sendo que a primeira onda do registro foi sistematicamente desconsiderada, uma vez que esse período era destinado ao ajuste inicial do equipamento e à estabilização do sinal. As ondas subsequentes, em número mínimo de dez registros válidos, foram analisadas e consideradas para o estudo. Na avaliação não se priorizava o tempo de avaliação, mas sim a qualidade da onda coletada. Pacientes submetidos à neurocirurgia emergencial, sem tempo suficiente para a realização completa das medidas, constituíram exceção a

esse protocolo. Nesses casos, não foi possível obter integralmente as dez ondas previstas. Assim, foram aceitas monitorizações de menor duração, desde que apresentassem dados minimamente adequados para interpretação.

O protocolo de monitorização foi mantido até o limite de 48 horas após a admissão hospitalar ou até a ocorrência da extubação do paciente, circunstância em que o exame era interrompido pela inviabilidade técnica de continuidade. Os pacientes no período após a extubação encontravam-se muito agitados, o que comprometia a qualidade e a confiabilidade dos registros obtidos.

Em todos os exames, foram adotadas medidas específicas de redução de interferências externas e minimização de artefatos. Foram evitadas fontes de vibração, como colchões pneumáticos, e restringida, sempre que possível, a manipulação dos pacientes durante os registros, de modo a reduzir movimentos capazes de distorcer as ondas. Além disso, fatores ambientais, como ruídos externos, foram controlados para preservar a estabilidade do sinal. Essas precauções visaram garantir que as ondas analisadas refletissem de forma fidedigna a atividade intracraniana do paciente, aumentando a validade interna dos dados coletados.

Na análise das ondas obtidas pela monitorização, foram considerados os seguintes parâmetros: razão P2/P1, utilizada como indicador indireto da complacência intracraniana; *time to peak* (TTP), correspondente ao intervalo entre o início da onda e o ponto de maior amplitude, refletindo a dinâmica do fluxo intracraniano; frequência cardíaca, captada de forma sincronizada ao traçado para correlação fisiológica; e número de pulsos úteis, definidos como aqueles com boa qualidade e livres de artefatos, efetivamente empregados nas análises. Para este estudo, estabeleceu-se que os pulsos deveriam apresentar no mínimo 90% de qualidade do sinal para serem incluídos na análise, conforme ilustrado na figura a seguir.



Fonte: Dados da pesquisa (2026).

Figura 10 - Representação das ondas da complacência intracraniana apresentadas no relatório da monitorização com o sensor B4C, e os seus respectivos parâmetros.

Legenda: P2/P1- razão entre as ondas P2 e P1. nTTP- tempo para alcançar o pico. FC- Frequência Cardíaca.

Os registros obtidos por meio do sensor B4C foram comparados aos achados das TC de crânio realizadas tanto na admissão quanto nos exames de controle (24h e/ou 48h). A comparação com a TC de crânio se fez necessária devido à inexistência de recursos para monitorização invasiva da PIC no HUSE, método considerado padrão-ouro para esse fim. Na análise das imagens da TC de crânios, foram adotados os parâmetros estabelecidos pelo Consenso de Bruxelas, segundo o qual determinados achados radiológicos são fortemente sugestivos de HIC. Entre esses achados, destacam-se (Robba *et al.,* 2025):

- Apagamento das cisternas da base;
- Desvio das estruturas da linha média superior a 5 mm;
- Edema cerebral difuso;
- Efeito de massa por lesões expansivas.

Esses parâmetros foram utilizados como referência para correlacionar os padrões de ondas obtidos na monitorização com evidências de HIC avaliados pela TC de crânio, permitindo avaliar a acurácia e aplicabilidade clínica do método não invasivo no contexto do TCE grave.

4.4.5 Desfechos

Desfecho primário

- Hipertensão intracraniana: considerada presente quando o paciente apresentasse um ou mais critérios radiológicos sugestivos de HIC, conforme estabelecido pelo Consenso de Bruxelas. Esse desfecho foi utilizado como referência para avaliação do desempenho dos parâmetros obtidos pela monitorização não invasiva da pressão intracraniana.

Desfechos secundários

- Mortalidade: ocorrência de óbito durante o período de internação hospitalar;
- Tempo de sobrevivência: intervalo, expresso em dias, entre a ocorrência do trauma e o óbito;
- Tempo de internação hospitalar: intervalo, expresso em dias, entre a admissão hospitalar e a alta, transferência ou óbito.

4.5 Operacionalização da coleta de dados

A coleta de dados foi realizada diariamente pelo mestrando responsável e pelos auxiliares de coleta devidamente treinados, sendo dividida em duas etapas: a primeira, no momento da admissão hospitalar, e a segunda, durante a internação até o desfecho (alta, óbito ou transferência). Após a autorização da pesquisa pelo hospital selecionado e pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Sergipe, a coleta teve início no HUSE, conduzida por enfermeiros, mestrandos e estudantes de enfermagem treinados. O treinamento teórico e prático dos auxiliares foi realizado pela pesquisadora responsável ao longo de 15 dias, período em que foram apresentados os instrumentos de coleta e repassadas as orientações necessárias. O treinamento teórico contou com a particação da divisão de estudo e pesquisa da B4C. A coleta foi supervisionada diretamente pela pesquisadora, com o objetivo de esclarecer dúvidas e garantir a padronização das etapas. Antes do início do trabalho de campo, a pesquisadora principal e o mestrando compareceram ao hospital para apresentar o projeto e explicar a dinâmica da coleta aos

profissionais das unidades envolvidas. Todos os auxiliares de coleta de dados participavam das discussões dos casos clínicos e periodicamente era realizada capacitações teórico práticas com a equipe.

A primeira etapa da coleta ocorreu no momento da admissão do paciente que sofreu até 12 horas o TCE na área vermelha do hospital. As informações foram obtidas junto à equipe pré-hospitalar ou por meio dos registros hospitalares e inseridas no instrumento de coleta, incluindo dados referentes às primeiras horas de admissão. Para avaliação de sinais de HIC, os pesquisadores treinados realizaram a monitorização da PIC com o sensor B4C no momento da admissão e, posteriormente, a cada 12 horas até 48 horas após a admissão. Considerando o estado clínico dos pacientes com TCE grave, o convite para participação no estudo foi direcionado aos acompanhantes ou responsáveis legais, que assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) ou o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE), em duas vias, no dia da admissão ou no dia seguinte.

A segunda etapa da coleta foi realizada durante o período de internação, estendendo-se até a alta hospitalar, óbito ou transferência do paciente. Nessa fase, foram realizadas as monitorizações subsequentes com o B4C, nos intervalos de 12, 24, 36 e 48 horas após a admissão, além da coleta diária de dados clínicos, informações sobre procedimentos cirúrgicos, gravidade do quadro clínico, resultados de exames complementares e registros relacionados aos desfechos, por meio do acompanhamento dos pacientes e da consulta aos prontuários pela equipe de pesquisa.

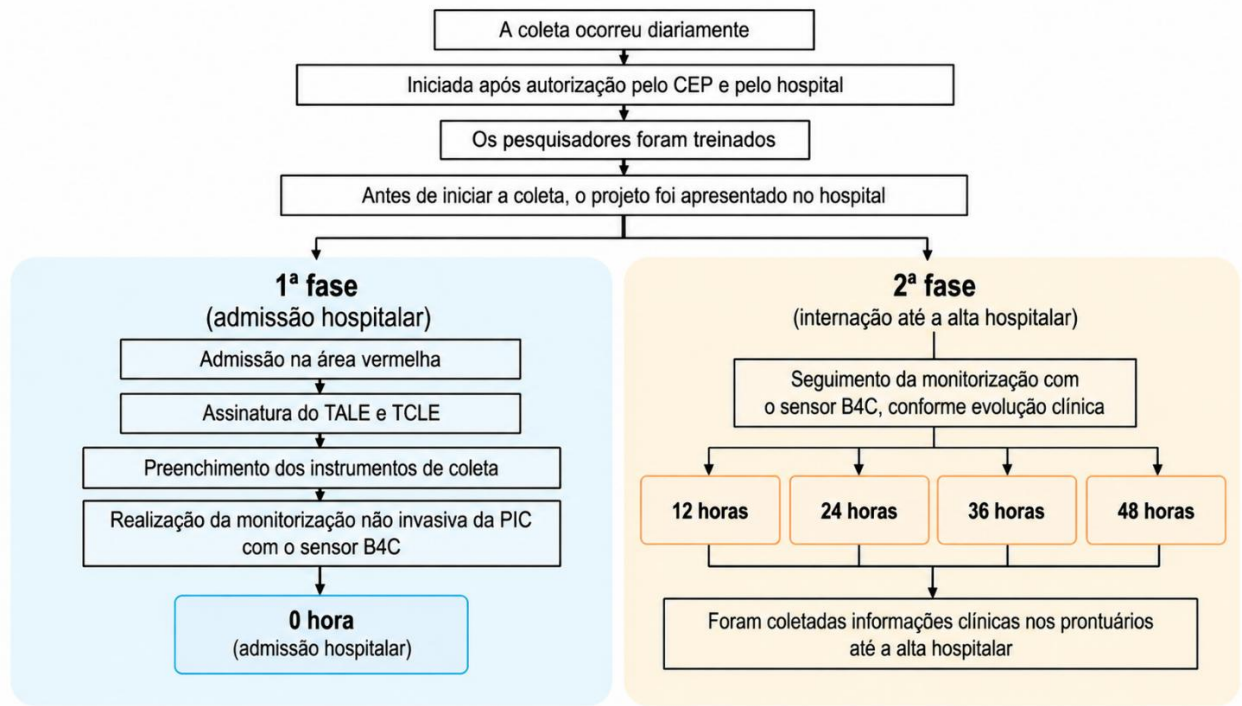


Figura 11 - Fluxograma da coleta de dados.

Legenda: CEP- Comitê de Ética em Pesquisa; TALE- Termo de Assentimento Livre e Esclarecido; TCLE- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido; PIC- Presão Intracraniana; B4C- sensor Brain 4 Care.

4.6 Análise dos dados

Os dados coletados foram inseridos na plataforma *Research Electronic Data Capture* (REDCap) e posteriormente foram exportados para planilhas eletrônicas no Microsoft Excel 365, sendo analisados por um profissional estatístico. As estatísticas descritivas (frequência absoluta e relativa, média, desvio padrão e variação) foram calculadas para todas as variáveis, com o objetivo de caracterizar a amostra. As variáveis categóricas foram apresentadas em porcentagens, enquanto as variáveis numéricas são descritas por meio de média, mediana, desvio padrão, valores mínimos e máximos. A distribuição espacial dos casos foi apresentada por meio de mapa temático, considerando o município de ocorrência do TCE grave.

A capacidade discriminatória dos parâmetros obtidos pelo Brain4Care (P2/P1 e TTP) para identificação de sinais sugestivos de HIC na TC de crânio da admissão, 24h e/ou 48h após o TCE foi avaliada por meio da análise da curva *Receiver Operating Characteristic* (ROC). Foram calculados a área sob a curva (*Area Under the Curve* – AUC), ponto de corte (*cut-*

off), sensibilidade, especificidade e índice de Youden, utilizando os achados tomográficos como referência. Adicionalmente, foram realizadas análises estratificadas segundo o número de sinais tomográficos sugestivos de HIC, considerando pacientes com apenas um achado e aqueles com dois ou mais, a fim de avaliar o desempenho discriminativo dos parâmetros em diferentes condições tomográficas.

Para análise da associação entre os parâmetros do Brain4Care categorizados e a presença de sinais sugestivos de HIC na TC de crânio, foram utilizados testes de associação entre variáveis categóricas. A razão P2/P1 foi categorizada em: alterada (<0,65), normal (0,65–0,99), em alteração (1,00–1,20) e alterada (>1,20). O TTP foi categorizado em: normal (<0,20 segundos), em alteração (0,20–0,25 segundos) e alterado (>0,25 segundos).

A evolução longitudinal dos parâmetros P2/P1 e TTP durante as primeiras 48 horas após a admissão foi avaliada por meio do teste de Friedman, considerando as medidas seriadas realizadas nos diferentes momentos de acompanhamento. Adicionalmente, foi aplicado modelo linear misto para avaliar os efeitos do tempo, da presença de sinais sugestivos de HIC na TC e da interação entre tempo e HIC sobre os parâmetros avaliados. As médias estimadas dos parâmetros P2/P1 e TTP foram calculadas de acordo com o tempo de avaliação e a presença ou ausência de sinais sugestivos de HIC. Foram realizadas comparações múltiplas *post hoc* para identificar diferenças específicas entre os momentos de avaliação.

O nível de significância estatística adotado foi de 5% ($p < 0,05$).

4.7 Uso da Inteligência artificial (IA)

A inteligência artificial neste trabalho foi utilizada por meio das ferramentas ChatGPT, Gemini e Consensus, em etapas específicas do processo de elaboração do manuscrito. O ChatGPT e o Gemini foram utilizados como recursos auxiliares na edição textual, com o objetivo de aprimorar a clareza, a organização e a legibilidade da redação. O Consensus foi utilizado como ferramenta de apoio à busca e identificação de literatura científica relevante. Todo o texto foi revisado cuidadosamente e corrigidas as frases geradas pelas IAs garantindo a precisão, veracidade e validade do conteúdo.

4.8 Aspectos Éticos

A pesquisa foi aprovada foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Sergipe (UFS) no dia 03/06/2024 (CAEE: 78584024.3.1001.0217; Nº do parecer: 6.861.998), após a aprovação foi iniciada a coleta de dados no campo de pesquisa. O pesquisador principal esclareceu ao participante de pesquisa sobre o tema do estudo, os objetivos, metodologia aplicada, riscos e benefícios, desistência e outras eventuais dúvidas que os participantes e/ou familiares tenham quanto a participação na pesquisa. A participação na pesquisa foi condicionada à concordância dos participantes por meio de assinatura do TCLE (Apêndice B, C e D) e TALE para os participantes com idade entre 15 a 17 anos (Apêndice E, F e G). O TCLE e o TALE foi assinado pelo participante de pesquisa e/ou familiar responsável em duas vias e rubricadas em todas as páginas, após o aceite em participar do estudo voluntariamente. Todas as vias do TCLE possuem informações quanto ao endereço e contato telefônico dos responsáveis pela pesquisa e do comitê de ética. A primeira via assinada foi entregue ao participante da pesquisa. Todos os questionários e a segunda via do TCLE e TALE estão arquivados pelo pesquisador por um período de cinco anos. Ressalta-se que os questionários não foram preenchidos com dados de identificação pessoal do participante da pesquisa.

5. RESULTADOS

5 RESULTADOS

Durante o período de agosto de 2024 a março de 2026 foram admitidos na área vermelha do HUSE 292 pacientes com diagnóstico de TCE grave. Destes, 220 pacientes foram incluídos na pesquisa por atenderem aos critérios de elegibilidade. Foram excluídos do estudo 72 pacientes por apresentarem história prévia de TCE e/ou AVC (n= 9), TCE leve ou moderado (n= 2), óbito na admissão (n= 5), tempo de trauma superior a 12 horas (n=6), ausência da realização da monitorização com B4C na admissão (n= 5) e dados ausentes que comprometem responder os objetivos da pesquisa (n=22) (Figura 12).

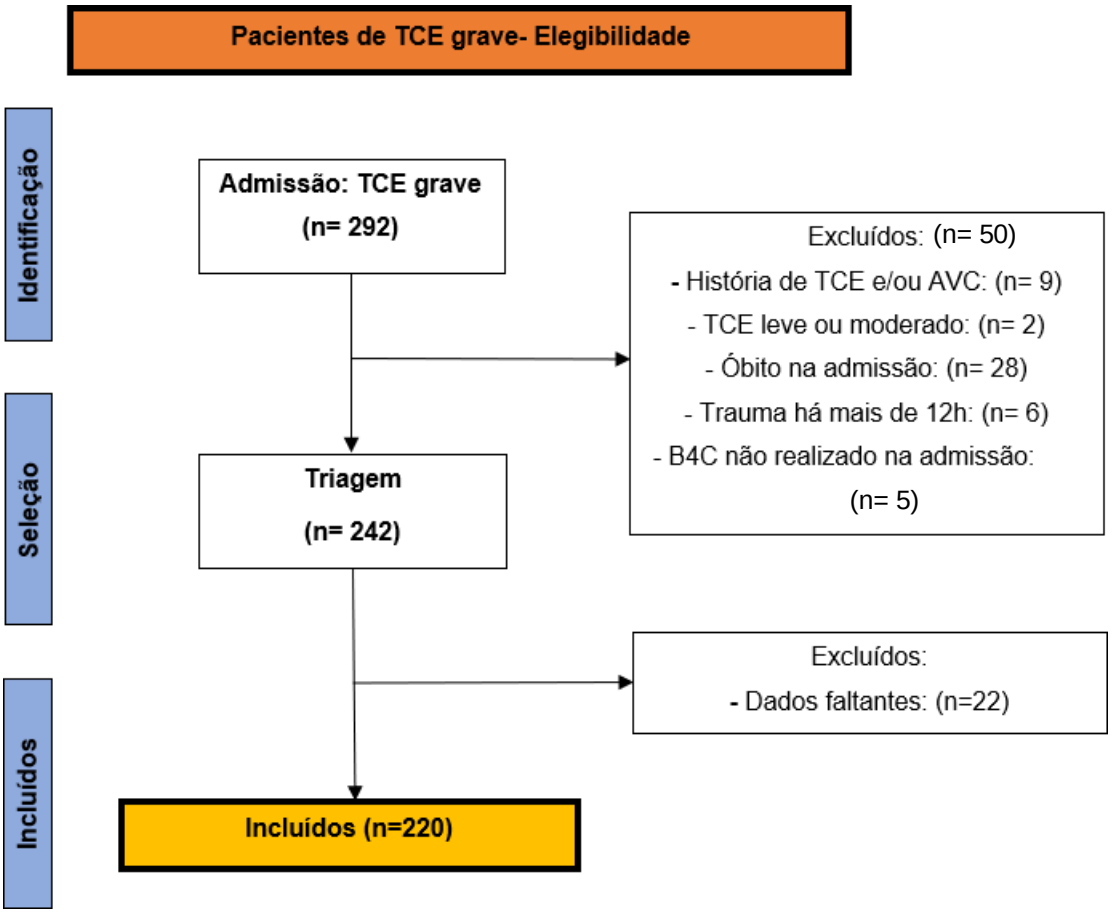


Figura 12 - Descrição da elegibilidade dos pacientes do estudo. Aracaju, 2026.

Legenda: TCE= Trauma Cranioencefálico; AVC= Acidente Vascular Cerebral; B4C= Sensor Brain4Care.

As variáveis apresentadas na Tabela 1 evidencia o perfil sociodemográfico dos pacientes de TCE grave incluídos no estudo. Os dados mostram uma predominância de pacientes do sexo masculino (90,5%), com idade média foi de 35,9 ± 15,9 anos, com mediana de 34,5 anos (AIQ: 20,2) e de indivíduos classificados como pardos (56,4%).

Tabela 1- Características sociodemográficas dos pacientes de trauma cranioencefálico admitidos no hospital.

Características	Total N= 220
Idade	
Média (DP)	35,9 (15,9)
Mediana [AIQ]	34,5 [20,2]
Gênero, n (%)	
Masculino	199 (90,5)
Feminino	21 (9,5)
Raça/cor, n (%)	
Branco	37 (16,8)
Preto	47 (21,4)
Pardo	124 (56,4)
Amarelo	1 (0,5)
Não registrado	11 (5,0)

Legenda: N= número total da amostra; n(%) = frequência absoluta (frequência relativa); DP= desvio padrão; AIQ= amplitude interquartílica.

A Tabela 2 demonstra predominância de traumas ocorridos no período noturno (31,8%) e de lesões contusas (74,5%). Os acidentes de transporte representaram a principal causa de trauma (73,6%), com destaque para os acidentes motociclísticos (60,9%). Além disso, sinais de ingestão alcoólica estiveram presentes em 34,1% dos casos, enquanto o uso de capacete foi relatado em apenas 9,5% dos motociclistas. Em relação aos tempos assistenciais, o intervalo médio entre o trauma e a chegada ao hospital foi de 75,3 ± 87,5 minutos, com tempo total médio de atendimento de 1,2 ± 1,5 horas.

Tabela 2- Mecanismo do trauma, descrição do atendimento pré-hospitalar (APH) e do trauma cranioencefálico dos pacientes admitidos no hospital.

