



PROGRAMA
DE CIÊNCIAS
DA REABILITAÇÃO

CENTRO UNIVERSITÁRIO AUGUSTO MOTTA

Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências da Reabilitação

Mestrado Acadêmico em Ciências da Reabilitação

VIVIAN CORRÊA DE OLIVEIRA MARÇAL

**FRAÇÃO DE ESPESSAMENTO DO DIAFRAGMA COMO PREDITOR
DO SUCESSO DA EXTUBAÇÃO EM PACIENTES PEDIÁTRICOS**

RIO DE JANEIRO

2025

Autorizo a reprodução e a divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio, convencional ou eletrônico, para fins de estudo e de pesquisa, desde que citada a fonte.

Ficha catalográfica

elaborada pelo Sistema de Bibliotecas do Centro Universitário Augusto Motta

615.8 Marçal, Vivian Corrêa de Oliveira
M313f Fração de espessamento do diafragma como preditor do sucesso da
extubação em pacientes pediátricos / Vivian Corrêa de Oliveira Marçal – Rio
de Janeiro, 2025.
80p.

Dissertação (Mestrado em Ciências da Reabilitação) - Centro
Universitário Augusto Motta, 2026.

1. Ultrassonografia. 2. Diafragma. 3. Ventilação Mecânica. 4. Unidade de
terapia intensiva pediátrica. 5. Insuficiência respiratória. Título.

CDD 22.ed.

VIVIAN CORRÊA DE OLIVEIRA MARÇAL

**FRAÇÃO DE ESPESSAMENTO DO DIAFRAGMA COMO PREDITOR
DO SUCESSO DA EXTUBAÇÃO EM PACIENTES PEDIÁTRICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação, do Centro Universitário Augusto Motta, como parte dos requisitos para obtenção do título de **Mestre** em Ciências da Reabilitação.

Linha de Pesquisa: **Avaliação Funcional em Reabilitação**

Orientador: Prof. Dr. Luis Felipe da Fonseca Reis

RIO DE JANEIRO

2025

VIVIAN CORRÊA DE OLIVEIRA MARÇAL

**FRAÇÃO DE ESPESSAMENTO DO DIAFRAGMA COMO
PREDITOR DO SUCESSO DA EXTUBAÇÃO EM PACIENTES
PEDIÁTRICOS**

Examinada em: 16/12/2025

Documento assinado digitalmente
 **LUIS FELIPE DA FONSECA REIS**
Data: 09/06/2026 15:34:35-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Luis Felipe da Fonseca Reis
Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM

Documento assinado digitalmente
 **MAURA NOGUEIRA COBRA**
Data: 30/03/2026 21:12:13-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dra. Maura Nogueira Cobra
Instituto de Neonatologia e Pediatria Ltda. – CEPLIN

Documento assinado digitalmente
 **PRICILA MARA NOVAIS DE OLIVEIRA**
Data: 29/05/2026 16:11:53-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dra. Pricila Mara Novais de Oliveira
Hospital Universitário da Universidade Federal de
Alagoas/EBSERH

RIO DE JANEIRO

2026

Aplico este trabalho a Deus, o autor da minha vida e da minha história.
Ao meu esposo José Luiz, meu grande incentivador e companheiro de todas as horas.
Às minhas amadas filhas, Maria Carolina e Manuela, minha força e minha felicidade.
Aos meus queridos pais Pedro e Rosângela, que não mediram esforços na minha
educação e se doaram com todo amor.

Agradecimentos

A Deus, por ser meu sustento e porto seguro. Agradeço por ter me concedido saúde, disposição e por edificar meu coração.

Ao meu orientador Prof. Luis Felipe, por acreditar no meu potencial e compartilhar da sua sabedoria e vasta experiência.

À minha coorientadora, Prof. Maura Cobra, pela confiança e amizade. Agradeço por sua incansável dedicação, pelo apoio nos momentos difíceis e pelas risadas que tornaram nossa caminhada mais leve e doce.

À Prof.^a Pricila Mara Novais, por ser tão atenciosa e generosa, me dando suporte com suas correções e incentivos. Uma grande inspiração.

Sou grata a todos os professores que contribuíram com a minha trajetória acadêmica. Em especial aos professores Marcelo Terra e Luciano Chicayban, por esclarecerem tantas dúvidas e oferecerem todo apoio desde o início.

Agradeço à Universidade Augusto Motta (UNISUAM) por me proporcionar um ambiente tão agradável para os estudos. Sou grata à direção, em especial ao coordenador e Prof. Arthur de Sá, sempre tão disposto e presente quando precisei.

À estimada equipe de Terapia Intensiva Pediátrica do Hospital Ferreira Machado (HFM), pessoas brilhantes que fazem a diferença na prática hospitalar.

Aos queridos pacientes pediátricos que me encantam com sua tamanha força mesmo sendo tão pequenos. A razão deste estudo e o motivo da minha alegria em cada plantão.

Ao meu esposo e às minhas filhas, pelo amor e cuidado dedicados. Sem vocês, não teria conseguido desenvolver este projeto.

Aos meus pais, pela criação dada com todo carinho e por toda dedicação na minha formação.

Aos meus sogros, por sempre estarem ao meu lado, torcendo e vibrando com as minhas vitórias.

Aos meus familiares que participaram desta conquista através dos incentivos, palavras de ânimo e orações.

Aos meus amigos, pela força e apoio de sempre. Agradeço pela compreensão nos momentos de ausência.

Muito obrigada a todos que fazem parte desta grande realização!

Conheça todas as teorias, domine todas as técnicas,
mas ao tocar uma alma humana, seja apenas outra
alma humana.

Carl Jung

Resumo

Objetivo: Avaliar a capacidade preditiva da fração de espessamento do diafragma (TFDI) mensurada por ultrassonografia point-of-care (POCUS) durante o teste de respiração espontânea para o sucesso da extubação em pacientes pediátricos internados em unidade de terapia intensiva.

Métodos: Estudo transversal observacional realizado em duas unidades de terapia intensiva pediátrica de um hospital municipal de referência. Foram incluídos 30 pacientes pediátricos (29 dias a 4 anos) em ventilação mecânica por insuficiência respiratória aguda, submetidos ao teste de respiração espontânea. A espessura diafragmática foi mensurada por ultrassonografia na zona de aposição durante inspiração e expiração, calculando-se a TFDI. O desfecho primário foi o sucesso da extubação, definido como ausência de necessidade de reintubação nas primeiras 48 horas após a extubação.

Resultados: A taxa de sucesso de extubação foi de 73,3% (22/30). A TFDI média no grupo sucesso foi significativamente maior que no grupo falha ($47,36 \pm 23,55\%$ vs. $19,07 \pm 6,80\%$; $p = 0,001$). O ponto de corte de $TFDI < 25\%$ apresentaram sensibilidade de 87,5%, especificidade de 86,4%, valor preditivo positivo de 70% e valor preditivo negativo de 95% para predizer insucesso da extubação. A área sob a curva ROC foi de 0,920 (IC 95%: 0,812-1,000). Houve associação significativa entre tempo de ventilação mecânica prolongado (≥ 22 dias) e maior taxa de insucesso da extubação ($p = 0,005$).

Conclusões: A fração de espessamento do diafragma avaliada por ultrassonografia durante o teste de respiração espontânea demonstrou excelente capacidade preditiva para o sucesso da extubação em pediatria. Valores de $TFDI \geq 30\%$ associaram-se a 100% de sucesso, enquanto valores $< 25\%$ indicaram alto risco de falha, sugerindo que esta ferramenta não invasiva pode auxiliar na tomada de decisão clínica sobre o momento adequado para extubação.

Palavras-chave: Ultrassonografia; Diafragma; Desmame da ventilação mecânica; Pediatria; Unidade de terapia intensiva pediátrica; Insuficiência respiratória.

Abstract

Objective: To evaluate the predictive capacity of diaphragmatic thickening fraction (DTF), measured by ultrasonography during spontaneous breathing trial, for successful weaning from mechanical ventilation in pediatric intensive care unit patients.

Methods: Observational cross-sectional study conducted in two pediatric intensive care units of a municipal reference hospital. Thirty pediatric patients (29 days to 4 years) on mechanical ventilation for acute respiratory failure undergoing spontaneous breathing trial were included. Diaphragmatic thickness was measured by ultrasonography in the zone of apposition during inspiration and expiration, calculating DTF. The primary outcome was successful weaning, defined as absence of reintubation within 48 hours after extubation.

Results: Weaning success rate was 73.3% (22/30). Mean DTF in the success group was significantly higher than in the failure group ($47.36 \pm 23.55\%$ vs. $19.07 \pm 6.80\%$; $p = 0.001$). The DTF cutoff $< 25\%$ showed sensitivity of 87.5%, specificity of 86.4%, positive predictive value of 70.0%, and negative predictive value of 95.0% for predicting weaning failure. The area under the ROC curve was 0.920 (95% CI: 0.812-1.000). There was a significant association between prolonged mechanical ventilation time (≥ 22 days) and higher failure rate ($p = 0.005$).

Conclusions: Diaphragmatic thickening fraction assessed by ultrasonography during spontaneous breathing trial demonstrated excellent predictive capacity for successful ventilator weaning in pediatrics. DTF values $\geq 30\%$ were associated with 100% success, while values $< 25\%$ indicated high risk of failure, suggesting that this non-invasive tool can assist in clinical decision-making regarding appropriate timing for extubation.

Keywords: Ultrasonography; Diaphragm; Ventilator weaning; Pediatrics; Intensive care units, pediatric; Respiratory insufficiency.

Lista de Ilustrações

FIGURA 1 - Modo B de ultrassom usando uma sonda de 10 MHz na zona de aposição.

ARTIGO:

FIGURA 1 Aparelho de ultrassom da marca Philips, HD7, com transdutor linear de alta frequência (8-12 MHz).

FIGURA 2 Avaliação ultrassonográfica com o transdutor posicionado perpendicularmente às fibras musculares do diafragma, que aparece como uma estrutura de três camadas: uma linha ecoica superficial (pleura parietal), uma camada hipoeecogênica central (músculo diafragmático propriamente dito) e uma linha ecoica profunda (pleura diafragmática).

Lista de Quadros e Tabelas

Tabela 1 Características dos estudos que calcularam TFDI em UTIp

Quadro 1 Detalhamento do orçamento

Quadro 2 Cronograma de execução

Artigo:

Tabela 1 Características demográficas
e clínicas da população estudada

Tabela 2 Comparação das medidas
ultrassonográficas do diafragma entre os
grupos sucesso e insucesso do
desmame

Tabela 3 Desempenho diagnóstico de
diferentes pontos de corte da TFDI para
predição de insucesso do desmame

Lista de Abreviaturas e Siglas

AVDs	Atividades de vida diária
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
DD	Disfunção diafragmática
DDIV	Disfunção diafragmática induzida pela ventilação mecânica
EOT	Extubação orotraqueal
EP	Estudo piloto
FE	Fração de espessamento do diafragma
FIO2	Fração inspirada de oxigênio
IRpA	Insuficiência Respiratória Pulmonar Aguda
PEEP	Pressão expiratória final positiva
PEMVECC	<i>Pediatric Mechanical Ventilation Consensus Conference</i>
Pimáx	Pressão inspiratória máxima
PNM	Pneumonia
POCUS	Ultrassonografia point-of-care
SDRAP	Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo Pediátrico
SpO2	Saturação periférica de oxigênio
SUS	Sistema Único de Saúde
TALE	Termo de Assentimento Livre e Esclarecido
TCLE	Termo de Consentimento livre e esclarecido
TFDI	Fração de espessamento do diafragma
US	Ultrassonografia
USD	Ultrassonografia diafragmática
UTI	Unidade de Terapia Intensiva
UTIP	Unidade de Terapia Intensiva Pediátrica
VIDD	Disfunção diafragmática induzida pela ventilação
VM	Ventilação mecânica
VNI	Ventilação Não Invasiva
Vt	Volume corrente

SUMÁRIO

RESUMO.....	08
ABSTRACT.....	09
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	10
LISTA DE QUADROS E TABELAS.....	11
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	12
PARTE I – PROJETO DE PESQUISA	18
CAPÍTULO 1 REFERENCIAL TEÓRICO	19
1.1 INTRODUÇÃO	19
1.2 ESTADO ATUAL DO CONHECIMENTO.....	21
1.2.1 Hospitalização pediátrica	21
1.2.2 O paciente pediátrico crítico.....	21
1.2.3 Ventilação Mecânica em Pediatria	21
1.2.4 O Diafragma.....	22
1.2.5 Disfunção diafragmática	23
1.2.6 Reabilitação em UTI	24
1.2.7 Desmame da VM.....	25
1.2.8 Ultrassonografia diafragmática	26
1.3 JUSTIFICATIVAS.....	27
1.3.1 Relevância para as Ciências da Reabilitação	27
1.3.2 Relevância para a agenda de prioridades do Ministério da Saúde	27
1.3.3 Relevância para o desenvolvimento sustentável	29
1.4 OBJETIVOS	29
1.4.1 Primário.....	29
1.4.2 Secundários	29
1.5 HIPÓTESES	29
CAPÍTULO 2 PARTICIPANTES E MÉTODOS	30
2.1 ASPECTOS ÉTICOS.....	30
2.2 DELINEAMENTO DO ESTUDO	30
2.2.1 Local de realização do estudo.....	30

2.2.2 Pré registro do protocolo	31
2.3 AMOSTRA	31
2.3.1 Local de recrutamento do estudo	31
2.3.2 Critérios de inclusão	32
2.3.3 Critérios de exclusão	32
2.4 PROCEDIMENTOS.....	32
2.4.1 Avaliação clínica	34
2.5 DESFECHO	35
2.5.1 Desfecho primário	35
2.5.Desfecho secundário	35
2.6 ANÁLISE DE DADOS	35
2.6.1 Tamanho amostral	35
2.6.2 Variáveis do estudo	36
2.6.3 Plano de análise estatística	36
2.6.4 Disponibilidade e acesso aos dados	37
2.7 ORÇAMENTO E APOIO FINANCEIRO	37
2.8 CRONOGRAMA.....	38
RESULTADOS	39
ARTIGO	40
CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
REFERÊNCIAS	66

PARTE I – PROJETO DE PESQUISA

Capítulo 1 Referencial Teórico

1.1 Introdução

Os avanços nos cuidados intensivos nas últimas décadas promoveram uma redução da mortalidade nas unidades de terapia intensiva pediátrica (UTIPs). Porém observou-se um aumento da morbidade, do risco de sequelas físicas e neuro cognitivas, associada à doença de base ou aos cuidados administrados durante a hospitalização. Em um curto prazo a população pediátrica pode desenvolver fraqueza muscular e delirium; já em longo prazo, perda da funcionalidade, dificuldade nas atividades de vida diária, no rendimento escolar e interação social no período pós-alta hospitalar. É crescente a busca dos intensivistas pediátricos por instrumentos que identifiquem alterações precocemente, favorecendo estratégias de reabilitação e diminuição dos impactos da internação hospitalar (Dominguez, 2014; Pollack et al., 2014; Bastos VC et al., 2018).

O uso da ultrassonografia pulmonar beira-leito (POCUS) tem sido amplamente recomendada e utilizada no ambiente de emergência e terapia intensiva adulto. Na pediatria, embora os dados ainda sejam limitados, seu manejo vem ganhando força, com evidências crescentes e numerosos benefícios. Por ser uma modalidade de imagem eficiente e não invasiva, sem radiação, não necessita de transporte potencialmente arriscado, permite uma avaliação segura e recorrente do paciente em tempo real. Seu manejo tem se mostrado útil no diagnóstico e acompanhamento de patologias comuns na terapia intensiva, como na insuficiência respiratória pulmonar aguda (IRpA) e na Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo Pediátrica (SDRAP) assim como no acompanhamento de intervenções. Também é um marcador sensível e específico para o diagnóstico de muitas condições; como o pneumotórax, edema pulmonar, consolidação pulmonar e derrame pleural. Sua prática auxilia a diferenciação destas principais causas de IRpA, além disso a US pulmonar pode ser utilizada na avaliação da condição pulmonar durante o desmame da VM. (Potter; Griksaitis, 2019; Ord; Griksaitis, 2018; Abdel Rahman et al., 2020).

Estudos recentes têm demonstrado o papel da US diafragmática (USD) na população pediátrica. Atrofia por desuso e disfunção contrátil do músculo diafragma, o

principal músculo da respiração, já tem sido extensamente discutido em adultos ventilados mecanicamente. A ventilação mecânica (VM) afeta adversamente a arquitetura da fibra diafragmática, gera alteração da respiração mitocondrial, induz danos oxidativos, levando a diminuição da força muscular. Nos pacientes críticos a disfunção diafragmática induzida pela VM (DDIV) está presente numa elevada porcentagem e está associada ao aumento da mortalidade e morbidade. Uma redução mais rápida da função e espessura do diafragma tem sido observada em crianças sob VM, o que pode ser atribuída a presença de menos fibras do Tipo 1, resultando em baixa resistência a fadiga diafragmática (Lee et al., 2017; Supinski et al., 2018).

As crianças possuem características anatômicas e fisiológicas peculiares. Caixa torácica arredondada, com o diâmetro ântero-posterior igual ao transverso, devido à posição mais horizontal das costelas, quase perpendiculares à coluna vertebral. O formato arredondado do tórax confere desvantagem à mecânica respiratória dos lactentes, porque ocorre menor elevação das costelas durante a contração da musculatura intercostal. Com o crescimento, as costelas se tornam oblíquas, dirigindo-se para baixo e para frente. No final do primeiro ano de idade, o diâmetro transverso se torna maior que o ântero-posterior, adquirindo o formato elíptico do adulto, por volta dos 7 anos de idade. A inserção do diafragma em crianças é mais horizontal e elevada, na altura da oitava e nona vértebra torácica, enquanto no adulto, o diafragma insere-se obliquamente, na altura da nona e décima vértebra torácica. Consequentemente, em crianças, o movimento do diafragma é menor durante a inspiração, o que limita a expansibilidade da caixa torácica (Matsuno A.k., 2012).

