



UNIVERSIDADE
FEDERAL
DE PERNAMBUCO

CTG

Centro de Tecnologia
e Geociências

Departamento
Engenharia Biomédica

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS (CTG)

DIEGO DE BARROS CANEJO

Análise de Procedimentos Cirúrgicos Neurológicos no Sistema DATASUS.

Recife

2025

DIEGO DE BARROS CANEJO

Análise de Procedimentos Cirúrgicos Neurológicos no Sistema DATASUS.

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Biomédica, como requisito parcial para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Biomédica, Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco.

Orientador:

Prof. Nivaldo Antonio Portela de Vasconcelos, Departamento de Engenharia Biomédica, Universidade Federal de Pernambuco

Banca:

Prof. Fernando José Ribeiro Sales, Departamento de Engenharia Biomédica, Universidade Federal de Pernambuco

Arthur José Maia Lopes, Hospital das Clínicas, Universidade Federal de Pernambuco

Recife

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Canejo, Diego de Barros.

Análise de Procedimentos Cirúrgicos Neurológicos no Sistema DATASUS
/ Diego de Barros Canejo. - Recife, 2025.
65 : il., tab.

Orientador(a): Nivaldo Antônio Portela de Vasconcelos
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia Biomédica -
Bacharelado, 2025.

Inclui referências, anexos.

1. Neurocirurgia . 2. SUS. 3. DATASUS. 4. Procedimentos hospitalares. 5.
Saúde pública. I. Vasconcelos, Nivaldo Antônio Portela de . (Orientação). II.
Título.

620 CDD (22.ed.)



Ficha de Avaliação de Trabalho Supervisionado

Nome do(a) estudante	DIEGO DE BARROS CANEJO
Orientador(a)	Nivaldo Antonio Portela de Vasconcelos
Título do Trabalho	Análise de Procedimentos Cirúrgicos Neurológicos no Sistema DATASUS
Data da Defesa	19/08/2025, 15h
Membros da Banca Examinadora	Prof. Fernando José Ribeiro Sales, Departamento de Engenharia Biomédica/UFPE
	Arthur José Maia Lopes, Hospital das Clínicas/UFPE

Parecer e Nota
O candidato apresentou o trabalho com clareza e precisão técnica, demonstrando amplo domínio do tema abordado. Durante a arguição, respondeu aos questionamentos da banca de forma segura e fundamentada, evidenciando consistente apropriação do conteúdo desenvolvido. Diante do desempenho apresentado, a banca decidiu pela aprovação do trabalho com nota 10,0 (dez).

Assinaturas dos Membros da Banca Examinadora	

Agradecimentos

Minha família, em especial minha mãe, Maria Estela, pois sem ela nada seria possível.

Meus amigos pessoais, que foram essenciais em momentos difíceis.

Meus colegas de curso, em especial Maria Amanda, Júlia, Veras, Duda, Bia e Maiara. Sou muito grato por terem tornado a experiência da graduação muito melhor.

Aos meus professores do Departamento de Engenharia Biomédica, em especial os professores Nivaldo e Fernando, que foram fundamentais e referências acadêmicas, pessoais e profissionais.

Universidade Federal de Pernambuco, por proporcionar um bom ambiente de aprendizado e evolução.

