



**ESCOLA BAHIANA DE MEDICINA E SAÚDE PÚBLICA**

**CURSO DE MEDICINA**

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA  
PERFUSIONAL E RESSONÂNCIA MAGNÉTICA NA IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA  
DE PENUMBRA NO AVC ISQUÊMICO – UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

**CLARA INÊS LUZ FERRARI**

**SALVADOR – BA**

**2025**

**CLARA INÊS LUZ FERRARI**

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA  
PERFUSIONAL E RESSONÂNCIA MAGNÉTICA NA IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA  
DE PENUMBRA NO AVC ISQUÊMICO – UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado  
ao curso de graduação em Medicina da Escola Bahiana  
de Medicina e Saúde Pública, para aprovação parcial no  
4º ano do curso de Medicina

Orientadora: Prof. Dr. Mônica Alexandra  
Sampaio Torres Nascimento

**SALVADOR – BA**

**2025**

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço profundamente a todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a concretização deste trabalho. Aos meus pais, expresse minha eterna gratidão pelo apoio incondicional, pelo incentivo constante e por serem o alicerce que sustenta todas as minhas conquistas. Aos colegas e amigos que, com companheirismo, colaboraram na construção desta pesquisa, deixo meu sincero reconhecimento. À minha orientadora, agradeço pela orientação atenciosa, pela paciência e pela valiosa contribuição que tornaram possível a realização deste projeto. Estendo também meus agradecimentos às professoras de Metodologia da Pesquisa, cujos ensinamentos sobre o rigor científico foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

## RESUMO

O acidente vascular cerebral isquêmico constitui uma das principais causas de morbimortalidade no mundo, sendo essencial o diagnóstico rápido e preciso para direcionar o tratamento e melhorar o prognóstico. Este trabalho teve como objetivo comparar a acurácia da tomografia computadorizada por perfusão e da ressonância magnética na identificação da área de penumbra cerebral em pacientes com acidente vascular cerebral isquêmico. Foi realizada uma revisão sistemática da literatura baseada na metodologia PRISMA que avaliaram a aplicabilidade clínica de ambos os métodos diagnósticos. Os resultados demonstraram que as duas modalidades apresentam desempenho semelhante na detecção da área de penumbra, reforçando sua utilidade no contexto do atendimento agudo. Observou-se que a escolha entre tomografia computadorizada por perfusão e ressonância magnética deve considerar fatores como disponibilidade, agilidade na execução e contexto clínico, visto que a equivalência diagnóstica entre elas foi evidenciada. Conclui-se que ambas as técnicas são eficazes para a avaliação do paciente com acidente vascular cerebral isquêmico, mas ressalta-se a necessidade de padronização metodológica em pesquisas futuras, a fim de fortalecer a confiabilidade dos achados e otimizar sua aplicação na prática clínica.

Palavras-chave: Acidente Vascular Cerebral Isquêmico; Tomografia Computadorizada por Perfusão; Ressonância Magnética; Penumbra Cerebral.

## **ABSTRACT**

Ischemic stroke is one of the leading causes of morbidity and mortality in the world, and rapid and accurate diagnosis is essential to direct treatment and improve prognosis. The objective of this study was to compare the accuracy of perfusion computed tomography and magnetic resonance imaging in the identification of the cerebral penumbral area in patients with ischemic stroke. A systematic review of the literature based on the PRISMA methodology was conducted and evaluated the clinical applicability of both diagnostic methods. The results showed that the two modalities have similar performance in detecting the penumbral area, reinforcing their usefulness in the context of acute care. It was observed that the choice between perfusion computed tomography and magnetic resonance imaging should consider factors such as availability, agility in execution, and clinical context, since the diagnostic equivalence between them was evidenced. It is concluded that both techniques are effective for the evaluation of patients with ischemic stroke, but the need for methodological standardization in future studies is emphasized, in order to strengthen the reliability of the findings and optimize their application in clinical practice.

**Keywords:** Ischemic Stroke; Perfusion Computed Tomography; MRI; Cerebral Penumbra.

## SUMÁRIO

2	INTRODUÇÃO.....	6
3	OBJETIVOS.....	8
4	REVISÃO DE LITERATURA .....	9
4.1	Introdução ao AVC isquêmico .....	9
4.2	Princípios da tomografia computadorizada (TC) perfusional .....	10
4.3	Princípios da Ressonância magnética.....	11
5	MÉTODOS.....	12
5.1	Desenho do Estudo .....	12
5.2	Protocolo de Elaboração da Revisão .....	12
5.3	Método de Busca .....	12
5.4	Critérios de Inclusão.....	13
5.5	Critérios de Exclusão.....	13
5.6	Seleção de Estudos .....	13
5.7	Avaliação da Qualidade dos Estudos .....	13
5.8	Avaliação de Risco de Viés.....	14
5.9	Aspectos Éticos .....	14
5.10	Variáveis.....	14
6	FLUXOGRAMA DA SELEÇÃO DOS ARTIGOS.....	15
7	ANÁLISE DE QUALIDADE DOS ARTIGOS.....	16
8	RESULTADOS .....	18
8.1	Resumo dos estudos .....	18
8.2	Achados principais (TC perfusional).....	19
8.3	Achados Principais da RM na Detecção da Penumbra Isquêmica .....	21
8.4	Comparação entre TC Perfusional e RM na Detecção da Área de Penumbra no AVC Isquêmico .....	22
9	DISCUSSÃO.....	24
10	CONCLUSÃO.....	26
	REFERÊNCIAS .....	27

## **1INTRODUÇÃO**

O acidente vascular cerebral (AVC) é a segunda maior causa de morte no mundo, com um aumento de 70% em sua incidência nos últimos 30 anos (2). Essa condição exige uma resposta rápida devido à sua natureza potencialmente fatal e à possibilidade de sequelas permanentes. Medidas preventivas, diagnósticos precisos e terapias eficazes são cruciais, especialmente em países com populações envelhecidas, onde a incidência de AVC e as taxas de mortalidade e comorbidades associadas aumentam com a idade (2).