Variáveis	Valores
Turno do trauma	
Manhã (7h – 12h59min), n (%)	38 (17,3)
Tarde (13h – 18h59min), n (%)	59 (26,8)
Noite (19h – 23h59min), n (%)	70 (31,8)

Madrugada (00h – 06h59min), n (%)	53 (24,1)
Tipo de lesão	
Contusa, n (%)	164 (74,5)
Penetrante, n (%)	5 (2,3)
Cortocontusa, n (%)	51 (23,2)
Tipo de lesão penetrante	
Arma de fogo, n (%)	4 (1,8)
Arma branca, n (%)	1 (0,5)
Acidente de transporte	
Sim, n (%)	162 (73,6)
Não, n (%)	58 (26,4)
Mecanismo do trauma	
Acidente de carro, n (%)	13 (5,9)
Acidente motociclístico, n (%)	134 (60,9)
Atropelamento de pedestre por veículo, n (%) automotor, n (%)	5 (2,3)
Atropelamento de pedestre por motocicleta, n (%)	6 (2,7)
Queda acima de 2 metros, n (%)	10 (4,5)
Queda do mesmo nível, n (%)	11 (5,0)
Ferimento por arma branca, n (%)	2 (0,9)
Agressão física, n (%)	22 (10,0)
Acidente de trabalho, n (%)	1 (0,5)
Outro, n (%)	16 (7,3)
Uso de capacete	
Sim, n (%)	21 (9,5)
Não, n (%)	96 (43,6)
Estava em uso, mas saiu no momento do acidente, n (%)	8 (3,6)
Não informado/Não identificado, n (%)	4 (1,8)
Não se aplica, n (%)	91 (41,4)
Sinais de ingestão alcoólica	
Sim, n (%)	75 (34,1)
Não, n (%)	136 (61,8)

Não teve relato de ingestão alcoólica, n (%)	9 (4,1)
Tipo de transporte utilizado no APH	
SAMU, n (%)	202 (91,8)
Meios próprios, n (%)	2 (0,9)
Polícia, n (%)	6 (2,7)
Não informado/Não identificado, n (%)	9 (4,1)
Tempos assistenciais	
Tempo até a chegada do APH (min), média ± DP	9,1 ± 16,5
Tempo gasto na cena (min), média ± DP	10,2 ± 19,1
Tempo de transporte até o hospital (min), média ± DP	22,6 ± 41,4
Tempo do trauma até a chegada ao hospital (min), média ± DP	75,3 ± 87,5
Tempo total (horas), média ± DP	1,2 ± 1,5 / 0,9 (1,9)

Legenda: n(%)= frequência absoluta (frequência relativa); DP= desvio padrão; APH= Atendimento pré-hospitalar; SAMU= Serviço de Atendimento Móvel de Urgência.

A Figura 13 apresenta a distribuição espacial dos casos de TCE segundo o município de ocorrência do trauma em Sergipe. Observa-se maior concentração de casos em Aracaju, com 33 ocorrências, seguido por Itabaiana, com 13, Lagarto, com 12, e Nossa Senhora da Glória, Nossa Senhora do Socorro e Tobias Barreto, com 10 casos cada.

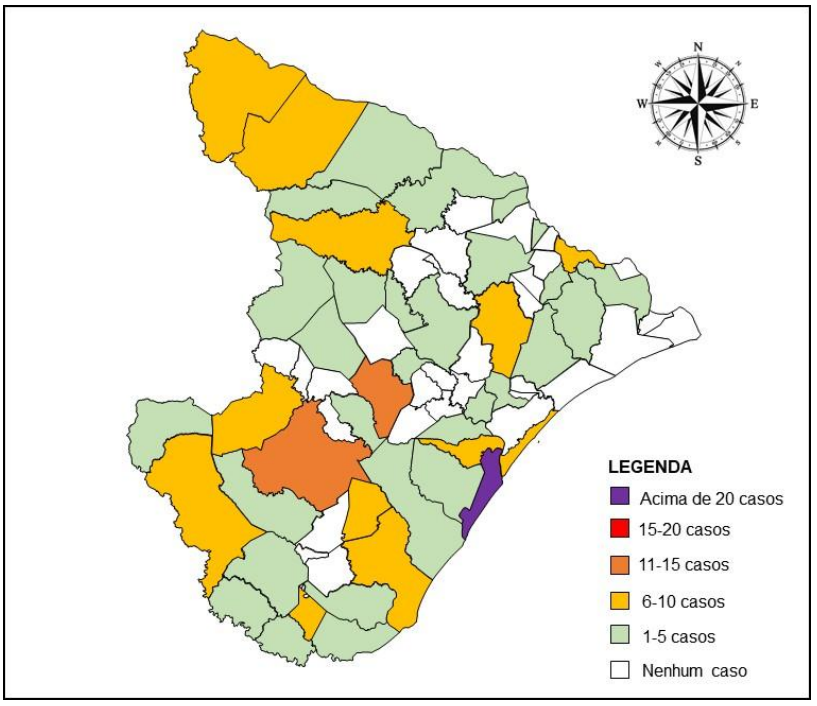


Figura 13- Distribuição espacial dos casos de TCE grave.

A Tabela 3 apresenta a comparação dos parâmetros clínicos avaliados na cena do trauma e na admissão hospitalar. Observou-se, na cena do trauma, menor valor médio da ECG pupilar (2,0 ± 3,0), menor frequência de anisocoria (12,7%), além de menor utilização de suporte terapêutico, com uso de sedação em 46,8% e drogas vasoativas em 9,5% dos pacientes. Na admissão hospitalar, verificou-se aumento discreto da ECG pupilar (2,2 ± 1,3), maior frequência de anisocoria (20,5%) e incremento das intervenções terapêuticas, com necessidade de sedação em 91,4% e uso de drogas vasoativas em 25,5% dos casos.

Tabela 3 - Caracterização clínica dos pacientes de TCE grave na cena e na admissão hospitalar.

Variáveis	Valores
Avaliação neurológica	
ECG pupilar na cena, média ± DP	2,0 ± 3,0
ECG pupilar na admissão, média ± DP	2,2 ± 1,3
Simetria pupilar na cena	
Isocóricas, n (%)	75 (34,1)
Anisocóricas, n (%)	28 (12,7)
Não informado, n (%)	117 (53,2)
Simetria pupilar na admissão	
Isocóricas, n (%)	159 (72,3)
Anisocóricas, n (%)	45 (20,5)
Não informado, n (%)	16 (7,3)
Sedação no APH, n (%)	**103 (46,8)**
Uso de drogas vasoativas no APH, n (%)	**21 (9,5)**
Sedação na admissão, n (%)	**201 (91,4)**
Uso de drogas vasoativas na admissão, n (%)	**56 (25,5)**
Ventilação mecânica na admissão, n (%)	**215 (97,7)**

Legenda: DP = desvio-padrão; APH = atendimento pré-hospitalar; ECG = Escala de Coma de Glasgow.

A Figura 14 apresenta a distribuição dos achados tomográficos segundo o momento da avaliação. Na admissão (n=220), os achados tomográficos mais frequentes na admissão hospitalar foram hemorragia subaracnoidea (34,1%) e contusão cerebral (25,9%), seguidos de desvio das estruturas da linha média (13,2%), apagamento dos sulcos corticais (5,9%), edema cerebral (5,5%) e apagamento das cisternas da base

(4,5%). No primeiro dia de acompanhamento (n=27), predominaram a hemorragia subdural (59,3%), a contusão cerebral (29,6%) e a hemorragia subaracnoidea (25,9%). No segundo dia (n=9), os achados mais frequentes foram hematoma epidural e contusão cerebral, ambos presentes em 33,3% dos pacientes, seguidos de hemorragia subdural e hemorragia intraparenquimatosa (22,2% cada).

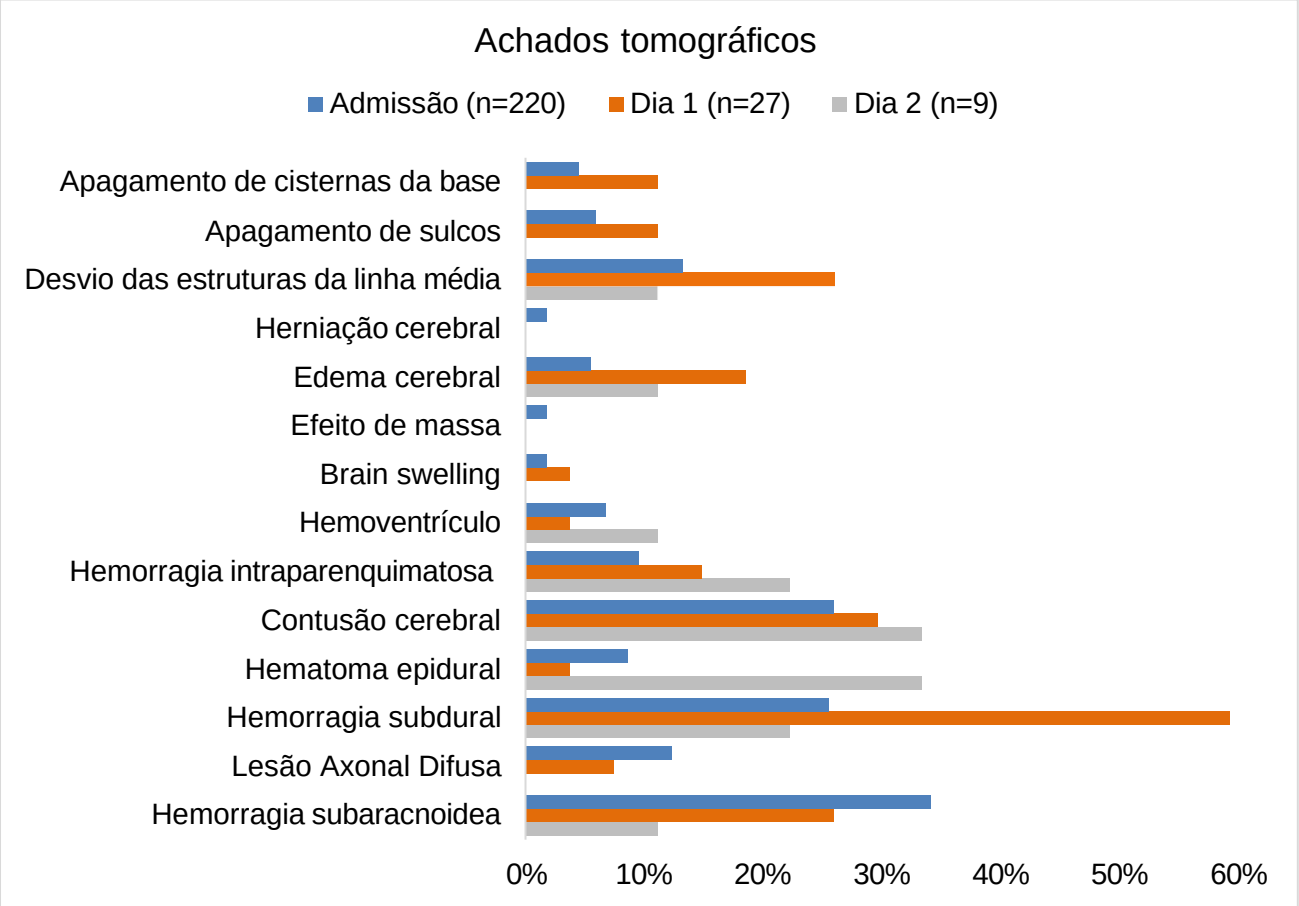


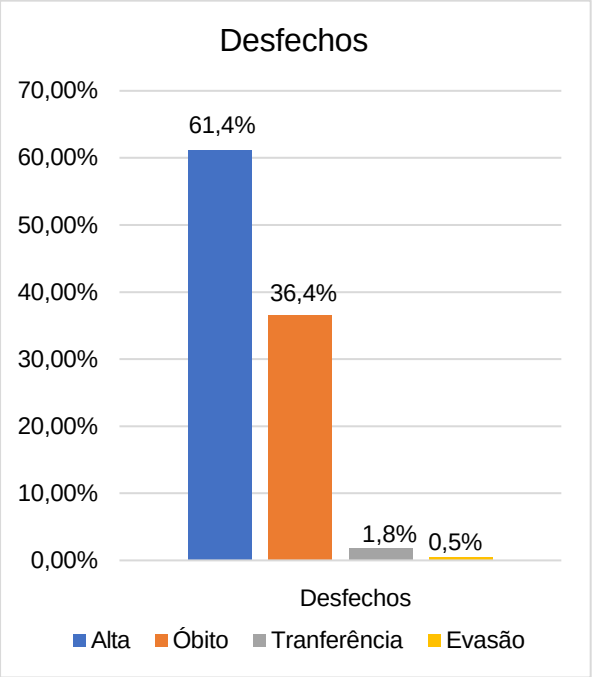
Figura 14 - Distribuição percentual dos achados tomográficos em pacientes com traumatismo cranioencefálico grave, segundo o momento da avaliação.

Legenda: (n)%= (frequência absoluta) frequência relativa.

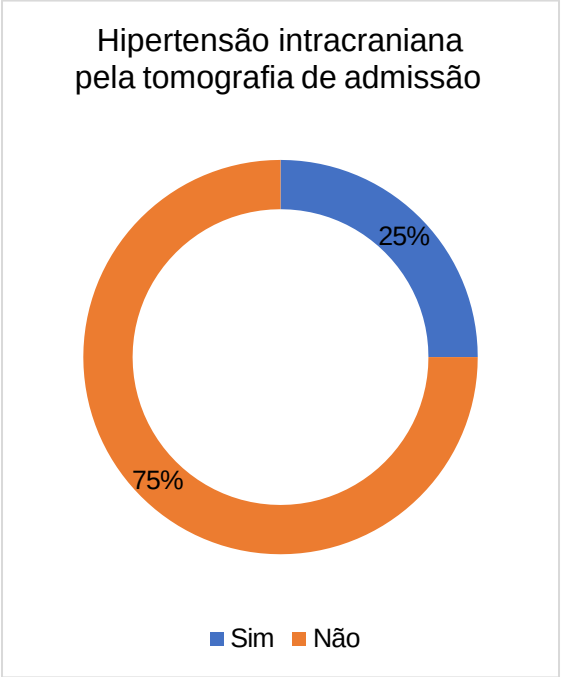
Os dados apresentados no conjunto de gráficos da Figura 15 detalham a evolução clínica dos pacientes de TCE grave. No que se refere ao desfecho clínico (Gráfico A), a maioria dos indivíduos evoluiu para alta hospitalar (61,4%) e 36,4% para óbito hospitalar. Quanto à HIC (Gráfico B), exatamente 25,0% dos pacientes apresentaram TC sugestiva de HIC, segundo os critérios tomográficos adotados. O tempo de internação hospitalar (Gráfico C) revelou que o período médio de hospitalização até a alta foi de 18,8

dias (DP = 29,9), ao passo que o tempo médio decorrido até a ocorrência do óbito foi substancialmente menor, 4,8 dias (DP = 12,1).

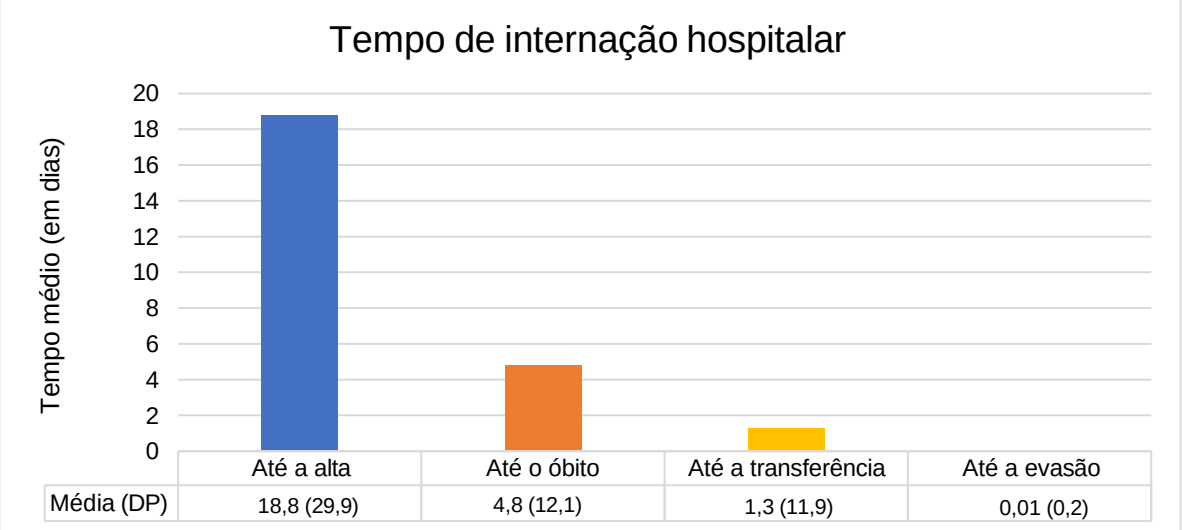
(A)



(B)



(C)



	Até a alta	Até o óbito	Até a transferência	Até a evasão
Média (DP)	18,8 (29,9)	4,8 (12,1)	1,3 (11,9)	0,01 (0,2)

Figura 15 - Descrição das variáveis clínicas dos pacientes de TCE grave internados.

Legenda: DP= Desvio padrão.

Na admissão hospitalar, os parâmetros derivados da morfologia da onda de pulso intracraniana apresentaram distribuição semelhante quanto às categorias de classificação. Para a razão P2/P1, 38,6% dos pacientes apresentaram valores

classificados como normais e 16,4% como “em alteração”, enquanto 45,0% apresentaram valores classificados como alterados. Em relação ao TTP, 37,7% apresentaram valores normais, 16,4% foram classificados como “em alteração” e 45,9% como alterados. Dessa forma, quando considerados separadamente, 55,0% dos pacientes não apresentavam P2/P1 classificado como alterado e 54,1% não apresentavam TTP classificado como alterado no momento da admissão (Tabela 4).

Tabela 4 - Distribuição dos parâmetros P2/P1 e TTP segundo a classificação na admissão hospitalar de pacientes com TCE grave (n = 220).

Parâmetro	Classificação	n	%
P2/P1	Alterado (< 0,65)	31	14,1
	Normal (0,65–0,99)	85	38,6
	Em alteração (1,00–1,20)	36	16,4
	Alterado (> 1,20)	68	30,9
TTP	Normal (<0,20)	83	37,7
	Em alteração (0,20-0,25)	36	16,4
	Alterado (>0,25)	101	45,9

Legenda: n= frequência absoluta; %= frequência relativa; P2/P1= razão entre os picos P2 e P1 da onda de complacência intracraniana; TTP= *time-to-peak* (tempo até o pico máximo da onda).

A análise da curva ROC (Figura 16) para predição de HIC por meio da monitorização intracraniana não invasiva por morfologia de onda de pulso intracraniano utilizando o sensor B4C demonstrou que a relação P2/P1 apresentou melhor desempenho moderado em 24 horas (AUC=0,521), com ponto de corte ≥1,305 e maior índice de *Youden* (0,250) para sinais de HIC na TC (Tabela 5). Na análise do *time to peak* (TTP) evidenciamos que o melhor desempenho foi na avaliação durante a admissão hospitalar (AUC=0,586) e em 12 horas (AUC=0,556), sendo o ponto de corte ≥0,266 o que apresentou melhor equilíbrio entre sensibilidade de 43,1% e especificidade de 70,2% (Tabela 5).