Embora a VM forneça uma forma indiscutivelmente vital de suporte a vida, salvando pacientes de uma doença subjacente, aliviar o trabalho do diafragma pode levar a atrofia e afetar o desfecho clínico devido a DDIV. Outros fatores também levam a disfunção do diafragma, como choque séptico e outras condições patológicas que podem estar associadas. Estudos recentes ilustram que a USD é um método viável e preciso para avaliar a DDIV. Em adultos a espessura do hemidiafragma direito e a fração de espessamento diafragmático (TFDI) são utilizadas para avaliar o desenvolvimento da DDIV, além disso a TFDI é aplicada como preditor de sucesso de extubação. A USD para indicar a atividade do diafragma durante a VM possui vantagens quando comparada à outras ferramentas pois além de não ser invasiva, não necessita a colaboração do paciente (Vetrugno et al., 2020).

O consenso até o momento é que a TFDI deve ser mantida entre 15% e 30% em

pacientes adultos sob VM tal como em indivíduos saudáveis em repouso, pois parece estar associada a menor duração da VM. Em relação ao sucesso de extubação, valores de TFDI acima de 30% tem sido adotada nesta população. Poucos estudos implementam o uso da US na avaliação da prontidão para o desmame em pediatria, evidências recentes sugerem uma TFDI maior ou igual a 20% para o sucesso da extubação. Tais achados ainda não foram investigados em população pediátrica brasileira e a lacuna que existe em relação a ausência de índices preditores de desmame e extubação em população pediátrica é alarmante. Portanto, este trabalho tem como objetivo avaliar a capacidade preditiva da TFDI através da POCUS durante o teste de respiração espontânea para o sucesso de extubação em pacientes pediátricos internados em unidade de terapia intensiva (Vetrugno et al., 2020; Tenza-Lozano et al., 2018).

1.2 Estado Atual do Conhecimento

1.2.1 Hospitalização pediátrica

Nos últimos 30 anos o Brasil passou por rápidas mudanças nos principais determinantes sociais de saúde e na organização dos serviços de saúde. A mortalidade infantil diminuiu substancialmente nas últimas décadas, o acesso a maioria das intervenções de saúde infantil aumentou acentuadamente e as desigualdades regionais e socioeconômicas no acesso a tais intervenções foram notavelmente reduzidas (Victora et al., 2011).

1.2.2 O paciente pediátrico crítico

Aproximadamente 55% das crianças internadas em unidade de terapia intensiva (UTI) pediátrica necessitam de ventilação mecânica (VM), os procedimentos de intubação orotraqueal e extubação orotraqueal (EOT) desses pacientes apresentam alto risco e podem estar associados com aumento de morbidade e mortalidade (Moura et al., 2021).

Apesar dos benefícios da VM, quando adequadamente indicada, sua utilização prolongada pode ocasionar lesões das vias aéreas, infecções pulmonares, instabilidade cardiovascular e complicações resultantes do imobilismo. Da mesma

maneira, a EOT prematura também pode ser prejudicial, uma vez que a falha e a necessidade de reintubação estão associadas a maior tempo de internação e comprometimentos cardiorrespiratórios e/ou neurológicos, que podem resultar em incapacidade a longo prazo (Moura et al., 2021).

1.2.3 Ventilação mecânica em pediatria

A VM é uma terapia que visa manter a ventilação alveolar adequada e a troca gasosa eficaz em pacientes gravemente doentes. A porcentagem de pacientes hospitalizados em UTIPs que necessitam de VM varia entre 30% e 64%. Embora a VM melhore a sobrevivência nesses pacientes, ela pode causar complicações como lesão pulmonar, pneumonia associada à VM e disfunção ventricular direita. A desconexão do ventilador deve ocorrer assim que possível. Desmame envolve a redução gradual dos parâmetros ventilatórios e extubação orotraqueal, a retirada do tubo endotraqueal (Valenzuela et al., 2014).

O suporte ventilatório mecânico, tanto não invasivo como invasivo, deve ser realizado de forma adequada e segura para evitar a lesão induzida pela ventilação mecânica. No consenso Pediatric Mechanical Ventilation Consensus Conference (PEMVECC), recomenda-se evitar volume corrente (V_t) > 10 mL/kg (peso corpóreo ideal). Embora não haja um “valor fixo ideal” universal (dada a heterogeneidade da SDRAP), a recomendação geral para ventilação protetora é manter V_t dentro de valores fisiológicos para os pacientes com lesão pulmonar; isso normalmente implica V_t reduzido, tipicamente no intervalo de 4–6 mL/kg (Kneyber et al., 2017).

Grande parte da prática comum em VM pediátrica é baseada em experiências da VM adulta. O consenso de VM pediátrica europeu reforça a existência de uma grande lacuna nesta área e cita a necessidade de estudos elaborados para o uso fundamentado da VM nesta população (Kneyber et al., 2017).

1.2.4 O diafragma

Os músculos respiratórios, que compreendem o diafragma, os músculos intercostais, os músculos abdominais e os músculos acessórios (incluindo os músculos esternocleidomastoideo e escaleno), são a força motriz da ventilação (Vieira Santana

et al., 2020). O diafragma é o principal músculo da respiração, um músculo fino, posicionado entre o tórax e o abdômen. Anatomicamente, é uma estrutura em forma de cúpula dividida em duas partes: o tendão central e a porção muscular periférica.

Funcionalmente, a porção muscular divide-se em duas partes: a porção crural, que é medial e provém das vértebras lombares (L2-L4) e ligamentos associados; a porção costal maior, que é lateral e aposta ao aspecto interno das seis costelas inferiores, constituindo a região de aposição à caixa torácica, denominada zona de aposição (Chavhan et al., 2010).

A contração da zona de aposição resulta em movimento caudal da cúpula do diafragma e aumenta o volume intratorácico. Quando a carga imposta ao diafragma aumenta, os músculos inspiratórios acessórios são recrutados (músculos paraesternal, intercostal externo, escaleno e esternocleidomastóideo). Com carga adicional, os músculos expiratórios são ativados para auxiliar a expiração, os músculos transversos do abdome, oblíquos externo e interno (Tuinman et al., 2020).

Os quatro precursores embriológicos do diafragma são o septo transverso, pregas pleuroperitoniais, mesentério dorsal do esôfago e fibras musculares da parede do corpo. O tendão central é derivado do septo do transverso, a maior parte da porção muscular é formada das membranas pleuroperitoniais que funde-se com o septo transverso e com o mesentério dorsal do esôfago. A porção mediana do diafragma desenvolve-se a partir do 9 mesentério dorsal do esôfago. Possui três aberturas principais, para a aorta, nível T12; para o esôfago, nível T10 e uma para veia cava inferior, nível T8 (Chavhan et al., 2010).

No diafragma humano adulto, aproximadamente 55% das fibras musculares são do tipo I (fibras de contração lenta cuja resistência à fadiga é alta), ao passo que 21% são do tipo IIA (fibras oxidativas de contração rápida cuja resistência à fadiga é intermediária) e 24% são do tipo IIB (fibras glicolíticas de contração rápida cuja resistência à fadiga é baixa). Em crianças há uma menor quantidade de fibras tipo I quando comparadas aos adultos, apresentando baixa resistência à fadiga diafragmática. Assim evoluem de forma mais rápida para IRpA (Vieira Santana et al., 2020; Lee et al., 2017).

Além disso, tem-se observado que a TDFI média em crianças diminui substancialmente nos primeiros 2 dias de intubação e depois de forma constante do 3º ao 7º dia em VM. A espessura média do diafragma também reduz significativamente nos primeiros 2 dias e de forma constante a partir de então (Lee et al., 2017).

1.2.5 Disfunção diafragmática

A perda de volume muscular do diafragma resulta em disfunção diafragmática (DD); esta atrofia tem relação com o uso da VM e com o quadro clínico de Sepses na UTI. O rápido desuso das fibras diafragmáticas e a inatividade do diafragma durante a VM resultam em acentuada atrofia, tendo uma redução em 6% da sua espessura nas primeiras 48h após o início da VM (Vetrugno et al., 2020).

A disfunção diafragmática induzida pela ventilação (VIDD) ocorre quando a VM não é bem ajustada de acordo com as necessidades do paciente, podendo ocasionar lesão no diafragma por uso excessivo ou insuficiente. Outros mecanismos de miotrauma envolvem contração excêntrica, assíncronais (como disparo reverso e ciclagem precoce) e altos níveis de PEEP (Horst; Rimensberger; Kneyber, 2024).

Em uma metanálise recente foi demonstrada a prevalência da DD no momento do TRE, que variou de 20% a mais de 60% e estava fortemente associada a um risco aumentado de falha de extubação e mortalidade. Amplamente descrita em pacientes sob ventilação mecânica em unidades de terapia intensiva adulto, apesar da sua importância em pediatria, essa disfunção não é sistematicamente avaliada, podendo estar sendo subdiagnosticada nesta população (Medrinal et al., 2023; Dionísio et al., 2019).

1.2.6 Reabilitação em UTI

O fisioterapeuta que atua em unidade de terapia intensiva (UTI) é responsável pela reabilitação de pacientes graves. Especificamente em UTIPs, a reabilitação engloba desde a avaliação, prevenção de alterações cinético-funcionais até as intervenções de tratamento. Envolve o controle e aplicação de gases medicinais, cuidados da ventilação pulmonar mecânica invasiva (VMI) e não invasiva (VNI), protocolos de desmame e extubação, entre outros. Com o objetivo de fornecer a recuperação do paciente e seu retorno às atividades funcionais (Johnston C. et al., 2012).

A reabilitação realizada na UTI pode envolver o treinamento muscular inspiratório (TMI). Este é um dos métodos mais estudados e parece aumentar a pressão inspiratória máxima (PI_{máx}), porém a heterogeneidade dos protocolos, dos equipamentos utilizados e da seleção dos participantes reduz a certeza dos benefícios

clínicos. Além disso, pelo seu mecanismo de ação, esta forma de reabilitação exige que as pessoas sejam capazes de respirar espontaneamente e de cooperar (Medrinal et al., 2023).

Ainda existe uma lacuna ao que se refere valores de normalidade e equações preditivas para avaliar a força muscular respiratória em lactentes, em geral os estudos são realizados com escolares acima de 7 anos. A fraqueza muscular respiratória é comum nos pacientes críticos, o papel do TMI direcionado nas estratégias de reabilitação ainda é pouco definido e o impacto nos resultados clínicos carece de confirmação (Wilson, 1984; Vorona et. al., 2018).

Alguns estudos apontam o uso da Pimáx como preditor de extubação, mensurada através da manovacuometria, no qual valores $\leq 30\text{cmH}_2\text{O}$ foram associados à reintubação. Um ponto de corte de $\leq 50\text{cmH}_2$ foi descrito como preditor de falha de EOT em pacientes pediátricos hospitalizado por bronquiolite viral aguda (Johnston C. et al., 2012).

A estimulação elétrica neuromuscular do diafragma demonstrou manter a espessura e a força muscular em adultos. Tem a vantagem de não exigir cooperação, pois produz contrações musculares involuntárias. Estudos com estimulação elétrica transcutânea do diafragma em pessoas sob VM demonstram boa viabilidade e segurança do método, com resultados positivos em relação às pressões respiratórias máximas, porém ainda não há comprovação sobre a diminuição da DD com a sua utilização (Medrinal et al., 2023).

1.2.7 Desmame da ventilação mecânica em UTI Pediátrica

O desmame da VM representa um desafio importante na prática clínica das unidades de terapia intensiva pediátricas, sendo responsável por aproximadamente 40% do tempo total de ventilação mecânica. A identificação do momento adequado para a extubação é crucial, uma vez que tanto o atraso no desmame quanto a extubação prematura podem resultar em complicações significativas, incluindo maior tempo de internação, aumento da morbimortalidade e elevação dos custos hospitalares (Boles et al., 2007).

A falha do desmame ventilatório ocorre em 10 a 20% dos pacientes adultos e pode alcançar até 40% em populações pediátricas de alto risco. A necessidade de reintubação está associada a piores desfechos clínicos, incluindo maior risco de

pneumonia associada à ventilação mecânica, traqueostomia, tempo prolongado de internação e mortalidade (Thille, Richard e Brochard, 2013).

Antes de iniciar o desmame, é necessário avaliar se o paciente apresenta melhora da doença de base, estabilidade hemodinâmica, parâmetros respiratórios adequados, drive respiratório, capacidade de proteção de vias aéreas e está sem sinais de desconforto respiratório. A causa que levou à ventilação mecânica deve estar controlada, como a redução do trabalho respiratório, melhora da oxigenação e ventilação, redução das secreções ou controle da infecção e melhora do nível de consciência (Kneyber et al., 2017).

Avaliação diária de determinados critérios, como relação PaO_2/FIO_2 maior que 200, PEEP de 5, reflexo de tosse presente, diminuição dos sedativos e vasopressores, é essencial para avaliar a aptidão para o desmame (Valenzuela et al., 2014).

A EOT também é um desafio e ocorre normalmente por julgamento clínico, de acordo com o estado neurológico, cardiorespiratório e hemodinâmico do paciente. O Pediatric Acute Respiratory Distress Syndrome: Consensus (PARDS) recomenda fortemente a realização de avaliações diárias de prontidão para EOT em pacientes pediátricos. O teste de respiração espontânea (TRE), que avalia a capacidade do paciente em manter a ventilação espontânea por meio de ventilação com pressão de suporte (PS) ou pressão positiva contínua das vias aéreas (CPAP), ou conectado em uma peça em formato de “T”, com uma fonte de oxigênio, entre 30 minutos e 2 horas tem sido amplamente utilizado (Moura et al., 2021).

O paciente passa no teste se apresentar SpO_2 estável, frequência respiratória (FR) apropriada, ausência de esforço respiratório excessivo, boa perfusão e estabilidade hemodinâmica (Kneyber et al., 2017).

1.2.8 Ultrassonografia diafragmática

O diafragma é responsável por 60% do volume de ar inspirado; pacientes sob cuidados intensivos frequentemente apresentam disfunção do diafragma, podendo levar a desfechos ruins como a dificuldade no desmame da ventilação mecânica (Le Neindre et al., 2021).

Identificar o momento ideal para a extubação sempre foi um desafio para os intensivistas. A ultrassonografia do diafragma está ganhando imensa popularidade para

medir a função do diafragma, através da avaliação da sua espessura e excursão, em adultos está sendo cada vez mais utilizada para prever o sucesso da extubação, apresentando alta especificidade (Subhash; Kumar, 2023).

A avaliação ultrassonográfica quantitativa e qualitativa da disfunção do diafragma pode ser conduzida à beira do leito, fornecendo uma estimativa do esforço respiratório do paciente. As duas variáveis (excursão e fração de espessamento) fornecem uma indicação da mobilidade e contratilidade muscular (Le Neindre et al., 2021).

Na avaliação da função diafragmática através da excursão do diafragma, as medidas de excursão são afetadas pelo volume corrente na inspiração e pela pressão intra-abdominal. Assim, entre todos os índices, a fração de espessamento diafragmática parece ser um marcador mais objetivo e confiável de sucesso da extubação (Subhash; Kumar, 2023).

O uso do ultrassom como ferramenta na avaliação diafragmática tem sido descrito como uma ferramenta viável e precisa para monitorar a capacidade muscular respiratória em população de neonatos (Carvalho et al., 2025).

Vários estudos têm sido realizados em adultos gravemente enfermos para avaliar a disfunção diafragmática e sua utilidade em prever o sucesso do desmame. No entanto, em todo o mundo, há muito poucos estudos desse tipo em UTIp (Subhash; Kumar, 2023; Xue et al., 2019). **Tabela 1.**

Tabela 1: Características dos estudos que calcularam FE em UTIp

Referência	país	N	Corte da FE para sucesso de extubação
Abdel Rahman et al., 2020	Egito	106	23%
Lee et al., 2017	Taiwan	31	17%
Subhash & Kumar, 2023	Índia	26	20%
Xue et al., 2019	China	50	21%

Fonte: Autora

1.3 Justificativas

1.3.1 Relevância para as Ciências da Reabilitação

Grande parte da prática comum em VM pediátrica é baseada em experiências pessoais e vivência clínica que os profissionais de cuidados intensivos pediátricos adotaram da experiência adulta e neonatal. Existe uma lacuna de evidências clínicas para guiar a prática diária de VM, acredita-se que pela grande variabilidade de idade, tamanho, maturidade pulmonar, diagnósticos crônicos e agudos desta população (Kneyber et al., 2017).

Ter um preditor para o desmame em pediatria que considere a função diafragmática possibilita a retirada da VMI de forma mais segura e mais assertiva, podendo minimizar a disfunção diafragmática induzida pela VM. Diminuir o risco de reintubação e seus agravos, as disfunções geradas no período de hospitalização relacionadas a ventilação prolongada e as morbidades na população pediátrica.

A TFDI parece ser um marcador objetivo e confiável de sucesso da extubação.

1.3.2 Relevância para a Agenda de Prioridades do Ministério da Saúde¹

A pesquisa científica e tecnológica em saúde é considerada um componente indispensável à melhoria das ações de promoção, proteção e recuperação da saúde da população. No Brasil, a construção de um sistema de ciência, tecnologia e inovação para a saúde e a definição de prioridades de investigações têm contribuído para o fortalecimento do Sistema Único de Saúde (SUS), por meio da incorporação de novos conhecimentos e tecnologia. O presente estudo assume o eixo temático 14 (saúde materno-infantil) da agenda de prioridades de pesquisa do Ministério da Saúde.

1.3.3 Relevância para o Desenvolvimento Sustentável²

Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar de crianças. Ocupando a posição 3, saúde e bem-estar, dos indicadores brasileiros para o desenvolvimento sustentável. As crianças hospitalizadas em unidades de Terapia Intensiva recebendo Ventilação Mecânica Invasiva (VM) necessitam de cuidados especiais para prevenir complicações. Embora a VM seja considerada um dos maiores avanços da medicina, a permanência prolongada neste suporte está associada a um aumento da morbidade, o que faz com que o desmame seja uma das prioridades nesses pacientes.

1.4 Objetivos

1.4.1 Primário

Avaliar a capacidade preditiva da fração de espessamento do diafragma (TFDI) mensurada por ultrassonografia point-of-care (POCUS) durante o teste de respiração espontânea para o sucesso do desmame da ventilação mecânica em pacientes pediátricos internados em unidade de terapia intensiva.

1.4.2 Secundários

Determinar o melhor ponto de corte da TFDI para prever insucesso do desmame nesta população e investigar possíveis associações entre características clínicas, tempo de ventilação mecânica e desfechos do desmame.