Em 2019, o AVC isquêmico foi responsável por 62,4% de todos os casos de AVC, destacando-se como o tipo mais prevalente. Tanto o AVC isquêmico quanto o hemorrágico demandam diretrizes claras e eficientes para o diagnóstico, manejo e tratamento de comorbidades associadas (3).

A detecção precoce de áreas de penumbra cerebral em pacientes com AVC isquêmico é fundamental para determinar a estratégia terapêutica mais adequada. Segundo as diretrizes da American Stroke Association (ASA), os pacientes que chegam ao atendimento médico com suspeita de AVC devem ser submetidos a uma tomografia computadorizada (TC) sem contraste. Se os achados forem compatíveis com AVC isquêmico e dentro da janela terapêutica de até 6 horas, pode-se considerar a administração de terapia trombolítica. Todavia, em pacientes fora da janela terapêutica padrão, são necessários exames mais específicos para a detecção e diferenciação entre área de penumbra e tecido de necrose, como a tomografia computadorizada de perfusão (CTP) e a ressonância magnética (RM), preferencialmente utilizando diferentes ponderações (4).

A obtenção de tomografia computadorizada de perfusão e/ou RM é recomendada para pacientes em situações específicas, como AVC isquêmico agudo entre 6 e 24 horas do início dos sintomas, sem indicação de trombólise. Pacientes com AVC identificado ao despertar, com tempo de acometimento desconhecido e déficit maior que 6 horas também se beneficiam desses exames. É importante que a realização desses exames adicionais, como a tomografia computadorizada de perfusão e RM, não atrase a terapia trombolítica em pacientes que têm indicação para tal (4).

Apesar do consenso de que esses exames proporcionam maior clareza na detecção e diferenciação de área de penumbra e tecido de necrose (1), ainda existe uma lacuna no

conhecimento sobre qual dessas modalidades oferece uma melhor definição da área de penumbra de forma precoce. Essa revisão sistemática visa analisar essa questão, comparando a eficácia da TC perfusional e da RM na detecção de área de penumbra em pacientes com AVC isquêmico.

## **2OBJETIVOS**

**Objetivo Geral:** Comparar a eficácia entre a tomografia computadorizada (TC) perfusional e a ressonância magnética (RM) na detecção precoce de área de penumbra em pacientes com AVC isquêmico.

### **Objetivos Específicos:**

1. Avaliar a acurácia diagnóstica da TC perfusional na identificação de áreas de penumbra em pacientes com AVC isquêmico.
2. Analisar a acurácia diagnóstica da RM na identificação de áreas de penumbra em pacientes com AVC isquêmico.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Introdução ao AVC isquêmico

O AVC isquêmico acontece quando há diminuição ou bloqueio total do fluxo sanguíneo para o tecido nervoso, causando morte celular pela falta de oxigênio e nutrientes. Os mecanismos do AVC isquêmico podem ser divididos em trombótico e embólico. O trombótico acontece quando há a formação de um trombo em um local de importante passagem sanguínea para o tecido nervoso, perto do local que afeta após impedir o fluxo sanguíneo. Já o embólico acontece pelo descolamento de um êmbolo em um trombo localizado longe do vaso ocluído, comumente advindo do coração. Os acidentes vasculares encefálicos podem também acontecer em grandes vasos, como as artérias cerebrais, ou serem infartos lacunares, ou seja, de artérias menores, que irrigam estruturas como os núcleos da base e cápsula interna. No AVC isquêmico agudo, existem dois termos que devem ser lembrados, a área de penumbra, que abrange o tecido que, por mais prejudicado esteja pela falta de oxigênio e nutrientes, consegue manter sua funcionalidade ao retomar o fluxo sanguíneo, e a área de necrose, que abrange o tecido com total perda de funcionalidade. A terapia precoce do AVC isquêmico tem como objetivo salvar a maior área de penumbra possível. (5)

Por isso, o AVC isquêmico deve ser tratado como uma emergência, assim como doenças cardíacas agudas pelo seu potencial de deixar sequelas a longo prazo. Muitas vezes o AVC isquêmico pode deixar os vasos fragilizados e com risco de sangramento por rupturas, se transformando, assim, em um AVC hemorrágico e trazendo mais danos ao paciente se não tratado com rapidez. (5)

A detecção precoce de área de penumbra permite que a decisão terapêutica aconteça com mais antecedência, possibilitando um maior sucesso de reversão do dano e diminuindo a chance de sequelas vitalícias para o paciente.

Quando o paciente se apresenta no serviço de saúde e há suspeita de AVC, normalmente é feito uma tomografia computadorizada (TC) de crânio sem contraste, para verificação de sangramento e possível indicação de terapia trombolítica. Para pacientes fora da janela terapêutica, ou com alguma outra particularidade, a RM com *mismatch* de ponderações é um exame de grande ajuda para a decisão de tratamento. Com o aperfeiçoamento da TC de