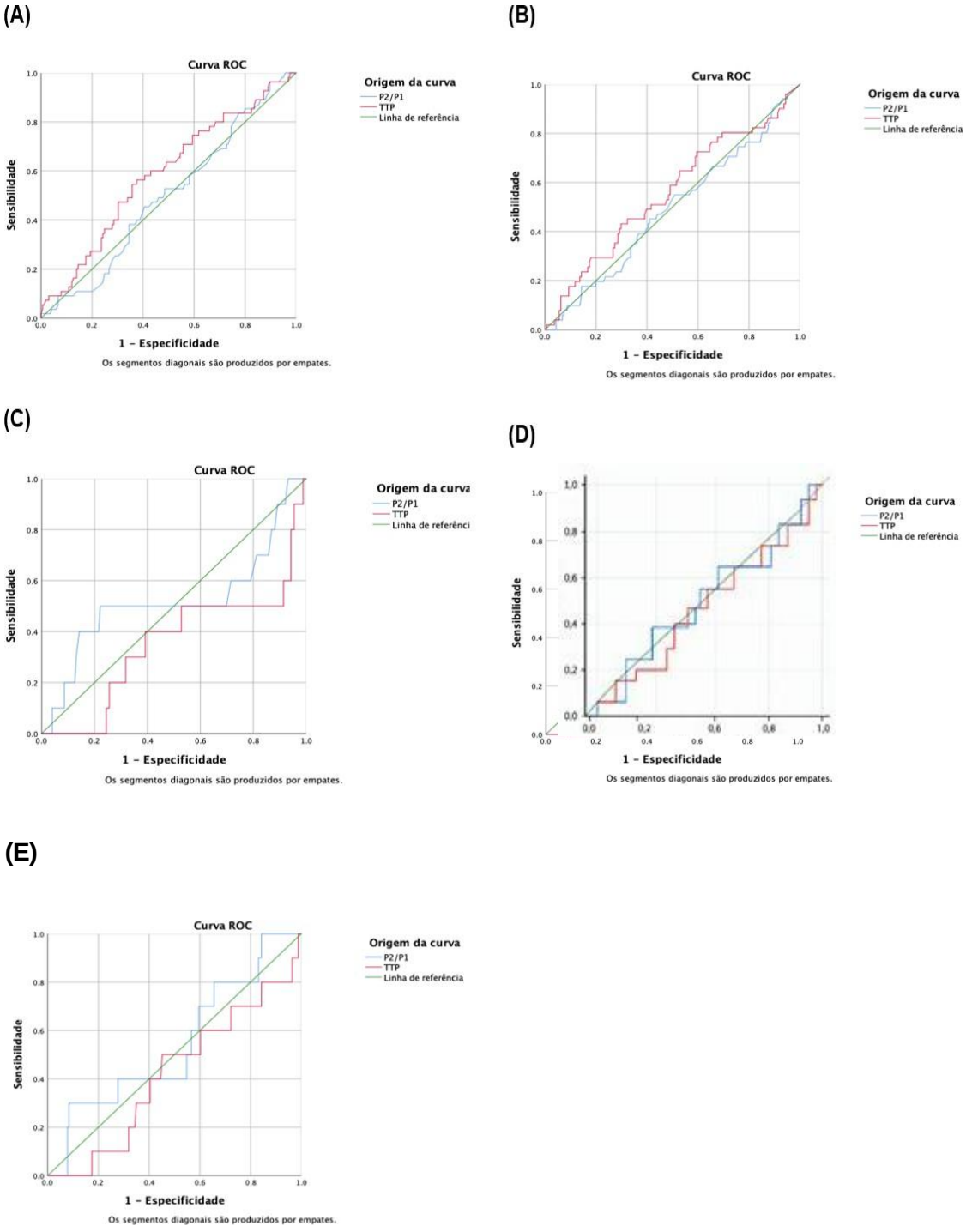


Figura 16- Análise discriminativa (curva ROC) da razão de P2/P1e do TTP para sinais na de HIC nas primeiras 48 horas após o TCE grave. (A). avaliação do B4C na admissão comparando com a TC de crânio da admissão; (B). avaliação do B4C às 12 horas após a admissão comparação com a TC de crânio da admissão; (C). avaliação do B4C 24 horas após a admissão comparação com a TC de crânio realizada 24 horas; (D). avaliação do B4C 36 horas após a admissão comparação com a TC de crânio realizada 24h após a

admissão hospitalar; (E). avaliação do B4C 48 horas após a admissão comparação com a TC de crânio realizada 48h após a admissão hospitalar.

Tabela 5**-** Capacidade discriminativa da razão P2/P1 e do TTP para sinais na tomografia de crânio de hipertensão intracraniana nas primeiras 48 horas após o TCE grave.

Momento	Variável	AUC	Cut-off	Sensibilidade	Especificidade	Índice de Youden
Admissão	P2/P1	0,496	≥1,06	45,5%	59,4%	0,048
	TTP	0,586	≥0,263	56,4%	62,4%	0,188
12 horas	P2/P1	0,488	≥0,985	45,1%	57,1%	0,022
	TTP	0,556	≥0,266	43,1%	70,2%	0,133
24 horas	P2/P1	0,521	≥1,305	50,0%	75,0%	0,250
	TTP	0,352	≥0,262	40,0%	60,8%	0,008
36 horas	P2/P1	0,461	≤1,026	60,0%	55,1%	0,151
	TTP	0,468	≥0,076	100%	9,3%	0,093
48 horas	P2/P1	0,544	≥1,00	50,0%	44,6%	0,054
	TTP	0,419	≥0,247	50,0%	52,4%	0,024

Legenda: AUC= área sob a curva; Cut-off= ponto de corte utilizado para discriminação diagnóstica; P2/P1= razão entre os picos P2 e P1 da onda de complacência intracraniana; TCE = trauma cranioencefálico; TTP= *time-to-peak* (tempo até o pico máximo da onda).

A análise da capacidade discriminativa da razão P2/P1 e do TTP, segundo o número de achados da TC de crânio sugestivos de HIC, demonstrou desempenho limitado em ambos os grupos, com AUCs variando de 0,512 a 0,594. O TTP apresentou maior AUC entre os pacientes com apenas um achado (0,594), enquanto a razão P2/P1 apresentou maior AUC no grupo com dois ou mais achados (0,558) (Tabela 6).

Tabela 6- Capacidade discriminativa da razão P2/P1 e do TTP segundo o número de sinais tomográficos sugestivos de hipertensão intracraniana após o TCE grave.

Grupo	Variável	AUC	Cut-off	Sensibilidade	Especificidade	Índice de Youden
1 achado	P2/P1	0,512	≥0,870	67,6%	41,5%	0,091
	TTP	0,594	≥0,264	59,5%	60,6%	0,201
2 ou mais achados	P2/P1	0,558	≤0,854	55,6%	65,3%	0,209
	TTP	0,530	≥0,289	44,4%	67,3%	0,118

Legenda: AUC= área sob a curva; Cut-off= ponto de corte utilizado para discriminação diagnóstica; P2/P1= razão entre os picos P2 e P1 da onda de complacência intracraniana; TCE = trauma cranioencefálico; TTP= *time-to-peak* (tempo até o pico máximo da onda).

A tabela 7 apresenta a análise de associação entre presença de sinais de HIC na TC de crânio e os valores de referência categorizados da complacência intracraniana avaliados pelo B4C. Observa-se que os valores categorizados de P2/P1 e TTP não apresentaram associação significativamente estatística com sinais de hipertensão intracraniana na admissão e após 12 horas, embora tenha sido observada discreta tendência de maior frequência de alterações nas primeiras 12 horas em pacientes com HIC. Em relação ao TTP, observou-se ausência de significância estatística global no teste do qui-quadrado.

Tabela 7- Associação entre classificações categóricas de TTP e P2/P1 com a tomografia de crânio da admissão hospitalar com sinais de hipertensão intracraniana.

Variável	Tempo	Categoria	HIC Sim n (%)	HIC Não n (%)	p
TTP	Admissão	Normal (<0,20)	16 (29,1)	67 (40,6)	0,108
		Em alteração (0,20–0,25)	7 (12,7)	29 (17,6)	
		Alterada (>0,25)	32 (58,2)	69 (41,8)	
	12h	Normal (<0,20)	19 (37,3)	76 (47,2)	0,402
		Em alteração (0,20–0,25)	9 (17,6)	28 (17,4)	

Variável	Tempo	Categoria	HIC Sim n (%)	HIC Não n (%)	p
		Alterada (>0,25)	23 (45,1)	57 (35,4)	
	24h	Normal (<0,20)	5 (50,0)	80 (42,1)	0,848
		Em alteração (0,20–0,25)	1 (10,0)	29 (15,3)	
		Alterada (>0,25)	4 (40,0)	81 (42,6)	
	36h	Normal (<0,20)	4 (40,0)	69 (37,9)	0,780
		Em alteração (0,20–0,25)	1 (10,0)	34 (18,7)	
		Alterada (>0,25)	5 (50,0)	79 (47,4)	
	48h	Normal (<0,20)	0 (0)	81 (43,6)	0,198
		Em alteração (0,20–0,25)	1 (50,0)	22 (11,8)	
		Alterada (>0,25)	1 (50,0)	83 (44,6)	
P2/P1	Admissão	Alterada (<0,65)	7 (12,7)	24 (14,5)	0,626
		Normal (0,65–0,99)	21 (38,2)	64 (38,8)	
		Em alteração (1,00–1,20)	12 (21,8)	24 (14,5)	
		Alterada (>1,20)	15 (27,3)	53 (23,1)	
	12h	Alterada (<0,65)	12 (23,5)	25 (15,5)	0,156
		Normal (0,65–0,99)	16 (31,4)	70 (43,5)	
		Em alteração (1,00–1,20)	12 (23,5)	23 (14,3)	
		Alterada (>1,20)	11 (21,6)	43 (26,7)	
	24h	Alterada (<0,65)	0 (0,0)	7 (4,0)	0,379
		Normal (0,65–0,99)	5 (50,0)	67 (38,1)	
		Em alteração (1,00–1,20)	0 (0,0)	35 (19,9)	
		Alterada (>1,20)	5 (50)	67 (38,1)	
	36h	Alterada (<0,65)	0 (0,0)	11 (6,7)	0,772
		Normal (0,65–0,99)	5 (50,0)	62 (37,6)	
		Em alteração (1,00–1,20)	1 (10,0)	21 (12,7)	
		Alterada (>1,20)	4 (40,0)	75 (43,0)	
	48h	Alterada (<0,65)	0 (0,0)	9 (5,2)	0,585

Variável	Tempo	Categoria	HIC Sim n (%)	HIC Não n (%)	p
		Normal (0,65–0,99)	0 (0,0)	64 (37,0)	
		Em alteração (1,00–1,20)	1 (50,0)	32 (18,5)	
		Alterada (>1,20)	1 (50,0)	68 (39,3)	

Legenda: HIC= hipertensão intracraniana identificada na Tomografia de crânio da admissão hospitalar e 24 horas após a lesão; TTP= *time-to-peak* (tempo até o pico máximo da onda); P2/P1= razão entre os picos P2 e P1 da onda de complacência intracraniana; p global= teste do qui-quadrado de Pearson/Fisher; p tendência linear= teste de associação linear por linear.

Os valores da razão P2/P1 apresentaram aumento descritivo ao longo das primeiras 48 horas, passando de 0,991 ± 0,376 na admissão para 1,101 ± 0,327 em 48 horas (Tabela 8). O teste de Friedman identificou diferença estatisticamente significativa entre os momentos avaliados ($\chi^2(4) = 19,123$; $p = 0,001$). Em relação ao TTP, observou-se redução descritiva dos valores médios, passando de 0,270 ± 0,193 na admissão para 0,245 ± 0,161 em 48 horas, sem diferença estatisticamente significativa entre os momentos avaliados (p = 0,303).

Tabela 8- Comportamento dos parâmetros P2/P1 e TTP durante as primeiras 48 horas de monitorização intracraniana não invasiva.

	Tempo	Média ± DP	Mínimo–Máximo	χ^2 de Friedman	gl	p
P2/P1	Admissão	0,991 ± 0,376	0,00–2,95			
	12h	1,015 ± 0,371	0,00–2,46			
	24h	1,092 ± 0,315	0,18–1,94	19,123	4	**0,001**
	36h	1,100 ± 0,329	0,30–2,30			
	48h	1,101 ± 0,327	0,41–2,70			
TTP	Admissão	0,270 ±0,193	0,0 – 0,90			
	12h	0,239 ± 0,175	0,0 – 0,87			
	24h	0,227 ± 0,155	0,0 – 0,78	7,196	6	0,303
	36h	0,248 ± 0,170	0,0 – 0,80			
	48h	0,245 ± 0,161	0,0 – 0,81			

Legenda: DP: desvio padrão; χ^2: qui-quadrado; gl: graus de liberdade; p: nível de significância estatística; P2/P1: razão entre os picos P2 e P1 da onda de complacência intracraniana.

A análise da Tabela 9 mostra que o B4C não foi significativamente associado ao longo das 48 horas após o trauma (F=1,549; p=0,200), com os sinais de HIC na TC de crânio (F=0,308; p=0,579) ou da interação combinada do tempo de avaliação do B4C × sinais de HIC (F=0,123; p=0,947). Quando analisamos o TTP, observou-se efeito significativo do tempo (F=2,479; p=0,043), sem associação significativa com sinais de HIC avaliada pela TC (F=0,312; p=0,576) ou interação tempo × HIC (F=0,811; p=0,518).

Tabela 9 - Relação entre a evolução dos parâmetros P2/P1 e TTP e a presença de sinais tomográficos sugestivos de hipertensão intracraniana durante as primeiras 48 horas.

Efeito	**SQ**		**gl**		**F**		**p**		**η² parcial**	
	P2/P1	**TTP**	**P2/P1**	**TTP**	**P2/P1**	**TTP**	**P2/P1**	**TTP**	**P2/P1**	**TTP**
Tempo	0,525	0,263	3	4	1,549	2,479	0,200	**0,043**	0,006	0,013
Paciente	0,052	1,314	1	1	0,462	49,426	0,497	**<0,001**	0,001	0,063
Sinais de HIC	0,035	0,008	1	1	0,308	0,312	0,579	0,576	<0,001	0,000
Tempo × Sinais de HIC	0,042	0,086	3	4	0,123	0,811	0,947	0,518	0,001	0,004

Legenda: SQ= soma dos quadrados; gl= graus de liberdade; F= estatística F do modelo; p= nível de significância estatística; η² parcial= tamanho de efeito parcial; P2/P1= razão entre os picos P2 e P1 da onda de complacência intracraniana; TTP= *time-to-peak*; HIC: hipertensão intracraniana.

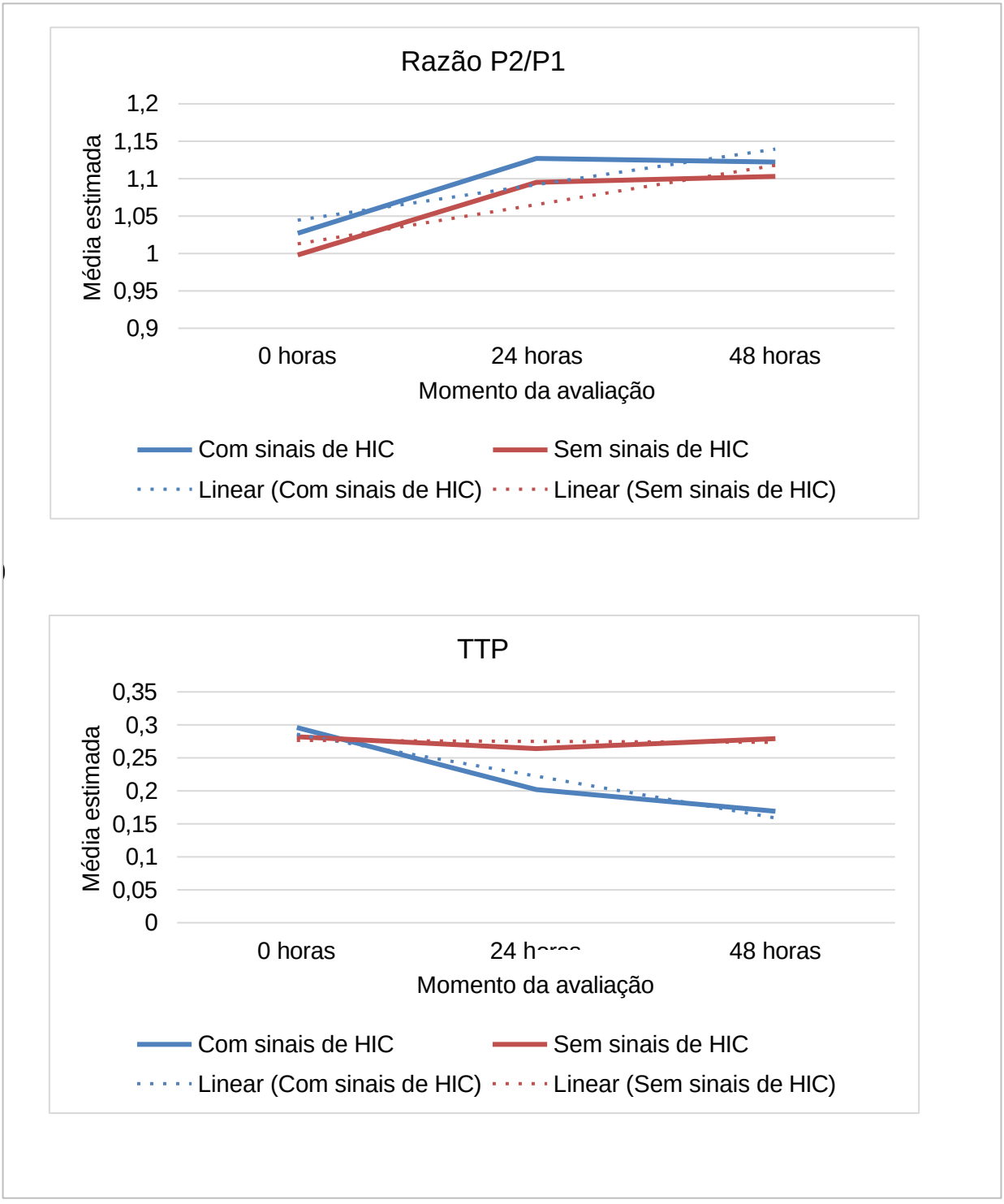
Os valores médios estimados de P2/P1 permaneceram relativamente estáveis ao longo das avaliações seriadas, com discreta elevação progressiva durante o seguimento. Em relação ao TTP, observou-se redução dos valores médios estimados ao longo das primeiras 48 horas, sugerindo variação longitudinal do parâmetro durante o período inicial de internação (Tabela 10). As tendências observadas podem ser visualizadas de forma mais clara nos gráficos da Figura 17.

Tabela 10 - Médias estimadas dos parâmetros P2/P1 e TTP ao longo das primeiras 48 horas, em pacientes com e sem sinais tomográficos sugestivos de hipertensão intracraniana.

Sinais de HIC	Tempo	Média estimada		EP		IC95%	
		P2/P1	TTP	P2/P1	TTP	P2/P1	TTP
Sim	0h	1,027	0,296	0,046	0,022	0,937 - 1,12	0,252 - 0,341
Não	0h	0,998	0,282	0,026	0,012	0,947 - 1,05	0,257 - 0,307
Sim	24h	1,127	0,202	0,106	0,051	0,919 - 1,34	0,100 - 0,304
Não	24h	1,095	0,264	0,025	0,012	1,046 - 1,15	0,240 - 0,289
Sim	48h	1,122	0,169	0,195	0,094	0,740 - 1,50	-0,015 - 0,355
Não	48h	1,103	0,279	0,026	0,012	1,053 - 1,15	0,254 - 0,303

Legenda: P2/P1= razão entre os picos P2 e P1 da onda de complacência intracraniana; TTP= *time-to-peak* (tempo até o pico máximo da onda); EP= erro padrão; IC95%: intervalo de confiança de 95%.

(A)



(B)

Figura 17- Evolução longitudinal dos valores estimados de P2/P1 (A) e TTP (B) segundo presença de sinais de HIC.

Legenda: A= Gráfico dos valores estimados de P2/P1; B= Gráfico dos valores estimados de TTP.

A Tabela 11 permite avaliar a dinâmica temporal dos dados encontrados na avaliação da razão P2/P1 e TTP e discriminar em quais momentos específicos ocorreram mudanças significativas dos dados. Nas comparações múltiplas *post hoc*, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os diferentes tempos de avaliação e os parâmetros do B4C (P2/P1 e TTP). Esses achados sugerem uma estabilidade relativa de ambos os parâmetros ao longo do seguimento longitudinal das medidas.

Tabela 11 - Comparação dos parâmetros P2/P1 e TTP entre os diferentes momentos de monitorização intracraniana não invasiva.

Comparação	**Diferença média**		**EP**		**t**		**p ajustado (Holm)**	
	P2/P1	**TTP**	**P2/P1**	**TTP**	**P2/P1**	**TTP**	**P2/P1**	**TTP**
0h vs 24h	-0,099	0,056	0,061	0,029	-1,624	1,900	0,628	0,462
0h vs 48h	-0,100	0,065	0,102	0,049	-0,981	1,323	1,000	0,697
24h vs 48h	-0,001	0,009	0,113	0,054	-0,009	0,169	1,000	1,000

Legenda: P2/P1= razão entre os picos P2 e P1 da onda de complacência intracraniana; TTP= *time-to-peak* (tempo até o pico máximo da onda); EP= erro padrão; t= estatística t; p ajustado= valor de p ajustado pelo método de Holm ($p > 0,05$)

6. DISCUSSÃO

6 DISCUSSÃO

O presente estudo avaliou a monitorização intracraniana não invasiva por meio da análise da morfologia da onda de pulso, utilizando o sensor Brain4Care em pacientes com trauma cranioencefálico grave. O ineditismo desta pesquisa reside na utilização da tomografia computadorizada de crânio como método de referência, constituindo, até onde se tem conhecimento, o primeiro estudo a avaliar a capacidade dos parâmetros P2/P1 e TTP de discriminar sinais tomográficos sugestivos de hipertensão intracraniana. Diferentemente das pesquisas anteriores, predominantemente fundamentadas na comparação com a monitorização invasiva da PIC, este estudo adotou os critérios tomográficos padronizados pelo consenso B-ICONIC, contemplando uma abordagem aplicável a serviços nos quais a monitorização invasiva não está rotineiramente disponível. A partir dessa abordagem metodológica, o resultado de maior destaque foi a limitada capacidade discriminativa de ambos os parâmetros, com áreas sob a curva próximas de 0,50 para P2/P1 e desempenho discretamente superior do TTP em alguns momentos, sem associações estatisticamente significativas com os sinais tomográficos de HIC.