1.5 Hipóteses

A TFDI avaliada por ultrassonografia durante o teste de respiração espontânea tem capacidade preditiva para o sucesso do desmame da ventilação mecânica em pacientes pediátricos.

Capítulo 2 Participantes e Métodos

2.1 Aspectos éticos

Este protocolo de pesquisa foi desenvolvido de acordo com a Declaração de Helsinque da Associação Médica Mundial, conforme revisada em 2013, e a Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde. O protocolo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Institucional do Centro Universitário Augusto Motta (CEP/UNISUAM) antes de sua execução sob nº CAAE: 79057624.3.0000.5235 (ANEXO 1). Os detalhes dos procedimentos do estudo foram fornecidos, e dados demográficos foram coletados das crianças elegíveis que os pais concordaram em participar após a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Todas as informações coletadas durante essa pesquisa foram tratadas com confidencialidade e os resultados estarão disponíveis aos envolvidos que manifestarem interesse.

2.2 Delineamento do estudo

Trata-se de um estudo transversal observacional, realizado no período de janeiro a dezembro de 2024, nas Unidades de Terapia Intensiva Pediátricas de um hospital público, localizado na cidade de Campos dos Goytacazes, estado do Rio de Janeiro. As informações foram obtidas durante o TRE de crianças em suporte de VM. A avaliação da função diafragmática foi realizada com o uso da POCUS. Os resultados deste projeto foram reportados seguindo as orientações do CHECKLIST STROBE - STROBE Statement—*Checklist to reports of cross-sectional studies*.

2.2.1 Local de realização do estudo

O estudo foi conduzido nas UTIPs (UTIp 1 e UTIp 2) de um hospital municipal. Hospital Municipal Ferreira Machado (HFM), localizado na cidade de Campos dos Goytacazes no estado do Rio de Janeiro. Referência pediátrica da região norte fluminense que atende pacientes de alta complexidade. Possui emergência pediátrica e duas UTIPs,

sendo a UTIp 1 com 10 leitos e a UTIp 2 com 8 leitos. A declaração da Instituição coparticipante encontra-se no Anexo 2.

2.2.2 Pré-registro do protocolo

Foi realizado um Estudo piloto (EP) com 3 participantes (P1, P2 e P3) para ajustes da técnica, testagem das fórmulas do instrumento de lançamento de dados, análise dos valores obtidos e das correlações com os valores observados em estudos similares.

Todos os pacientes incluídos no estudo foram submetidos ao protocolo institucional de desmame ventilatório, que consiste na redução progressiva do suporte ventilatório seguida pela realização do teste de respiração espontânea (TRE). O TRE foi realizado no modo PSV com pressão de suporte de 8-10 cmH₂O e PEEP de 5 cmH₂O, por período de 30 minutos, conforme recomendações das diretrizes brasileiras de ventilação mecânica.

Durante o TRE, os pacientes foram monitorizados continuamente quanto aos sinais de intolerância, incluindo: taquipneia (frequência respiratória > percentil 95 para idade), taquicardia (frequência cardíaca > percentil 95 para idade), dessaturação (SpO₂ < 90%), alteração do nível de consciência, sudorese profusa, uso de musculatura acessória, respiração paradoxal ou sinais de desconforto respiratório importante. Na presença de qualquer um desses critérios, o TRE era interrompido e o paciente retornava aos parâmetros ventilatórios prévios.

Pacientes que completaram 30 minutos de TRE sem sinais de intolerância eram considerados aptos para extubação, que era realizada após aspiração de vias aéreas superiores e avaliação da capacidade de tosse e proteção de vias aéreas.

2.3 Amostra

2.3.1 Local de recrutamento do estudo

Amostra recrutada de crianças internadas em UTIP. Foram incluídos 30 pacientes pediátricos (29 dias a 4 anos) em ventilação mecânica por insuficiência respiratória aguda, submetidos ao teste de respiração espontânea.

2.3.2 Critérios de inclusão

Foram incluídos pacientes pediátricos internados nas UTIs, que preenchessem os seguintes critérios de inclusão: (1) idade entre 29 dias e 4 anos; (2) intubação orotraqueal por insuficiência respiratória aguda (IRpA); (3) ventilação mecânica invasiva por período superior a 24 horas; (4) estabilidade hemodinâmica e respiratória, caracterizada por ausência de necessidade de drogas vasoativas em doses crescentes, saturação periférica de oxigênio (SpO_2) $\geq 90\%$ com fração inspirada de oxigênio (FiO_2) $\leq 0,5$, e pressão expiratória final positiva (PEEP) ≤ 8 cmH₂O; (5) melhora ou resolução da causa que motivou a intubação; (6) Glasgow ≥ 8 ou capacidade de proteção de vias aéreas; (7) modo ventilatório em pressão de suporte (PSV) em estágio de prontidão para início do desmame.

2.3.3 Critérios de exclusão

Foram excluídos pacientes com: (1) diagnóstico prévio de paralisia ou paresia diafragmática; (2) pós-operatório de cirurgia abdominal ou torácica nas últimas duas semanas; (3) doença neuromuscular de base; (4) deformidades torácicas congênitas; (5) abscesso subfrênico; (6) pneumotórax não drenado ou com fístula aérea ativa; (7) síndromes genéticas com comprometimento respiratório conhecido; (8) insuficiência respiratória crônica em uso domiciliar de oxigenoterapia ou ventilação não invasiva; (9) janela acústica inadequada para realização do exame ultrassonográfico; (10) recusa dos responsáveis em participar do estudo.

2.4 Procedimentos

As avaliações ultrassonográficas foram realizadas por examinador médico intensivista pediátrico com experiência prévia de mais de 50 exames de ultrassonografia diafragmática. Também foram realizadas avaliações por dois examinadores fisioterapeutas, com três anos de experiência na operação do equipamento, na aquisição e análise das imagens. O aparelho utilizado foi o aparelho de ultrassom da marca Philips, HD7, com transdutor linear de alta frequência (8-12 MHz).

O procedimento foi realizado com as crianças em decúbito dorsal, com cabeceira levemente elevada e quando estivessem confortáveis. Um auxiliar estava presente para ajudar a acalmar a criança durante o exame.

A abordagem ultrassonográfica para visualizar o diafragma foi a abordagem intercostal médio-axilar na zona de aposição (Figura 1). Apenas a cúpula diafragmática direita foi mensurada por ser mais facilmente repetível. Foi feito o cálculo da TFDI (DTF%) de crianças em processo de desmame da VM. A estratégia de desmame mais comum no Brasil é a redução gradual do suporte ventilatório. Nas UTIPs, o TRE é mais frequentemente realizado no modo ventilatório PSV+PEEP. Durante o TRE foi realizada a medição da TFDI.

Figura 1: Modo B de ultrassom usando uma sonda de 10 MHz na zona de aposição



A TFDI (DTF, %) foi calculada por $\text{Espessura do Diafragma no final da Inspiração (Einsp)} - \text{Espessura do Diafragma no final da Expiração (Eexp)} / \text{Espessura do Diafragma no final da Expiração (Eexp)}$

2.4.1 Avaliação clínica

Todos os dados clínicos foram coletados dos prontuários dos pacientes e da ficha de evolução da equipe de Fisioterapia. A ficha de evolução é preenchida diariamente, contém o diagnóstico clínico e o diagnóstico cinético-funcional, idade, peso, sinais vitais (frequência respiratória, frequência cardíaca, SpO₂ e pressão arterial), score de Wang (sistema de pontuação de gravidade clínica), dados da ventilação mecânica (modo ventilatório e parâmetros) e do exame físico, exames complementares (raio-x e exames laboratoriais) e gasometria. Escore de gravidade (Pediatric Risk of Mortality - PRISM III) nas primeiras 24 horas de internação.

Foram recrutadas as crianças ventiladas mecanicamente, submetidas a interrupção da sedação durante a qual foram avaliadas quanto a prontidão para o desmame de acordo com os critérios padrão: melhora da etiologia primária, pressão parcial de oxigênio arterial /fração inspirada de oxigênio > 200, PEEP de 5 e FIO₂ < 40%, hemodinamicamente estável e que esteja sem ou com baixo suporte vasoativo.

Uma vez atendidos os critérios padrão, todas as crianças elegíveis foram submetidas ao TRE com pressão de suporte de 7 a 10 cmH₂O, PEEP de 5 cmH₂O e FIO₂ < 40%, com ventilador pulmonar IX-5.

A medição ultrassonográfica da TFDI foi realizada por profissionais habilitados, utilizando o aparelho de ultrassom da unidade de terapia intensiva. O ultrassom é uma ferramenta diagnóstica particularmente vantajosa no manejo de pacientes pediátricos, nos quais a exposição à radiação é uma preocupação significativa. A visualização das estruturas pode ser mais vantajosa em crianças que em adultos devido ao tamanho e à densidade do paciente. Foi utilizado o aparelho de ultrassom da marca Philips, HD7 com sonda linear, na região lateral direita do tronco do paciente, com cabeceira elevada entre 30° e 40°, e quando a criança estivesse calma e confortável.

A equipe responsável pelo tratamento dos pacientes não teve conhecimento dos valores da TFDI e independentemente do valor, foi realizada a extubação, com o paciente confortável, gerando volume corrente exalado de pelo menos 6 mL por kg de peso corporal e frequência respiratória dentro da normalidade para a idade.

Foram avaliados a espessura do diafragma (E_{insp} e E_{exp}) e a fração de espessamento (TFDI). Um transdutor linear de alta frequência (7-13 MHz) foi colocado sobre a zona de aposição diafragmática, entre o oitavo e o nono espaço intercostal, geralmente 0,5 a 2,0 cm abaixo do ângulo costofrênico, entre a linha axilar anterior e a linha axilar média.

O diafragma é identificado como a camada muscular interna hipoecoica delimitada por duas membranas hiperecoicas, a pleura (linha superficial) e o peritônio (linha mais profunda). A espessura do diafragma é medida desde o centro da linha pleural até o centro da linha peritoneal. As medidas incluem espessura diafragmática no final da expiração (E_{exp}) e no final da inspiração (E_{insp}). A TFDI foi calculada como $(E_{insp} - E_{exp})/E_{exp}$ e expressa em porcentagem.

$$TFDI (\%) = [(E_{insp} - E_{exp}) / E_{exp}] \times 100$$

2.5 Desfechos

2.5.1 Desfecho primário

O desfecho primário foi o sucesso do desmame ventilatório, definido como manutenção da ventilação espontânea por pelo menos 48 horas após a extubação, sem necessidade de reintubação ou ventilação não invasiva de resgate. A falha do desmame foi caracterizada pela necessidade de reintubação nas primeiras 48 horas pós-extubação, seja por critérios clínicos (desconforto respiratório grave, hipoxemia refratária, hipercapnia progressiva, rebaixamento do nível de consciência com comprometimento de vias aéreas) ou gasométricos ($pH < 7,25$ com $PaCO_2 > 65$ mmHg ou $PaO_2 < 50$ mmHg com $FiO_2 > 0,6$).

2.5.2 Desfecho secundário

Desfechos secundários incluíram: tempo de ventilação mecânica, tempo de internação na UTIp, necessidade de traqueostomia, e mortalidade na UTIp.

2.6 Análise dos dados

2.6.1 Tamanho amostral (cálculo ou justificativa)

O cálculo amostral foi realizado considerando-se a diferença esperada de 20% na TFDI entre os grupos sucesso e insucesso, com desvio-padrão estimado de 15%, poder de 80% e nível de significância de 5%, resultando em tamanho amostral mínimo de 24 pacientes.

2.6.2 Variáveis do estudo

As variáveis contínuas foram testadas quanto à normalidade através do teste de Shapiro-Wilk e apresentadas como média $\pm$ desvio padrão ou mediana (intervalo interquartil), conforme apropriado. Variáveis categóricas foram expressas como frequências absolutas e relativas.

2.6.3 Plano de análise estatística

A análise estatística foi realizada utilizando o SPSS versão 25.0 (IBM Corp., Armonk, NY, EUA).

A comparação da TFDI entre os grupos sucesso e insucesso foi realizada através do teste t de Student para amostras independentes, após confirmação dos pressupostos de normalidade e homogeneidade das variâncias (teste de Levene). Variáveis categóricas foram comparadas através do teste qui-quadrado ou teste exato de Fisher, quando indicado.

A capacidade preditiva da TFDI para o sucesso do desmame foi avaliada através da construção de curva ROC (Receiver Operating Characteristic) e cálculo da área sob a curva (ASC). O melhor ponto de corte foi determinado pelo índice de Youden, calculando-se sensibilidade, especificidade, valores preditivos positivo e negativo, e razões de verossimilhança.

Análise de regressão logística univariada foi realizada para identificar fatores associados ao insucesso do desmame. Variáveis com $p < 0,20$ na análise univariada foram

incluídas em modelo de regressão logística multivariada, utilizando-se o método stepwise forward. Valores de $p < 0,05$ foram considerados estatisticamente significativos.

2.6.4 Disponibilidade e acesso aos dados

Os dados do presente estudo estarão disponíveis através de um repositório de dados universal, além da biblioteca virtual e banco de dados da UNISUAM.

2.7 Orçamento e apoio financeiro

Este projeto foi financiado com fomentos institucionais ao PPGCR da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ; Protocolo nº E-26/211.104/2021, nº E-26/210.239/2018 e nº E-26/201.357/2022) e pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES; Código de Financiamento 001; Protocolo nº 88881.708719/2022-01 e nº 88887.708718/2022-00).

Quadro 1: Detalhamento do orçamento.

Identificação do orçamento	Tipo	Valor (R\$)
Papel, cartucho de impressora, licença de software	Custeio	500,00
	Material permanente	-
	Total em R\$	500,00

2.8 Cronograma

Quadro 2: Cronograma de execução.

	ETAPA	INÍCIO	FIM
Projeto de Pesquisa	Elaboração do projeto de pesquisa	AGO/2023	MAR/2025
	Exame de Qualificação	ABR/2024	ABR/2024
	Apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa	DEZ/2023	SET/2024
	Registro do protocolo de pesquisa	ABR/2025	ABR/2025
	Elaboração de manuscrito (protocolo e/ou revisão)	ABR/2025	MAIO/2025
	Submissão de manuscrito	JUN/2025	JUN/2025
Coleta de Dados	Treinamento dos procedimentos e/ou estudo piloto	JAN/2024	FEV/2024
	Modelagem do bando de dados	MAIO/2024	JUNH/2024
	Coleta e tabulação de dados	JAN/2024	DEZ/2024
	Análise dos dados	ABR/2025	JUN/2025
	Elaboração de manuscrito	ABR/2025	JUN/2025
	Depósito do banco de dados em repositório	ABR/2025	JUN/2025
Produção	Submissão de relatório para o Comitê de Ética	JUN/2025	JUN/2025
	Elaboração do trabalho de conclusão	MAIO/2025	MAIO/2025
	Exame de Defesa	DEZ/2025	DEZ/2025
	Submissão de manuscrito (resultados)	DEZ/2025	DEZ/2025
	Elaboração de mídias para disseminação	DEZ/2025	DEZ/2025
	Entrega da versão final do trabalho de conclusão	DEZ/2025	DEZ/2025

PARTE II – RESULTADOS

TITLE PAGE**FRAÇÃO DE ESPESSAMENTO DO DIAFRAGMA COMO PREDITOR DO SUCESSO DA EXTUBAÇÃO EM PACIENTES PEDIÁTRICOS**

Título resumido: Ultrassonografia diafragmática no desmame ventilatório pediátrico

Autores:

Vivian Corrêa De Oliveira Marçal^{1,2}

Fisioterapeuta Intensivista Pediátrica, MSc.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5089-9653>

E-mail: vivianmarcal52@gmail.com

Maura Nogueira Cobra²

Fisioterapeuta Intensivista Pediátrica, PhD.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4703-1973>

E-mail: mauracobra@gmail.com

Pricila Mara Novais de Oliveira³

Fisioterapeuta Intensivista Pediátrica, PhD

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8181-3318>

E-mail: pricilamno@gmail.com

Marcelo Azeredo Terra⁴

Fisioterapeuta Intensivista, MSc.

E-mail: marceloterra19@gmail.com

Luis Felipe da Fonseca Reis^{1,5,6} (autor correspondente)

Fisioterapeuta Intensivista, PhD

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6812-6553>

E-mail: luisfelipefreis@gmail.com

Telefone: +5521996710660

Afiliações:

1. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), Rio de Janeiro, RJ, Brasil
2. UTIP – Hospital Ferreira Machado (HFM), Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil
3. Hospital Universitário Professor Alberto Antunes da Universidade Federal de Alagoas (HUPAA-UFAL/EBSERH), Maceió, AL, Brasil
4. Mterra Ensino e Consultoria, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil
5. Hospital Universitário Gaffrée Guinle da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (HUGG-UNIRIO-EBSERH), Rio de Janeiro, RJ, Brasil
6. Hospital Central da Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro (HCPM), Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Informações adicionais:

Conflito de interesses: Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Fonte de financiamento: Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ; Protocolo nº E-26/211.104/2021, nº E-26/210.239/2018 e nº E-26/201.357/2022) e pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES; Código de Financiamento 001; Protocolo nº 88881.708719/2022-01 e nº 88887.708718/2022-00).

Aprovação ética: Comitê de Ética em Pesquisa do Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), CAAE: 79057624.3.0000.5235.

Registro de ensaio clínico: NA

Contagem de palavras:

- Resumo: 283
- Texto principal: 4262

Número de tabelas: 3

Número de figuras: 3

Número de referências: 40

Data de submissão:

FRAÇÃO DE ESPESSAMENTO DO DIAFRAGMA COMO PREDITOR DO SUCESSO DA EXTUBAÇÃO EM PACIENTES PEDIÁTRICOS

Vivian Corrêa de Oliveira Marçal^{1,2}; Maura Nogueira Cobra²; Pricila Mara Novais de Oliveira³; Marcelo Azeredo Terra⁴; Luis Felipe da Fonseca Reis^{1,5,6}

1. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação – Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM;
2. UTIP – Hospital Ferreira Machado (HFM), Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil;
3. Hospital Universitário da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF-EBSERH);
4. Mterra Ensino E Consultoria, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Brasil;
5. Hospital Universitário Gaffrée Guinle da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (HUGG-UNIRIO-EBSERH)
6. Hospital Central da Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro (HCPM)

RESUMO

Objetivo: Avaliar a capacidade preditiva da fração de espessamento do diafragma (TFDI) mensurada por ultrassonografia point-of-care (POCUS) durante o teste de respiração espontânea (TRE) para o sucesso da extubação de pacientes pediátricos internados em unidade de terapia intensiva.