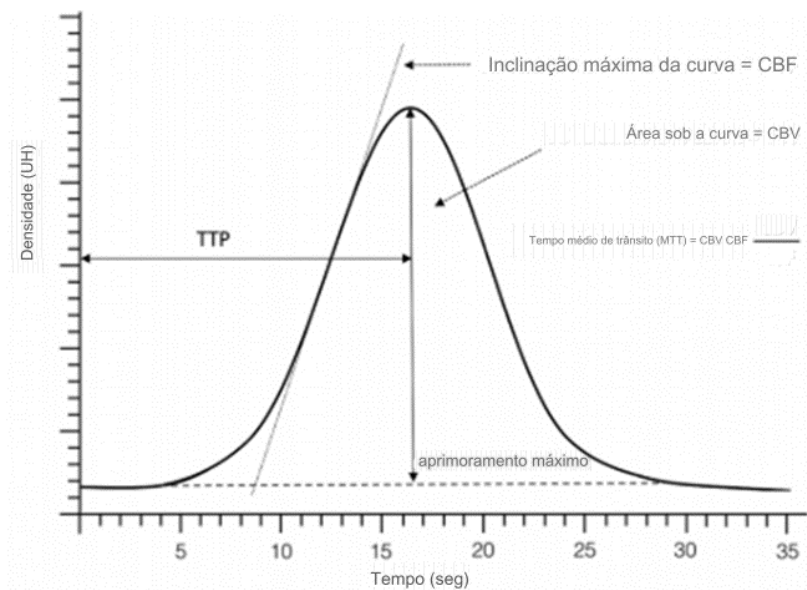
perfusão, essa modalidade foi adicionada no arsenal para uso em pacientes com AVC isquêmico sem indicação imediata de terapia trombolítica. (6)

Os principais benefício do uso de exames de imagem como a RM e a TC de perfusão em pacientes com AVC isquêmico é a possível diferenciação de *stroke mimics*, quando há alguma doença mimetizando os sintomas típicos de um AVC, a melhor visualização e delimitação de área de penumbra e área de necrose. Para os pacientes com algum *stroke mimic*, esses exames de imagem evitam a administração de um tratamento equivocado, além de possibilitar que pacientes fora da janela terapêutica do AVC tenham uma chance de se beneficiar da trombectomia mecânica ou até a própria trombólise. (7)

### 3.2 Princípios da tomografia computadorizada (TC) perfusional

A TC de perfusão captura imagens através de uma infusão de contraste no paciente, avaliando dinamicamente a passagem desse contraste nos vasos pelo tecido nervoso. O aumento, pico e diminuição são capturados e colocados em uma curva de tempo e atenuação. (7)

Figura 1 - Curva de tempo e densidade utilizada na TC perfusional



A TC de perfusão estuda o fluxo cerebral de sangue, o volume cerebral de sangue, o tempo de transição do contraste e o tempo para a máxima intensidade de contraste. (7)

Esses parâmetros são analisados para identificar as áreas de tecido pouco perfundido, possibilitando o delineamento de terapêuticas condizentes com cada situação, como, por exemplo, trombectomia mecânica em grandes vasos. (7)

### **3.3 Princípios da Ressonância magnética**

Já a ressonância magnética também é comumente utilizada em pacientes que não sabem dizer o momento exato de início de sintomas, podendo estar fora da janela terapêutica de 4.5 horas para terapia trombolítica. As sequências mais utilizadas na RM para a detecção de lesão isquêmica são o FLAIR e a DWI, e mostram sensibilidade principalmente com AVCs considerados leves. (8)

A sequência DWI, de imagem ponderada em difusão, é indicada para detecção precoce de infarto e isquemia cerebral, diferenciação de abscesso e tumor cístico, detecção de doenças da substância branca e estadiação de tumores. Após um evento isquêmico, é possível visualizar a região afetada em hiper sinal na *DWI*. A sequência *FLAIR* (recuperação de inversão atenuada por fluido) é indicada principalmente para detecção de placas de esclerose múltipla, hemorragias subaracnóideas, detecção de infartos lacunares e diagnóstico de meningites, mas não apresenta a área de isquemia em hiper sinal de forma rápida como a *DWI*. A identificação do AVC ocorre principalmente quando há mismatch entre essas sequências, ou seja, presença de lesão isquêmica visível na sequência *DWI* que não pode ser vista na sequência *FLAIR*, e pode ser utilizada para delineamento terapêutico. (9)

## 4 MÉTODOS

### 4.1 Desenho do Estudo

- Este trabalho consiste em uma **revisão sistemática da literatura**, cujo objetivo é comparar a eficácia entre a tomografia computadorizada (TC) perfusional e a ressonância magnética (RM) na detecção precoce da área de penumbra em pacientes com AVC isquêmico.

### 4.2 Protocolo de Elaboração da Revisão

- A revisão seguiu as diretrizes do **Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA)**, que estabelecem 27 tópicos orientadores e um fluxograma dividido em quatro etapas para o processo de seleção dos estudos.

### 4.3 Método de Busca

- As buscas foram conduzidas nas bases de dados eletrônicas **MEDLINE/PubMed, Embase, The Cochrane Library e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS)**. A estratégia de busca utilizou uma combinação de descritores padronizados, incluindo **Medical Subject Headings (MeSH), Descritores em Ciências da Saúde (DECs)** e suas variações. A combinação de descritores pôde ser visualizada no **Quadro 1**. A busca foi realizada em **novembro de 2024**, e as referências dos artigos selecionados também foram revisadas manualmente para possível inclusão.

**Quadro 1: Combinação de Descritores Utilizados na Busca**

<b>Grupo de Descritores</b>	<b>Descritores</b>
<b>Penumbra</b>	penumbra [All Fields] OR penumbrae [All Fields] Openumbras [s[All Fields]
<b>Tomografia</b>	tomographie [All Fields] OR tomography [[MeSH Terms] OR tomography[All Fields] OR tomographies[All Fields] OR tomography s[All Fields] OR tomographys[All Fields]

<b>Ressonância Magnética</b>	magnetic resonance imaging [MeSH Terms] OR (magnetic [All Fields] AND resonance[All Fields] AND imaging [All Fields]) OR magnetic resonance imaging[All Fields]
------------------------------	---

#### 4.4 Critérios de Inclusão

- Para garantir a relevância dos estudos selecionados, foram considerados os seguintes critérios de inclusão:
  - Estudos que envolveram **pacientes com AVC isquêmico**, fora da **janela terapêutica de trombólise**, que utilizaram **TC perfusional ou RM** para avaliação da área de penumbra.
  - Disponibilidade do texto completo em **inglês, português ou espanhol**.