O perfil epidemiológico da coorte foi semelhante ao descrito na literatura nacional e internacional, com predominância de homens adultos jovens e elevada frequência de acidentes de transporte, especialmente os envolvendo motocicletas (Vieira *et al.,* 2016; Roepke et al., 2023; Haque, Moslem, Hossain, 2024). Esse padrão tem sido associado à maior exposição desse grupo a situações de risco no trânsito, incluindo o consumo de álcool durante a condução de veículos (Cruz-Garcinuño *et al.,* 2025). Nesse contexto, destacou-se a presença de sinais de ingestão alcoólica em 34,1% dos pacientes, percentual semelhante ao identificado em estudos anteriores, nos quais a frequência variou entre 30% e 50% (Weil, Corrigan, Karelina, 2018; Rogan *et al.,* 2021). Também foi observada baixa frequência de registro do uso de capacete entre os pacientes para os quais esse equipamento era aplicável. Em estudo brasileiro baseado nos dados do VIVA Inquérito, Souto *et al.* (2020) identificaram associação entre o uso de capacete e a redução de 76% na ocorrência de TCE e de 28% no desfecho composto de encaminhamento para outro hospital, internação ou óbito, reforçando sua importância na proteção dos motociclistas. Quanto à distribuição geográfica, houve maior concentração de casos em Aracaju, Itabaiana e Lagarto, importantes centros urbanos e regionais de Sergipe (IBGE, 2022). Embora

características populacionais e de mobilidade possam contribuir para essa distribuição, essa relação não foi investigada diretamente no presente estudo. Esses achados reforçam a importância de estratégias regionalizadas de prevenção do trauma, com ênfase na segurança viária, na redução do consumo de álcool associado à direção e no uso de equipamentos de proteção.

A mortalidade hospitalar observada nesta coorte (36,36%) foi elevada, porém compatível com aquela descrita em estudos envolvendo pacientes com TCE grave (Réa-Neto *et al.*,2023; Areas *et al.,* 2019). Bertotti *et al*. (2023), em estudo com 1.066 pacientes brasileiros com TCE grave, identificaram mortalidade hospitalar de 32,8%. Por sua vez, Pereira *et al.* (2024), em estudo realizado no Nordeste brasileiro, encontraram mortalidade estimada em 30 dias de 22,9%, identificando o TCE grave como preditor independente de óbito. Esses resultados evidenciam a elevada letalidade associada ao TCE grave e reforçam a necessidade de identificação precoce de alterações neurológicas potencialmente relacionadas à deterioração clínica.

Os pacientes que evoluíram para óbito apresentaram menor tempo de internação quando comparados aos sobreviventes. Esse achado deve ser interpretado considerando que pacientes com lesões neurológicas de maior gravidade podem evoluir precocemente para óbito, reduzindo, consequentemente, o tempo total de permanência hospitalar. Nesse contexto, as primeiras horas e dias após o TCE constituem um período crítico para identificação e prevenção de lesões cerebrais secundárias (Eghzawi *et al.,* 2024). Nessa mesma perspectiva, um estudo prospectivo multicêntrico realizado na África do Sul demonstrou que o maior incremento na taxa de mortalidade ocorre nas primeiras 48 horas, período em que a gravidade do TCE e da hemorragia intracraniana exerce maior impacto sobre o risco de morte (Wild *et al.,* 2026). Assim, a avaliação seriada dos parâmetros relacionados à dinâmica intracraniana durante as primeiras 48 horas, conforme realizada neste estudo, apresenta relevância clínica por abranger um período particularmente suscetível à deterioração neurológica.

O principal achado desta pesquisa foi a limitada capacidade discriminativa dos parâmetros P2/P1 e TTP para identificar pacientes com sinais de TC de crânio sugestivos de HIC. A razão P2/P1 apresentou áreas sob a curva próximas de 0,50 nos momentos avaliados, indicando desempenho discriminativo insatisfatório. O TTP apresentou desempenho discretamente superior em alguns momentos, porém ainda insuficiente para sustentar sua utilização isolada na identificação de sinais de TC de

HIC. De forma semelhante, não foram observadas associações estatisticamente significativas entre esses parâmetros e a presença de sinais tomográficos sugestivos de HIC.

A interpretação desse resultado deve considerar a heterogeneidade do desempenho dos parâmetros derivados do Brain4Care descrita na literatura. Ballestero *et al.* (2023), ao compararem a morfologia da onda obtida pelo Brain4Care com a monitorização invasiva da PIC em pacientes com TCE grave, observaram que, apesar da semelhança entre as ondas obtidas pelos métodos invasivo e não invasivo, os parâmetros derivados da morfologia da onda apresentaram limitações para identificação da HIC, particularmente quanto à especificidade. Por outro lado, estudos que utilizaram a monitorização invasiva da PIC como padrão de referência encontraram maior capacidade discriminativa. Brasil *et al*. (2022), em avaliação única realizada nos primeiros cinco dias após a admissão hospitalar, observaram AUC de aproximadamente 0,88 para a razão P2/P1 na identificação de HIC. Já de Moraes *et al.* (2023), utilizando avaliações repetidas durante a internação, sem intervalos fixos em relação à admissão, encontraram AUC de 0,79 para P2/P1 e de 0,69 para TTP. Esses resultados reforçam que a interpretação de P2/P1 e TTP deve ser realizada com cautela e em conjunto com outras informações clínicas e de neuromonitorização.

A variabilidade entre os estudos foi demonstrada de forma mais abrangente na revisão sistemática de Gustafsson *et al.* (2026). Entre os 11 estudos publicados entre 2022 e 2025 que avaliaram o sistema Brain4Care em comparação com a monitorização invasiva da PIC, os pontos de corte utilizados para identificação de HIC variaram de 1,06 a 1,40 para P2/P1 e de 0,20 a 0,30 segundos para TTP. As sensibilidades variaram de 70% a 100%, enquanto as especificidades apresentaram ampla heterogeneidade. No maior estudo multicêntrico incluído na revisão, Frigieri *et al.* (2025) encontraram especificidades de 90% a 92% utilizando pontos de corte mais elevados, enquanto de Moraes *et al.* (2023) relataram especificidades de aproximadamente 45% a 50%, apesar da elevada sensibilidade. Brasil *et al.* (2024), por sua vez, observaram sensibilidade de 100%, porém especificidade muito baixa para determinados pontos de corte de P2/P1. Além disso, os coeficientes de correlação entre os parâmetros derivados do Brain4Care e a PIC invasiva variaram substancialmente entre os estudos. Em conjunto, essas evidências demonstram que o desempenho dos parâmetros P2/P1 e TTP não é uniforme e pode ser influenciado pelas características da população, qualidade do sinal, pontos de corte empregados e

condições de aquisição da onda (Gustafsson *et al.,* 2026).

Essa heterogeneidade é particularmente importante para a interpretação dos resultados desta coorte, uma vez que existe uma diferença metodológica fundamental entre o presente estudo e as pesquisas anteriores. Os estudos incluídos na revisão de Gustafsson *et al.* (2026) compararam os parâmetros do Brain4Care com a monitorização invasiva da PIC, enquanto, nesta pesquisa, foram utilizados sinais tomográficos sugestivos de HIC, definidos segundo os critérios do consenso B-ICONIC (Robba *et al.,* 2025). Consequentemente, a menor capacidade discriminativa encontrada nesta coorte não deve ser interpretada como evidência de ausência de capacidade do Brain4Care para detectar alterações da dinâmica intracraniana, mas, especificamente, como limitada capacidade de P2/P1 e TTP para discriminar a presença de sinais tomográficos de HIC nesta população.

Essa distinção apresenta fundamento fisiológico. A monitorização invasiva fornece uma medida direta e dinâmica da PIC, enquanto a TC de crânio identifica alterações estruturais associadas à HIC, como desvio das estruturas da linha média, compressão das cisternas basais e alterações ventriculares. O B4C, por sua vez, não fornece uma medida direta da PIC em mmHg, mas registra alterações na morfologia da onda de pulso intracraniana relacionadas à dinâmica e à complacência do compartimento intracraniano (Andrade *et al.,* 2021; Frigieri *et al.,* 2025).

Consequentemente, alterações da dinâmica e da complacência intracraniana podem não corresponder, necessariamente, à presença simultânea de alterações estruturais detectáveis na TC de crânio. Da mesma forma, alterações tomográficas podem persistir mesmo após modificações da dinâmica intracraniana decorrentes da evolução clínica ou das intervenções terapêuticas (Sahuquillo *et al.,* 1999; Ferando *et al.,* 2019; Kazimierska *et al.,* 2023b; Link *et al.,* 2023). Assim, a baixa capacidade discriminativa observada neste estudo pode decorrer, ao menos parcialmente, das diferenças entre os fenômenos fisiopatológicos avaliados pelos dois métodos. Essa distinção conceitual tem sido enfatizada por revisões recentes, que defendem que complacência intracraniana e pressão intracraniana representam fenômenos fisiopatológicos relacionados, porém distintos, devendo ser interpretados de forma complementar na avaliação do paciente neurocrítico (Ocamoto *et al.,* 2021; Godoy *et al.,* 2023; Brasil *et al.,* 2026). Dessa forma, os resultados desta pesquisa delimitam o desempenho de P2/P1 e TTP frente aos sinais tomográficos de HIC e não constituem uma avaliação da validade do Brain4Care para mensuração da PIC.

Outro aspecto que deve ser considerado é a proporção relativamente reduzida de pacientes com sinais de TC sugestivos de HIC nesta coorte. O menor número de eventos pode reduzir a precisão das estimativas de desempenho discriminativo e ampliar a incerteza em torno das medidas de acurácia. Essa limitação já foi destacada por Ballestero *et al.,* (2023) que ressaltam a necessidade de estudos multicêntricos com amostras maiores e maior número de pacientes efetivamente portadores de HIC para validação dos pontos de corte da razão P2/P1 e do TTP (Ballestero *et al.,* 2023). Esse aspecto é importante em uma pesquisa unicêntrica e deve ser considerado na interpretação das curvas ROC e dos respectivos pontos de corte.

Cabe destacar, ainda, que as alterações dos parâmetros derivados da morfologia da onda de pulso intracraniana não estavam uniformemente presentes na admissão hospitalar, apesar de todos os pacientes incluídos apresentarem TCE grave. Dessa forma, quando considerados separadamente, mais da metade dos pacientes não apresentava P2/P1 (55,0%) ou TTP (54,1%) classificados como alterados no momento da admissão. Esse achado é relevante no contexto da triagem hospitalar, pois demonstra que a gravidade clínica do TCE não corresponde necessariamente à presença concomitante de alterações desses parâmetros na avaliação inicial.

Além desse comportamento na admissão, observou-se modificação temporal da razão P2/P1 durante as primeiras 48 horas após o TCE grave. Os menores valores médios foram encontrados na admissão (0,996 ± 0,357) e em 12 horas (1,015 ± 0,371), com aumento nas avaliações subsequentes e valores próximos de 1,10 entre 24 e 48 horas. A análise global pelo teste de Friedman demonstrou diferença estatisticamente significativa nos valores de P2/P1 entre os momentos avaliados ($\chi^2(4) = 19{,}123$; $p = 0{,}001$). Esse comportamento indica que a morfologia da onda de pulso intracraniana, expressa pela razão P2/P1, apresentou variação ao longo da evolução inicial após o TCE grave, reforçando a relevância da avaliação seriada e a necessidade de cautela na interpretação de uma medida isolada obtida durante a triagem hospitalar.

Alterações secundárias, como o desenvolvimento de edema cerebral e a progressão de lesões intracranianas, podem modificar a relação entre volume, pressão e complacência intracraniana ao longo da evolução clínica. Paralelamente, intervenções terapêuticas instituídas nas primeiras horas após o trauma, como sedação e administração de agentes hiperosmolares, podem reduzir a PIC e modificar temporariamente a dinâmica intracraniana (Picetti *et al.,* 2023; Brasil *et al.,* 2025; Colombari *et al.,* 2025). Dessa forma, o aumento observado na razão P2/P1 ao longo

das primeiras 48 horas não deve ser atribuído isoladamente à ocorrência ou progressão da HIC, mas interpretado como uma alteração da morfologia da onda de pulso potencialmente relacionada a diferentes fenômenos fisiopatológicos e terapêuticos presentes durante a evolução do TCE grave.

Além disso, avaliações realizadas em momentos predeterminados podem não captar alterações transitórias da dinâmica intracraniana ocorridas entre as mensurações. Esse aspecto, associado ao comportamento temporal distinto observado entre P2/P1 e TTP, reforça a importância da avaliação seriada e da interpretação desses parâmetros em conjunto com a evolução clínica, os achados tomográficos e outras modalidades de neuromonitorização, evitando sua utilização isolada como indicadores de HIC. A literatura sobre o comportamento longitudinal de P2/P1 e TTP nas primeiras horas após o TCE grave ainda é limitada. A heterogeneidade metodológica identificada por Gustafsson *et al.* (2026), associada à predominância de estudos que utilizaram medidas pontuais ou comparações com a PIC invasiva, dificulta o estabelecimento de um padrão temporal esperado para esses parâmetros. Nesse contexto, o acompanhamento seriado realizado nesta coorte acrescenta evidências sobre seu comportamento durante as primeiras 48 horas após o TCE grave, embora estudos com monitorização mais frequente ou contínua sejam necessários para caracterizar adequadamente suas variações temporais.

Os resultados também reforçam a importância de interpretar a análise não invasiva da morfologia da onda de pulso no contexto da neuromonitorização multimodal. O consenso B-ICONIC destaca a utilização integrada de informações clínicas, tomográficas e de diferentes modalidades não invasivas para avaliação de pacientes com lesão cerebral aguda quando a monitorização invasiva da PIC não está disponível (Robba *et al.,* 2025). Nessa perspectiva, os parâmetros derivados do Brain4Care podem ser considerados em conjunto com o exame neurológico, os achados da TC de crânio e outras modalidades de monitorização não invasiva, como Doppler transcraniano, ultrassonografia da bainha do nervo óptico e pupillometria automatizada, em vez de serem interpretados isoladamente (Robba *et al.,* 2025; Brasil *et al.*, 2024).

Portanto, os resultados deste estudo não sustentam a utilização isolada da razão P2/P1 ou do TTP para identificar sinais de HIC na TC em pacientes com TCE grave. Entretanto, também não permitem concluir que a análise não invasiva da morfologia da onda de pulso intracraniana seja desprovida de potencial clínico. Os

achados indicam, sobretudo, que P2/P1 e TTP e os sinais estruturais observados na TC representam dimensões relacionadas, porém não equivalentes, da fisiopatologia intracraniana. Estudos futuros que realizem avaliações temporalmente sincronizadas do Brain4Care, da TC de crânio e, quando clinicamente indicada, da monitorização invasiva da PIC poderão esclarecer melhor a relação entre alterações da morfologia da onda, complacência intracraniana, pressão intracraniana e alterações estruturais após o TCE grave.

Este estudo apresenta limitações que devem ser consideradas. Primeiramente, por ter sido conduzido em um único centro de referência ao trauma, a generalização dos resultados para outras populações e contextos assistenciais deve ser realizada com cuidado. Além disso, a utilização de TC de crânio como referência não permite estabelecer equivalência com a presença de HIC definida por monitorização invasiva da PIC. A disponibilidade das TC de crânio também não foi uniforme ao longo do seguimento. Não foi possível realizar análise correspondente a 36 horas devido à ausência de registros de TC nesse intervalo. Os exames concentraram-se predominantemente na admissão e, quando indicada TC de controle, em torno de 24 horas após o TCE, não frequentemente era realizado 48 horas após a admissão. Essa diferença temporal entre as medidas do Brain4Care e a avaliação da TC deve ser considerada na interpretação das associações encontradas.

Adicionalmente, a ausência de prontuário eletrônico e a disponibilidade limitada de laudos completos das TC de crânio, especialmente dos exames de controle realizados durante a internação, constituíram limitações para a obtenção de informações da TC mais detalhadas. Em parte dos casos, as informações disponíveis para a pesquisa correspondiam aos registros das avaliações especializadas no prontuário, nos quais os achados da TC de controle eram descritos de forma sintética, por vezes indicando apenas ausência de alterações relevantes, sem o detalhamento necessário para a classificação de todos os sinais TC de HIC investigados neste estudo. Além disso, a realização das TC de controle ocorreu de acordo com a indicação clínica, sem intervalos previamente padronizados para fins de pesquisa. Consequentemente, nem todas as avaliações realizadas com o Brain4Care apresentaram uma TC temporalmente correspondente, o que limitou a comparação entre os parâmetros P2/P1 e TTP e os achados tomográficos nos diferentes momentos de seguimento. A proporção relativamente pequena de pacientes com sinais sugestivos de HIC também reduziu o número de eventos disponíveis

para algumas análises, podendo diminuir a precisão das estimativas de desempenho discriminativo. Além disso, a amostra analisada foi inferior ao tamanho amostral previamente estimado, o que pode ter reduzido o poder estatístico das análises. A curta duração das monitorizações, limitadas a aproximadamente 11 minutos, pode não refletir integralmente as variações da dinâmica intracraniana ao longo do tempo. Adicionalmente, a influência das intervenções terapêuticas sobre os parâmetros do Brain4Care não foi controlada sistematicamente nas análises, constituindo uma potencial fonte de confundimento residual.

Apesar dessas limitações, o delineamento prospectivo, e a investigação de uma população específica de pacientes com TCE grave constituem aspectos relevantes deste estudo. Outro aspecto relevante refere-se à originalidade desta pesquisa. Até onde foi possível identificar na literatura, os estudos prévios envolvendo o Brain4Care concentraram-se predominantemente na comparação dos parâmetros derivados da morfologia da onda de pulso com a monitorização invasiva da PIC. Não foram identificados estudos que avaliassem P2/P1 e TTP no contexto da triagem hospitalar de pacientes com TCE grave, investigando sua capacidade de discriminar sinais tomográficos sugestivos de HIC. O presente estudo explora, portanto, uma aplicação ainda pouco investigada da tecnologia, particularmente relevante em serviços nos quais a monitorização invasiva da PIC não está disponível de forma rotineira.

A realização da pesquisa em condições de mundo real constitui, nesse sentido, uma contribuição relevante do estudo. A avaliação prospectiva e seriada de pacientes com TCE grave, inserida no fluxo habitual de um serviço de referência em trauma, possibilitou investigar o comportamento desses parâmetros diante das condições efetivamente encontradas na prática assistencial, incluindo diferentes momentos de avaliação, intervenções terapêuticas e disponibilidade de exames de imagem. Essa abordagem amplia a compreensão sobre a aplicabilidade da tecnologia para além de condições experimentais controladas e permite identificar aspectos relacionados à sua utilização que podem não ser evidenciados em estudos de validação.

Nesse contexto, a investigação de estratégias não invasivas de neuromonitorização também apresenta interface com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela Organização das Nações Unidas. Particularmente, relaciona-se ao ODS 3 – Saúde e Bem-Estar, ao buscar produzir evidências sobre estratégias que possam complementar a avaliação de pacientes críticos; ao ODS 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura, pela investigação

de tecnologias aplicadas à assistência em saúde; e ao ODS 10 – Redução das Desigualdades, diante do potencial de tecnologias não invasivas ampliarem as possibilidades de neuromonitorização em contextos com diferentes níveis de disponibilidade de recursos especializados (ONU, 2015).

Assim, mais do que estabelecer conclusões sobre a validade do Brain4Care para identificação da HIC, os resultados deste estudo delimitam o desempenho de P2/P1 e TTP frente a sinais sugestivos de HIC na TC de crânio em pacientes com TCE grave e em um cenário real de assistência. Os achados reforçam a necessidade de interpretação desses parâmetros de forma integrada à avaliação clínica, aos achados tomográficos e, quando disponível e indicada, à monitorização invasiva da PIC, além de fornecerem subsídios para futuros estudos de validação e implementação da tecnologia no contexto da neuromonitorização multimodal.

7. CONCLUSÃO

7 CONCLUSÃO

O presente estudo avaliou os parâmetros derivados da monitorização intracraniana não invasiva por morfologia da onda de pulso em pacientes com TCE grave e sua capacidade de discriminar sinais tomográficos sugestivos de HIC. A população investigada foi predominantemente composta por homens adultos jovens, com elevada ocorrência de acidentes de transporte e mortalidade hospitalar, caracterizando um grupo de elevada gravidade clínica.