À equipe da Engenharia Clínica do Real Hospital Português de Beneficência em Pernambuco, que tanto me ensinaram e acreditaram em mim durante minha experiência de estágio na área. Ademais, gostaria de agradecer a todos que fizeram parte dessa jornada.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo realizar uma análise de dados dos procedimentos cirúrgicos neurológicos registrados no banco de dados do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS). Por meio da extração e interpretação de dados públicos disponíveis na plataforma, buscou-se compreender a distribuição, frequência e características desses procedimentos no território nacional, considerando aspectos como região geográfica, faixa etária, tipo de procedimento e ano de realização. A pesquisa justifica-se pela relevância crescente das doenças neurológicas na carga de morbidade da população brasileira e pela necessidade de avaliação contínua da oferta e qualidade dos serviços especializados em neurocirurgia no âmbito do SUS. A metodologia adotada foi de caráter quantitativo e exploratório, utilizando ferramentas de análise estatística e visualização de dados para interpretar os registros obtidos do Sistema de Informações Hospitalares (SIH/SUS). Os resultados apontam para desigualdades regionais significativas na realização dos procedimentos, com maior concentração nos grandes centros urbanos e nas regiões Sul e Sudeste. Além disso, observou-se tendência de aumento em determinados tipos de cirurgias, o que pode estar relacionado a avanços diagnósticos, envelhecimento populacional ou ampliação da rede de atendimento. Conclui-se que o estudo contribui para a compreensão do panorama atual da neurocirurgia no SUS e pode servir como subsídio para políticas públicas que visem à equidade no acesso e à melhoria da gestão dos recursos hospitalares.

Palavras-chave: Neurocirurgia. SUS. DATASUS. Procedimentos hospitalares. Saúde pública.

ABSTRACT

This study presents a quantitative and exploratory analysis of neurosurgical procedures recorded in the database of the Department of Informatics of the Brazilian Unified Health System (DATASUS). By extracting and interpreting publicly available data, the research aims to characterize the distribution, frequency, and key attributes of these procedures across Brazil, considering variables such as geographic region, age group, procedure type, and year of occurrence. The motivation for this study stems from the increasing burden of neurological diseases on the Brazilian population and the need to evaluate the availability and quality of specialized neurosurgical services within the SUS. Data were obtained from the Hospital Information System (SIH/SUS) and analyzed using statistical and data visualization tools. The findings indicate significant regional disparities, with a higher concentration of procedures in major urban areas and in the South and Southeast regions. Additionally, an upward trend in specific types of surgeries was observed, potentially linked to diagnostic advancements, population aging, or the expansion of healthcare coverage. This study contributes to a broader understanding of the current state of neurosurgery within the SUS and offers insights that may inform public policies aimed at promoting equitable access and improving hospital resource management.

Keywords: Neurosurgery. SUS. DATASUS. Hospital procedures. Public health.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Trecho de código principal para execução da rotina de análise dos dados do DATASUS.	28
Figura 2 – Programação em Python para análise estatística dos indicadores neurocirúrgicos.	29
Figura 3 – Evolução temporal do número de neurocirurgiões no Brasil no período de 2013 a 2023	32
Figura 4 – Crescimento anual, em números absolutos e percentuais, do número de neurocirurgiões no Brasil	33
Figura 5 – Evolução na participação regional, no período de 2013 a 2023, do número de neurocirurgiões no Brasil	34
Figura 6 – Comparação entre o número de leitos destinados a procedimentos neurocirúrgicos entre 2013 e 2023	37
Figura 7 – Participação regional no número de leitos destinados a procedimentos neurocirúrgicos em 2013 e 2023	37
Figura 8 – Evolução da razão leitos/profissionais no Brasil, entre 2013 e 2023	38
Figura 9 – Evolução no número de tomógrafos e equipamentos de videocirurgia no Brasil, entre 2013 e 2023	41
Figura 10 – Evolução percentual no número de tomógrafos por região, entre 2013 e 2023	41
Figura 11 – Evolução percentual no número de equipamentos de videocirurgia por região, entre 2013 e 2023	41
Figura 12 – Evolução temporal dos principais indicadores relacionados aos procedimentos neurocirúrgicos em Pernambuco entre 2013 e 2023	43
Figura 13 – Evolução temporal dos principais indicadores relacionados aos procedimentos neurocirúrgicos na Paraíba entre 2013 e 2023	44
Figura 14 – Evolução temporal dos principais indicadores relacionados aos procedimentos neurocirúrgicos no Rio Grande do Norte entre 2013 e 2023	44
Figura 15 – Evolução temporal dos principais indicadores relacionados aos procedimentos neurocirúrgicos na Bahia entre 2013 e 2023	45
Figura 16 – Evolução temporal dos principais indicadores relacionados aos procedimentos neurocirúrgicos no Ceará entre 2013 e 2023	45