#### 4.5 Critérios de Exclusão

- Foram excluídos os seguintes tipos de artigos:
  - Estudos que não avaliaram **sensibilidade, especificidade ou acurácia** da **TC perfusional ou RM** na identificação da área de penumbra.

#### 4.6 Seleção de Estudos

- A seleção dos estudos foi conduzida por **duas duplas de autores**, que revisaram **títulos e resumos** de forma independente, identificando aqueles que atenderam aos critérios de inclusão. Posteriormente, quatro autores realizaram a leitura completa dos artigos selecionados para garantir a adequação à revisão sistemática. **Divergências foram resolvidas por consenso** entre os pesquisadores, com a participação de um quinto autor, caso necessário.

#### 4.7 Avaliação da Qualidade dos Estudos

- A qualidade metodológica dos estudos observacionais foi avaliada utilizando o checklist **Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE)**.

#### 4.8 Avaliação de Risco de Viés

- O risco de viés foi analisado por meio da ferramenta **Risk of Bias in Non-Randomized Studies of Interventions (ROBINS-I)**, classificando os estudos como "**baixo**", "**incerto**" ou "**alto**" risco de viés, exceto para ensaios clínicos randomizados.

#### 4.9 Aspectos Éticos

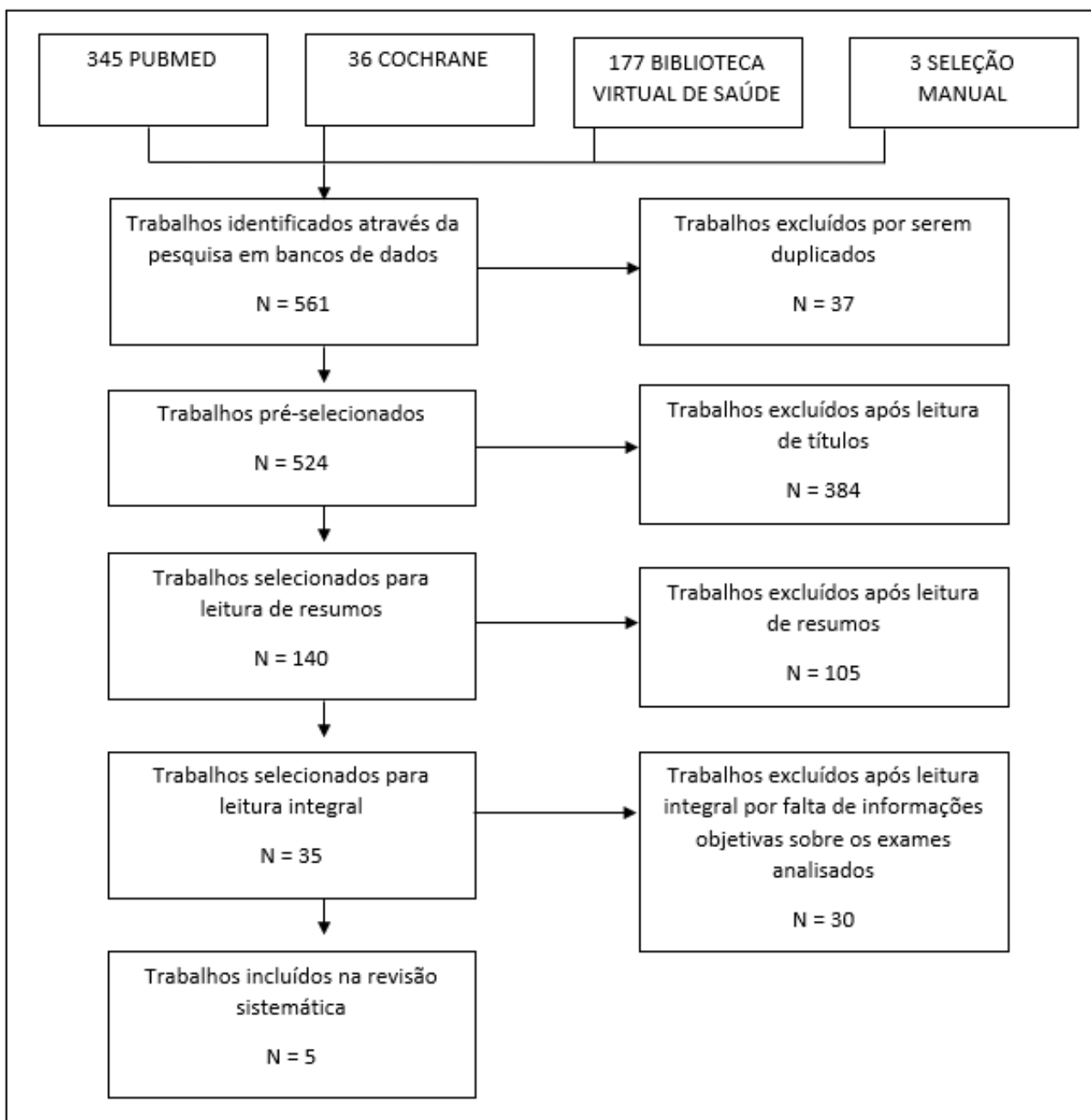
- Não foi necessária submissão ao **Comitê de Ética e Pesquisa**, uma vez que se tratou de um **estudo de revisão sistemática** que não envolveu intervenção direta em seres humanos.