A razão P2/P1 e o TTP apresentaram capacidade discriminativa limitada para identificar pacientes com sinais tomográficos sugestivos de HIC, não sendo observada associação significativa entre esses parâmetros e os achados da TC de crânio. Esses resultados indicam que, nas condições avaliadas, P2/P1 e TTP, quando analisados isoladamente, não permitem discriminar adequadamente a presença de sinais tomográficos sugestivos de HIC.

A avaliação seriada durante as primeiras 48 horas, entretanto, demonstrou comportamento temporal distinto entre os parâmetros. A razão P2/P1 apresentou variação significativa ao longo do período avaliado, com menores valores médios na admissão e nas primeiras 12 horas e aumento nas avaliações subsequentes, enquanto o TTP não apresentou variação temporal estatisticamente significativa. Esses achados evidenciam o caráter dinâmico dos parâmetros derivados da morfologia da onda de pulso e reforçam a importância de sua avaliação seriada e contextualizada, em vez da interpretação de medidas isoladas.

Como contribuição científica, este estudo amplia as evidências sobre a utilização do Brain4Care em pacientes com TCE grave em condições de mundo real, por meio de um delineamento prospectivo e de avaliações seriadas durante as primeiras 48 horas de hospitalização. Particularmente, investiga uma aplicação ainda pouco explorada na literatura ao analisar P2/P1 e TTP no contexto da triagem hospitalar e sua relação com sinais tomográficos sugestivos de HIC, diferentemente dos estudos prévios predominantemente direcionados à comparação com a monitorização invasiva da PIC.

Os resultados não sustentam a utilização isolada de P2/P1 e TTP como substitutos da avaliação clínica, da TC de crânio ou da monitorização invasiva da PIC, quando esta estiver indicada. Entretanto, contribuem para delimitar o potencial papel da análise não invasiva da morfologia da onda de pulso como componente

complementar da neuromonitorização multimodal. Estudos multicêntricos, com amostras maiores, monitorização seriada ou contínua e avaliações temporalmente sincronizadas entre o Brain4Care, a TC de crânio e, quando clinicamente indicada, a monitorização invasiva da PIC é necessária para esclarecer a relação entre esses diferentes parâmetros e definir com maior precisão sua aplicabilidade no acompanhamento de pacientes com TCE grave.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS

Altayar, A. S. *et al. Optic nerve sheath diameter by ultrasound is a good screening tool for high intracranial pressure in traumatic brain injury*. ***Ir J Med Sci***, v. 190, n. 1, p. 387-393, 2021.

Andrade, R. A. P*. et al. A nanometer resolution wearable wireless medical device for non invasive intracranial pressure monitoring.* ***IEEE Sensors Journal***, v. 21, n. 20, p. 22270-22284, 15 out. 2021. DOI: 10.1109/JSEN.2021.3090648.

Areas, F. Z. *et al. Predictors of hospital mortality and the related burden of disease in severe traumatic brain injury: a prospective multicentric study in Brazil.* **Frontiers in Neurology**, v. 10, art. 432, 2019. DOI: 10.3389/fneur.2019.00432.

Aspide, R. *et al. A proposal for a new protocol for sonographic assessment of the optic nerve sheath diameter: the CLOSED protocol.* ***Neurocrit Care***, v. 32, n. 1, p. 327-332, 2020.

Ballestero, M. *et al. Can a new noninvasive method for assessment of intracranial pressure predict intracranial hypertension and prognosis?* **Acta Neurochirurgica**, v. 165, p. 1495-1503, 2023. DOI: 10.1007/s00701-023-05580-z.

Beaumont, A. *Physiology of the cerebrospinal fluid and intracranial pressure. In: Winn, H. R.; Youmans, J. R. (ed.).* ***Youmans & Winn neurological surgery***. Filadélfia: Elsevier/Saunders, 2017. cap. 52, p. 417-423.

Bertotti, M. M. *et al. Glasgow coma scale pupil score (GCS-P) and hospital mortality in severe traumatic brain injury: analysis of 1,066 Brazilian patients.* **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, v. 81, n. 5, p. 452–459, 2023. DOI: 10.1055/s-0043-1768671.

Bothwell, S. W.; Janigro, D.; Patabendige, A. *Cerebrospinal fluid dynamics and intracranial pressure elevation in neurological diseases.* ***Fluids and Barriers of the CNS***, v. 16, 10 abr. 2019.

Bower, M. M*. et al. Quantitative pupillometry in the intensive care unit.* ***J Intensive Care Med***, v. 36, n. 4, p. 383-391, 2021. DOI: 10.1177/0885066619881124.

Brasil, S. *et al. Intracranial compliance assessed by intracranial pressure pulse waveform.* ***Brain Sciences****,* v. 11, n. 8, p. 971, 23 jul. 2021.

Brasil, S. *et al. New concepts in intracranial compliance: pathophysiology, monitoring and clinical implications*. **Current Opinion in Critical Care**, 2025. DOI: 10.1097/MCC.0000000000001340.

Brasil, S. *et al. Noninvasive intracranial pressure waveforms for estimation of intracranial hypertension and outcome prediction in patients with acute brain injury*. **Journal of Clinical Monitoring and Computing**, v. 37, p. 753–760, 2022. DOI: 10.1007/s10877-022-00941-y.

Brasil S., Chesnut R., Robba C. *Noninvasive neuromonitoring in acute brain injured patients.* **Intensive Care Med**. V. 50, n. 6, p. 960–963, 2024. doi: 10.1007/s00134-024-07406-7. Epub 2024 Apr 17.

Brasil, S. et al. *Predicting short-term outcomes in brain-injured patients: a comprehensive approach with transcranial doppler and intracranial compliance assessment.* **Journal of Clinical Monitoring and Computing**, v. 38, n. 6, p. 1237-1247, 2024. DOI: https://doi.org/10.1007/s10877-024-01181-y.

Brasil, S.; Taccone, F. *The clinical importance of intracranial pressure waveform analysis in brain-injured patients.* **Critical Care Science**, v. 38, 2026. DOI: 10.62675/2965-2774.20260081.

Canac, N. *et al.* Review: *pathophysiology of intracranial hypertension and noninvasive intracranial pressure monitoring.* ***Fluids and Barriers of the CNS***, v. 17, n. 1, p. 40, 23 jun. 2020.

Cardim, D. *et al*. *Non-invasive monitoring of intracranial pressure using transcranial doppler ultrasonography: is it possible?* ***Neurocritical Care****,* v. 25, n. 3, p. 473-491, 1 dez. 2016.

Cardim, D. *et al*. *Transcranial doppler monitoring of intracranial pressure plateau waves.* ***Neurocritical Care****,* [s. l.].

Carney, N. *et al. Guidelines for the management of severe traumatic brain injury, fourth edition.* ***Neurosurgery****,* v. 80, n. 1, p. 6-15, 2017. DOI: 10.1227/NEU.0000000000001432.

Chesnut, R. M*. et al. Consensus-based management protocol (CREVICE protocol) for the treatment of severe traumatic brain injury based on imaging and clinical examination for use when intracranial pressure monitoring is not employed.* ***J Neurotrauma***, v. 37, n. 21, p. 2221-2234, 2020.

Couret, D. *et al. The effect of ambient-light conditions on quantitative pupillometry: a history of rubber cup.* ***Neurocrit Care***, v. 30, n. 2, p. 492-493, 2019. DOI: 10.1007/s12028-018-0664-z.

Cruz-Garcinuño, M. *et al. Sex differences and gender-oriented characteristics in intensive care unit admissions for patients with traumatic brain injury in Spain*. **Frontiers in Medicine**, v. 12, 2025. DOI: 10.3389/fmed.2025.1622422.

Cucciolini, G.; Motroni, V.; Czosnyka, M. *Intracranial pressure for clinicians: it is not just a number.* ***J Anesth Analg Crit Care****,* v. 3, n. 1, p. 31, 5 set. 2023. DOI: 10.1186/s44158-023-00115-5.

Czosnyka, M.; Czosnyka, Z. *Origin of intracranial pressure pulse waveform.* ***Acta Neurochirurgica****,* Viena, v. 162, n. 8, p. 1815-1817, 2020.

Da Costa, M. M. et al. Intracranial pressure waveform in patients with essential hypertension. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, v. 10, 1288080, 2023. DOI: 10.3389/fcvm.2023.1288080.

DATASUS, M.S. Informações de Saúde – TABNET: 2025. Disponível em: https://datasus.saude.gov.br/informacoes-de-saude-tabnet/. Acesso em: 15 jul. 2026 .

de Moraes, F. M. *et al. Multimodal monitoring intracranial pressure by invasive and noninvasive means*. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, art. 18404, 2023. DOI: 10.1038/s41598-023-45834-5.

Departamento Estadual de Trânsito de Sergipe (Detran-SE). **Estatísticas da frota de veículos por município**. Aracaju: Detran-SE, 2025.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). **Plano nacional de viação e malha rodoviária federal**. Brasília: DNIT, 2024.

Dewan, M. C. *et al. Estimating the global incidence of traumatic brain injury.* ***Journal of Neurosurgery****,* v. 130, n. 4, p. 1081-1097, 2018.

Eghzawi, A. *et al. Mortality predictors for adult patients with mild-to-moderate traumatic brain injury: a literature review*. **Neurology International**, v. 16, p. 406–418, 2024. DOI: 10.3390/neurolint16020030.

Evensen, K. B.; Eide, P. K. *Measuring intracranial pressure by invasive, less invasive or non-invasive means: limitations and avenues for improvement.* ***Fluids and Barriers of the CNS***, v. 17, n. 1, p. 34, 6 maio 2020.

Fernando, S. M. *et al. Diagnosis of elevated intracranial pressure in critically ill adults: systematic review and meta-analysis.* ***BMJ***, v. 366, l4225, 24 jul. 2019. DOI: 10.1136/bmj.l4225.

Frigieri, G. *et al. Clinical performance of the Brain4Care system for noninvasive detection of intracranial hypertension.* **Neurocritical Care**, v. 43, p. 628–635, 2025. DOI: 10.1007/s12028-025-02273-6.

Godoy, D. *et al. The intracranial compartment syndrome: a proposed model for monitoring and management of acute brain injury*. **Critical Care**, v. 27, 2023. DOI: 10.1186/s13054-023-04427-4.

Gustafsson, M. R. V. *et al. Systematic review of the diagnostic accuracy of noninvasive intracranial pressure monitoring using optic nerve sheath diameter and the Brain4Care system*. **Brain & Spine**, v. 6, art. 106036, 2026. DOI: 10.1016/j.bas.2026.106036.

Haque, M.; Moslem, M.; Hossain, M. *Traumatic brain injuries and their outcome in a tertiary care hospital in the northwestern part of Bangladesh.* **Mymensingh Medical Journal**, v. 33, n. 4, p. 1230–1237, 2024.

Harary, M.; Dolmans, R. G. F.; Gormley, W. B. *Intracranial pressure monitoring—review and avenues for development.* ***Sensors***, v. 18, n. 465, 2018. DOI: 10.3390/s18020465.

Hawryluk, G. W. J. et al. *A management algorithm for patients with intracranial pressure monitoring: the Seattle international severe traumatic brain injury consensus conference (SIBICC).* ***Intensive Care Med****,* v. 45, n. 12, p. 1783-1794, 2019. DOI: 10.1007/s00134-019-05805-9.

Hawryluk, G. W. J.; Ghajar, J. *Evolution and impact of the brain trauma foundation guidelines.* ***Neurosurgery****,* v. 89, n. 6, p. 1148-1156, 18 nov. 2021. DOI: 10.1093/neuros/nyab357.

Heldt, T. *et al. Monitoring of Intracranial Pressure and Intracranial Elastance in Neurocritical Care.* ***Annual Review of Biomedical Engineering***, v. 21, p. 523-549, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1146/annurev-bioeng-060418-052257. Acesso em: 15 ago. 2025.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Censo demográfico 2022: população e domicílios**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

Jeng, B. C. P. *et al.* Estimativa da pressão intracraniana por ultrassom da bainha do nervo óptico em um modelo animal de hipertensão intracraniana. **Journal of Clinical Neuroscience**, v. 86, p. 174-179, 2021.

Karaliunas, Andrius *et al.* Uma nova abordagem para monitoramento não invasivo de ondas de pressão intracraniana: um estudo piloto sobre cérebro saudável. **Sensores**, Basel, v. 25, n. 13, p. 4042, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.3390/s25134042. Acesso em: 15 ago. 2025.

Kazimierska, A*. et al. Analysis of intracranial pressure pulse waveform in studies on cerebrospinal compliance: a narrative review.* ***Physiol Meas****,* v. 44, n. 10, 27 out. 2023a. DOI: 10.1088/1361-6579/ad0020.

Kazimierska, A. *et al. Relationship between the shape of intracranial pressure pulse waveform and computed tomography characteristics in patients after traumatic brain injury.* **Critical Care**, v. 27, 2023b. DOI: 10.1186/s13054-023-04731-z.

Kim, D. J. *et al. Index of cerebrospinal compensatory reserve in hydrocephalus.* ***Neurosurgery***, Nova Iorque, v. 64, n. 3, p. 494-501; discussion 501-502, 2009.

Link, C. *et al*. *Intracranial compliance and volumetry in patients with traumatic brain injury*. **Surgical Neurology International**, v. 14, art. 246, 2023. DOI: 10.25259/SNI_314_2023.

Liu, B. *et al. Helmets for preventing injury in motorcycle riders.* **Cochrane Database of Systematic Reviews**, n. 1, CD004333, 2008. DOI: 10.1002/14651858.CD004333.pub3.

Lussier, B.; Olson, D.; *Aiyagari, V. Automated pupillometry in neurocritical care: research and practice.* ***Current Neurology and Neuroscience Reports****,* v. 19, 2019. DOI: 10.1007/s11910-019-0994-z.

Maas, Andrew I. R. *et al. Traumatic brain injury: integrated and interdisciplinary management.* ***The Lancet Neurology***, London, v. 16, n. 9, p. 741-750, 2017.

Marmarou, A.; Shulman, K.; Rosende, R. M. *A nonlinear analysis of the cerebrospinal fluid system and intracranial pressure dynamics.* ***Journal of Neurosurgery***, v. 48, n. 3, p. 332-344, mar. 1978.

Mascarenhas, S. *et al*. O novo método minimamente invasivo de ICP demonstra que a doutrina de Monro-Kellie não é válida. ***Acta Neurochir Suppl***, v. 114, p. 117-120, 2012. DOI: 10.1007/978-3-7091-0956-4_21.

Menon, D. K. *et al. Position statement: definition of traumatic brain injury.* ***Arch Phys Med Rehabil****,* v. 91, n. 11, p. 1637-1640, 2010. DOI: 10.1016/j.apmr.2010.05.017.

Mi Hirzallah; Ha Choi. Monitoramento do edema cerebral e da hipertensão intracraniana. ***Journal of Neurocritical Care***, vol. 9, n. 2, p. 92-104, 9 dez. 2016.

Mohammadi, E. *et al. Barriers and factors associated with the use of helmets by motorcyclists: a scoping review.* **Accident Analysis & Prevention**, v. 171, art. 106667, 2022. DOI: 10.1016/j.aap.2022.106667.

Moreira, C. E. N. et al. Impact of hemodynamic management guided by intracranial compliance on the outcome of critically ill patients – preliminary results and exploratory economic evaluation. **Cost Effectiveness and Resource Allocation**, v. 24, art. 38, 2026. DOI: https://doi.org/10.1186/s12962-026-00721-4.

Nag, D. S. *et al. Monitoramento da pressão intracraniana: padrão-ouro e inovações recentes.* ***World Journal of Clinical Cases***, v. 7, n. 12, p. 1535–1553, 2019.

Neurolife laboratórios. O sistema brain4care de monitorização da complacência e pressão intracraniana. *Neurolife Análise do Líquor*, [s. d.]**.** Disponível em: [...]. Acesso em: 2 out. 2026.

Nucci, C. G*. et al*. Classificação morfológica das ondas de pressão intracraniana: análise automatizada e validação clínica. ***Acta Neurochirurgica***, v. 158, n. 3, p. 581–588, 2016.

Ocamoto, G. *et al. Concepts and assessment of intracranial compliance: a scoping review.* **Frontiers in Neurology**, v. 12, 2021. DOI: 10.3389/fneur.2021.756112.

Olson, D. M.; Fishel, M. *The use of automated pupillometry in critical care.* ***Crit Care Nurs Clin North Am****,* v. 28, n. 1, p. 101-107, 2016. DOI: 10.1016/j.cnc.2015.09.003.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável*.* Nova York: ONU, 2015. Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br/sdgs. Acesso em: 17 jan. 2026.

Palavani, L. *et al*. Técnicas invasivas e não invasivas para monitoramento da pressão intracraniana após craniectomia descompressiva: uma revisão sistemática e meta-análise. ***World Neurosurgery****,* [s. l.], 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.wneu.2024.06.118. Acesso em: 15 ago. 2025.

Pereira, D. H. G. *et al.* Traumatic brain injury: in-hospital survival rates and the main predictors of in-hospital mortality in Northeastern Brazil. **Arquivos Brasileiros de Neurocirurgia**, v. 43, n. 3, p. e164–e171, 2024. DOI: 10.1055/s-0043-1776272.

Picetti, E. *et al.* Early management of isolated severe traumatic brain injury patients in a hospital without neurosurgical capabilities: a consensus and clinical recommendations of the World Society of Emergency Surgery (WSES). **World Journal of Emergency Surgery**, v. 18, art. 5, 2023. DOI: 10.1186/s13017-022-00468-2.

Phillips, S. S. *et al. A systematic review assessing the current state of automated pupillometry in the neuroicu.* ***Neurocrit Care***, v. 31, n. 1, p. 142-161, 2019. DOI: 10.1007/s12028-018-0645-2.

Price, D. A. *et al. Review of non-invasive intracranial pressure measurement techniques for ophthalmology applications.* ***British Journal of Ophthalmology***, v. 104, n. 7, p. 887-892, 1 jul. 2020.

Raboel, P. H*. et al. Intracranial pressure monitoring: invasive versus non-invasive methods-a review.* ***Critical Care Research and Practice***, v. 2012, p. 950393, 2012.

Rajajee, V. *Monitoramento não invasivo da pressão intracraniana: já chegamos lá?.* ***Neurocritical Care***, v. 41, p. 332-338, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s12028-024-01951-1. Acesso em: 15 ago. 2025.

Ratnasekera, A. M. *et al. Systematic review and meta-analysis of efficacy of helmet use and helmet laws to reduce mortality and cervical spine injury in adult motorcycle riders: a practice management guideline from the Eastern Association for the Surgery of Trauma*. **Journal of Trauma and Acute Care Surgery**, 2025. DOI: 10.1097/TA.0000000000004607.

Réa-Neto, Á. *et al. Epidemiological and clinical characteristics predictive of ICU mortality of patients with traumatic brain injury treated at a trauma referral hospital: a cohort study*. **BMC Neurology**, v. 23, n. 1, art. 101, 2023. DOI: 10.1186/s12883-023-03145-2.

Robba, C. *et al. Multimodal non-invasive assessment of intracranial hypertension: an observational study.* ***Crit Care***, v. 24, n. 1, p. 379, 26 jun. 2020. DOI: 10.1186/s13054-020-03105-z.

Robba, C. *Intracranial pressure monitoring. In:* ***Neuromonitoring techniques***. [S. l.]: Elsevier, 2018. cap. 1, p. 1-29. DOI: 10.1016/B978-0-12-809915-5.00001-2.

Robba, C*. et al*. Monitoramento da pressão intracraniana em pacientes com lesão cerebral aguda na unidade de terapia intensiva (SYNAPSE-ICU): Um estudo de coorte observacional prospectivo internacional. ***Lancet Neurology***, v. 20, n. 7, p. 548–558, 2021.

Robba, C. *et al. The Brussels consensus for non invasive ICP monitoring when invasive systems are not available in the care of TBI patients (the B-ICONIC consensus,*

recommendations, and management algorithm). ***Intensive Care Med***, v. 51, n. 1, p. 4-20, 2025. DOI: 10.1007/s00134-024-07756-2.

Robba, C. et al. *Doppler non-invasive monitoring of ICP in an animal model of acute intracranial hypertension.* ***Neurocritical Care***, v. 23, n. 3, p. 419-426, 1 dez. 2015.

Rodríguez-Boto, G. et al. Basic concepts about brain pathophysiology and intracranial pressure monitoring. **Neurologia** (Barcelona, Spain), v. 30, n. 1, p. 16-22, fev. 2015.

Roepke, R. *et al. Predictive performance for hospital mortality of SAPS 3, SOFA, ISS, and New ISS in critically ill trauma patients: a validation cohort study.* **Journal of Intensive Care Medicine**, v. 39, p. 44–51, 2023.