Métodos: Estudo transversal observacional realizado em duas unidades de terapia intensiva pediátrica de um hospital público. Foram incluídos 30 pacientes pediátricos (29 dias a 4 anos) em ventilação mecânica por insuficiência respiratória aguda, submetidos ao TRE. A espessura diafragmática foi mensurada por ultrassonografia na zona de aposição durante inspiração e expiração, calculando-se a TFDI. O desfecho primário foi o sucesso da extubação, definido como ausência de necessidade de reintubação nas primeiras 48 horas após extubação.

Resultados: A taxa de sucesso do desmame foi de 100% e de extubação foi de 73,3% (22/30). A TFDI média no grupo sucesso foi significativamente maior que no grupo insucesso (47,36 ±

23,55% vs. $19,07 \pm 6,80\%$; $p = 0,001$). O ponto de corte de TFDI $< 25\%$ apresentou sensibilidade de 87,5%, especificidade de 86,4%, valor preditivo positivo de 70,0% e valor preditivo negativo de 95,0% para prever insucesso da extubação. A área sob a curva ROC foi de 0,920 (IC 95%: 0,812-1,000). Houve associação significativa entre tempo de ventilação mecânica prolongado (≥ 22 dias) e maior taxa de insucesso ($p = 0,005$).

Conclusões: A fração de espessamento do diafragma avaliada por POCUS durante o TRE demonstrou excelente acurácia para prever o sucesso da extubação em pediatria, sendo valores de TFDI $\geq 25\%$ indicaram alto risco de insucesso. O tempo prolongado de VM também se associou a maior taxa de falha, reforçando o potencial da ultrassonografia como ferramenta não invasiva para auxiliar no processo de desmame e no timing adequado para extubação.

Palavras-chave: Ultrassonografia; Diafragma; Desmame da ventilação mecânica; Pediatria; Unidade de terapia intensiva pediátrica; Insuficiência respiratória.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the predictive capacity of diaphragmatic thickening fraction (DTF), measured by ultrasonography during spontaneous breathing trial, for successful weaning from mechanical ventilation in pediatric intensive care unit patients.

Methods: Observational cross-sectional study conducted in two pediatric intensive care units of a municipal reference hospital. Thirty pediatric patients (29 days to 4 years) on mechanical ventilation for acute respiratory failure undergoing spontaneous breathing trial were included. Diaphragmatic thickness was measured by ultrasonography in the zone of apposition during inspiration and expiration, calculating DTF. The primary outcome was successful weaning, defined as absence of reintubation within 48 hours after extubation.

Results: Weaning success rate was 73.3% (22/30). Mean DTF in the success group was significantly higher than in the failure group ($47.36 \pm 23.55\%$ vs. $19.07 \pm 6.80\%$; $p = 0.001$). The DTF cutoff $< 25\%$ showed sensitivity of 87.5%, specificity of 86.4%, positive predictive value of 70.0%, and negative predictive value of 95.0% for predicting weaning failure. The area under the ROC curve was 0.920 (95% CI: 0.812-1.000). There was a significant association between prolonged mechanical ventilation time (≥ 22 days) and higher failure rate ($p = 0.005$).

Conclusions: Diaphragmatic thickening fraction assessed by ultrasonography during spontaneous breathing trial demonstrated excellent predictive capacity for successful ventilator weaning in

pediatrics. DTF values $\geq 30\%$ were associated with 100% success, while values $< 25\%$ indicated high risk of failure, suggesting that this non-invasive tool can assist in clinical decision-making regarding appropriate timing for extubation.

Keywords: Ultrasonography; Diaphragm; Ventilator weaning; Pediatrics; Intensive care units, pediatric; Respiratory insufficiency.

INTRODUÇÃO

O desmame da ventilação mecânica (VM) representa um desafio importante na prática clínica das unidades de terapia intensiva pediátricas (UTIP), sendo responsável por aproximadamente 40% do tempo total de ventilação mecânica [1,2]. A identificação do momento adequado para a extubação é crucial, uma vez que tanto o atraso no desmame quanto a extubação prematura podem resultar em complicações significativas, incluindo maior tempo de internação, aumento da morbimortalidade e elevação dos custos hospitalares [3,4].

A falha do desmame ventilatório pode alcançar até 40% em populações pediátricas de alto risco [5,6]. A necessidade de reintubação está associada a piores desfechos clínicos, incluindo maior risco de pneumonia associada à VM, traqueostomia, tempo prolongado de internação e mortalidade [7,8]. Portanto identificar pacientes aptos para o desmame seguro constitui uma prioridade na terapia intensiva pediátrica.

O diafragma é o principal músculo respiratório, responsável por 70 a 80% da capacidade ventilatória em condições normais [9]. A disfunção diafragmática tem sido cada vez mais reconhecida como um fator importante na falha do desmame ventilatório, podendo resultar tanto da VM prolongada quanto de condições clínicas subjacentes [10,11]. A atrofia diafragmática pode ocorrer rapidamente durante a VM, com estudos demonstrando redução de até 6% na espessura diafragmática por dia nas primeiras 72 horas de ventilação controlada [12,13].

A avaliação da função diafragmática baseava-se em métodos invasivos ou pouco práticos no ambiente de terapia intensiva, como a medição da pressão transdiafragmática ou a fluoroscopia [14]. Nas últimas duas décadas, a ultrassonografia à beira do leito emergiu como uma ferramenta promissora para avaliação não invasiva da função diafragmática [15,16]. A técnica permite a mensuração da espessura do diafragma durante a inspiração e expiração e o cálculo da fração de espessamento diafragmático (TFDI), que reflete a contratilidade do músculo [17,18].

Em adultos, diversos estudos têm demonstrado que a TFDI apresenta boa correlação com o sucesso do desmame ventilatório, com pontos de corte variando entre 20% e 30% [19-22]. No entanto, a literatura pediátrica sobre o tema permanece limitada, com poucos estudos avaliando especificamente a aplicabilidade e os valores de referência da TFDI em crianças [23,24]. As particularidades anatômicas e fisiológicas da população pediátrica, incluindo diferenças na complacência da parede torácica e nas fases de maturação do sistema respiratório e desvantagens na biomecânica ventilatória, justificam estudos específicos nesta população [25,26].

No Brasil, onde a disponibilidade de recursos diagnósticos avançados nem sempre está presente em todas as unidades de terapia intensiva, ferramentas não invasivas e de baixo custo como a ultrassonografia ganham particular relevância [27]. A possibilidade de avaliar objetivamente a função diafragmática à beira do leito, sem necessidade de transporte do paciente ou procedimentos invasivos, representa uma vantagem significativa na prática clínica [28,29].

Por esse motivo, o presente estudo teve como objetivo avaliar a capacidade preditiva da fração de espessamento do diafragma, mensurada por ultrassonografia durante o teste de respiração espontânea (TRE), para o sucesso da extubação em pacientes pediátricos internados em unidade de terapia intensiva. Secundariamente, buscou-se determinar o melhor ponto de corte da TFDI para prever falha da extubação nesta população e investigar possíveis associações entre características clínicas, tempo de VM e desfechos do desmame.

MÉTODOS

Desenho do estudo e aspectos éticos

Trata-se de um estudo transversal observacional, realizado no período de janeiro a dezembro de 2024, em duas Unidades de Terapia Intensiva Pediátricas de um hospital público, localizado na cidade de Campos dos Goytacazes, estado do Rio de Janeiro. Um hospital público de alta complexidade com um total de 18 leitos de UTIP.

O protocolo experimental foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa do Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), vinculado à Plataforma Brasil, e aprovado sob o número CAAE: 79057624.3.0000.5235, em conformidade com a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde. Todos os responsáveis legais pelos pacientes incluídos no estudo assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) após receberem informações detalhadas sobre os objetivos, procedimentos e riscos da pesquisa.

População do estudo

Foram incluídos pacientes pediátricos internados nas UTIPs, que preenchessem os seguintes critérios de inclusão: (1) idade entre 29 dias e 4 anos; (2) intubados por insuficiência respiratória aguda (IRpA); (3) por período superior a 24 horas aptos a realizar o TRE; (4) estabilidade hemodinâmica e respiratória, caracterizada por ausência de necessidade de drogas vasoativas em doses crescentes, saturação periférica de oxigênio (SpO_2) $\geq 90\%$ com fração inspirada de oxigênio (FiO_2) $\leq 0,5$, e pressão expiratória final positiva (PEEP) ≤ 8 cmH₂O; (5) melhora ou resolução da causa que motivou a intubação; (6) Glasgow ≥ 8 ou capacidade de proteção de vias aéreas; (7) modo ventilatório em pressão de suporte (PSV) em estágio de prontidão para início do desmame.

Foram excluídos pacientes com: (1) diagnóstico prévio de paralisia ou paresia diafragmática; (2) pós-operatório de cirurgia abdominal ou torácica nas últimas duas semanas; (3) doença neuromuscular de base; (4) deformidades torácicas congênitas; (5) abscesso subfrênico; (6) pneumotórax não drenado ou com fístula aérea ativa; (7) síndromes genéticas com comprometimento respiratório conhecido; (8) insuficiência respiratória crônica em uso domiciliar de oxigenoterapia ou ventilação não invasiva; (9) janela acústica inadequada para realização do exame ultrassonográfico; (10) recusa dos responsáveis em participar do estudo.

Protocolo de desmame

Todos os pacientes incluídos no estudo foram submetidos ao protocolo institucional de desmame ventilatório, que consiste na redução progressiva do suporte ventilatório seguida pela realização do teste de respiração espontânea (TRE). O TRE foi realizado no modo PSV com pressão de suporte de 8-10 cmH₂O e PEEP de 5 cmH₂O, por período de 30 minutos, conforme recomendações das diretrizes brasileiras de VM [30].

Durante o TRE, os pacientes foram monitorizados continuamente quanto aos sinais de intolerância, incluindo: taquipneia (frequência respiratória $>$ percentil 95 para idade), taquicardia (frequência cardíaca $>$ percentil 95 para idade), dessaturação ($SpO_2 < 90\%$), alteração do nível de consciência, sudorese profunda, uso de musculatura acessória, respiração paradoxal ou sinais de desconforto respiratório importante. Na presença de qualquer um desses critérios, o TRE era interrompido e o paciente retornava aos parâmetros ventilatórios prévios.

Pacientes que completaram 30 minutos de TRE sem sinais de intolerância eram considerados aptos para extubação, que era realizada após aspiração de vias aéreas superiores. A avaliação da

capacidade de tosse e proteção de vias aéreas, foi realizada inicialmente, juntamente com os critérios clínicos.

Avaliação ultrassonográfica do diafragma

As avaliações ultrassonográficas foram realizadas por examinador médico intensivista pediátrico com certificação em ultrassonografia point-of-care e experiência prévia de mais de 50 exames de ultrassonografia diafragmática. Também foram realizadas avaliações por dois examinadores fisioterapeutas, com três anos de experiência na operação do equipamento, na aquisição e análise das imagens. O aparelho utilizado foi o aparelho de ultrassom da marca Philips, HD7, com transdutor linear de alta frequência (8-12 MHz), mostrados na Figura 1.

A técnica de mensuração seguiu o protocolo padronizado descrito na literatura [31,32]. O diafragma foi visualizado na zona de aposição, região em que o músculo está em contato direto com a parede torácica, utilizando-se a janela acústica intercostal na linha médio-axilar entre o 8º e 10º espaços intercostais. O transdutor foi posicionado perpendicularmente às fibras musculares do diafragma, que aparece como uma estrutura de três camadas: uma linha ecoica superficial (pleura parietal), uma camada hipocogênica central (músculo diafragmático propriamente dito) e uma linha ecoica profunda (pleura diafragmática), Figura 2.



Figura 1. Aparelho de ultrassom da marca Philips, HD7, com transdutor linear de alta frequência (8-12 MHz).

As medidas foram obtidas da hemicúpula diafragmática direita, reconhecidamente mais acessível e reprodutível, devido à presença da janela acústica hepática [33]. A espessura do diafragma foi mensurada ao final da expiração (E_{exp}) e no pico da inspiração (E_{insp}) durante o TRE, sendo realizadas três medidas consecutivas em cada fase respiratória. A fração de espessamento diafragmático (TFDI) foi calculada pela fórmula:

$$\text{TFDI (\%)} = [(E_{insp} - E_{exp}) / E_{exp}] \times 100$$

O valor final considerado para análise foi a média das três medidas obtidas. As imagens foram armazenadas digitalmente para posterior análise de qualidade e eventual reavaliação.

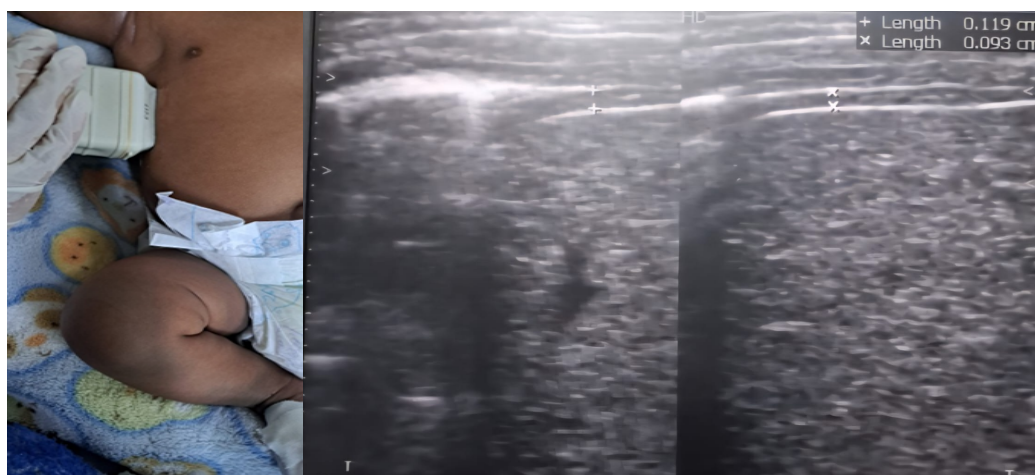


Figura 2. Avaliação ultrassonográfica com o transdutor posicionado perpendicularmente às fibras musculares do diafragma, que aparece como uma estrutura de três camadas: uma linha ecoica superficial (pleura parietal), uma camada hipoecogênica central (músculo diafragmático propriamente dito) e uma linha ecoica profunda (pleura diafragmática).

Coleta de dados clínicos

Dados demográficos e clínicos foram coletados prospectivamente utilizando-se ficha padronizada, incluindo: idade, sexo, peso, diagnóstico principal e secundários, escore de gravidade (Pediatric Risk of Mortality - PRISM III) nas primeiras 24 horas de internação, tempo total de VM, uso e tempo de sedação, uso e tempo de bloqueadores neuromusculares, tempo desde a suspensão da sedação até o TRE, utilização de ventilação não invasiva pré e pós-extubação, parâmetros ventilatórios durante o TRE, e tempo de desmame.

Desfechos

O desfecho primário foi o sucesso da extubação, definido como manutenção da ventilação espontânea por pelo menos 48 horas após a extubação, sem necessidade de reintubação ou ventilação não invasiva de resgate [34]. A falha da extubação foi caracterizada pela necessidade de reintubação nas primeiras 48 horas pós-extubação, seja por critérios clínicos (desconforto respiratório grave, hipoxemia refratária, hipercapnia progressiva, rebaixamento do nível de consciência com comprometimento de vias aéreas) ou gasométricos ($\text{pH} < 7,25$ com $\text{PaCO}_2 > 65$ mmHg ou $\text{PaO}_2 < 50$ mmHg com $\text{FiO}_2 > 0,6$).

Desfechos secundários incluíram: tempo de VM, tempo de internação na UTIp, necessidade de traqueostomia, e mortalidade na UTIp.

Análise estatística

O cálculo amostral foi realizado considerando-se a diferença esperada de 20% na TFDI entre os grupos sucesso e insucesso da extubação, com desvio-padrão estimado de 15%, poder de 80% e nível de significância de 5%, resultando em tamanho amostral mínimo de 24 pacientes.

As variáveis contínuas foram testadas quanto à normalidade através do teste de Shapiro-Wilk e apresentadas como média $\pm$ desvio-padrão ou mediana (intervalo interquartil), conforme apropriado. Variáveis categóricas foram expressas como frequências absolutas e relativas.

A comparação da TFDI entre os grupos sucesso e insucesso foi realizada através do teste t de Student para amostras independentes, após confirmação dos pressupostos de normalidade e homogeneidade das variâncias (teste de Levene). Variáveis categóricas foram comparadas através do teste qui-quadrado ou teste exato de Fisher, quando indicado.

A capacidade preditiva da TFDI para o sucesso da extubação foi avaliada através da construção de curva ROC (Receiver Operating Characteristic) e cálculo da área sob a curva (ASC). O melhor ponto de corte foi determinado pelo índice de Youden, calculando-se sensibilidade, especificidade, valores preditivos positivo e negativo, e razões de verossimilhança.

Análise de regressão logística univariada foi realizada para identificar fatores associados ao insucesso da extubação. Variáveis com $p < 0,20$ na análise univariada foram incluídas em modelo de regressão logística multivariada, utilizando-se o método stepwise forward.

Todas as análises foram realizadas utilizando-se o software SPSS versão 25.0 (IBM Corp., Armonk, NY, EUA). Valores de $p < 0,05$ foram considerados estatisticamente significativos.

RESULTADOS

Características da população estudada

Durante o período do estudo, 45 pacientes foram avaliados para elegibilidade. Destes, 12 foram excluídos pelos seguintes motivos: janela acústica inadequada ($n=4$), recusa dos responsáveis ($n=3$), presença de pneumotórax ($n=2$), doença neuromuscular de base ($n=2$) e síndrome genética com comprometimento respiratório ($n=1$). Três pacientes inicialmente incluídos foram posteriormente excluídos por perda de seguimento devido a transferência para outra instituição antes da extubação.

A amostra final foi composta por 30 pacientes, com predomínio discreto do sexo masculino (53,3%). A mediana de idade foi de 1,5 meses (intervalo interquartil: 1-18 meses), com distribuição variando entre 1 mês e 4 anos. As características demográficas e clínicas da população estudada estão apresentadas na Tabela 1.