#### 4.10 Variáveis

- **Sensibilidade e especificidade dos exames**
- **Estágio do AVC isquêmico**
- **Tempo desde a apresentação dos sintomas**

## 5 FLUXOGRAMA DA SELEÇÃO DOS ARTIGOS

As palavras-chave foram inseridas nas bases de dados com o resultado total de 561 estudos somado aos da seleção manual. Foi feito o processo previsto pelo PRISMA e, ao final da seleção, foram incluídos 5 estudos.



## 6 ANÁLISE DE QUALIDADE DOS ARTIGOS

Quanto a qualidade dos artigos selecionados, foi medida de acordo com os itens avaliados pelo STROBE.

Tópico	Item	Masashi Takasawa	Yannan Yu	Olivier Zaro-Weber	Hermann Fleischer	B.D. Murphy
Título e resumo	1					
<b>Introdução</b>						
Contexto/Justificativa	2					
Objetivos	3					
<b>Métodos</b>						
Desenho de estudo	4					
Contexto (setting)	5					
Participantes	6					
Variáveis	7					
Fontes de dados/Mensuração	8					
Viés	9					
Tamanho do estudo	10					
Variáveis quantitativas	11					
Métodos estatísticos	12					
<b>Resultados</b>						
Participantes	13					
Dados descritivos	14					
Desfecho	15					
Resultados principais	16					
Outras análises	17					
<b>Discussão</b>						
Resultados principais	18					
Limitações	19					
Interpretação	20					
Generalização	21					
<b>Outras informações</b>						
Financiamento	22					

- Item integralmente atingido pelo artigo.
- Item parcialmente atingido pelo artigo.
- Não ficou claro o cumprimento do item pelo artigo.

## 7 RESULTADOS

### 7.1 Resumo dos estudos

O estudo de **Masashi Takasawa (2008)** (10) analisou cinco pacientes com AVC agudo na circulação anterior, sendo três com lesão no hemisfério esquerdo e dois no direito. A pontuação média na escala NIHSS na admissão foi **12,2** (variando de 6 a 17). A RM perfusional foi realizada, em média, **16,3 horas** após o início dos sintomas, e a tomografia por emissão de pósitrons (PET) começou cerca de **46 minutos depois**. Foram adquiridas imagens **DWI, T2 com spin-eco rápido e T1 com gradiente eco**. A PET gerou mapas de **fluxo sanguíneo cerebral (CBF), volume sanguíneo cerebral (CBV), taxa metabólica de oxigênio (CMRO<sub>2</sub>) e fração de extração de oxigênio (OEF)**, além de um mapa de **MTT** obtido pela razão entre CBV e CBF.

O estudo de **Yannan Yu (2016)** (11) investigou os **limiars ideais** na tomografia de perfusão para identificar o **núcleo isquêmico** e a **penumbra** em pacientes com AVC isquêmico agudo. Foram analisados **103 pacientes** submetidos à TC perfusional basal, trombólise intravenosa e nova avaliação de perfusão após **24 horas**. Os pacientes foram divididos em dois grupos: **reperusão significativa** (para definição do núcleo isquêmico) e **reperusão mínima** (para estimar a penumbra). A análise estatística incluiu **curvas ROC e comparação volumétrica**, determinando os melhores limiars diagnósticos.

O estudo de **Olivier Zaro-Weber (2010)** (12) foi um estudo **prospectivo** em um hospital universitário, avaliando pacientes com **AVC isquêmico agudo e subagudo** internados entre **2003 e 2006**. Apenas foram incluídos aqueles que puderam realizar RM seguida de PET **quantitativo**, com o menor intervalo possível entre exames. A aquisição das imagens foi feita sob supervisão **contínua** de um neurologista especializado, garantindo **padronização no monitoramento** e eliminação de viés clínico na interpretação dos exames.

O estudo de **B.D. Murphy (2009)** (13) investigou a eficácia da TC perfusional na diferenciação entre **núcleo do infarto e penumbra isquêmica**. Foram analisados **25 pacientes**, divididos conforme a recanalização identificada na angiotomografia de **24 horas**: **16 pacientes** com recanalização parcial ou completa e **9 pacientes** sem recanalização, independente do tratamento trombolítico. As imagens foram adquiridas em três momentos: **TC sem contraste (NCCT), angiotomografia (CTA) e TC perfusional (CTP)** na admissão, **24 horas após o**

AVC, e novamente entre **5 e 7 dias** depois. Os dados foram processados pelo software **CT Perfusion 3**, gerando **mapas paramétricos de CBF e CBV**, validados com PET.

Por fim, o estudo de **Hermann Fleischer (2019)** (14) comparou **dois grupos** de pacientes com AVC **agudo ou subagudo**, avaliados com **PET e RM perfusional (PWI)** dentro de **48 horas** do início dos sintomas. Os mapas de perfusão por ressonância foram analisados quanto à capacidade de identificar **área de penumbra**, usando os dados do PET como referência.

Como mostra a **Tabela 1**, os estudos diferem em termos de metodologia e número de participantes, mas todos buscam avaliar a **eficácia da TC perfusional e da RM na detecção precoce da área de penumbra**.