Rogan, A. *et al. Alcohol and acute traumatic brain injury in the emergency department.* **Emergency Medicine Australasia**, v. 33, 2021. DOI: 10.1111/1742-6723.13726.

Sahuquillo, J. *et al*. *Interhemispheric supratentorial intracranial pressure gradients in head-injured patients: are they clinically important?* **Journal of Neurosurgery**, v. 90, n. 1, p. 16–26, 1999. DOI: 10.3171/jns.1999.90.1.0016.

Servadei, F. *et al. The value of the "worst" computed tomographic scan in clinical studies of moderate and severe head injury.* **Neurosurgery**, v. 46, n. 1, p. 70–75, 2000. DOI: 10.1093/neurosurgery/46.1.70.

Sonig, A. *et al. The historical evolution of intracranial pressure monitoring.* ***World Neurosurgery****,* v. 138, p. 491-497, 1 jun. 2020.

Spille, D. *et al. Which risk factors significantly influence the outcome of traumatic brain injured patients with alcohol use disorder?* **European Journal of Trauma and Emergency Surgery**, v. 50, p. 1187–1197, 2024. DOI: 10.1007/s00068-023-02346-1.

Stevens, A. R. *et al. Optical pupillometry in traumatic brain injury: neurological pupil index and its relationship with intracranial pressure through significant event analysis.* ***Brain Inj****,* v. 33, n. 8, p. 1032-1038, 2019. DOI: 10.1080/02699052.2019.1605621.

Stevens, R. R. *et al. Optic nerve sheath diameter assessment by neurosonology: a review of methodologic discrepancies.* ***J Neuroimaging***, v. 31, n. 5, p. 814-825, 2021.

Thapa, K. *et al. Traumatic Brain Injury: A Mechanistic View of Pathophysiology and Potential Therapeutic Targets.* ***Journal of Molecular Neuroscience***, v. 71, n. 10, p. 1725-1742, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s12031-021-01841-7. Acesso em: 15 ago. 2025.

Theadom, A. *et al. Epidemiology of traumatic brain injury. In: Winn, H. R.; Youmans, J. R. (ed.).* ***Youmans & Winn neurological surgery***. Filadélfia: Elsevier/Saunders, 2017. cap. 336. p. 2748-2754.

Tisdall, M.; Smith, M. *Multimodal monitoring in traumatic brain injury: current status and future directions.* ***British Journal of Anaesthesia***, Londres, v. 99, n. 1, p. 61-67, 2007.

Tsivgoulis, G.; Alexandrov, A. V.; Sloan, M. A. *Advances in transcranial doppler ultrasonography.* ***Curr Neurol Neurosci Rep****,* v. 9, n. 1, p. 46-54, 2009. DOI: 10.1007/s11910-009-0008-7.

Vieira, R. C. A. *et al. Diffuse axonal injury: epidemiology, outcome and associated risk factors.* **Frontiers in Neurology**, v. 7, art. 178, 2016. DOI: 10.3389/fneur.2016.00178.

Vieira, R. C. *et al.* Prognostic value of automated pupillometry in traumatic brain injury: a systematic review and meta-analysis. ***Neurosurgical Review***, v. 49, n. 1, p. 485, 2026. DOI: 10.1007/s10143-026-04391-x.

Wang, X.; Kattan, M. Estudos de coorte: design, análise e relatórios. ***Chest***, v. 158, n. 1S, p. S44-S48, 2020. DOI: 10.1016/j.chest.2020.03.014.

Weil, Z. M.; Corrigan, J. D.; Karelina, K. *Alcohol use disorder and traumatic brain injury.* **Alcohol Research**, v. 39, n. 2, p. 171–180, 2018. DOI: 10.35946/arcr.v39.2.07.

Wijdicks, E. F. M. *Lundberg and his waves.* ***Neurocrit Care***, v. 31, n. 3, p. 546-549, 2019. DOI: 10.1007/s12028-019-00689-5.

Wild, J. L. *et al*. *Independent risk of death from hemorrhage and traumatic brain injury in polytrauma: findings from a prospective, multi-center study in the Western Cape of South Africa*. **World Journal of Emergency Surgery**, v. 21, 2026. DOI: 10.1186/s13017-026-00677-z.

World Health Organization (WHO). ***Global status report on road safety* 2023**. Geneva: WHO, 2023.

APÊNDICES

APÊNDICES

APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE COLETA

QUESTIONÁRIO DE CARACTERIZAÇÃO SOCIODEMOGRÁFICA E CLÍNICA	
Idade: **Gênero** ☐**F** ☐**M** **Código:** **Estado civil:** ☐Solteiro ☐Casado ☐União estável ☐Separado/divorciado ☐Viúvo **Raça:** ☐Branco ☐Preto ☐Pardo ☐Amarelo ☐Indígena ☐Não informado **Uso de anticoagulante oral:** Sim Não **Hospital designado:** ☐Hospital de Urgência do Estado de Sergipe-SE	

Hora do trauma	**Atendimento do APH**	**Avaliação inicial**	Setor de encaminhamento do paciente:
☐Manhã (7h-12h59min) ☐Tarde (13h-18h59min) ☐Noite (19H-23h59min) ☐Noite (00H-06h59min) **Tempo decorrido até a chegada do APH: ___:___h** **Tempo gasto na cena do trauma: ___:___h** **Tempo decorrido no transporte: ___:___h** **Total de tempo gasto: ___:___h** Local do acidente: _____ _____ **Tipo de transporte utilizado no APH:** ☐Terrestre ☐Aéreo **Tipo de suporte:** ☐Básico	Perda da consciência na cena: ☐Sim ☐Não Vômito ☐Sim ☐Não Cefaléia ☐Sim ☐Não Amnésia ☐Sim ☐Não Crise convulsiva ☐Sim ☐Não ECG na cena:_____ ____ ECG pupilar na cena:_____ ____ Uso de colar cervical ☐Sim ☐Não Uso de prancha rígida ☐Sim ☐Não Uso de prancha rígida com tiradentes ☐Sim ☐Não	FR:_____irpm FC:_____bpm PAS:_____x_____mmH ECG _____ ECG pupilar _____ SpO2:_____% Glicemia capilar ☐Sim ☐Não Paciente admitido em protocolo de imobilização (uso de colar cervical, prancha rígida, com tiradentes ou colar cervical). ☐Sim ☐Não Intubação orotraqueal ou máscara laríngea ☐Sim ☐Não Uso de oxigênio suplementar ☐Sim ☐Não Sedação ☐Sim ☐Não Bloqueador neuromuscular:	Cirurgia ☐Sim ☐Não Tipo _____ _____ Complicações durante a internação: _____ _____ _____ _____ – Avaliação de amnésia pós-traumática: _____ _____ Resultados de exames de imagem e laboratoriais durante as primeiras 72h: _____ _____ _____ _____

☐Intermediário ☐Avançado **Tipo de trauma:** ☐Trauma contuso por acidente de transporte ☐Trauma penetrante por arma de fogo ☐Trauma penetrante por objetos penetrantes ☐Explosão ☐Quedas ☐Agressão com objetos ☐ Outros_____ ____ **Mecanismo do trauma** ☐Acidente de carro com velocidade acima de 60km/h. ☐Acidente motociclístico com velocidade acima de 40km/h	<u>Uso de protetor lateral</u> ☐Sim ☐Não Intubação orotraqueal ou máscara laríngea na cena: ☐Sim ☐Não Uso de oxigênio suplementar ☐Sim ☐Não Sedação na cena: ☐Sim ☐Não Bloqueador neuromuscular na cena: ☐Sim ☐Não Drogas vasoativas ☐Sim ☐Não Acesso venoso ☐ Sim ☐Não Reposição volêmica ☐Sim ☐Não <u>Tipo</u>	☐Sim ☐Não Drogas vasoativas ☐Sim ☐Não Acesso venoso ☐ Sim☐ Não Reposição volêmica ☐Sim ☐Não <u>Tipo</u> ☐Eletrólitos ☐Plasma. ☐Concentrado de hemácias. ☐Transamin Quantidade de reposição volêmica: _____ Drenagem de tórax ☐Sim ☐Não Cricotireoidostomia de emergência ☐Sim ☐Não Sinais de choque ☐Sim ☐Não Torniquete ☐Sim ☐Não	_____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ — **Gravidade do trauma** *Abbreviated Injury Scale* (AIS): _____ *Injury Severity Score* (ISS): _____ *New Injury Severity Score* (NISS): _____ *Trauma and Injury Severity Score* (TRISS): _____ *New Trauma and Injury Severity Score*

☐Atropelamento de pedestre por veículo automotor com velocidade acima de 30km/h ☐Atropelamento de pedestre por motocicleta com velocidade acima de 30km/h. ☐Queda acima de 2 metros ☐Veículo apresentando deformidade maior que 50cm. ☐Paciente ejetado do veículo. ☐Capotamento Paciente preso nas ferragens. ☐ Outros:_____ _____ **Colisão** ☐Frontal ☐Lateral ☐Capotamento **Tipo de trauma:**	☐Eletrólitos ☐Plasma. ☐Concentrado de hemácias. ☐Transamin Quantidade de reposição volêmica: _____ Drenagem de tórax ☐Sim ☐Não Cricotireoidostomia de emergência ☐Sim ☐Não Curativo de três pontos ☐Sim ☐Não Craniotomia de emergência ☐Sim ☐Não Torniquete ☐Sim ☐Não Imobilização de membros ☐Sim ☐Não	Imobilização de membros ☐Sim ☐Não FAST na sala de emergência: ☐Sim ☐Não Outro tratamento: _____ Perda de consciência ☐Sim ☐Não Vômito ☐Sim ☐Não Cefaléia ☐Sim ☐Não Amnésia ☐Sim ☐Não Agitação ☐Sim ☐Não Desorientação ☐Sim ☐Não Parada cardiorrespiratória ☐Sim ☐Não	(NTRISS): _____ *Sepsis-related Organ Failure Assessment* (SOFA): _____ *Simplified Acurate Physiology Score II*I (SAPS III): _____ **Ferramentas de triagem** RTS: _____ tRTS: _____ mREMS: _____ REMS: _____ MGAP: _____ T-NTS: _____

☐Trauma cranioencefálico ☐Trauma de pescoço ☐Trauma ocular ☐Trauma torácico ☐Trauma abdominal ☐Trauma de extremidades ☐Trauma raquimedular ☐Queimadura ☐Múltiplos traumas ☐ Outros_____ ____ **Dispositivos de proteção** <u>Uso de capacete</u> ☐Sim ☐Não <u>Uso de cinto de segurança</u> ☐Sim ☐Não <u>Assento conforto</u> ☐Sim ☐Não Paciente apresenta sinais de ingestão alcoólica ou drogas? ☐Sim ☐Não	Outro tratamento: _____ **Admissão e internação** Data da admissão hospitalar ___/___/_____ Data de internação na UTI ___/___/_____ **Descrição das lesões:** **Risco cirúrgico:** **Risk Calculator: https://riskcalculator.facs.org/RiskCalculator/**	Crise convulsiva ☐Sim ☐Não Resultado do Brain 4 Care _____ ____ _____ _____ Resultado do exame de US: _____ _____	FTDS do ACS-COT: _____ Triagem Correta Sim Não **Desfecho** HIC sim Não Óbito Sim Não Tempo de sobrevivência: _____ Tempo de internação Hospitalar: _____ Tempo de internação na UTI: _____

APÊNDICE B

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

HOSPITAL DE URGÊNCIA DO ESTADO DE SERGIPE - HUSE

Título do projeto: Predição de desfecho em pacientes traumatizados avaliados por escalas de triagem hospitalar

Pesquisador Responsável: Drª Rita de Cássia Almeida Vieira

Local de Pesquisa: Hospital de Urgência do Estado de Sergipe, “Governador João Alves Filho”, Aracaju – SE

Você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa “PREDIÇÃO DE DESFECHO EM PACIENTES TRAUMATIZADOS AVALIADOS POR ESCALAS DE TRIAGEM HOSPITALAR” porque você sofreu algum tipo de trauma e deu entrada no Hospital de Urgência do Estado de Sergipe, “Governador João Alves Filho”, na cidade de Aracaju – SE. O estudo tem como objetivo avaliar os desfechos de pacientes de trauma por meio de escalas de triagem hospitalar da triagem. Todos os pacientes que forem admitidos no pronto-socorro do Hospital de Urgência do Estado de Sergipe, “Governador João Alves Filho”, em decorrência de um trauma estão sendo convidados a participar deste estudo. A pesquisadora responsável é Rita de Cássia Almeida Vieira, que é professora do Departamento de Enfermagem do Campus Lagarto, da Universidade Federal de Sergipe.

Você receberá todos os esclarecimentos necessários antes, durante e após a finalização da pesquisa, e lhe asseguro que o seu nome não será divulgado, sendo mantido o mais rigoroso sigilo mediante a omissão total de informações que permitam identificá-lo/a. A sua forma de participação consistirá em responder as informações na forma de entrevista com duração média de 10 minutos sobre o trauma que o senhor sofreu, detalhes do acidente, informações sobre a admissão e seu estado de saúde atual. A coleta de dados será dividida em duas fases: na primeira será realizada uma triagem pelo pesquisador utilizando os instrumentos de coleta após a admissão hospitalar e consulta

de prontuário. Na primeira fase serão avaliadas durante o atendimento no pronto-socorro algumas informações sociodemográficas e clínicas da cena, admissão, internação e alta. Na 2ª fase será realizada o acompanhamento durante a hospitalização por meio dos prontuários até o momento da alta hospitalar, onde serão avaliadas as lesões identificadas após o trauma, as complicações ocorridas durante a internação e o desfecho do paciente.

Reconhecemos que toda pesquisa envolvendo Seres Humanos está passível de oferecer riscos aos/às participantes da mesma. A Resolução CNS nº 510 de 2016, em seu Artigo 2°, Inciso XXV, cita: “risco da pesquisa: possibilidade de danos à dimensão física, psíquica, moral, intelectual, social, cultural do ser humano, em qualquer etapa da pesquisa e dela decorrente”. Sendo assim, sua participação envolve o seguinte risco, qualificado como mínimo: durante a pesquisa, pode haver algum tipo de constrangimento devido à avaliação dos seus conhecimentos sobre o tema por meio das respostas, porém, esses riscos podem ser minimizados mediante a omissão dos dados pessoais dos participantes da pesquisa. Portanto, é assegurado pelos/as pesquisadores/as a confidencialidade, a proteção da imagem e a não estigmatização, garantindo a não utilização das informações em seu prejuízo.

Sua participação pode ajudar os/as pesquisadores/as a identificar o processo de triagem e a predição dos desfechos dos pacientes de trauma. Você não será submetido (a) a nenhum tratamento e/ou exames adicionais, a não ser aqueles que fazem parte do tratamento solicitado pelo médico e protocolo da instituição. Assim, você está sendo consultado/a sobre seu interesse e disponibilidade de participar dessa pesquisa. Você é livre para recusar-se a participar, retirar seu consentimento ou interromper sua participação a qualquer momento. Caso se sinta incomodado(a) durante essa entrevista, sinta-se à vontade para conversar com os pesquisadores e interromper a entrevista em qualquer momento. A entrevista pode implicar em risco de cansaço, ansiedade, desconforto e/ou constrangimento ao responder o instrumento sobre o acidente, podendo entrar em questões pessoais. Dessa forma, você poderá interromper sua participação a qualquer momento, diminuindo os possíveis riscos e evitando que ocorram danos pessoais e constrangimentos. Caso ocorra qualquer dano psicológico por conta das perguntas realizadas, você será encaminhada para o serviço de psicologia do hospital. Nós iremos

dar toda a assistência necessária e, se mesmo assim, quiser retirar seu consentimento da pesquisa, não haverá qualquer problema ou prejuízo no tratamento. A recusa em participar não acarretará nenhuma penalidade no seu tratamento. Você não receberá pagamentos por ser participante. Se houver gastos com transporte ou alimentação, eles serão ressarcidos pela pesquisadora responsável.

Todos os dados dos/as participantes serão identificados com um código e apenas os membros da pesquisa terão conhecimento dos dados, assegurando, assim, sua privacidade. O registro destes dados será realizado por meio de planilha on-line, vinculada ao *Google drive*, para posterior análise, sendo também de acesso restrito aos/às pesquisadores/as envolvidos/as. Suas informações e seus dados estarão em segurança, pois os pesquisadores seguirão as normas estabelecidas pela Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde e pela Lei Federal Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) 13709/2018, dessa forma, os pesquisadores evitarão os riscos de vazamento de informações de dados do participante da pesquisa. Seu nome não será utilizado em qualquer fase da pesquisa, o que garante seu anonimato, e a divulgação dos resultados será feita de forma a não identificar os voluntários. Os dados da pesquisa serão analisados posteriormente e utilizados para publicações em revistas da área da saúde, mas sua identidade não será divulgada, sendo guardada em sigilo por um período de cinco anos.

Todas as informações obtidas por meio de sua participação serão de uso exclusivo para esta pesquisa e ficarão sob a guarda da pesquisadora responsável. Se houver algum dano, decorrente da pesquisa, deixamos claro que o/a participante terá seu direito garantido. Os/as pesquisadores/as firmam o compromisso de divulgar os resultados da pesquisa, assim que ela se encerrar, caso seja de interesse dos/as participantes. A divulgação deverá ser feita de forma acessível e clara para todos/as os/as participantes.

Nos colocamos à disposição dos pacientes e/ou familiares para esclarecimentos de dúvidas aos procedimentos de coleta de dados. O Pesquisador Responsável por este estudo, é a Prof.ª. Dra. Rita de Cássia Almeida Vieira, que pode ser encontrado no seguinte endereço: Av. Gov. Marcelo Déda – São José, Lagarto, Departamento de Enfermagem da Universidade Federal de Sergipe, 1º andar bloco D, Telefone (79) 99671-

0130 (24 horas/ sete dias na semana) e pelo e-mail ritavieira@academico.ufs.br. Em qualquer momento, o(a) senhor(a) terá acesso ao investigador e a sua equipe esclarecer dúvidas ou pedir informações adicionais. Este estudo foi analisado por um Comitê de Ética em Pesquisa (CEP). O CEP é responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos, visando garantir a dignidade, os direitos e a segurança dos/as participantes de pesquisa. Caso você tenha dúvidas e/ou perguntas sobre seus direitos como participante deste estudo, ou se estiver insatisfeito/a com a maneira como o estudo está sendo realizado, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Sergipe Lagarto/ Hospital Universitário de Lagarto (CEP UFS Lag/HUL), situado na Av. Governador Marcelo Déda, 13, Centro, Lagarto/SE, telefone (79) 3632-2189, de segunda a sexta, das 08:00 às 12:00hs ou pelo e-mail: cephulag@ufs.br. No caso de aceitar fazer parte como participante, você e a pesquisadora devem rubricar todas as páginas e também assinar as duas vias desse documento. Uma via é sua. A outra via ficará com a pesquisadora.

Consentimento do participante

Eu, abaixo assinado, entendi como é a pesquisa, tirei dúvidas com o(a) pesquisador(a) e aceito participar, sabendo que posso desistir em qualquer momento, durante e depois de participar. Autorizo a divulgação dos dados obtidos neste estudo mantendo em sigilo minha identidade.

Informo que recebi uma via deste documento com todas as páginas rubricadas e assinadas por mim e pelo Pesquisador Responsável.

Nome do (a) participante:_____

Assinatura: _____

Local e data:_____, _____de _____de 202___.

Assinatura Datiloscópica *(se não alfabetizado)*

_____

Se o paciente não puder assinar – REPRESENTANTE RESPONSÁVEL

Representante legal:_____

Assinatura: _____

Local e data:_____, _____de _____de 202___.

TCLE - Página 4/4

Declaração da pesquisadora

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária, o Consentimento Livre e Esclarecido deste participante (ou representante legal) para a participação neste estudo. Declaro ainda que me comprometo a cumprir todos os termos aqui descritos.

Nome do Pesquisador: Rita de Cássia Almeida Vieira

Assinatura:_____

Local/data:_____

Presenciei a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do participante.

Testemunhas (não ligadas à equipe de pesquisadores)

Nome:_____

Assinatura: _____

OBS: Duas vias devem ser feitas, uma via destinada ao usuário e outra para o pesquisador. Todas as páginas devem ser rubricadas e assinadas no final, tanto pelo convidado ou representante legal, como também pelos pesquisadores.

TCLE - Página 5/5

APÊNDICE C

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TALE

Olá! Meu nome é XXX e faço parte de um grupo de cientistas, e trabalhamos na Universidade Federal de Sergipe Campus Lagarto. Vamos explicar tudo sobre o estudo, tanto para você quanto para o seu responsável. O estudo irá acontecer no Hospital de Urgência de Sergipe "Governador João Alves Filho".