A principal causa de intubação foi bronquiolite viral aguda (50,0%), seguida de pneumonia bacteriana (13,3%) e causas pós-operatórias (10,0%). A maioria dos pacientes apresentava diagnósticos secundários associados, sendo pneumonia viral (50,0%) e sepse (20,0%) os mais frequentes. O escore PRISM III médio nas primeiras 24 horas foi de $8,3 \pm 4,2$ pontos.

Todos os pacientes (100%) receberam sedação durante o período de VM, com tempo médio de sedação de $12,6 \pm 8,4$ dias. Bloqueadores neuromusculares foram utilizados em 36,7% dos pacientes ($n=11$), por período médio de $3,2 \pm 2,1$ dias. Ventilação não invasiva pré-intubação foi empregada em 63,3% dos casos, enquanto 43,3% dos pacientes receberam VNI profilática após a extubação.

Desfechos do desmame ventilatório

O TRE foi bem tolerado por todos os 30 pacientes, não havendo necessidade de interrupção precoce em nenhum caso. Após a extubação, 22 pacientes (73,3%) obtiveram sucesso da extubação, permanecendo em ventilação espontânea sem necessidade de reintubação. Oito

pacientes (26,7%) falharam na extubação e necessitaram de reintubação dentro das primeiras 48 horas pós-extubação.

As causas de reintubação foram: insuficiência respiratória progressiva com taquipneia e aumento do trabalho respiratório (n=5, 62,5%), rebaixamento do nível de consciência com perda de proteção de vias aéreas (n=2, 25,0%), e obstrução de vias aéreas superiores (n=1, 12,5%). Houve concordância de 100% entre a necessidade de reintubação e a classificação de insucesso da extubação, indicando que todos os pacientes que falharam na extubação necessitaram de reinstituição da ventilação mecânica invasiva.

O tempo mediano de VM foi significativamente maior no grupo que teve insucesso na extubação comparado ao grupo sucesso [18,5 dias (IQR: 15-27) vs. 8,0 dias (IQR: 5-14); $p = 0,003$]. Nenhum paciente evoluiu para óbito durante a internação na UTIP. Três pacientes (10%) necessitaram de traqueostomia devido a falhas repetidas na extubação.

Fração de espessamento diafragmático

A TFDI média da população estudada foi de $39,82 \pm 23,97\%$, com amplitude de 10,0% a 112,9%. A distribuição apresentou padrão bimodal, com concentração de valores menores no grupo insucesso da extubação e valores maiores no grupo sucesso.

Houve diferença estatisticamente significativa na TFDI entre os grupos sucesso e insucesso da extubação. O grupo sucesso apresentou TFDI média de $47,36 \pm 23,55\%$, enquanto o grupo insucesso teve TFDI média de $19,07 \pm 6,80\%$ (diferença de 28,29%; IC 95%: 13,42-43,15%; $p = 0,001$). O teste de Levene indicou heterogeneidade das variâncias ($F = 4,832$; $p = 0,037$), razão pela qual foi utilizada a correção de Welch no teste t ($t = 3,951$; $gl = 21,89$; $p = 0,001$). O tamanho do efeito calculado pelo d de Cohen foi de 1,8, indicando efeito muito grande.

A Tabela 2 apresenta a comparação detalhada das medidas de espessura diafragmática e TFDI entre os grupos sucesso e insucesso da extubação.

Desempenho diagnóstico da TFDI

A análise da curva ROC demonstrou excelente capacidade discriminatória da TFDI para prever o sucesso da extubação, com área sob a curva de 0,920 (IC 95%: 0,812-1,000; $p < 0,001$).

Diferentes pontos de corte da TFDI foram testados para identificar o melhor valor discriminatório. A Tabela 3 apresenta o desempenho diagnóstico de diversos pontos de corte da DTF. O ponto de corte de 25% apresentou o melhor equilíbrio entre sensibilidade e especificidade, com sensibilidade de 87,5%, especificidade de 86,4%, valor preditivo positivo de 70,0%, valor preditivo negativo de 95,0%, e acurácia de 86,7%. A razão de verossimilhança positiva foi de 6,43 e a razão de verossimilhança negativa foi de 0,14. (Tabela 3 e Figura 3).

É particularmente notável que nenhum paciente com $TFDI \geq 30\%$ apresentou insucesso no desmame, resultando em especificidade de 100% para valores acima deste limiar. Por outro lado, $DTF < 20\%$ apresentou especificidade de 100% para prever insucesso, embora com sensibilidade de apenas 37,5%.

Fatores associados à falha da extubação

Na análise univariada, os seguintes fatores foram significativamente associados ao insucesso da extubação: tempo de VM ≥ 22 dias (OR: 15,0; IC 95%: 2,3-97,6; $p = 0,004$), uso de bloqueador neuromuscular (OR: 4,2; IC 95%: 0,9-19,8; $p = 0,068$), e tempo de sedação ≥ 14 dias (OR: 6,8; IC 95%: 1,3-35,4; $p = 0,023$).

Não houve associação significativa entre sexo, idade, diagnóstico principal, ou uso de VNI pré-intubação e o desfecho do desmame. Pacientes que permaneceram em VM por 22 dias ou mais apresentaram taxa de insucesso de 66,7% (4/6), significativamente maior que aqueles ventilados por períodos menores [16,7% (4/24); $p = 0,015$]. A TFDI média também diminuiu progressivamente com o aumento do tempo de ventilação mecânica ($r = -0,458$; $p = 0,011$).

Na análise multivariada, após ajuste para potenciais confundidores, a $TFDI < 25\%$ permaneceu como preditor independente de insucesso da extubação (OR ajustado: 42,0; IC 95%: 4,2-420,8; $p = 0,001$), juntamente com o tempo de VM ≥ 22 dias (OR ajustado: 8,5; IC 95%: 1,1-66,3; $p = 0,041$).

Análise por subgrupos

Análise de subgrupo foi realizada estratificando os pacientes por faixa etária (lactentes < 6 meses vs. ≥ 6 meses) e tempo de VM (< 14 dias vs. ≥ 14 dias). Em ambos os subgrupos, a TFDI manteve capacidade preditiva para o sucesso do desmame.

Nos lactentes menores de 6 meses ($n=14$), a TFDI média foi de $36,8 \pm 21,4\%$ no grupo sucesso

versus $18,2 \pm 6,1\%$ no grupo insucesso ($p = 0,023$). Em lactentes com 6 meses ou mais ($n=16$), os valores foram $55,7 \pm 23,8\%$ versus $19,8 \pm 7,9\%$, respectivamente ($p = 0,002$).

Pacientes com tempo de VM < 14 dias ($n=19$) tiveram TFDI média de $52,4 \pm 24,1\%$, enquanto aqueles com VM ≥ 14 dias ($n=11$) apresentaram TFDI média de $21,3 \pm 11,8\%$ ($p < 0,001$), sugerindo efeito deletério da ventilação mecânica prolongada sobre a função diafragmática.

DISCUSSÃO

Este estudo demonstrou que a fração de espessamento do diafragma avaliada por ultrassonografia durante o TRE apresenta excelente capacidade preditiva para o sucesso da extubação em pacientes pediátricos. A diferença de 28,29% na TFDI média entre os grupos sucesso e insucesso ($p = 0,001$) e a área sob a curva ROC de 0,920 evidenciam o forte valor discriminatório desta ferramenta. O ponto de corte de 25% demonstrou o melhor equilíbrio entre sensibilidade (87,5%) e especificidade (86,4%), com alto valor preditivo negativo (95%), tornando-o particularmente útil para identificar pacientes com baixa probabilidade de sucesso da extubação.

A taxa de falha da extubação observada em nosso estudo (26,7%) encontra-se dentro da faixa descrita na literatura pediátrica, que varia de 10% a 40% dependendo da população estudada e dos critérios utilizados para definir falha do desmame [5,6,35]. A concordância de 100% entre insucesso do desmame e necessidade de reintubação reforça a relevância clínica do desfecho avaliado, uma vez que a reintubação está consistentemente associada a piores prognósticos em pediatria [7,36].

Os valores de TFDI encontrados em nossa população são comparáveis aos descritos em estudos adultos, embora exista heterogeneidade considerável na literatura quanto aos pontos de corte ideais. Ferrari et al. [19], em estudo pioneiro com 51 pacientes adultos, identificaram que DTF $> 30\%$ apresentava sensibilidade de 85% e especificidade de 88% para prever sucesso no desmame. DiNino et al. [20] encontraram resultados semelhantes, com ponto de corte de 30% demonstrando boa acurácia diagnóstica ($AUC = 0,79$). Nossos achados corroboram estas observações, com a particularidade de que o ponto de corte ligeiramente inferior (25%) apresentou melhor desempenho em nossa população pediátrica.

A literatura pediátrica específica sobre ultrassonografia diafragmática no contexto do desmame ventilatório é heterogênea quanto às diferentes faixas etárias e condições clínicas de base. Glau et al. [24], em estudo retrospectivo com 99 crianças criticamente enfermas, demonstraram que a

excursão diafragmática avaliada por ultrassonografia se correlacionou com o sucesso da extubação, embora não tenham avaliado especificamente a TFDI. Khemani et al. [37], em análise de 143 crianças ventiladas mecanicamente, identificaram que múltiplos fatores contribuem para a falha do desmame em pediatria, mas não incluíram avaliação ultrassonográfica do diafragma. Nosso estudo contribui para preencher esta lacuna na literatura, fornecendo dados prospectivos sobre o desempenho da TFDI especificamente na população pediátrica.

Um achado particularmente relevante foi que nenhum paciente com $TFDI \geq 30\%$ apresentou insucesso na extubação, resultando em valor preditivo negativo de 100% para este limiar. Isto sugere que valores de TFDI acima de 30% podem ser utilizados com segurança para identificar pacientes com baixo risco de falha, potencialmente reduzindo atrasos desnecessários na extubação. Inversamente, $TFDI < 20\%$ apresentou especificidade de 100% para predizer insucesso, embora com sensibilidade limitada (37,5%), indicando que valores muito baixos são altamente específicos mas não suficientemente sensíveis para capturar todos os casos de falha.

A associação significativa entre tempo prolongado de ventilação mecânica (≥ 22 dias) e maior taxa de insucesso do desmame (66,7% vs. 16,7%; $p = 0,015$) está em concordância com evidências prévias demonstrando os efeitos deletérios da VM prolongada sobre a função muscular respiratória [12,38]. A correlação negativa entre tempo de VM e TFDI ($r = -0,458$; $p = 0,011$) observada em nosso estudo sugere que a ventilação mecânica pode induzir atrofia e disfunção diafragmática progressivas, fenômeno conhecido como disfunção diafragmática induzida pela ventilação mecânica (VIDD) [11,39]. Este achado reforça a importância de estratégias de mobilização precoce e minimização da sedação profunda em pacientes pediátricos ventilados mecanicamente [40,41].

A predominância de bronquiolite viral (50%) como causa de intubação em nossa amostra reflete o perfil epidemiológico típico de UTIs brasileiras, especialmente em lactentes jovens [42]. Esta patologia, caracterizada por obstrução inflamatória das pequenas vias aéreas, frequentemente cursa com fadiga muscular respiratória e pode requerer suporte ventilatório invasivo nos casos mais graves [43]. A presença de diagnósticos secundários em proporção significativa dos pacientes (pneumonia viral em 50%, sepse em 20%) pode ter contribuído para a complexidade clínica e o tempo prolongado de ventilação mecânica observado em alguns casos.

O uso universal de sedação (100%) em nossa população reflete a prática padrão em UTIs brasileiras, onde lactentes e crianças pequenas frequentemente necessitam de sedação para tolerância adequada da ventilação mecânica [44]. Embora o uso de bloqueadores neuromusculares

tenha sido relativamente frequente (36,7%), não identificamos associação independente com insucesso do desmame após ajuste para outros fatores na análise multivariada. No entanto, o tempo de sedação ≥ 14 dias mostrou-se associado a maior risco de falha (OR: 6,8; $p = 0,023$), reforçando a importância de estratégias de sedação mínima e protocolos de despertar diário quando clinicamente apropriado [45].

A utilização de ventilação não invasiva profilática após a extubação em 43,3% dos pacientes está alinhada com recomendações atuais, que sugerem considerar VNI em pacientes de alto risco para falha do desmame, embora a evidência em pediatria ainda seja limitada [46,47]. Em nossa análise, o uso de VNI pós-extubação não se associou significativamente com menor taxa de reintubação, possivelmente devido ao tamanho amostral limitado e à heterogeneidade da população.

Implicações clínicas

Os resultados deste estudo têm implicações práticas importantes para a prática clínica em UTIs. A ultrassonografia diafragmática é uma ferramenta não invasiva, segura, de baixo custo e facilmente realizável à beira do leito, não requerendo transporte do paciente ou exposição à radiação [48]. A avaliação da TFDI pode ser incorporada ao protocolo de avaliação pré-extubação, complementando outros parâmetros clínicos e ventilatórios tradicionalmente utilizados.

Sugerimos que valores de TFDI $< 25\%$ devam alertar o clínico para maior risco de falha do desmame, podendo indicar necessidade de otimização das condições clínicas, prolongamento do período de treinamento muscular respiratório, ou consideração de estratégias alternativas de desmame. Por outro lado, TFDI $\geq 30\%$ pode oferecer maior confiança na decisão de proceder com a extubação, potencialmente reduzindo atrasos desnecessários e tempo de ventilação mecânica.

A identificação precoce de pacientes em risco de falha do desmame permite também planejamento mais adequado da estratégia pós-extubação, incluindo preparação de recursos para suporte ventilatório não invasivo ou reintubação eletiva em ambiente controlado, caso necessário.

Limitações

Este estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. Primeiro, o tamanho amostral relativamente pequeno ($n=30$) limita a generalização dos achados e a realização de análises de subgrupos mais robustas. Estudos multicêntricos com maior número de pacientes são necessários para validar nossos achados e estabelecer pontos de corte mais precisos para diferentes faixas etárias e etiologias. Segundo, futuramente os estudos deverão

incluir análise de concordância entre diferentes avaliadores para estabelecer a confiabilidade do método em diferentes contextos clínicos. Terceiro, não foi possível cegar os examinadores quanto ao desfecho clínico subsequente, uma vez que as medidas foram realizadas durante o processo de desmame. No entanto, as medidas ultrassonográficas são objetivas e padronizadas, minimizando o risco de viés de aferição. Quarto, não foram realizadas medidas seriadas da TFDI ao longo do tempo de ventilação mecânica, o que poderia fornecer informações valiosas sobre a evolução temporal da função diafragmática e o impacto de intervenções específicas. Estudos longitudinais com medidas repetidas são necessários para caracterizar melhor a história natural da função diafragmática durante a VM em pediatria. Quinto, não foi comparada a TFDI com outros parâmetros de avaliação da função diafragmática, como excursão diafragmática, velocidade de encurtamento, ou índice de rapidez superficial (RSBI). Estudos comparativos são necessários para determinar qual parâmetro ultrassonográfico apresenta melhor desempenho diagnóstico em pediatria. Por fim, este estudo foi realizado em um único centro, em população predominantemente composta por lactentes com bronquiolite viral, o que pode limitar a aplicabilidade dos achados a outras populações pediátricas com diferentes características clínicas e epidemiológicas.

CONCLUSÕES

A fração de espessamento do diafragma avaliada por ultrassonografia durante o TRE demonstrou excelente capacidade preditiva para o sucesso da extubação em pediatria. Valores de TFDI $\geq 30\%$ associaram-se a 100% de sucesso de extubação, enquanto TFDI $< 25\%$ indicou alto risco de falha, com sensibilidade de 87,5% e especificidade de 86,4%.

A ultrassonografia diafragmática constitui ferramenta não invasiva, segura e factível para avaliação objetiva da função diafragmática à beira do leito em UTIp. A incorporação desta avaliação aos protocolos de desmame ventilatório pode auxiliar na identificação mais precisa do momento adequado para extubação, potencialmente reduzindo tanto o tempo desnecessário de ventilação mecânica quanto o risco de extubação prematura e suas complicações associadas.

Estudos multicêntricos com maior número de pacientes, incluindo diferentes faixas etárias e etiologias, são necessários para validar estes achados e estabelecer valores de referência mais precisos para a população pediátrica brasileira.