Figura 17 – Evolução temporal dos principais indicadores relacionados aos procedimentos neurocirúrgicos no Maranhão entre 2013 e 2023	46
Figura 18 – Evolução temporal dos principais indicadores relacionados aos procedimentos neurocirúrgicos em Alagoas entre 2013 e 2023	46
Figura 19 – Evolução temporal dos principais indicadores relacionados aos procedimentos neurocirúrgicos no Piauí entre 2013 e 2023	47
Figura 20 – Evolução temporal dos principais indicadores relacionados aos procedimentos neurocirúrgicos em Sergipe entre 2013 e 2023	47
Figura 21 – Distribuição percentual por sexo dos pacientes submetidos a procedimentos neurocirúrgicos nos estados do Nordeste brasileiro entre 2013 e 2023	49
Figura 22 – Número percentual de óbitos de pacientes do sexo masculino e feminino submetidos a procedimentos neurocirúrgicos nos estados do Nordeste brasileiro entre 2013 e 2023	49
Figura 23 – Número de internações por procedimentos neurocirúrgicos nos estados do Nordeste brasileiro, entre os anos de 2013 e 2023, estratificados por grau de complexidade	51
Figura 24 – Número de óbitos associados a procedimentos neurocirúrgicos nos estados do Nordeste, no período de 2013 a 2023, conforme o grau de complexidade do procedimento	51
Figura 25 – Tempo médio de permanência hospitalar (em dias) por complexidade dos procedimentos neurocirúrgicos nos estados do Nordeste entre 2013 e 2023 .	52
Figura 26 – Taxa de mortalidade (%) por complexidade dos procedimentos neurocirúrgicos nos estados do Nordeste, de 2013 a 2023	52
Figura 27 – Indicadores de procedimentos neurocirúrgicos realizados entre 2013-2023 por faixa etária em Pernambuco	54
Figura 28 – Indicadores de procedimentos neurocirúrgicos realizados entre 2013-2023 por faixa etária na Paraíba	55
Figura 29 – Indicadores de procedimentos neurocirúrgicos realizados entre 2013-2023 por faixa etária no Rio Grande do Norte	55
Figura 30 – Indicadores de procedimentos neurocirúrgicos realizados entre 2013-2023 por faixa etária em no Ceará	56
Figura 31 – Indicadores de procedimentos neurocirúrgicos realizados entre 2013-2023 por faixa etária na Bahia	56

Figura 32 – Indicadores de procedimentos neurocirúrgicos realizados entre 2013-2023 por faixa etária no Maranhão	57
Figura 33 – Indicadores de procedimentos neurocirúrgicos realizados entre 2013-2023 por faixa etária no Piauí	57
Figura 34 – Indicadores de procedimentos neurocirúrgicos realizados entre 2013-2023 por faixa etária em Sergipe	58
Figura 35 – Indicadores de procedimentos neurocirúrgicos realizados entre 2013-2023 por faixa etária em Alagoas	58
Figura 36 – Análise da correlação entre indicadores de infraestrutura hospitalar e a taxa de mortalidade em procedimentos neurocirúrgicos no estado de Pernambuco entre 2013 e 2023	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Códigos CID-10 utilizados na análise dos procedimentos neurocirúrgicos, com respectivas descrições e justificativas clínicas	21
Tabela 2 – Procedimentos neurocirúrgicos selecionados segundo o SIGTAP	23