**Tabela 1 - Características gerais dos estudos sobre TC Perfusional e RM na Detecção de Área de Penumbra no AVC Isquêmico**

Estudo	Ano	Nº de Pacientes	Tipo de estudo	Método de Imagem	Principais Achados
<b>Masashi Takasawa</b>	2008	5	Observacional prospectivo	RM perfusional + <i>PET</i>	Comparação entre <i>pMRI</i> e <i>PET</i> na identificação da penumbra.
<b>Yannan Yu</b>	2016	103	Observacional prospectivo	TC perfusional	Definição dos limiares ideais para núcleo isquêmico e penumbra.
<b>Olivier Zaro-Weber</b>	2010	26	Observacional prospectivo	RM + <i>PET</i> quantitativo	Análise prospectiva da penumbra com menor intervalo entre exames.
<b>B.D. Murphy</b>	2009	25	Observacional prospectivo	TC perfusional	Diferença entre núcleo do infarto e penumbra usando análise perfusional.
<b>Hermann Fleischer</b>	2019	33	Observacional prospectivo	RM perfusional + <i>PET</i>	Comparação entre <i>PWI</i> e <i>PET</i> na identificação da penumbra isquêmica.

*PET*: positron emission tomography, TC: tomografia computadorizada, RM: ressonância magnética, *pMRI*: perfusion magnetic resonance imaging, *PWI*: perfusion weighted imaging.

## 7.2 Achados principais (TC perfusional)

A tomografia computadorizada perfusional (TC perfusional) tem se mostrado uma ferramenta valiosa na **identificação de áreas de penumbra** em pacientes com AVC isquêmico.

A capacidade da TC de avaliar **parâmetros hemodinâmicos**, como fluxo sanguíneo cerebral (CBF), volume sanguíneo cerebral (CBV) e tempo de trânsito médio (MTT), é essencial para diferenciar áreas **potencialmente reversíveis** daquelas já infartadas.

O estudo de **Yannan Yu (2016)** focou na definição dos **limiares diagnósticos** para diferenciar o **núcleo isquêmico** da **penumbra**. A análise envolveu **103 pacientes**, dos quais **27 foram inicialmente avaliados com reperfusão mínima**, sendo que **22 foram incluídos na análise final** após a exclusão de cinco casos por complicações clínicas. A análise **ROC identificou o parâmetro mais eficaz como o tempo de atraso (delay time)**, com uma área sob a curva (AUC) de **0,813**. O **limiar ótimo** estabelecido foi um delay time  $\geq 3$  segundos, apresentando **sensibilidade de 75% e especificidade de 74%** na detecção da penumbra.

Já o estudo de **B.D. Murphy (2009)** investigou a utilização combinada dos **parâmetros CBF e CBV** na TC perfusional para diferenciar tecido **infartado** da **penumbra isquêmica**. A metodologia envolveu **25 pacientes**, divididos conforme os achados da **angiogramografia de 24 horas**. A análise de regressão logística, utilizando o **produto CBF  $\times$  CBV**, mostrou resultados altamente precisos, com **sensibilidade de 97,0%, especificidade de 97,2% e acurácia de 97,1%**.

Os **principais achados da TC perfusional** nesses estudos demonstram sua **alta eficiência na identificação da penumbra**, tornando-se uma opção valiosa para a **estratificação de pacientes elegíveis para terapia de reperfusão**. A **Tabela 2** resume esses achados, facilitando a comparação entre os estudos e seus parâmetros diagnósticos.

**Tabela 2 - Achados Principais da TC Perfusional na Detecção da Penumbra Isquêmica**

Estudo	Nº de Pacientes	Critério de Seleção	Parâmetro Principal	Sensibilidade	Especificidade	Acurácia
Yannan Yu (2016)	22	Pacientes com reperfusão mínima após trombólise	<i>delay time</i> $\geq 3$ segundos (AUC: 0,813)	75%	74%	Índice de Youden: 0,49
B.D. Murphy (2009)	25	Diferenciação entre núcleo isquêmico e penumbra	Produto CBF $\times$ CBV por regressão logística	97,0%	97,2%	97,1%

*AUC: area under the curve, CBF: cerebral blood flow, CBV: cerebral blood volume*

### 7.3 Achados Principais da RM na Detecção da Penumbra Isquêmica

A ressonância magnética (RM) tem sido amplamente utilizada para a avaliação da penumbra isquêmica, permitindo uma análise mais detalhada do metabolismo cerebral em comparação com a TC perfusional. Diversos estudos investigaram os melhores parâmetros para identificar áreas potencialmente recuperáveis, correlacionando-os com os achados de PET, considerado o padrão-ouro.

O estudo de **Masashi Takasawa (2008)** demonstrou que o **tempo médio de trânsito (MTT)** apresentou o melhor desempenho entre os parâmetros avaliados. A sensibilidade foi **71%**, a especificidade **90%** e a acurácia **88%**, quando comparados ao **CBF no PET**. Esses achados reforçam que o **MTT** pode ser um indicador relevante na determinação da penumbra isquêmica.

No estudo de **Olivier Zaro-Weber (2010)**, a análise dos resultados demonstrou que o **tempo até o pico do contraste (TTP delay)** foi o melhor parâmetro para identificação da penumbra isquêmica. O **valor limiar mediano** para definir penumbra foi **4,2 segundos**, com **variação interquartil entre 2,8 e 5,8 segundos**. A análise estatística revelou que a sensibilidade média foi **0,91** (IC 95%: 0,87–0,96), a especificidade foi **0,82** (IC 95%: 0,81–0,91) e a acurácia atingiu **0,94** (IC 95%: 0,89–0,97).

Já no estudo de **Hermann Fleischer (2019)**, a análise da **curva ROC** indicou que o mapa **PWI com melhor desempenho** foi o **Tmax deconvoluído**. Os **limiares ideais** para detectar a penumbra foram **Tmax > 5,6 s** no **Grupo A** e **Tmax > 6,0 s** no **Grupo B**, ambos com **sensibilidade e especificidade variando entre 81% e 87%**. Esses achados demonstram que o Tmax pode ser uma ferramenta eficaz na distinção entre tecido viável e irreversível no contexto de AVC isquêmico.