REFERÊNCIAS

1. Newth CJ, Venkataraman S, Willson DF, Meert KL, Harrison R, Dean JM, et al. Weaning and extubation readiness in pediatric patients. *Pediatr Crit Care Med*. 2009;10(1):1-11. doi: 10.1097/PCC.0b013e318193724d
2. Farias JA, Alía I, Retta A, Olazarri F, Fernández A, Esteban A, et al. An evaluation of extubation failure predictors in mechanically ventilated infants and children. *Intensive Care Med*. 2002;28(6):752-7. doi: 10.1007/s00134-002-1318-0
3. Thille AW, Richard JC, Brochard L. The decision to extubate in the intensive care unit. *Am J Respir Crit Care Med*. 2013;187(12):1294-302. doi: 10.1164/rccm.201208-1523CI
4. Boles JM, Bion J, Connors A, Herridge M, Marsh B, Melot C, et al. Weaning from mechanical ventilation. *Eur Respir J*. 2007;29(5):1033-56. doi: 10.1183/09031936.00010206
5. Kurachek SC, Newth CJ, Quasney MW, Rice T, Sachdeva RC, Patel NR, et al. Extubation failure in pediatric intensive care: a multiple-center study of risk factors and outcomes. *Crit Care Med*. 2003;31(11):2657-64. doi: 10.1097/01.CCM.0000094228.90557.85
6. Fontela PS, Piva JP, Garcia PC, Bered PL, Zilles K. Risk factors for extubation failure in mechanically ventilated pediatric patients. *Pediatr Crit Care Med*. 2005;6(2):166-70. doi: 10.1097/01.PCC.0000154922.65189.48
7. Edmunds S, Weiss I, Harrison R. Extubation failure in a large pediatric ICU population. *Chest*. 2001;119(3):897-900. doi: 10.1378/chest.119.3.897
8. Epstein SK, Ciubotaru RL, Wong JB. Effect of failed extubation on the outcome of mechanical ventilation. *Chest*. 1997;112(1):186-92. doi: 10.1378/chest.112.1.186
9. Laghi F, Tobin MJ. Disorders of the respiratory muscles. *Am J Respir Crit Care Med*. 2003;168(1):10-48. doi: 10.1164/rccm.2206020
10. Jung B, Nougaret S, Conseil M, Coisel Y, Futier E, Chanques G, et al. Sepsis is associated with a preferential diaphragmatic atrophy: a critically ill patient study using tridimensional computed tomography. *Anesthesiology*. 2014;120(5):1182-91. doi: 10.1097/ALN.0000000000000201
11. Vassilakopoulos T, Petrof BJ. Ventilator-induced diaphragmatic dysfunction. *Am J Respir Crit Care Med*. 2004;169(3):336-41. doi: 10.1164/rccm.200304-489CP
12. Levine S, Nguyen T, Taylor N, Friscia ME, Budak MT, Rothenberg P, et al. Rapid disuse atrophy of diaphragm fibers in mechanically ventilated humans. *N Engl J Med*. 2008;358(13):1327-35. doi: 10.1056/NEJMoa070447

13. Grosu HB, Lee YI, Lee J, Eden E, Eikermann M, Rose KM. Diaphragm muscle thinning in patients who are mechanically ventilated. *Chest*. 2012;142(6):1455-60. doi: 10.1378/chest.11-1638
14. American Thoracic Society/European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002;166(4):518-624. doi: 10.1164/rccm.166.4.518
15. Boussuges A, Gole Y, Blanc P. Diaphragmatic motion studied by m-mode ultrasonography: methods, reproducibility, and normal values. *Chest*. 2009;135(2):391-400. doi: 10.1378/chest.08-1541
16. Zambon M, Greco M, Bocchino S, Cabrini L, Beccaria PF, Zangrillo A. Assessment of diaphragmatic dysfunction in the critically ill patient with ultrasound: a systematic review. *Intensive Care Med*. 2017;43(1):29-38. doi: 10.1007/s00134-016-4524-z
17. Umbrello M, Formenti P, Longhi D, Galimberti A, Piva I, Pezzi A, et al. Diaphragm ultrasound as indicator of respiratory effort in critically ill patients undergoing assisted mechanical ventilation: a pilot clinical study. *Crit Care*. 2015;19:161. doi: 10.1186/s13054-015-0894-9
18. Vivier E, Mekontso Dessap A, Dimassi S, Vargas F, Lyazidi A, Thille AW, et al. Diaphragm ultrasonography to estimate the work of breathing during non-invasive ventilation. *Intensive Care Med*. 2012;38(5):796-803. doi: 10.1007/s00134-012-2547-7
19. Ferrari G, De Filippi G, Elia F, Panero F, Volpicelli G, Aprà F. Diaphragm ultrasound as a new index of discontinuation from mechanical ventilation. *Crit Ultrasound J*. 2014;6(1):8. doi: 10.1186/2036-7902-6-8
20. DiNino E, Gartman EJ, Sethi JM, McCool FD. Diaphragm ultrasound as a predictor of successful extubation from mechanical ventilation. *Thorax*. 2014;69(5):423-7. doi: 10.1136/thoraxjnl-2013-204111
21. Kim WY, Suh HJ, Hong SB, Koh Y, Lim CM. Diaphragm dysfunction assessed by ultrasonography: influence on weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Med*. 2011;39(12):2627-30. doi: 10.1097/CCM.0b013e3182266408
22. Farghaly S, Hasan AA. Diaphragm ultrasound as a new method to predict extubation outcome in mechanically ventilated patients. *Aust Crit Care*. 2017;30(1):37-43. doi: 10.1016/j.aucc.2016.03.004
23. Glau CL, Conlon TW, Himebauch AS, Yehya N, Weiss SL, Berg RA, et al. Progressive diaphragm atrophy in pediatric acute respiratory failure. *Pediatr Crit Care Med*. 2018;19(5):406-11. doi: 10.1097/PCC.0000000000001485

24. Glau CL, Topjian AA, Sutton RM, Nadkarni VM, Hesek RA, Kirschen MP, et al. Diaphragm sonography predicts extubation failure in children. *J Pediatr*. 2023;252:88-95.e2. doi: 10.1016/j.jpeds.2022.09.015
25. Baudin F, Pouyau R, Cour-Andlauer F, Berthiller J, Robert D, Javouhey E. Neurally adjusted ventilatory assist (NAVA) reduces asynchrony during non-invasive ventilation for severe bronchiolitis. *Pediatr Pulmonol*. 2015;50(12):1320-7. doi: 10.1002/ppul.23139
26. Newth CJL, Sward KA, Khemani RG, Page K, Meert KL, Carcillo JA, et al. Variability in usual care mechanical ventilation for pediatric acute respiratory distress syndrome: time for a decision support protocol? *Pediatr Crit Care Med*. 2017;18(12):e521-e529. doi: 10.1097/PCC.0000000000001319
27. Barbas CSV, Ísola AM, Farias AMC, Cavalcanti AB, Gama AMC, Duarte ACM, et al. Brazilian recommendations of mechanical ventilation 2013. Part I. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2014;26(2):89-121. doi: 10.5935/0103-507X.20140017
28. Llamas-Álvarez AM, Tenza-Lozano EM, Latour-Pérez J. Diaphragm and lung ultrasound to predict weaning outcome: systematic review and meta-analysis. *Chest*. 2017;152(6):1140-50. doi: 10.1016/j.chest.2017.08.028
29. Tuinman PR, Jonkman AH, Dres M, Shi ZH, Goligher EC, Goffi A, et al. Respiratory muscle ultrasonography: methodology, basic and advanced principles and clinical applications in ICU and ED patients—a narrative review. *Intensive Care Med*. 2020;46(4):594-605. doi: 10.1007/s00134-019-05892-8
30. Goldwasser R, Farias A, Freitas EE, Saddy F, Amado V, Okamoto V. Mechanical ventilation weaning. *J Bras Pneumol*. 2007;33(Suppl 2):S128-36. doi: 10.1590/S1806-37132007000800007
31. Goligher EC, Laghi F, Detsky ME, Farias P, Murray A, Brace D, et al. Measuring diaphragm thickness with ultrasound in mechanically ventilated patients: feasibility, reproducibility and validity. *Intensive Care Med*. 2015;41(4):642-9. doi: 10.1007/s00134-015-3687-3
32. Sarwal A, Walker FO, Cartwright MS. Neuromuscular ultrasound for evaluation of the diaphragm. *Muscle Nerve*. 2013;47(3):319-29. doi: 10.1002/mus.23671
33. Boon AJ, Harper CJ, Ghahfarokhi LS, Strommen JA, Watson JC, Sorenson EJ. Two-dimensional ultrasound imaging of the diaphragm: quantitative values in normal subjects. *Muscle Nerve*. 2013;47(6):884-9. doi: 10.1002/mus.23702

34. Frutos-Vivar F, Ferguson ND, Esteban A, Epstein SK, Arabi Y, Apezteguía C, et al. Risk factors for extubation failure in patients following a successful spontaneous breathing trial. *Chest*. 2006;130(6):1664-71. doi: 10.1378/chest.130.6.1664
35. Foronda FK, Troster EJ, Farias JA, Barbas CS, Ferraro AA, Faria LS, et al. The impact of daily evaluation and spontaneous breathing test on the duration of pediatric mechanical ventilation: a randomized controlled trial. *Crit Care Med*. 2011;39(11):2526-33. doi: 10.1097/CCM.0b013e3182257520
36. Thiagarajan RR, Bratton SL, Martin LD, Brogan TV, Taylor D. Predictors of successful extubation in children. *Am J Respir Crit Care Med*. 1999;160(5 Pt 1):1562-6. doi: 10.1164/ajrccm.160.5.9811077
37. Khemani RG, Sekayan T, Hotz J, Flink RC, Rafferty GF, Iyer N, et al. Risk factors for pediatric extubation failure: the importance of respiratory muscle strength. *Crit Care Med*. 2017;45(8):e798-e805. doi: 10.1097/CCM.0000000000002433
38. Jaber S, Petrof BJ, Jung B, Chanques G, Berthet JP, Rabuel C, et al. Rapidly progressive diaphragmatic weakness and injury during mechanical ventilation in humans. *Am J Respir Crit Care Med*. 2011;183(3):364-71. doi: 10.1164/rccm.201004-0670OC
39. Demoule A, Jung B, Prodanovic H, Molinari N, Chanques G, Coirault C, et al. Diaphragm dysfunction on admission to the ICU. Prevalence, risk factors, and prognostic impact—a prospective study. *Am J Respir Crit Care Med*. 2013;188(2):213-9. doi: 10.1164/rccm.201209-1668OC
40. Choong K, Chatrkaw P, Frndova H, Cox PN. Comparison of loss in skeletal muscle mass and changes in grip strength in children receiving intensive care. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2014;38(4):434-9. doi: 10.1177/0148607113487277

TABELA 1. Características demográficas e clínicas da população estudada

Variável	Total (n=30)
Idade	
Mediana (IQR), meses	1,5 (1-18)
< 6 meses, n (%)	14 (46,7)
6-12 meses, n (%)	5 (16,7)
> 12 meses, n (%)	11 (36,7)
Sexo masculino, n (%)	16 (53,3)
Peso, kg	
Mediana (IQR)	5,2 (3,8-9,5)
PRISM III nas primeiras 24h	
Média ± DP	8,3 ± 4,2
Diagnóstico principal, n (%)	

Variável	Total (n=30)
Bronquiolite	15 (50,0)
Pneumonia	4 (13,3)
Pós-operatório	3 (10,0)
Asma/estado de mal asmático	2 (6,7)
Outros	6 (20,0)
Diagnóstico secundário, n (%)	
Pneumonia viral	15 (50,0)
Sepse	6 (20,0)
Desconforto respiratório	3 (10,0)
Outros	6 (20,0)
Tempo de VM, dias	
Mediana (IQR)	10,0 (6-16)
2-7 dias, n (%)	11 (36,7)
8-14 dias, n (%)	8 (26,7)
15-21 dias, n (%)	6 (20,0)
≥ 22 dias, n (%)	5 (16,7)
Sedação, n (%)	30 (100)
Tempo de sedação, dias (média ± DP)	12,6 ± 8,4
Bloqueador neuromuscular, n (%)	11 (36,7)
Tempo de BNM, dias (média ± DP)	3,2 ± 2,1
Tempo desde suspensão sedação até TRE, horas	
Mediana (IQR)	6,0 (3-12)
VNI pré-intubação, n (%)	19 (63,3)
VNI pós-extubação, n (%)	13 (43,3)
Sucesso do desmame, n (%)	22 (73,3)
Reintubação, n (%)	8 (26,7)
Tempo de internação na UTIp, dias	
Mediana (IQR)	14,5 (9-22)

IQR = intervalo interquartil; DP = desvio-padrão; PRISM III = Pediatric Risk of Mortality III; VM = ventilação mecânica; BNM = bloqueador neuromuscular; TRE = teste de respiração espontânea; VNI = ventilação não invasiva; UTIp = unidade de terapia intensiva pediátrica.

TABELA 2. Comparação das medidas ultrassonográficas do diafragma entre os grupos sucesso e insucesso de extubação

Variável	Sucesso (n=22)	Insucesso (n=8)	Média da Diferença (IC 95%)	P valor
Espessura expiratória (mm)				
Média ± DP	1,52 ± 0,34	1,48 ± 0,29	0,04 (-0,24 a 0,32)	0,768
Espessura inspiratória (mm)				

Variável	Sucesso (n=22)	Insucesso (n=8)	Média da Diferença (IC 95%)	P valor
Média ± DP	2,18 ± 0,52	1,76 ± 0,31	0,42 (0,06 a 0,78)	0,024
TFDi (%)				
Média ± DP	47,36 ± 23,55	19,07 ± 6,80	28,29 (13,42 a 43,15)	0,001
Mediana (IQR)	47,46 (30,36-65,12)	18,49 (15,28-23,18)		

TFDI = fração de espessamento diafragmático; DP = desvio-padrão; IQR = intervalo interquartil; IC = intervalo de confiança. Teste t de Student para amostras independentes com correção de Welch devido à heterogeneidade das variâncias.

TABELA 3. Desempenho diagnóstico de diferentes pontos de corte da TFDI para predição de falha da extubação

Ponto de corte TFDI (%)	Sensibilidade (%)	Especificidade (%)	VPP (%)	VPN (%)	Acurácia (%)	RV +	RV -
< 20	37,5	100,0	100,0	81,5	83,3	∞	0,63
< 25	87,5	86,4	70,0	95,0	86,7	6,43	0,14
< 30	100,0	77,3	61,5	100,0	83,3	4,38	0,00
< 35	100,0	59,1	47,1	100,0	70,0	2,44	0,00
< 40	100,0	50,0	42,1	100,0	63,3	2,00	0,00

TFDI = fração de espessamento diafragmático; VPP = valor preditivo positivo; VPN = valor preditivo negativo; RV+ = razão de verossimilhança positiva; RV- = razão de verossimilhança negativa. O ponto de corte destacado em negrito representa o melhor equilíbrio entre sensibilidade e especificidade (índice de Youden máximo).

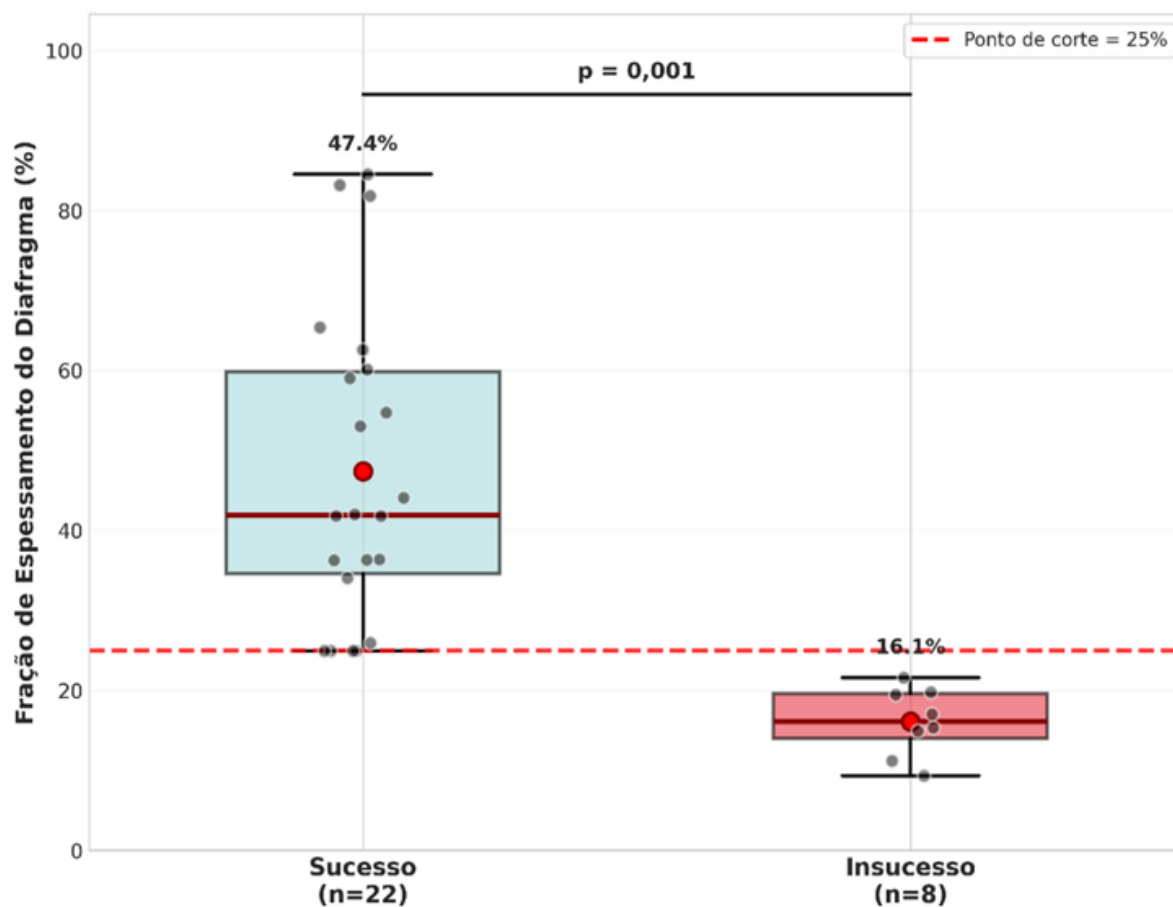
Comparação da TFDI entre sucesso e insucesso na extubação

Figura 1: Comparação da fração de espessamento diafragmático (TFDI) entre os grupos de sucesso e insucesso. Gráficos de caixa mostrando a mediana (linha central), o intervalo interquartil (caixa) e os pontos de dados individuais. A linha tracejada vermelha indica o ponto de corte ideal de 25%. A TFDI média foi significativamente maior no grupo de sucesso (47,4% vs. 16,1%, $p = 0,001$)

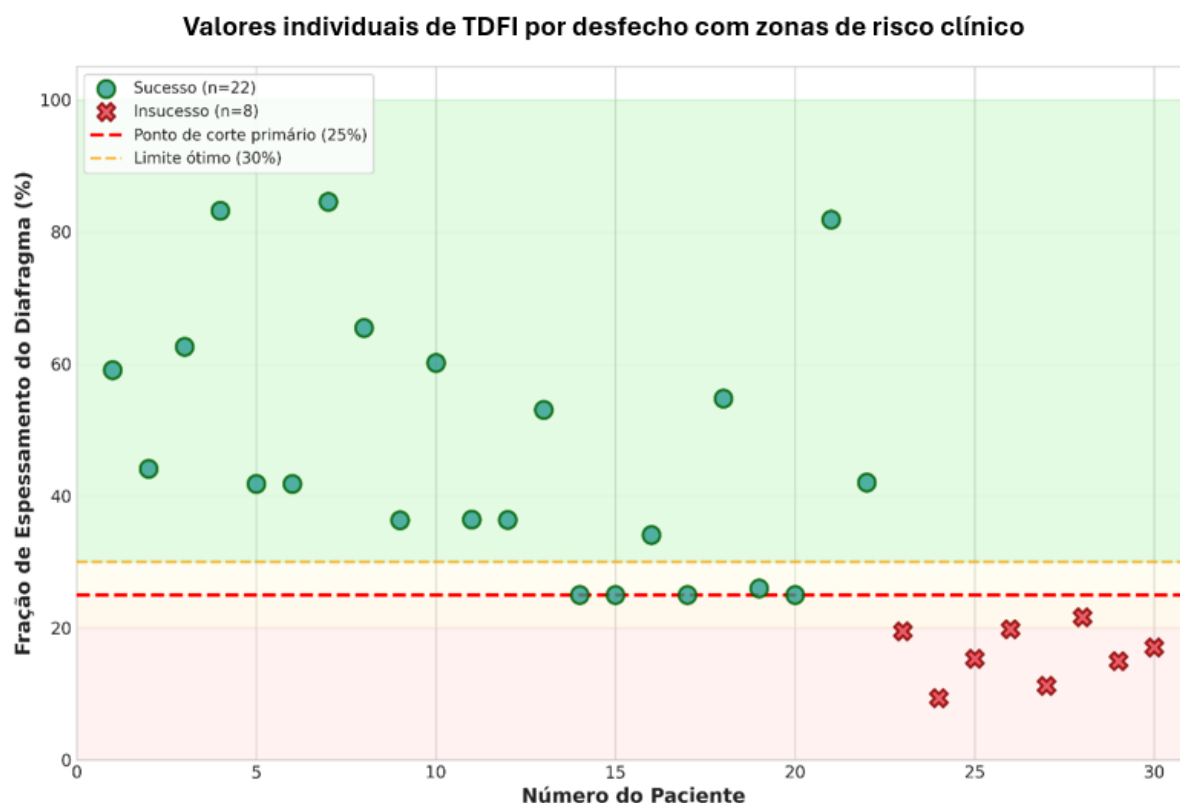


Figura 2. Valores individuais de TFDI para cada paciente de acordo com o resultado do desmame ventilatório. Os círculos verdes representam extubação bem-sucedida (n=22), as cruzes vermelhas representam falha da extubação com necessidade de reintubação (n=8). A linha tracejada vermelha (25%) indica o ponto de corte primário e a linha tracejada laranja (30%) mostra o limiar ideal. A zona verde representa a área de baixo risco (TFDI $\geq 30\%$), enquanto a zona rosa indica a área de alto risco (TFDI $< 25\%$). Nenhum paciente com TFDI $\geq 30\%$ apresentou falha da extubação.