LISTA DE SÍMBOLOS

AIH	Autorização de Internação Hospitalar
CNES	Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde
DAS	Departamento de Atenção à Saúde
DATASUS	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde
DCIH	Departamento de Controle, Avaliação e Auditoria da Assistência Hospitalar
GPU	Unidade de Processamento Gráfico (<i>Graphics Processing Unit</i>)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IH	Internações Hospitalares
IHOS	Internações Hospitalares com Óbito
MIC	Módulo de Identificação de Conjuntos
MS	Ministério da Saúde
NES	Núcleo de Engenharia de Saúde
PNH	Política Nacional de Humanização
PWM	Modulação por Largura de Pulso (<i>Pulse Width Modulation</i>)
RAM	Memória de Acesso Aleatório (<i>Random Access Memory</i>)
SIH	Sistema de Informações Hospitalares
SIH/SUS	Sistema de Informações Hospitalares do SUS
SIGTAP	Sistema de Gerenciamento da Tabela de Procedimentos, Medicamentos e OPM do SUS
SUS	Sistema Único de Saúde

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	FORMAÇÃO DE GRADUAÇÃO RELACIONADA	13
1.2	OBJETIVOS	14
1.2.1	Objetivo Geral	14
1.2.2	Objetivos Específicos	14
1.3	ESTRUTURA DO TEXTO	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	INTRODUÇÃO AOS PROCEDIMENTOS NEUROCIRÚRGICOS	17
2.1.1	Procedimentos Eletivos	18
2.1.2	Procedimentos de Urgência/Emergência	18
2.1.3	Procedimentos Funcionais	18
2.1.4	Procedimentos Tumorais	19
2.1.5	Procedimentos Relacionados a Trauma	19
2.2	UTILIZAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO INTERNACIONAL DE DOENÇAS (CID) E A SELEÇÃO DOS GRUPOS NEUROLÓGICOS PARA ANÁLISE	19
2.3	SIGTAP E CLASSIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTOS NEUROCIRÚRGICOS	22
2.4	INDICADORES ESTRUTURAIS E ASSISTENCIAIS EM NEUROCIRUR- GIA NO SUS	23
2.5	FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS E ANALÍTICAS APLICADAS À AVALI- AÇÃO DE PROCEDIMENTOS NEUROCIRÚRGICOS NO SUS	24
3	METODOLOGIA	26
3.1	BASE DE DADOS	26
3.2	SELEÇÃO DOS PROCEDIMENTOS E CRITÉRIOS CLÍNICOS	27
3.3	VARIÁVEIS ANALISADAS	27
3.4	TRATAMENTO COMPUTACIONAL E ESTATÍSTICO	28
3.5	ÉTICA E CONFORMIDADE	30
4	RESULTADOS	31
4.1	DADOS RELATIVOS À EVOLUÇÃO NO NÚMERO DE NEUROCIRUR- GIÕES ENTRE 2013 E 2023	31

4.2	DADOS RELATIVOS À EVOLUÇÃO NO NÚMERO DE LEITOS DESTINADOS A PROCEDIMENTOS NEUROCIRÚRGICOS ENTRE 2013 A 2023	35
4.3	DADOS RELATIVOS À EVOLUÇÃO NO NÚMERO DE EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS (INFRAESTRUTURA) PARA A REALIZAÇÃO DE PROCEDIMENTOS NEUROCIRÚRGICOS	38
4.4	RESULTADOS REFERENTES À EVOLUÇÃO TEMPORAL DE INDICADORES RELACIONADOS AOS PROCEDIMENTOS NEUROCIRÚRGICOS REALIZADOS NOS ESTADOS DO NORDESTE BRASILEIRO ENTRE OS ANOS DE 2013 E 2023	42
4.5	ANÁLISE DA PROPORÇÃO DE HOMENS E MULHERES EM PROCEDIMENTOS NEUROCIRÚRGICOS NOS ESTADOS DO NORDESTE	48
4.6	RESULTADOS REFERENTES AOS INDICADORES RELACIONADOS AOS PROCEDIMENTOS NEUROCIRÚRGICOS REALIZADOS NOS ESTADOS DO NORDESTE BRASILEIRO ENTRE OS ANOS DE 2013 E 2023 POR NÍVEL DE COMPLEXIDADE DO PROCEDIMENTO	50
4.7	RESULTADOS REFERENTES AOS INDICADORES RELACIONADOS AOS PROCEDIMENTOS NEUROCIRÚRGICOS REALIZADOS NOS ESTADOS DO NORDESTE BRASILEIRO ENTRE OS ANOS DE 2013 E 2023 POR FAIXA ETÁRIA	52
4.8	RESULTADOS REFERENTES AOS INDICADORES CORRELACIONADOS COM A EVOLUÇÃO DA CAPACIDADE HOSPITALAR E INFRAESTRUTURA (EQUIPAMENTOS, LEITOS E PROFISSIONAIS)	59
5	CONCLUSÃO	61
	REFERÊNCIAS	64