A **Tabela 3** a seguir resume os **principais achados da RM perfusional**, facilitando a comparação entre os estudos e seus respectivos parâmetros diagnósticos.

**Tabela 3 - Achados Principais da RM na Detecção da Penumbra Isquêmica**

Estudo	Parâmetro Analisado	Valor Limiar	Sensibilidade	Especificidade	Acurácia
<b>Masashi Takasawa (2008)</b>	Tempo médio de trânsito (MTT)	Não especificado	71%	90%	88%
<b>Olivier Zaro-Weber (2010)</b>	Tempo até o pico do contraste (TTP delay)	Mediana de 4,2 s (IQ: 2,8–5,8 s)	91% (IC 95%: 0,87–0,96)	82% (IC 95%: 0,81–0,91)	94% (IC 95%: 0,89–0,97)
<b>Hermann Fleischer (2019)</b>	Tmax deconvoluido	Grupo A: >5,6 s / Grupo B: >6,0 s	81% a 87%	81% a 87%	Não especificado

#### **7.4 Comparação entre TC Perfusional e RM na Detecção da Área de Penumbra no AVC Isquêmico**

A definição da penumbra isquêmica é essencial para a estratificação dos pacientes e a tomada de decisão terapêutica no AVC isquêmico. Estudos recentes avaliaram o desempenho da tomografia computadorizada perfusional (TC perfusional) e da ressonância magnética perfusional (RM), analisando seus respectivos parâmetros diagnósticos e comparando-os com o padrão-ouro PET.

Nos estudos focados na TC perfusional, os principais achados foram:

**Yannan Yu (2016)** identificou que o tempo de atraso (delay time  $\geq 3$ s) foi o parâmetro mais eficaz na detecção da penumbra, apresentando uma área sob a curva (AUC) de 0,813, sensibilidade de 75% e especificidade de 74%.

**B.D. Murphy (2009)** demonstrou que a combinação de fluxo sanguíneo cerebral (CBF) e volume sanguíneo cerebral (CBV) é altamente precisa na diferenciação entre núcleo do infarto e penumbra, atingindo sensibilidade de 97,0%, especificidade de 97,2% e acurácia de 97,1%.

Nos estudos sobre RM perfusional, os seguintes achados foram observados:

**Masashi Takasawa (2008)** demonstrou que o tempo médio de trânsito (MTT) apresentou sensibilidade de 71%, especificidade de 90% e acurácia de 88%, sendo um dos melhores parâmetros para identificação da penumbra quando comparado ao PET.

**Olivier Zaro-Weber (2010)** verificou que o tempo até o pico do contraste (TTP delay) foi o parâmetro com melhor desempenho na identificação da penumbra isquêmica, com sensibilidade de 91%, especificidade de 82% e acurácia de 94%, tendo um valor limiar mediano de 4,2 segundos.

**Hermann Fleischer (2019)** constatou que o Tmax deconvoluido foi o parâmetro mais eficaz na RM perfusional, apresentando limiares de Tmax > 5,6 s no Grupo A e > 6,0 s no Grupo B, ambos com sensibilidade e especificidade entre 81% e 87%.

A Tabela 4 apresenta uma comparação quantitativa entre TC perfusional e RM perfusional, destacando seus respectivos parâmetros diagnósticos.

**Tabela 4 - Comparação entre TC Perfusional e RM na Detecção da Penumbra Isquêmica**

Parâmetro	TC Perfusional	RM Perfusional
<b>Sensibilidade Média (%)</b>	86	83
<b>Especificidade Média (%)</b>	85,6	86
<b>Acurácia Diagnóstica Média (%)</b>	89	89
<b>Principais Estudos</b>	Yannan Yu (2016), B.D. Murphy (2009)	Masashi Takasawa (2008), Olivier Zaro-Weber (2010), Hermann Fleischer (2019)
<b>Parâmetros Principais</b>	<i>Delay time, CBF × CBV</i>	Tmax deconvoluido, <i>TTP delay, MTT</i>
<b>Vantagens</b>	Rápida, amplamente disponível	Alta resolução, melhor diferenciação de tecidos
<b>Desvantagens</b>	Menor resolução de tecidos moles	Mais cara, menos disponível em algumas áreas

*TTP: time to peak, MTT: mean transit time, CBF: cerebral blood flow, CBV: cerebral blood volume.*

## 8 DISCUSSÃO

A identificação da penumbra isquêmica é essencial para orientar o tratamento no AVC isquêmico. Com o avanço das técnicas de imagem por perfusão, como a tomografia computadorizada (TC) e a ressonância magnética (RM), tornou-se possível avaliar com maior precisão essa área potencialmente recuperável. A comparação entre esses métodos permite analisar sua eficácia diagnóstica e apoiar decisões clínicas em diferentes contextos assistenciais.

A análise dos estudos selecionados permitiu uma reflexão crítica sobre o desempenho da Tomografia Computadorizada por perfusão (TC perfusional) e da Ressonância Magnética (RM) na identificação da área de penumbra em pacientes com acidente vascular cerebral (AVC) isquêmico. A discussão a seguir aborda os principais achados, suas implicações clínicas, os pontos fortes e limitações do trabalho, além de sugestões para futuras pesquisas.

Os dados apresentados na Tabela 3 indicam que a TC perfusional e a RM apresentam desempenho semelhante na detecção da área de penumbra. As diferenças observadas foram discretas: a RM demonstrou maior especificidade (86%), enquanto a TC perfusional apresentou melhor sensibilidade (86%). Quanto à acurácia diagnóstica média, ambos os métodos atingiram valor equivalente de 89%, evidenciando eficácia comparável na detecção precoce da penumbra isquêmica.