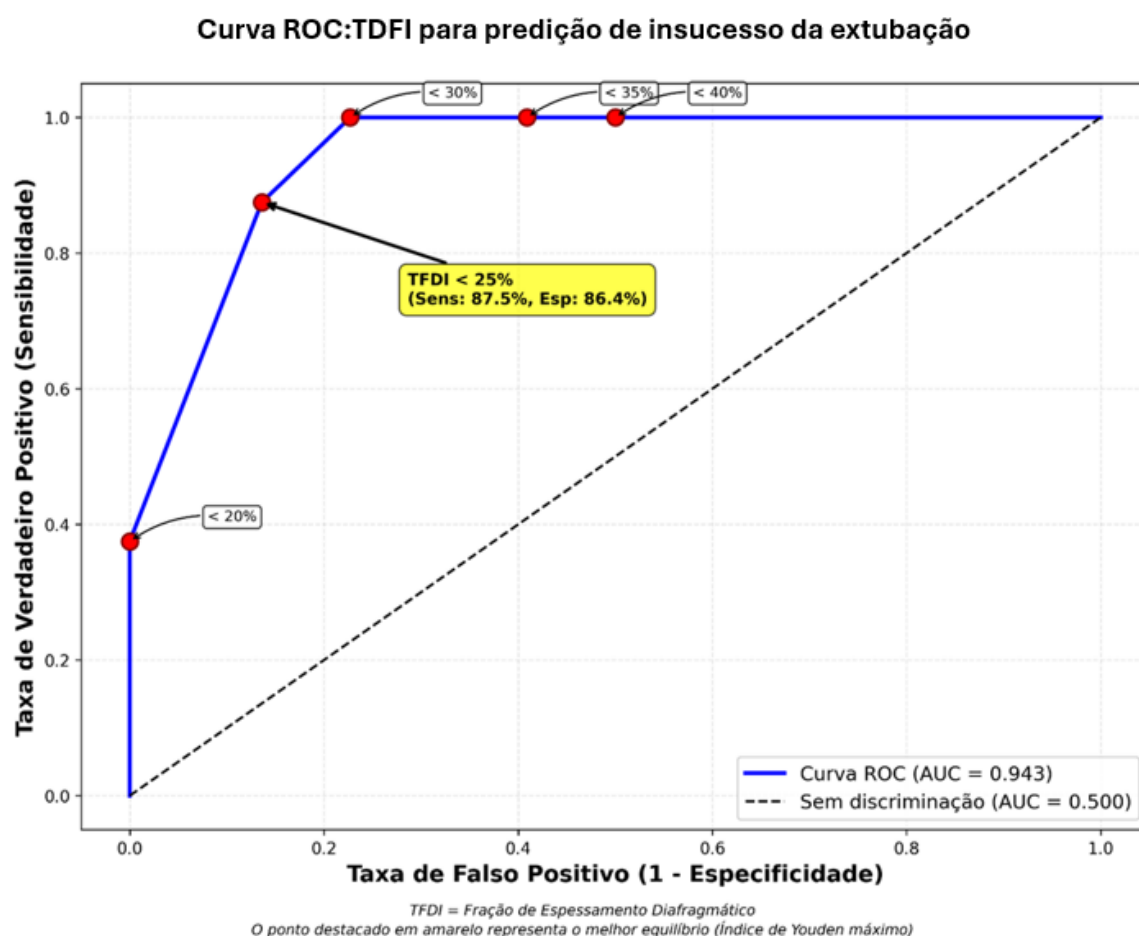


Figura 3. Curva ROC da TFDI para predição de falha da extubação.

A curva apresenta AUC de 0,943. O ponto destacado (TFDI < 25%) representa o melhor equilíbrio entre sensibilidade (87,5%) e especificidade (86,4%). Pontos vermelhos indicam os diferentes cutoffs avaliados (Tabela 3). TFDI = fração de espessamento diafragmático; AUC = área sob a curva; ROC = *Receiver Operating Characteristic*.

Considerações finais

Esta dissertação apresentou uma contribuição relevante para a prática clínica em terapia intensiva pediátrica ao demonstrar que a avaliação da fração de espessamento do diafragma por ultrassonografia cinesiológica durante o teste de respiração espontânea constitui uma ferramenta preditiva confiável, não invasiva e factível para o desmame da ventilação mecânica em pacientes pediátricos. Os resultados confirmaram a hipótese inicial, evidenciando excelente desempenho diagnóstico da TFDI, com valores $\geq 30\%$ associados a 100% de sucesso da extubação e valores $< 25\%$ indicando alto risco de falha. A identificação de um ponto de corte com alta sensibilidade (87,5%) e especificidade (86,4%) representa um avanço significativo no arsenal de ferramentas disponíveis para intensivistas pediátricos na tomada de decisão clínica sobre o timing adequado para extubação. Adicionalmente, este trabalho preencheu uma lacuna importante na literatura científica brasileira ao fornecer dados prospectivos em população pediátrica, predominantemente composta por lactentes com bronquiolite viral, refletindo o perfil epidemiológico das unidades de terapia intensiva pediátricas do país.

A associação demonstrada entre tempo prolongado de ventilação mecânica e deterioração progressiva da função diafragmática reforça a necessidade de estratégias de mobilização precoce e desmame oportuno, evidenciando o papel deletério da ventilação mecânica prolongada sobre o diafragma. Embora o estudo apresente limitações inerentes ao tamanho amostral e ao caráter unicêntrico, os achados são robustos e clinicamente relevantes, abrindo perspectivas para estudos multicêntricos com populações mais heterogêneas que possam validar e expandir estes resultados. A incorporação da ultrassonografia diafragmática aos protocolos de desmame ventilatório pode auxiliar na redução tanto do tempo desnecessário de ventilação mecânica quanto do risco de extubação prematura e suas complicações associadas, contribuindo assim para melhores desfechos clínicos e redução da morbimortalidade em pediatria. Este trabalho representa um passo importante na construção de evidências científicas que fundamentem práticas de reabilitação baseadas em avaliação objetiva da função muscular respiratória em crianças criticamente enfermas, consolidando o papel do fisioterapeuta intensivista na utilização de tecnologias diagnósticas à beira do leito para otimização do cuidado ao paciente pediátrico ventilado mecanicamente.

Referências

Abdel Rahman, D. A., Saber, S., & El-Maghraby, A. (2020). Diaphragm and lung ultrasound indices in prediction of outcome of weaning from mechanical ventilation in pediatric intensive care unit. *Indian Journal of Pediatrics*, 87(6), 413–420. <https://doi.org/10.1007/s12098-019-03177-y>

Barbas, C. S. V., Ísola, A. M., Farias, A. M. de C., Cavalcanti, A. B., Gama, A. M. C., Duarte, A. C. M., Vianna, A., Serpa Neto, A., Bravim, B. de A., Pinheiro, B. do V., Mazza, B. F., Carvalho, C. R. R. de, Toufen Júnior, C., David, C. M. N., Taniguchi, C., Mazza, D. D. da S., Dragosavac, D., Toledo, D. O., Costa, E. L., ... Amado, V. M. (2014). Brazilian recommendations of mechanical ventilation 2013. Part I. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*, 26(2). <https://doi.org/10.5935/0103-507x.20140017>

BOLES, J. M. et al. Weaning from mechanical ventilation. *European Respiratory Journal*, v. 29, n. 5, p. 1033-1056, 2007. DOI: 10.1183/09031936.00010206.

Bastos, V. C. de S., Carneiro, A. A. L., Barbosa, M. dos S. R., & Andrade, L. B. de. (2018). Brazilian version of the Pediatric Functional Status Scale: translation and cross-cultural adaptation. *Revista Brasileira* <https://doi.org/10.5935/0103-507x.20180043>

Carvalho, M. G. S., Tomiyama, J. N., Terra, M. A., & Lanza, F. C. (2025). Diaphragmatic ultrasonography: reference values and reliability for thickness, thickening fraction, and excursion in neonates. *European Journal of Pediatrics*, 184(11), 709. <https://doi.org/10.1007/s00431-025-06484-z>

Chavhan, G. B., Babyn, P. S., Cohen, R. A., & Langer, J. C. (2010). Multimodality imaging of the pediatric diaphragm: Anatomy and pathologic conditions. *Radiographics: A Review Publication of the Radiological Society of North America, Inc*, 30(7), 1797–1817. <https://doi.org/10.1148/rq.307105046>

Dionisio, M. T., Rebelo, A., Pinto, C., Carvalho, L., & Neves, J. F. (2019). Avaliação

Ecográfica da Disfunção Diafragmática Induzida pelo Ventilador em Idade Pediátrica. Acta Medica <https://doi.org/10.20344/amp.10830>

Dominguez, T. E. (2014). Are we exchanging morbidity for mortality in pediatric intensive care? Pediatric Critical Care <https://doi.org/10.1097/pcc.0000000000000281>

El-Halaby, H., Abdel-Hady, H., Alsawah, G., Abdelrahman, A., & El-Tahan, H. (2016). Sonographic evaluation of diaphragmatic excursion and thickness in healthy infants and children. Journal of Ultrasound in Medicine: Official Journal of the American Institute of Ultrasound <https://doi.org/10.7863/ultra.15.01082>

Johnston, C., Zanetti, N. M., Comaru, T., Ribeiro, S. N. D. S., Andrade, L. B. de, & Santos, S. L. L. D. (2012). I Brazilian guidelines for respiratory physiotherapy in pediatric and neonatal intensive care units. Revista Brasileira de Terapia Intensiva, 24(2), 119–129.

Kneyber, M. C. J., on behalf of the section Respiratory Failure of the European Society for Paediatric and Neonatal Intensive Care, de Luca, D., Calderini, E., Jarreau, P.-H., Javouhey, E., Lopez-Herce, J., Hammer, J., Macrae, D., Markhorst, D. G., Medina, A., Pons-Odena, M., Racca, F., Wolf, G., Biban, P., Brierley, J., & Rimensberger, P. C. (2017). Recommendations for mechanical ventilation of critically ill children from the Paediatric (PEMVECC). Intensive Mechanical Care Ventilation Consensus Medicine, 43(12), <https://doi.org/10.1007/s00134-017-4920-z>

Lee, E.-P., Hsia, S.-H., Hsiao, H.-F., Chen, M.-C., Lin, J.-J., Chan, O.-W., Lin, C.-Y., Yang, M.-C., Liao, S.-L., & Lai, S.-H. (2017). Evaluation of diaphragmatic function in mechanically ventilated children: An ultrasound study. PloS One, 12(8), e0183560. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183560>

Le Neindre, A., Philippart, F., Luperto, M., Wormser, J., Morel-Sapene, J., Aho, S. L., Mongodi, S., Mojoli, F., & Bouhemad, B. (2021). Diagnostic accuracy of diaphragm ultrasound to predict weaning outcome: A systematic review and meta-analysis. International Journal of Nursing <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2021.103890>

Medrinal, C., Machefert, M., Lamia, B., Bonnevie, T., Gravier, F.-E., Hilfiker, R., Prieur,

G., & Combret, Y. (2023). Transcutaneous electrical diaphragmatic stimulation in mechanically ventilated patients: a randomised study. *Critical Care* (London, England), 27(1). <https://doi.org/10.1186/s13054-023-04597-1>

Moura, J. C. da S., Gianfrancesco, L., Souza, T. H. de, Hortencio, T. D. R., & Nogueira, R. J. N. (2021). Extubation in the pediatric intensive care unit: predictive methods. An integrative literature review. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*, 33(2). <https://doi.org/10.5935/0103-507x.20210039>

Ord, H. L., & Griksaitis, M. J. (2019). Fifteen-minute consultation: Using point of care ultrasound to assess children with respiratory failure. *Archives of Disease in Education and Practice* <https://doi.org/10.1136/archdischild-2017-313795> Edition, 104(1), 2–10.

Pollack, M. M., Holubkov, R., Funai, T., Clark, A., Berger, J. T., Meert, K., Newth, C. J. L., Shanley, T., Moler, F., Carcillo, J., Berg, R. A., Dalton, H., Wessel, D. L., Harrison, R. E., Doctor, A., Dean, J. M., & Jenkins, T. L. (2014). Pediatric intensive care outcomes: Development of new morbidities during pediatric critical care. *Pediatric Critical Care* <https://doi.org/10.1097/pcc.0000000000000250> Medicine, 15(9), 821–827.

Potter, S. K., & Griksaitis, M. J. (2019). The role of point-of-care ultrasound in pediatric acute respiratory distress syndrome: emerging evidence for its use. *Annals of Translational* <https://doi.org/10.21037/atm.2019.07.76> Medicine, 7(19), 507–507.

Subhash, S., & Kumar, V. (2023). Point-of-care ultrasound measurement of diaphragm thickening fraction as a predictor of successful extubation in critically ill children. *Journal of Pediatric Intensive Care*, 12(02), 131–136. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1730931>

Supinski, G. S., Morris, P. E., Dhar, S., & Callahan, L. A. (2018). Diaphragm dysfunction critical illness. *Chest*, 153(4), <https://doi.org/10.1016/j.chest.2017.08.1157>

Tenza-Lozano, E., Llamas-Alvarez, A., Jaimez-Navarro, E., & Fernández-Sánchez, J. (2018). Lung and diaphragm ultrasound as predictors of success in weaning from mechanical ventilation. *Critical* <https://doi.org/10.1186/s13089-018-0094-3> Ultrasound Journal, 10(1).

Thille, A. W.; Richard, J.-C. M.; Brochard, L. The decision to extubate in the intensive care unit. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, v. 187, n. 12, p. 1294–1302, 2013. DOI: 10.1164/rccm.201208-1523CI

Valenzuela, J., Araneda, P., & Cruces, P. (2014). Weaning from mechanical ventilation in pediatrics. State of the art. *Archivos de Bronconeumologia*, 50(3), 105–112. <https://doi.org/10.1016/j.arbr.2014.02.001>

Vetrugno, L., Orso, D., & Bove, T. (2020). Ultrasound of the diaphragm an essential tool for pulmonologists and intensivists. *Jornal Brasileiro de Pneumologia: Publicacao Oficial Da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia*, 46(6), e20200367–e20200367. <https://doi.org/10.36416/1806-3756/e20200367>

Victora, C. G., Aquino, E. M. L., do Carmo Leal, M., Monteiro, C. A., Barros, F. C., & Szwarcwald, C. L. (2011). Maternal and child health in Brazil: progress and challenges. *Lancet*, 377(9780), 1863–1876. 6736(11)60138-4 <https://doi.org/10.1016/s0140>

Vieira Santana, P., Zumpano Cardenas, L., Pereira de Albuquerque, A. L., Ribeiro de Carvalho, C. R., & Caruso, P. (2020). Diaphragmatic ultrasound: a review of its methodological aspects and clinical uses. *Jornal Brasileiro de Pneumologia: Publicacao Oficial Da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia*, 46(6), e20200064–e20200064. <https://doi.org/10.36416/1806-3756/e20200064>

Vorona, S., Sabatini, U., Al-Maqbali, S., Bertoni, M., Dres, M., Bissett, B., Van Haren, F., Martin, A. D., Urrea, C., Brace, D., Parotto, M., Herridge, M. S., Adhikari, N. K. J., Fan, E., Melo, L. T., Reid, W. D., Brochard, L. J., Ferguson, N. D., & Goligher, E. C. (2018). Inspiratory muscle rehabilitation in critically ill adults. A systematic review and meta-analysis. *Annals of the American Thoracic Society*, 15(6), 735–744. <https://doi.org/10.1513/annalsats.201712-961oc>

Wilson, S. H., Cooke, N. T., Edwards, R. H., & Spiro, S. G. (1984). Predicted normal values for maximal respiratory pressures in caucasian adults and children. *Thorax*, 39(7), 535–538. <https://doi.org/10.1136/thx.39.7.535>

Xue, Y., Zhang, Z., Sheng, C.-Q., Li, Y.-M., & Jia, F.-Y. (2019). The predictive value of diaphragm ultrasound for weaning outcomes in critically ill children. *BMC Pulmonary Medicine*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/s12890-019-1034-0>

Apêndice 1 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

CORRELAÇÃO ENTRE A FRAÇÃO DE ESPESSAMENTO DO DIAFRAGMA AO ULTRASSOM CINESIOLÓGICO E O SUCESSO DE EXTUBAÇÃO EM PACIENTES PEDIÁTRICOS: ESTUDO CLÍNICO TRANSVERSAL

Elaborado a partir da Res. nº466 de 10/12/2012 do Conselho Nacional de Saúde.