Você está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa que se chama PREDIÇÃO DE DESFECHO EM PACIENTES TRAUMATIZADOS AVALIADOS POR ESCALAS DE TRIAGEM HOSPITALAR

Este **documento serve para informar tudo sobre a pesquisa e lembre, você poderá perguntar tudo o que quiser e a qualquer momento, não fique preocupado ou com vergonha. A pergunta poderá ser feita a qualquer um de nós.** Além disso, para você participar do estudo, seus responsáveis terão que autorizar e assinar um documento que chama Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Entretanto, mesmo que seus pais autorizem, mas você não deseja, a sua vontade prevalecerá. Fique tranquilo.

Se não entender alguma palavra ou expressão, não hesite e pergunte!

O convite está sendo feito a você porque você apresentou um trauma.

Ah, importante! ⚠ Você pode dizer que não quer participar, decisão é sua! **Você pode pensar com calma e conversar com seus responsáveis. Mesmo se você aceitar agora, você**

pode mudar de ideia a qualquer momento e dizer que não quer mais fazer parte. Em todos esses casos você não será prejudicado, penalizado ou responsabilizado de nenhuma forma. Caso esteja em tratamento, continuará da mesma forma mesmo que não queira participar da nossa pesquisa. 

TALE - Página 1/4

Antes de decidir se você quer participar, você precisa entender porque esta pesquisa está sendo realizada, todos os procedimentos envolvidos, os possíveis benefícios, riscos e desconfortos que serão descritos e explicados a seguir.

Leia aqui tudo sobre a pesquisa:



✔ **Por que esta pesquisa está sendo feita?** Esta pesquisa está sendo feita para avaliar os defechos dos pacientes de trauma avaliados pelas ferramentas de triagem;



✔ **Quem pode participar?** Todos os pacientes que forem admitidos no pronto-socorro do HUL em decorrência de um trauma estão sendo convidados a participar deste estudo; O que vai acontecer durante a pesquisa? A sua forma de participação consistirá em responder as informações na forma de entrevista com duração média de 10 minutos sobre o trauma que o senhor sofreu, detalhes do acidente, informações sobre a admissão e seu estado de saúde atual. A coleta de dados será dividida em duas fases: na primeira será realizada uma triagem pelo pesquisador utilizando os instrumentos de coleta após a admissão hospitalar e consulta de prontuário. Na primeira fase serão avaliadas durante o atendimento no pronto-socorro algumas informações sociodemográficas e clínicas da cena, admissão, internação e alta. Na 2ª fase será realizada o acompanhamento durante a hospitalização por meio dos prontuários até o momento da alta hospitalar, onde serão avaliadas as lesões identificadas após o trauma, as complicações ocorridas durante a internação e o desfecho do paciente.

✔ **Quais são os riscos para você?** Sendo assim, sua participação envolve o seguinte risco, qualificado como mínimo: durante a pesquisa, pode haver algum tipo de constrangimento devido à avaliação dos seus conhecimentos sobre o tema por meio das respostas, porém, esses riscos podem ser minimizados mediante a omissão dos dados pessoais dos participantes da pesquisa. Portanto, é assegurado pelos/as pesquisadores/as a confidencialidade, a proteção da imagem e a não estigmatização, garantindo a não utilização das informações em seu prejuízo. Você não será submetido (a) a nenhum tratamento e/ou exames adicionais, a não ser aqueles que fazem parte do tratamento solicitado pelo médico e protocolo da instituição.



✔ **Haverá algum benefício?** A realização da pesquisa pretende contribuir com a ampliação de conhecimento cientifico sobre o prognóstico após o trauma e os desfechos apresentados pelos pacientes em Sergipe. Ademais, o estudo possibilitará o melhor entendimento sobre a triagem hospitalar, podendo subsidiar melhorias na assistência, colaborar com grupos de pesquisa, estabelecer políticas de ação e vigilância

✔ **E se algo der errado?** Caso aconteça algo de errado, você receberá todo cuidado sem custo.

Todas as informações coletadas neste estudo serão confidenciais (seu nome jamais será divulgado): Somente o pesquisador e/ou equipe de pesquisa terão conhecimento de sua identidade e nos comprometemos a mantê-la em sigilo.

Os dados coletados serão utilizados apenas para esta pesquisa.

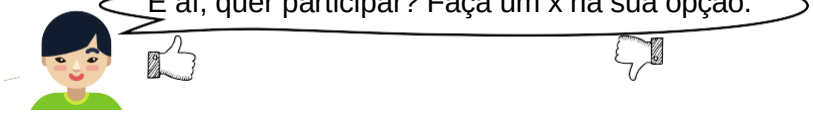
Se houver gastos, como de transporte e alimentação, eles deverão ser ressarcidos pelo pesquisador responsável.

Quando terminar, se você quiser, a gente pode te contar o que descobrimos, os resultados dos exames e da pesquisa.

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com o pesquisador responsável XXX, que pode ser encontrado no seguinte endereço: XXX. Telefone XXX (24 horas/ sete dias na semana) e pelo e-mail XXX

Ainda tem um Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) que avaliou este estudo, este comitê é um órgão que protege o bem-estar dos participantes de pesquisas.

Caso você tenha dúvidas e/ou perguntas sobre seus direitos como participante deste estudo ou se estiver insatisfeito com a maneira como o estudo está sendo realizado, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Sergipe Campus Lagarto/HUL, situado na Av. Gov. Marcelo Deda, 13, Centro, Lagarto/SE CEP 49400-000, telefone (79) 3632-2189, de segunda a sexta, das 08:00 às 12:00hs ou pelo e-mail cephulag@ufs.br.



Sim ( ) **Não** ( )

↳ Se você marcou sim, por favor, assine aqui:

Declaração do participante

Eu, _____, aceito a participar da pesquisa. Entendi as informações importantes da pesquisa, sei que posso desistir de participar a qualquer momento e que isto não irá causar nenhum outro problema. Autorizo a divulgação dos dados obtidos neste

estudo mantendo em sigilo a minha identidade. Os pesquisadores conversaram comigo e tiraram minhas dúvidas.

Assinatura: _____ data: _____

Declaração do pesquisador

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o assentimento deste participante para a participação neste estudo. Declaro ainda que me comprometo a cumprir todos os termos aqui descritos.

TALE - Página 3/4

Nome do Pesquisador: _____
Assinatura: _____
Local/data: _____

Nome do auxiliar de pesquisa/testemunha : _____
Assinatura: _____
Local/data: _____

Assinatura Datiloscópica *(se não alfabetizado)*

Presenciei a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do participante.

Testemunhas (não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome: _____;

Assinatura: _____

TALE - Página 4/4

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: PREDIÇÃO DE DESFECHO EM PACIENTES TRAUMATIZADOS AVALIADOS POR ESCALAS DE TRIAGEM HOSPITALAR

Pesquisador: Rita de Cássia Almeida Vieira

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 78584024.3.1001.0217

Instituição Proponente: Universidade Federal de Sergipe - Campus Lagarto/Departamento de

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.861.998

Apresentação do Projeto:

Projeto de TCC, mestrado e PIBIC: Predição de desfecho em pacientes traumatizados avaliados por escalas de triagem hospitalar

Orientador: Rita de Cássia Almeida Vieira

Projeto vinculado ao Departamento Departamento de Enfermagem de Lagarto

-As informações elencadas nos campos "Apresentação do Projeto", "Objetivo da Pesquisa" e "Avaliação dos Riscos e Benefícios" foram retiradas do arquivo Informações Básicas da Pesquisa (PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2228654.pdf postado em 26/05/24 e projeto_brochura.docx postado 26/05/24).

APRESENTAÇÃO:

Resumo:

Introdução: Aproximadamente 4,5 milhões de pessoas no mundo morrem devido ao trauma, o que corresponde a 8% da mortalidade global. Dessa forma, para que haja o direcionamento correto de traumatizados a um serviço de saúde condizente com o seu estado clínico, escalas de triagem são utilizadas para auxiliar no processo de tomada de decisão. De modo a evitar os erros de triagem dos pacientes traumatizados e as suas consequências o Center For Disease

Control And Prevention (CDC), National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) e o American College of Surgeons Comitte on Trauma (ACS-COT) revisaram os critérios de triagem desses pacientes. Objetivo: Avaliar os defechos dos pacientes de trauma avaliados pelas ferramentas de triagem tRTS (Triage Revised Trauma Score), new trauma score (NTS), mREMS (Modified Rapid Emergency Medicine Score), REMS (Rapid Emergency Medicine Score), MGAP (Mechanism of trauma, Glasgow Coma Scale, Age, Pressure), NEWS 2 (National Early Warning Score), Field Triage Decision Scheme (FTDS) e os critérios de triagem da ACS-COT. Método: Trata-se de um estudo do tipo guarda-chuva de coorte prospectivo que será desenvolvido em três hospitais no estado de Sergipe, Hospital de Urgência do Estado de Sergipe ¿Governador João Alves Filho¿ (HUSE), Hospital Universitário de Lagarto ¿ SE e Hospital Regional de Itabaiana Dr. Pedro Garcia Moreno ¿ SE. Serão admitidos no estudo todos os pacientes de trauma, atendidos nos prontos-socorros dos respectivos hospitais durante o período de coleta de dados. Para comparação dos modelos quanto a predição dos desfechos será aplicada a área sob a curva (AUC) para discriminação e identificação da eficácia dos modelos aplicados. Para avaliar os fatores associados aos desfechos serão realizadas análises univariada e multivariado. Resultados esperados: Espera-se identificar que os critérios de triagem aplicados nos pacientes de trauma sejam eficientes para fazer o manejo adequado do paciente e predizer os desfechos após a lesão traumática.

Introdução:

O trauma é caracterizado como um evento físico ou químico, que pode ocorrer por meio de ação externa lesiva, externa, violenta e/ou através de substâncias tóxicas no organismo. Os mecanismos da lesão podem ocorrer de modo intencional ou não intencional, com repercussões locais e sistêmicas que variam de acordo com a extensão, intensidade e gravidade do trauma (Brasil, 2018; Vieira, 2013). O trauma é responsável por sequelas e consequências à saúde do paciente e familiar, é considerado um problema de saúde pública, sendo uma das principais causas de mortalidade e morbidade no mundo (WHO, 2014). Nessa perspectiva, anualmente aproximadamente 4,5 milhões de pessoas no mundo morrem devido ao trauma, o que corresponde a 8% da mortalidade global (Ditshuizen et al., 2023). No Brasil, segundo o Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), de 2016 a 2020 os eventos por causas externas (capítulo XX da CID-10) representaram a quarta principal causa de óbito no país, com cerca de 754.170 óbitos, precedida por doenças cardiovasculares

(1.800.616), neoplasias (1.129.559) e doenças respiratórias (779.630). Além disso, as regiões Sudeste (35,21%), Nordeste (32,61%) e Sul (13,91%) destacam-se com os maiores índices de mortalidade. O trauma, gera um total de R$7.381.234.1033 em custos aos cofres públicos, são responsáveis pelas principais causas de incapacidades e mortalidade no Brasil (Brasil, 2013). (DATASUS, 2020).Dentre as ocorrências por causas externas, os principais tipos de trauma encontrados no Brasil foram aqueles que envolveram os acidentes de transporte, as quedas e as agressões. Esse panorama pôde ser visto ao analisar as características epidemiológicas do trauma em diversos serviços de emergência brasileiros. Na região Sudeste, o Serviço de Emergência da Irmandade da Santa Casa de Misericórdia de São Paulo (Parreira et al., 2017), mostrou que 60,4% das ocorrências foram por acidentes de transporte, 23,8% de quedas da própria altura, 5,9% por ferimentos com arma de fogo e 4,9% por ferimentos por armas brancas. Na região Nordeste, o Hospital de referência nos Atendimentos de Urgência e Emergência do Estado do Rio Grande do Norte (RN) observou a presença de 36% de acidentes automobilísticos, 25,4% devido a atropelamentos, 11,7% relacionado a quedas e 17,7% decorrentes de agressões (Santos et al., 2021). O Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU) de Ilhéus, na Bahia, que demonstrou que a distribuição dos mecanismos de trauma era de 41,3% para acidentes com automóveis, 9,9% por atropelamentos, 28,3% derivados de quedas e 10,2% de traumas penetrantes por armas de fogo ou armas brancas (Ibiapino et al., 2017). Tendo em vista essa realidade, houve a necessidade da instituição do Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU) por meio do decreto no 5.055, de 27 de abril de 2004, subsidiar as tomadas de decisões relacionadas à gravidade do paciente traumatizado objetivando alcançar o maior grau de eficácia e efetividade na prestação de serviço de atendimento à saúde de caráter emergencial e urgente (BRASIL, 2004; Malvestio e Sousa, 2022). No mundo as ferramentas de triagem são implementadas no ambiente pré-hospitalar e transporte de pacientes, uma vez que este serviço favorece a agilidade e atendimento correto do paciente para o centro de trauma que possua os recursos necessários para o tratamento (Bhaumik et al., 2022). Assim, para subsidiar a tomada de decisão relacionadas à gravidade do paciente traumatizado, escalas de triagem são validadas utilizando variáveis fisiológicas, anatômicas, idade e mecanismo da lesão. Com isso, as ferramentas de triagem no trauma se tornaram bastante útil para direcionar os pacientes ao serviço de saúde no qual a complexidade é condizente com o seu estado clínico (Silva e Cavazana, 2022). Com o objetivo de qualificar a triagem pré-hospitalar, são usados como referência, sistemas de pontuação para triagem como Revised Trauma Score (RTS), Triage revised trauma score (T-RTS), Rapid

Emergency Medicine Score (REMS), Modified Rapid Emergency Medicine Score (mREMS), Mechanism, Glasgow Coma Score, Age, Pressure Score (MGAP), National Early Warning Score 2 (NEWS 2) e New trauma score triagem (NTS-T). Revisão de Escopo publicada em 2022 realizada com 55 artigos, mostrou que dos 19 estudos que avaliaram a triagem no Trauma, o Guideline do Field Triage Decision Scheme (FTDS) do Colégio Americano de Cirurgiões foi a mais ferramenta mais aplicada nos estudos. A FTDS avalia critérios fisiológicos como a avaliação da Escala de Coma de Glasgow (ECG), anatômicos, mecanismo da lesão e critérios especiais como extremo de idades e comorbidades (Bhaumik et al., 2022). A avaliação anatômica nos pacientes de trauma é frequentemente aplicada e bastante eficaz para identificação da gravidade do paciente. Apesar de ser amplamente utilizado, o Injury Severity Score (ISS) e New Injury Severity Score (NISS) possui sua eficiência reduzida para triagem dos pacientes de trauma por apresentar aplicabilidade após a internação hospitalar (Galvagno et al., 2018). O FTDS do American College Surgeons Committee on Trauma (ACS-COT) objetiva realizar uma triagem de campo efetiva e encaminhando os pacientes para centros de trauma com recursos apropriados para o tratamento do paciente. O ACS-COT desenvolveu a FTDS para encaminhar pacientes a um centro de trauma de acordo com critérios fisiológicos, anatômicos e de mecanismo de lesão (Galvangno et al., 2018). Assim, é possível classificar o paciente de acordo com o seu estado e encaminha-lo ao centro de trauma adequado (Tignanelli et al., 2018). O FTDS ACS- COT recomenda que a subtriagem (dos pacientes não exceda 5% e a supertriagem esteja entre 25 a 30% (Nordgarden et al., 2018). Dito isso, entende-se subtriagem como o transporte do paciente traumatizado grave para um serviço de saúde de complexidade menor do que a ideal para o seu caso clínico e supertriagem como o transporte do paciente traumatizado não gravemente ferido para um serviço de complexidade alta (Lokerman et al., 2022). Estudos mostram que há uma maior prevalência de subtriagem quando se trata de idosos traumatizados (Lupton et al., 2022), o que está relacionado com o fato de que a própria fisiologia e as doenças preexistentes atuam como fatores de risco para maiores gravidades (Silva e Cavazana, 2022). Desse modo, a supertriagem está relacionada com o uso desnecessário de recursos hospitalares e humanos, o que se associa ao aumento no índice de episódios negativos inesperados em pacientes não traumatizados. A subtriagem, por outro lado, está associada ao aumento das taxas de mortalidade de pacientes traumatizados (Gianola et al., 2021). Assim, a triagem correta está integrada à diminuição das taxas de mortalidade em até 25% (Pearson et al., 2016) e à otimização do uso de recursos hospitalares (Tignanelli et al., 2018), além de estar envolvida com um melhor prognóstico do paciente após

a lesão (Farrohknia et al., 2011). Diante do exposto, podemos evidenciar que dentro do ambiente hospitalar cada índice de gravidade terá sua acurácia estabelecida de acordo com os critérios de gravidade do paciente para predizer os desfechos dos pacientes. Existem na literatura diversos estudos que avaliam a epidemiologia dos pacientes após o trauma, os critérios de triagem dos pacientes de trauma aplicando determinadas ferramentas isoladas ou combinadas e os desfechos, contudo são escassos na literatura os estudos que avaliam a epidemiologia, critérios de triagem pré-hospitalar e desfechos em países de baixa e média renda. Nosso estudo visa responder os seguintes questionamentos: qual o perfil epidemiológico dos pacientes triados nos hospitais em Sergipe? Qual a melhor ferramenta de triagem para os pacientes de trauma? Quais são dos principais desfechos de pacientes triados nos hospitais?

HIPÓTESE:
A a triagem correta está integrada à diminuição das taxas de mortalidade. A gravidade dos pacientes de trauma influenciam no desfecho e na triagem incorreta dos pacientes.

Objetivo da Pesquisa:
Objetivo Primário:
Avaliar a predição de desfecho dos pacientes por escalas de triagem hospitalar.

Objetivo Secundário:
Verificar as características clínicas e sociodemográficos dos pacientes de trauma triados durante o atendimento pré-hospitalar, admissão e internação hospitalar.
Verificar as principais complicações e desfechos hospitalares dos pacientes triados.
Compreender a influência das diferentes escalas de triagem na identificação da gravidade dos pacientes.
Associar os critérios de triagem aplicado nas escalas com o tempo de permanência e a mortalidade hospitalar.
Contrastar a influência da triagem nos tipos de atendimento pré-hospitalar com a mortalidade e o tempo de permanência hospitalar.
Investigar a influência da triagem nos tipos de trauma com a mortalidade e o tempo de permanência hospitalar.
Comparar a acurácia do RTS, tRTS, NTS, mREMS, MGAP, FTDS da ACS-COT para predição de mortalidade hospitalar e tempo de permanência.

Investigar a influência de fatores sociodemográficos para a supertriagem e a subtriagem dos pacientes.
Comparar a influência da triagem nas complicações hospitalares (cirúrgicas e clínicas).
Apreciar os fatores clínicos durante o atendimento pré-hospitalar, admissão e internação hospitalar associados a supertriagem e a subtriagem dos pacientes admitidos no departamento de emergência. Avaliar os fatores sociodemográficos e clínicos do atendimento pré-hospitalar, admissão e internação hospitalar associados com a mortalidade hospitalar.
Avaliar o impacto da triagem nos pacientes de TCE com sinais de hipertensão intracraniana na mortalidade hospitalar.
Estimar a predição dos desfechos após o trauma com aplicação do modelo de Machine Learning.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:
Em relação aos riscos e benefícios, o pesquisador(a) declara:

Riscos:
De acordo com a resolução no 466/2012 toda pesquisa com seres humanos envolve risco em tipos e graduações. Não há riscos diretos, uma vez que não é um estudo de intervenção. A pesquisadora minimizará os riscos por meio da garantia de ambiente favorável para avaliação dos pacientes, sigilo das informações coletadas e o anonimato. Os riscos indiretos relacionados a divulgação e identificação dos dados serão minimizados pela criação de um sistema de código individual garantindo o anonimato (os pacientes serão identificados com números). Os dados coletados serão arquivados sob guarda dos pesquisadores, por cinco anos. Informamos que essa pesquisa apresentará como possível desconforto disponibilização de parte do tempo do participante para responder o instrumento. Pode implicar em risco de ansiedade, desconforto e/ou constrangimento ao responder, podendo suscitar questões pessoais. Dessa forma, o participante poderá interromper sua participação a qualquer momento, minimizando os possíveis riscos e evitando que ocorram danos pessoais,Será garantida a ambientação para a realização da coleta de dados com preservação da intimidade e privacidade das informações fornecidas, no momento da coleta os auxiliares de coleta estarão atentos as expressões não verbais de desconforto, ansiedade e medo evidenciados pelos participantes do estudo ou familiares. Caso algum desconforto seja percebido durante a avaliação, os profissionais da

equipe multidisciplinar (assistente social, psicólogo, psiquiatra) do Hospital serão acionados para realização do acolhimento. O participante será orientado de que sua participação ou não, em nada interferirá em seu tratamento, sendo garantido seu livre arbítrio.