Diante da ausência de diferenças significativas na acurácia diagnóstica entre os métodos, a escolha entre TC perfusional e RM deve considerar aspectos práticos, como disponibilidade imediata, tempo de execução e infraestrutura do serviço de saúde. Em contextos de urgência, especialmente em unidades com recursos limitados, a acessibilidade ao exame pode ser determinante para a conduta clínica. A equivalência entre os métodos reforça a importância de decisões baseadas na realidade assistencial, priorizando o atendimento rápido e eficaz ao paciente.

Este estudo foi conduzido com rigor metodológico, apresentando critérios de inclusão e exclusão bem definidos, além de contar com orientação especializada e revisão textual colaborativa. No entanto, algumas limitações merecem destaque. A principal delas refere-se à heterogeneidade dos parâmetros técnicos utilizados nos estudos analisados, como o tempo de atraso (delay time), o que dificultou a padronização dos dados e comprometeu a comparabilidade entre os resultados. Além disso, a escassez de estudos que apresentem dados

objetivos e detalhados sobre a performance dos exames na detecção da área de penumbra limitou a profundidade da análise. Muitos trabalhos incluídos na triagem mencionam resultados promissores, mas não disponibilizam informações completas e acessíveis para avaliação crítica.

Para pesquisas futuras, recomenda-se a padronização dos protocolos utilizados na realização da TC perfusional e da RM, com parâmetros técnicos uniformes e claramente descritos. Essa uniformização contribuirá para maior confiabilidade dos resultados, facilitará comparações entre estudos e permitirá revisões sistemáticas mais robustas e conclusivas sobre a eficácia diagnóstica na identificação da área de penumbra em pacientes com AVC isquêmico.

## **9 CONCLUSÃO**

O estudo demonstrou que a tomografia computadorizada por perfusão e a ressonância magnética apresentam eficácia semelhante na detecção da penumbra isquêmica. Logo, a escolha entre os métodos deve considerar aspectos práticos, como disponibilidade e contexto clínico. Apesar da metodologia aplicada, a heterogeneidade dos estudos analisados reforça a necessidade de pesquisas futuras com maior padronização.

## REFERÊNCIAS

1. Feigin VL, Brainin M, Norrving B, Martins S, Sacco RL, Hacke W, et al. Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet Neurol.* 2021 Oct;20(10):795–820.
2. Feigin VL, Norrving B, George MG, Foltz JL, Roth GA, Mensah GA, et al. Pragmatic solutions to reduce the global burden of stroke: a World Stroke Organization–Lancet Neurology Commission. *Lancet Neurol.* 2023 Dec;22(12):1160–206.
3. Owolabi MO, Thrift AG, Martins S, Johnson W, Pandian J, Abd-Allah F, et al. Primary stroke prevention worldwide: translating evidence into action. *Lancet Public Health.* 2022 Jan;7(1):e74–85.
4. Powers WJ, Rabinstein AA, Ackerson T, Adeoye OM, Bambakidis NC, Becker K, et al. 2018 Guidelines for the early management of patients with acute ischemic stroke: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke.* 2018 Mar;49(3):e46–110.
5. Blumenfeld H. *Neuroanatomy through Clinical Cases.* 2nd ed. Sunderland: Sinauer Associates; 2010.
6. Hur W, Kim BJ, Shin BS, Kang HG. Discrepancy between perfusion- and diffusion-weighted images in ischemic stroke: A case report. *Medicine (Baltimore).* 2018;97(52):e13894. doi:10.1097
7. Václavík D, Volný O, Cimřlová P, Švub K, Dvorníková K, Bar M. The importance of CT perfusion for diagnosis and treatment of ischemic stroke in anterior circulation. *J Integr Neurosci.* 2022 May 12;21(3):92.

8. Brazzelli M, Sandercock PA, Chappell FM, Celani MG, Righetti E, Arestis N, et al. Magnetic resonance imaging versus computed tomography for detection of acute vascular lesions in patients presenting with stroke symptoms. *Cochrane Database Syst Rev*. 2009 Oct 7;(4):CD007424.
  
9. Thomalla G, Cheng B, Ebinger M, Hao Q, Tournias T, Wu O, et al. DWI-FLAIR mismatch for the identification of patients with acute ischaemic stroke within 4.5 h of symptom onset (PRE-FLAIR): a multicentre observational study. *Lancet Neurol*. 2011 Nov;10(11):978–86.
  
10. Takasawa M, Jones PS, Guadagno JV, Christensen S, Fryer TD, Harding S, et al. How reliable is perfusion MR in acute stroke? *Stroke*. 2008 Mar;39(3):870–7.
  
11. Yu Y, Han Q, Ding X, Chen Q, Ye K, Zhang S, et al. Defining core and penumbra in ischemic stroke: a voxel- and volume-based analysis of whole brain CT perfusion. *Sci Rep*. 2016 Feb 10; 6:20932.
  
12. Zaro-Weber O, Moeller-Hartmann W, Heiss WD, Sobesky J. MRI perfusion maps in acute stroke validated with <sup>15</sup>O-water positron emission tomography. *Stroke*. 2010 Mar;41(3):443–9.
  
13. Murphy BD, Fox AJ, Lee DH, Sahlas DJ, Black SE, Hogan MJ, et al. Identification of penumbra and infarct in acute ischemic stroke using computed tomography perfusion–derived blood flow and blood volume measurements. *Stroke*. 2006 Jul;37(7):1771–7.
  
14. Zaro-Weber O, Fleischer H, Reiblich L, Schuster A, Moeller-Hartmann W, Heiss WD. Penumbra detection in acute stroke with perfusion magnetic resonance imaging: validation with <sup>15</sup>O-positron emission tomography. *Ann Neurol*. 2019 Jun;85(6):875–86.