Breve justificativa e objetivos da pesquisa: Este estudo poderá trazer como benefício novas possibilidades na prática da assistência de fisioterapia, assim os fisioterapeutas poderão realizar a extubação de forma mais criteriosa. As crianças se beneficiarão com uma extubação mais segura, O objetivo da pesquisa é verificar se existe fraqueza do principal músculo respiratório, o diafragma e analisar se esta disfunção tem haver com um maior risco de falha da extubação, ou seja, a necessidade de voltar para a ventilação mecânica em até 3 dias. Através da ultrassonografia, um exame realizado na beira do leito por profissional capacitado.

Procedimentos: Avaliação da função do diafragma por meio de ultrassonografia durante o período previsto para retirada do suporte ventilatório, realizado uma única vez durante o período de internação na unidade de terapia intensiva pediátrica. A ultrassonografia permite a medição da espessura do diafragma, para quantificar o espessamento de maneira objetiva, será preciso realizar 3 imagens e será realizada a média dos valores.

Potenciais riscos e benefícios: O estudo não oferece risco potencial a integridade física, psíquica e biológica do seu filho (a). A ultrassonografia não é invasiva, não expõe a criança à radiação, o equipamento utilizado para sua realização está disponível no setor de unidade de terapia intensiva (aparelho de ultrassom) onde o estudo será realizado, fornece resultados imediatos, é muito precisa e pode ser repetida na beira do leito quando necessária. O ultrassom é um aparelho simples, portátil e possui alguns transdutores. Será utilizado o transdutor linear, com uso de gel específico, na região anterior do tronco do paciente, na altura do espaço que existe entre a 8ª e 9ª costela e será utilizado um gel para acoplar. Ao ser encostado na pele do paciente, pode ocorrer algum desconforto porém rapidamente existe uma acomodação mas caso sejam identificados algum mal-estar ou alguma alteração das variáveis fisiológicas, o paciente receberá atendimento adequado e imediato pela equipe de pesquisa e da unidade local.



Este estudo poderá trazer como benefício novas possibilidades na prática de assistência, assim os fisioterapeutas poderão realizar a extubação de forma mais criteriosa. As crianças se beneficiarão com uma extubação mais segura, evitando as complicações associadas à falha na retirada do tubo orotraqueal (dispositivo usado para ventilar os pulmões quando o paciente está em ventilação mecânica) e conseqüentemente o procedimento de reintubação no caso de falha.

Garantia de sigilo, privacidade, anonimato e acesso: A privacidade do seu filho será respeitada, ou seja, seu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa de qualquer forma o identificar, serão mantidos em sigilo. Será garantido o anonimato e privacidade. Caso haja interesse, o senhor (a) terá acesso aos resultados.

Garantia de esclarecimento: É assegurada a assistência durante toda pesquisa, bem como a garantia do seu livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências.

Garantia de responsabilidade e divulgação: Os resultados dos exames e dos dados da pesquisa serão de responsabilidade do pesquisador, e esses resultados serão divulgados em meio científico sem citar qualquer forma que possa identificar o seu nome.

Garantia de ressarcimento de despesas: Você não terá despesas pessoais em qualquer fase do estudo, nem compensação financeira relacionada à sua participação. Em caso de dano pessoal diretamente causado pelos procedimentos propostos neste estudo, terá direito a tratamento médico, bem como às indenizações legalmente estabelecidas. No entanto, caso tenha qualquer despesa decorrente da participação na pesquisa, haverá ressarcimento mediante depósito em conta corrente ou cheque ou dinheiro. De igual maneira, caso ocorra algum dano decorrente da sua participação no estudo, você será devidamente indenizado, conforme determina a lei.

Responsabilidade do pesquisador e da instituição: O pesquisador e a instituição proponente se responsabilizarão por qualquer dano pessoal ou moral referente à integridade física e ética que a pesquisa possa comportar.

Crítérios para suspender ou encerrar a pesquisa: O estudo será suspenso na ocorrência de qualquer falha metodológica ou técnica observada pelo pesquisador, cabendo ao mesmo a responsabilidade de informar a todos os participantes o motivo da suspensão. O estudo também será suspenso caso seja percebido qualquer risco ou dano à saúde dos sujeitos participantes, consequente à pesquisa, que não tenha sido previsto neste termo. Quando atingir a coleta de dados necessária a pesquisa será encerrada.

Demonstrativo de infraestrutura: A instituição onde será feito o estudo possui a infraestrutura necessária para o desenvolvimento da pesquisa com ambiente adequado.

Propriedade das informações geradas: Não há cláusula restritiva para a divulgação dos resultados da pesquisa, e que os dados coletados serão utilizados única e exclusivamente para comprovação do experimento. Os resultados serão submetidos à publicação, sendo favoráveis ou não às hipóteses do estudo.

Sobre a recusa em participar: Caso queira, o senhor (a) poderá se recusar a participar do estudo, ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar-se, não sofrendo qualquer prejuízo à assistência que seu filho (a) recebe.

Contato do pesquisador responsável e do comitê de ética: Em qualquer etapa do estudo você poderá ter acesso ao profissional responsável, VIVIAN CORRÊA DE OLIVEIRA MARÇAL, que pode ser encontrada no telefone (22)998939762. Se tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa. Se este termo for suficientemente claro para lhe passar todas as informações sobre o estudo e se o senhor (a) compreender os propósitos do mesmo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Você poderá declarar seu livre consentimento em participar, estando totalmente ciente das propostas do estudo.

Rio de Janeiro, ____ de _____ de ____.



Apêndice 2 – Título do Apêndice

Termo de Assentimento Livre e Esclarecido

Obrigada pelo seu interesse em participar do estudo “Correlação entre a fração de espessamento do diafragma ao ultrassom cinesiológico e o sucesso de extubação em pacientes pediátricos: estudo clínico transversal”.

Pesquisador responsável: Vivian Marçal

Seu filho (a) está sendo convidado a participar desta pesquisa que irá investigar se existe fraqueza do principal músculo envolvido na respiração, o diafragma.

Informamos que a criança participa só se quiser e pode desistir a qualquer momento sem nenhum problema.

Estamos realizando esta pesquisa para saber mais sobre este músculo que ajuda na respiração e saber se ele está fraco ou forte.

Caso você concorde, vamos fazer esta avaliação através de um exame que se chama ultrassonografia. Neste exame vamos usar o ultrassom, um aparelho simples e que não gera dor.

Ele possui uma peça onde iremos colocar um gel gelado e encostar na região da barriguinha do paciente, para poder ver as imagens do músculo diafragma.

Este equipamento fica no próprio setor onde o paciente está internado, então não precisará sair da maca, nós que vamos trazer este aparelho até o seu filho.

O exame será feito apenas uma vez e ocorrerá durante o período programado para a retirada da ventilação mecânica (do aparelho que leva ar quando fica muito difícil de respirar).

Os riscos em participar do estudo são muito pequenos, limitados praticamente ao desconforto do contato do gel na pele e se acontecer alguma alteração por causa deste incômodo, alguém da nossa pesquisa e equipe vai cuidar rapidamente para resolver o problema.

Sua participação é muito importante para poder ajudar as crianças que estejam em ventilação mecânica, auxiliando aos profissionais para realizarem o procedimento da retirada desta ventilação de forma mais segura.



Rubrica do Pesquisador:

O nome do seu filho (a) não será divulgado em nenhum momento e suas informações serão analisadas junto com as de outros pacientes que também irão participar da pesquisa. Ninguém pode forçar a criança a participar deste estudo e você pode perguntar o que quiser ao pesquisador e para a equipe médica a qualquer momento.

Os pais ou responsáveis não terão gastos com relação à este estudo mas se existir alguma despesa para a participação na pesquisa, haverá o direito da devolução do valor. Se você lembrar de perguntar alguma coisa sobre esta pesquisa depois de ter concordado em participar, pode ligar para a Dra. Vivian Corrêa de Oliveira Marçal, no telefone (22)998939762, ou mandar um e-mail para ela no endereço vivianmarcal52@gmail.com. Pode também falar com quem autorizou esta pesquisa que é o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade UNISUAM localizada no seguinte endereço:

Rua Dona Isabel 94, Bonsucesso, Rio de Janeiro, RJ. Telefone: (21)3882-9797 - ramal 2015, e-mail: comitedeetica@unisuam.edu.br

Eu _____, aceito participar da pesquisa "Correlação entre a fração de espessamento do diafragma ao ultrassom cinesiológico e o sucesso de extubação em pacientes pediátricos: estudo clínico transversal". Entendi as coisas ruins e boas que podem acontecer. Entendi que posso dizer sim e participar, mas que, a qualquer momento, posso dizer não e desistir. Os pesquisadores tiraram minhas dúvidas, recebi uma cópia deste termo de assentimento e li e concordo em participar da pesquisa.

Paciente: _____

Assinatura do responsável: _____



Rubrica do Pesquisador: _____

____/____/____



Anexo 1 – Declaração de Instituição Coparticipante

PREFEITURA DE

CAMPOS ESTADO DO RIO DE JANEIRO

UMA NOVA HISTÓRIA PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPOS DOS
GOYTACAZES

FUNDAÇÃO MUNICIPAL DE SAÚDE

DECLARAÇÃO DE INSTITUIÇÃO COPARTICIPANTE

Campos dos Goytacazes, 24 de novembro de 2023

Declaro estar ciente da coparticipação na pesquisa com o título CORRELAÇÃO ENTRE A FRAÇÃO DE ESPESSAMENTO DO DIAFRAGMA AO ULTRASSOM CINESIOLÓGICO E O SUCESSO DE EXTUBAÇÃO EM PACIENTES PEDIÁTRICOS: ESTUDO CLINICO TRANSVERSAL. O projeto será realizado em parceria com o HOSPITAL FERREIRA MACHADO (HFM).

Pesquisador Principal: VIVIAN CORRÊA DE OLIVEIRA MARÇAL

CPF: 12153642701

Telefone: (22) 998939762

Email: Vivianmarca152@gmail.com

Assinatura:

Instituição Proponente: Centro Universitário Augusto Motta/ UNISUAM

Grande Área de Conhecimento (CNPq): Área 4: Ciências da Saúde

Área Predominante: 4.08.00.00-8: Fisioterapia e Terapia Ocupacional

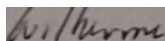
Propósito Principal do Estudo: Clínico

Instituição Coparticipante: HOSPITAL FERREIRA MACHADO

Coordenação da Reabilitação Hospitalar: Ettes Gomes Freitas Martins

Direção

Hospital Ferreira Machado: Guilherme Ribeiro Rangel
Guilherme Ribeiro Rangel



Diretor Clínico AFM

Rua Rocha Leão, 02 — Caju — Campos dos Goytacazes/RJ —
www.campos.rj.gov.br

Anexo 2 – Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: CORRELAÇÃO ENTRE A FRAÇÃO DE ESPESSAMENTO DO DIAFRAGMA AO

ULTRASSOM CINESIOLÓGICO E O SUCESSO DE EXTUBAÇÃO EM PACIENTES PEDIÁTRICOS: ESTUDO CLÍNICO TRANSVERSAL **Pesquisador:** VIVIAN CORREA DE OLIVEIRA MARCAL **Área Temática:**

Versão: 4

CAAE: 79057624.3.0000.5235

Instituição Proponente: SOCIEDADE UNIFICADA DE ENSINO AUGUSTO MOTTA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 7.163.786

Apresentação do Projeto:

CORRELAÇÃO ENTRE A FRAÇÃO DE ESPESSAMENTO DO DIAFRAGMA AO ULTRASSOM CINESIOLÓGICO E O SUCESSO DE EXTUBAÇÃO EM PACIENTES PEDIÁTRICOS: ESTUDO CLÍNICO TRANSVERSAL

Objetivo da Pesquisa:

Analisar a correlação das medições de fração de espessamento diafragmático (FE) por meio de ultrassonografia cinesiológica beira leito e o sucesso de extubação em pediatria.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

O estudo não oferece risco potencial a integridade física, psíquica e biológica do participante. O ultrassom é um exame diagnóstico por imagem, não invasivo, indolor, que não emite radiação e não possui contraindicação. Desconforto local ou estresse poderão ocorrer com o contato da sonda do aparelho na pele do paciente, caso sejam identificados algum mal-estar ou alguma alteração das variáveis fisiológicas, o paciente receberá atendimento adequado pela equipe de pesquisa e da unidade. O estudo não identificará e não divulgará a identidade dos participantes, utilizará como organização dos dados, caracteres alfanuméricos organizados por ordem de realização

Endereço: Rua Dona Isabel, 94, TEL: (21)3882-9943

Bairro: Bonsucesso

CEP: 21.032-060

UF: RJ

Município: RIO DE JANEIRO

Telefone: (21)3882-9943

E-mail: comitedeetica@souunisuam.com.br

de exames e haverá o cuidado para que não ocorra divulgação das imagens captadas. O responsável pelo paciente poderá desistir da sua participação a qualquer momento, estando confortável para comunicar a sua decisão a equipe da pesquisa em qualquer etapa do estudo e desistir não trará prejuízo à assistência do paciente, tendo sempre sua privacidade respeitada e garantida a confidencialidade das informações pessoais. Caso as medidas da FE encontradas sejam menores ou maiores que as referenciadas em estudos similares com a mesma população, os pesquisadores não influenciarão na rotina estabelecida no serviço onde o estudo será realizado. Serão respeitados todos os valores culturais, sociais e morais em que o paciente estiver inserido em relação ao seu âmbito familiar.

Benefícios:

Este estudo poderá trazer importantes considerações do impacto da ultrassonografia como preditor de sucesso na extubação. Dessa forma, os fisioterapeutas poderão realizar a extubação através de um balizador objetivo, ao invés de avaliação subjetiva baseada somente na clínica. As crianças se beneficiarão com uma extubação mais segura, evitando as complicações associadas à falha na extubação e consequente procedimento de intubação orotraqueal.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Projeto aprovado.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os documentos foram devidamente enviados

Recomendações:

Projeto aprovado.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Projeto aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

O projeto está aprovado. Cabe ressaltar que o pesquisador se compromete em anexar na Plataforma Brasil um relatório ao final da realização da pesquisa. Pedimos a gentileza de utilizar o modelo de relatório final que se encontra na página eletrônica do CEP-UNISUAM

(<https://www.unisuam.edu.br/pesquisa-extensao-e-inova/pesquisa-e-inovacao/>). Além disso, em caso de evento adverso, cabe ao pesquisador relatar, também através da Plataforma Brasil.

Endereço: Rua Dona Isabel, 94, TEL: (21)3882-9943

Bairro: Bonsucesso

CEP: 21.032-060

UF: RJ

Município: RIO DE JANEIRO

Telefone: (21)3882-9943

E-mail: comitedeetica@souunuam.com.br

**CENTRO UNIVERSITÁRIO
AUGUSTO MOTTA (UNISUAM)**



Continuação do Parecer: 7.163.786

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2252274.pdf	24/09/2024 11:54:27		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	termodeassentimentolivreescclarecidoreescrito2.pdf	24/09/2024 11:36:17	VIVIAN CORREA DE OLIVEIRA MARCAL	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projetoCompleto.pdf	20/03/2024 22:50:26	VIVIAN CORREA DE OLIVEIRA MARCAL	Aceito
Declaração de Pesquisadores	termodeconfidencialidade.pdf	20/03/2024 22:47:37	VIVIAN CORREA DE OLIVEIRA MARCAL	Aceito
Declaração de Pesquisadores	termodecompromissoeresponsabilidade.pdf	20/03/2024 22:47:11	VIVIAN CORREA DE OLIVEIRA MARCAL	Aceito
Declaração de Pesquisadores	tcud.pdf	20/03/2024 22:46:50	VIVIAN CORREA DE OLIVEIRA MARCAL	Aceito
Declaração de concordância	termodeanuencia.pdf	20/03/2024 22:46:09	VIVIAN CORREA DE OLIVEIRA MARCAL	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de	termodeconsentimentolivreescclarecido.pdf	20/03/2024 22:45:30	VIVIAN CORREA DE	Aceito

Endereço: Rua Dona Isabel, 94, TEL: (21)3882-9943

Bairro: Bonsucesso

CEP: 21.032-060

UF: RJ

Município: RIO DE JANEIRO

Telefone: (21)3882-9943

E-mail: comitedeetica@souunisuam.com.br

CENTRO UNIVERSITÁRIO
AUGUSTO MOTTA (UNISUAM)



Continuação do Parecer: 7.163.786

Ausência			OLIVEIRA MARCAL	
Cronograma	cronograma.docx	20/03/2024 22:01:34	VIVIAN CORREA DE OLIVEIRA MARCAL	Aceito
Brochura Pesquisa	projeto de pesquisa.pb.docx	20/03/2024 22:00:29	VIVIAN CORREA DE OLIVEIRA MARCAL	Aceito
Folha de Rosto	folha de rosto assinada.pdf	20/12/2023 16:19:25	VIVIAN CORREA DE OLIVEIRA MARCAL	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Página 03 de

RIO DE JANEIRO, 16 de Outubro de 2024

Assinado por:
Igor Ramathur Telles de Jesus
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Dona Isabel, 94, TEL: (21)3882-9943

Bairro: Bonsucesso

CEP: 21.032-060

UF: RJ

Município: RIO DE JANEIRO

Telefone: (21)3882-9943

E-mail: comitedeetica@souunisuam.com.br

CENTRO UNIVERSITÁRIO
AUGUSTO MOTTA (UNISUAM)



Continuação do Parecer: 7.163.786
Página 04 de

Endereço: Rua Dona Isabel, 94, TEL: (21)3882-9943

Bairro: Bonsucesso

CEP: 21.032-060

UF: RJ

Município: RIO DE JANEIRO

Telefone: (21)3882-9943

E-mail: comitedeetica@souunisuam.com.br



Endereço: Rua Dona Isabel, 94, TEL: (21)3882-9943

Bairro: Bonsucesso

CEP: 21.032-060

UF: RJ

Município: RIO DE JANEIRO

Telefone: (21)3882-9943

E-mail: comitedeetica@souunisua.com.br