Benefícios:
Quanto aos benefícios, a realização da pesquisa pretende contribuir com a ampliação de conhecimento científico sobre o prognóstico após o trauma e os desfechos apresentados pelos pacientes em Sergipe. Ademais, o estudo possibilitará o melhor entendimento sobre a triagem hospitalar, podendo subsidiar melhorias na assistência, colaborar com grupos de pesquisa, estabelecer políticas de ação e vigilância.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:
- As informações elencadas neste campo foram retiradas do arquivo Informações Básicas da Pesquisa (PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2228654.pdf postado em 26/05/24 e projeto_brochura.docx postado 26/05/24).

TIPO DE ESTUDO: Trata-se de um estudo guarda-chuva do tipo coorte prospectivo com dados coletados no momento da admissão hospitalar até a alta por meio de instrumentos de coleta confeccionado pelos pesquisadores (APÊNDICES A e B), baseados em escalas de gravidade e nos protocolos de triagem.

LOCAL: O estudo será desenvolvido no Hospital de Urgência do Estado de Sergipe ¿Governador João Alves Filho¿ (HUSE), Hospital Universitário de Lagarto ¿ SE, Hospital Regional de Itabaiana Dr. Pedro Garcia Moreno ¿ SE, hospitais de média e alta complexidade que atendem a população do Estado de Sergipe.

CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO:
Critério de Inclusão:
Farão parte do estudo pacientes com todos os tipos de traumas, atendidos nos prontos-socorros dos respectivos hospitais DURANTE O PERÍODO DE COLETA DE DADOS QUE SERÁ INICIALMENTE DE SEIS MESES. Serão incluídos no estudo: pacientes de ambos os sexos, com idade acima de 15 anos, que foram admitidos até três horas do trauma nos três hospitais para realização da triagem.

Critério de Exclusão:
Serão excluídos do estudo: pacientes fora da faixa etária, que foram admitidos por outra doença, pacientes com patologias prévias como o Acidente Vascular Cerebral e/ou TCE.

PARTICIPANTES: Pacientes de todos os tipos de traumas, atendidos nos prontos-socorros dos respectivos hospitais durante o período de seis meses de coleta de dados. Serão incluídos no estudo: pacientes de ambos os sexos, com idade acima de 15 anos, que foram admitidos até três horas do trauma nos três hospitais para realização da triagem.

Tamanho da Amostra no Brasil: 200.
Apoio Financeiro: Financiamento Próprio. Orçamento apresentado:R$ 42.095,00.

PROCEDIMENTOS:
Operacionalização da coleta de dados
Trata-se de um estudo guarda-chuva do tipo coorte prospectivo com dados coletados no momento da admissão hospitalar até a alta por meio de instrumentos de coleta confeccionado pelos pesquisadores (APÊNDICES A e B), baseados em escalas de gravidade e nos protocolos de triagem. O estudo de coorte é um tipo de estudo observacional, analítico, longitudinal. Neste tipo de estudo, o pesquisador acompanha uma população ao longo do tempo para buscar possível associação entre exposição (causa) e desfecho (efeito). O estudo será desenvolvido no Hospital de Urgência do Estado de Sergipe "Governador João Alves Filho(HUSE)", Hospital Universitário de Lagarto-SE, Hospital Regional de Itabaiana Dr. Pedro Garcia Moreno-SE, hospitais de média e alta complexidade que atendem a população do Estado de Sergipe.Operacionalização da coleta de dados. A coleta de dados será realizada diariamente pelo pesquisador principal e os auxiliares de coleta de dados devidamente treinados e será dividida em duas fases: durante a admissão do PACIENTE NA EMERGÊNCIA HOSPITALAR e durante TODA internação antes da alta hospitalar. Após a autorização da pesquisa pelos hospitais selecionados e aprovação da pesquisa pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Sergipe, será realizada a coleta de dados nos hospitais por enfermeiros TREINADOS, mestrandos e ou estudantes de enfermagem (auxiliares de coleta de dados). O treinamento dos auxiliares de coleta de dados será realizado por um período de 15 dias pela pesquisadora responsável, onde serão apresentados os instrumentos de coleta de dados e orientações

quanto a coleta de dados. O pesquisador responsável realizará. A primeira fase da pesquisa será realizada no momento da admissão do paciente no pronto-socorro dos hospitais, onde serão coletadas informações com a equipe pré -hospitalar ou registro hospitalar para inserir os dados no instrumento de coleta (Apêndice A). Todos os pacientes admitidos no pronto-socorro com lesões traumáticas serão convidados a participar da pesquisa e assinaram o TALE e TCLE em duas vias. Após o aceite em participar da pesquisa, os auxiliares de coleta de dados ficaram na triagem em conjunto com a equipe plantonista de enfermagem hospitalar na sala de triagem no momento da realização da classificação de risco dos pacientes. O enfermeiro de plantão fará a triagem rotineira preconizada pela instituição hospitalar, enquanto pesquisador ou auxiliares de coleta de dados preencheram os instrumentos de coleta de dados do estudo (Apêndice A). PARA OS CÁLCULOS DAS FERRAMENTAS DE TRIAGEM RTS, TRTS, NTS, MREMS, MGAP, FTDS DA ACS-COT, FORAM CONSIDERADOS A CINEMÁTICA DO TRAUMA, OS SINAIS VITAIS, E A ECG MENSURADOS NO MOMENTO DA ADMISSÃO HOSPITALAR. APÓS O ATENDIMENTO NO SETOR DE TRIAGEM, OS PACIENTES SERÃO ENTREVISTADOS PARA IDENTIFICAÇÃO DE INFORMAÇÕES SOCIODEMOGRÁFICAS E COMPLEMENTARES SOBRE A CINEMÁTICA DO TRAUMA.A segunda fase da coleta de dados durante a internação hospitalar até o momento da alta hospitalar, serão coletadas informações clínicas nos prontuários e o desfecho (MORTE OU ALTA) dos pacientes. Nos prontuários serão coletados dados clínicos referente ao quadro clínico, informações sobre cirurgias realizadas, gravidade do trauma do paciente e laudos de exames complementares realizados. 3.4 Aspectos éticos: A pesquisa será submetida à apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Sergipe, após a aprovação será iniciada a coleta de dados no campo de pesquisa. A participação na pesquisa é condicionada à concordância dos participantes por meio de assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice B, C e D) e Termo de Assentimento Livre e Esclarecido para os participantes com idade entre 15 a 17 anos (Apêndice E, F e G).O registro e o armazenamento destes dados serão realizados em computadores utilizados exclusivamente para a pesquisa, para posterior análise, sendo de acesso restrito.

Metodologia de Análise de Dados:

Os dados coletados no Research Electronic Data Capture (RedCap), onde serão posteriormente transferidos em planilhas eletrônicas do programa Microsoft Office Excel 365 e analisados por um profissional estatístico. As estatísticas descritivas (frequência absoluta e relativa, média,

desvio padrão, e variação) serão calculadas para todas as variáveis observando a caracterização geral da casuística. As variáveis categóricas serão descritas em porcentagem. As variáveis numéricas serão avaliadas por meio de desvio-padrão, mínimo, máximo, média e mediana. Para identificar associações entre as características clínicas e sociodemográficas dos pacientes traumatizados e os desfechos serão aplicados os testes Qui- Quadrado de Pearson ou Exato de Fisher, conforme indicação de sua aplicação.

Análises inferenciais serão realizadas para avaliar o desempenho dos índices de gravidade da RTS, tRTS, mREMS, REMS, MGAP, NTS-T e FTDS da ACS-COT. A discriminação das ferramentas de triagem será avaliada pela Receover Operating Characteristic (curva ROC). A área sob a curva (AUC) é aplicada para a análise do desempenho dos diferentes índices de gravidade, onde um valor de AUC de 1,0 significa discriminação perfeita e 0,5 representa nenhuma discriminação. Serão avaliados no estudo a acurácia, sensibilidade, especificidade, valor preditivo negativo e valor preditivo positivo das ferramentas de triagem. A eliminação recursiva de recursos (RFE) como método de seleção de recursos será usada para selecionar os recursos mais relevantes para o modelo. Em resumo, o RFE ajusta recursivamente um modelo baseado em conjuntos de recursos menores até que um critério de término especificado seja alcançado. Em cada loop, no modelo treinado, os recursos serão classificados com base em sua importância. Finalmente, a dependência e a colinearidade serão eliminadas. Para encontrar os hiperparâmetros ideais, a validação cruzada de 10 vezes será usada como método de re-amostragem. Em cada iteração, a cada nove dobras serão usadas como subconjunto de treinamento, e a dobra restante serão processadas para ajustar os hiperparâmetros.

Utilizaremos algoritmos de Machine Learning diversos para desenvolver modelos. Inicialmente, realizaremos validação interna nos conjuntos de desenvolvimento para quantificar o otimismo no desempenho preditivo e avaliar a estabilidade do modelo de predição. A técnica de Bootstrap Resampling com 100 iterações será utilizada para avaliar a validade interna de cada modelo. A validação externa dos modelos será realizada. Todos os modelos serão avaliados em múltiplas dimensões quanto ao desempenho do modelo por meio da área sob a curva (AUC).

(mais informações, ver projeto detalhado).

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

1- Foram apresentados adequadamente os principais documentos: folha de rosto; cadastro CEP

UFS-Lag/HUL, projeto completo, orçamento financeiro, cronograma. - Sim
2- Outros documentos importantes anexados na Plataforma Brasil. - Sim (Anuência e infraestrutura do HUL, Hospital Regional de Itabaiana, HUSE e UFS, termo de compromisso e confidencialidade dos 5 pesquisadores, autorização de uso de arquivos- HUL)
3- O(A) Pesquisador(a) solicitou a dispensa do TCLE. - Não
4- O modelo do TCLE e TALE foi apresentado pelo(a) pesquisador(a). - Sim
5- O modelo de questionário está anexado. - Sim

Recomendações:

RECOMENDAÇÃO 1- O parecer do CEP UFS-Lag/HUL é fortemente baseado nos textos do protocolo encaminhado pelos pesquisadores e pode conter, inclusive, trechos transcritos literalmente do projeto ou de outras partes do protocolo. Trata-se, ainda assim, de uma interpretação do protocolo. Caso algum trecho do parecer não corresponda ao que efetivamente foi proposto no protocolo, os pesquisadores devem se manifestar sobre esta discrepância. A não manifestação dos pesquisadores será interpretada como concordância com a fidedignidade do texto do parecer no tocante à proposta do protocolo.

RECOMENDAÇÃO 2- Destaca-se que o parecer consubstanciado é o documento oficial de aprovação do sistema CEP/CONEP, disponibilizado apenas por meio da Plataforma Brasil.

RECOMENDAÇÃO 3- É obrigação do pesquisador desenvolver o projeto de pesquisa em completa conformidade com a proposta apresentada ao CEP. Mudanças que venham a ser necessárias após a aprovação pelo CEP devem ser comunicadas na forma de emendas ao protocolo por meio da Plataforma Brasil.

RECOMENDAÇÃO 4- O CEP informa que a partir da data de aprovação, é necessário o envio de relatórios parciais (semestralmente), e o relatório final, quando do término do estudo, por meio de notificação pela Plataforma Brasil. Os pesquisadores devem informar e justificar ao CEP a eventual necessidade de suspensão temporária ou suspensão definitiva da pesquisa.

RECOMENDAÇÃO 5- Os pesquisadores devem manter os arquivos de fichas, termos, dados e amostras sob sua guarda por pelo menos 5 anos após o término da pesquisa.

RECOMENDAÇÃO 6- Intercorrências e eventos adversos devem ser relatados ao CEP UFS Lag/HUL por meio de notificação enviada pela Plataforma Brasil.

RECOMENDAÇÃO 7- Se na pesquisa for necessário gravar algum procedimento (exemplos: entrevistas, grupos focais), o CEP UFS-Lag/HUL recomenda que as gravações sejam feitas em aparelhos a serem utilizados única e exclusivamente para a pesquisa.

RECOMENDAÇÃO 8- Os pesquisadores deverão tomar todos os cuidados necessários relacionados à coleta dos dados, assim como, ao armazenamento dos mesmos, a fim de garantir o sigilo e a confidencialidade das informações relacionadas aos participantes da pesquisa.

RECOMENDAÇÃO 9- Uma vez concluída a coleta de dados, é recomendado ao pesquisador responsável fazer o download dos dados coletados para um dispositivo eletrônico local, apagando todo e qualquer registro de qualquer plataforma virtual, ambiente compartilhado ou "nuvem".

RECOMENDAÇÃO 10- Se a coleta de dados for realizada em ambiente virtual, solicitamos que sigam as orientações contidas no OFÍCIO CIRCULAR Nº 2/2021/CONEP/SECNS/MS, disponível para leitura em: http://conselho.saude.gov.br/images/Oficio_Circular_2_24fev2021.pdf

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Após a análise das resposta no arquivo:"Newcarta_resposta_pendencias_cep_lag_assinado_assinado_28129_assinado.docx", postado na Plataforma Brasil em 26/05/2024, ao Parecer Consubstanciado n° 6.844.961 emitido em 23/05/2024, não foram observados óbices éticos, desse modo nos posicionamos por parece favorável.

Considerações Finais a critério do CEP:

Diante do exposto, o CEP UFS Lag/HUL, de acordo com suas atribuições definidas na Resolução CNS 466/2012, manifesta-se por aprovar a emissão de seu parecer final.

Ainda de acordo com Resolução 466/2012, em seu item IX.1 A responsabilidade do pesquisador

é indelegável e indeclinável e compreende os aspectos éticos e legais. E cabe ao pesquisador (Item IX.2): a. apresentar o protocolo devidamente instruído ao CEP ou à CONEP, aguardando a decisão de aprovação ética, antes de iniciar a pesquisa; b. elaborar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido; c. desenvolver o projeto conforme delineado; d. elaborar e apresentar os relatórios parciais e final; e. apresentar dados solicitados pelo CEP ou pela CONEP a qualquer momento; f. manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua guarda e responsabilidade, por um período de 5 anos após o término da pesquisa;
g. encaminhar os resultados da pesquisa para publicação, com os devidos créditos aos pesquisadores associados e ao pessoal técnico integrante do projeto; e h. justificar fundamentadamente, perante o CEP ou a CONEP, interrupção do projeto ou a não publicação dos resultados.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇOES_BASICAS_DO_PROJETO_2228654.pdf	26/05/2024 11:24:56		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_TRIAGEM.docx	26/05/2024 11:23:54	ESTER BATISTA DO NASCIMENTO VIEIRA	Aceito
Brochura Pesquisa	projeto_brochura.docx	26/05/2024 11:23:36	ESTER BATISTA DO NASCIMENTO VIEIRA	Aceito
Outros	Newcarta_resposta_pendencias_cep_lag_assinado_assinado_28129_assinado.docx	26/05/2024 11:22:05	ESTER BATISTA DO NASCIMENTO VIEIRA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	3Termo_de_consentimento_livre_e_esclarecido_pdf.pdf	26/05/2024 11:21:43	ESTER BATISTA DO NASCIMENTO VIEIRA	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_de_confidencialidade_jaqueline.pdf	21/04/2024 22:10:33	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_de_compromisso_e_confidencialidade_weslania.pdf	21/04/2024 22:10:25	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_de_compromisso_e_confidencialidade_vanessa.pdf	21/04/2024 22:10:16	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_de_compromisso_e_confidencialidade_renisson.pdf	21/04/2024 22:10:06	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_de_compromisso_e_confidencialidade_isadora.pdf	21/04/2024 22:09:57	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_de_compromisso_e_confidencialidade_bruna.pdf	21/04/2024 22:09:48	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito

Continuação do Parecer: 6.861.998

Declaração de Pesquisadores	Termo_de_compromisso_e_confidencialidade_ana.pdf	21/04/2024 22:09:33	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito
Outros	1carta_resposta_pendencias_cep_lag_assinado_assinado.docx	17/04/2024 19:08:02	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito
Cronograma	Cronograma_de_execucao_corrigido_pdf.pdf	17/04/2024 09:46:25	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_de_compromisso_e_confidencialidade_ana.pdf	17/04/2024 09:16:38	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_de_compromisso_e_confidencialidade_weslania.pdf	17/04/2024 09:15:41	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_de_compromisso_e_confidencialidade_vanessa.pdf	17/04/2024 09:14:45	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_de_compromisso_e_confidencialidade_jaqueline.pdf	17/04/2024 09:13:54	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_de_compromisso_e_confidencialidade_isadora.pdf	17/04/2024 09:12:22	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_de_compromisso_e_confidencialidade_renisson.pdf	17/04/2024 09:08:39	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	2Termo_de_consentimento_livre_e_esclarecido_pdf.pdf	15/04/2024 18:01:55	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	1Declar_de_infraestrutura_e_anuencia_itabaiana.pdf	15/04/2024 17:57:54	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	2D_infraestrutura_HUSE.pdf	28/03/2024 00:05:44	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	2Carta_anuencia_HUSE.pdf	28/03/2024 00:05:32	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito
Outros	1Sei_autorizacao_da_unidade_de_pronto_socorro_lagarto.pdf	19/03/2024 22:39:53	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	AUTORIZACAO_DE_USO_DE_ARQUIVOS_DADOS_DE_PESQUISA_assinado_HUL.pdf	19/03/2024 22:33:33	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	1Carta_de_anuencia_HUL.pdf	19/03/2024 22:32:52	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	1Declaracao_e_autorizacao_para_utilizacao_de_infraestrutura_HUL_lagarto.pdf	19/03/2024 22:31:20	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_compromisso_confidencialidade_triagem_daniel_oliveira_assinado1.pdf	19/03/2024 22:27:52	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_compromisso_confidencialidade_triagem_daniel_oliveira_assinado.pdf	19/03/2024 22:27:33	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito

Continuação do Parecer: 6.861.998

Declaração de Instituição e Infraestrutura	1Carta_Anuencia_HUSE_Rita.pdf	16/03/2024 20:53:47	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	1Lag_termo_anuencia_assinado_HUL.pdf	16/03/2024 20:52:31	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	1Declara_cao_de_Infraestrutura_HRI.pdf	16/03/2024 20:48:31	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito
Outros	Termo_de_responsabilidade_Sigilo_e_Confidencialidade_HUL.pdf	16/03/2024 20:47:28	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_de_compromisso_e_confidencialidade_cep_ufs_lagEster_assinado.pdf	08/03/2024 18:03:48	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto_projeto_triagem_assinado.pdf	08/03/2024 18:02:31	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito
Orçamento	1Teste_teste_orcamento.pdf	08/03/2024 17:58:09	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_de_compromisso_e_confidencialidade_cep_Helo_assinado3.pdf	08/03/2024 13:45:30	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_de_compromisso_e_confidencialidade_cep_ufs_lag_Julio_assinado3.pdf	08/03/2024 13:43:26	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Triagem_Termo_de_compromisso_e_confidencialidade_cep_ufs_rita_lag_assinado.pdf	08/03/2024 13:39:16	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_compromisso_confidencialidade_triagem_daniel_assinado.pdf	08/03/2024 13:37:49	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	1Huse_termo_anuencia_assinado.pdf	06/03/2024 15:35:13	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	1Lag_termo_anuencia_assinado.pdf	06/03/2024 15:31:07	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	1Declara_o_de_Infraestrutura_HUSE_pdf.pdf	06/03/2024 15:29:44	Rita de Cássia Almeida Vieira	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_de_compromisso_e_confidencialidade_cep_ufs_lagEster_assinado.pdf	06/03/2024 12:30:03	ESTER BATISTA DO NASCIMENTO VIEIRA	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_de_compromisso_e_confidencialidade_cep_ufs_lagJulio.docx	06/03/2024 12:24:15	ESTER BATISTA DO NASCIMENTO VIEIRA	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_de_compromisso_e_confidencialidade_cep_ufs_lagHeloisa.docx	06/03/2024 12:22:25	ESTER BATISTA DO NASCIMENTO VIEIRA	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto.pdf	06/03/2024 12:12:17	ESTER BATISTA DO NASCIMENTO	Aceito

Endereço: Avenida Governador Marcelo Déda, 13, Sala: Biblioteca do Campus de Lagarto
Bairro: Centro **CEP:** 49.400-000
UF: SE **Município:** LAGARTO
Telefone: (79)3632-2189 **E-mail:** cephulag@ufs.br

Folha de Rosto	folhaDeRosto.pdf	06/03/2024 12:12:17	VIEIRA	Aceito

Situação do Parecer:
Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:
Não

LAGARTO, 03 de Junho de 2024

Assinado por:
Júlia Guimarães Reis da Costa
(Coordenador(a))