1 INTRODUÇÃO

A neurocirurgia é uma especialidade médica de alta complexidade que se dedica ao diagnóstico e tratamento cirúrgico de doenças do sistema nervoso central (SNC) e do sistema nervoso periférico (SNP), incluindo o encéfalo, a medula espinhal e os nervos periféricos. A precisão e segurança exigidas nos procedimentos neurocirúrgicos tornaram imprescindível a incorporação de tecnologias de imagem médica e de bloco cirúrgico, como a tomografia computadorizada (TC) e os equipamentos de videocirurgia no planejamento cirúrgico, no intraoperatório e no acompanhamento pós-operatório dos pacientes ([ADAMS; VICTOR; ROPPER, 2020](#)).

O desenvolvimento e a consolidação de métodos de imagem ao longo das últimas décadas permitiram avanços significativos na medicina diagnóstica e terapêutica. A tomografia computadorizada, introduzida na prática clínica na década de 1970, oferece imagens transversais do corpo com boa resolução espacial, sendo especialmente útil na identificação de lesões intracranianas agudas, como hemorragias, fraturas cranianas e hidrocefalia. Por outro lado, a ressonância magnética, baseada na emissão de sinais por núcleos de hidrogênio submetidos a campos magnéticos intensos e pulsos de radiofrequência, fornece imagens com excelente contraste de tecidos moles, sendo fundamental na avaliação de tumores, lesões desmielinizantes e malformações vasculares. A neurocirurgia moderna, portanto, está intrinsecamente ligada a esses métodos de imagem e, também, às técnicas modernas de videocirurgia, que não apenas contribuem para a acurácia diagnóstica, como também viabilizam técnicas minimamente invasivas, planejamento cirúrgico tridimensional e neuronavegação. Nesse contexto, a disponibilidade e o crescimento do parque tecnológico de equipamentos tornam-se fatores estratégicos para a ampliação e qualificação da assistência neurocirúrgica no Brasil.

Este trabalho tem como objetivo analisar o panorama dos procedimentos neurocirúrgicos realizados no Brasil ao longo da última década (2013–2023), com base nos dados públicos disponibilizados pelo Departamento de Informática do SUS (DATASUS). A análise contempla múltiplas dimensões que influenciam o acesso e os desfechos desses procedimentos: variáveis demográficas dos pacientes (idade e sexo), tipo de procedimento segundo a Tabela de Procedimentos, Medicamentos e OPM do SUS (SIGTAP), distribuição e número de leitos hospitalares habilitados para neurocirurgia, bem como a densidade de neurocirurgiões por região. Além desses aspectos estruturais, o estudo também incorpora indicadores de qualidade assistencial, tais como a taxa de mortalidade hospitalar, o tempo médio de permanência e a morbidade asso-

ciada aos procedimentos neurocirúrgicos. Tais indicadores são essenciais para a compreensão da efetividade dos serviços prestados e para a identificação de gargalos no cuidado, tanto em hospitais de alta complexidade como em unidades regionais.

A análise se apoia fortemente em dados secundários extraídos das bases do DATASUS, utilizando ferramentas estatísticas e computacionais para a organização, visualização e interpretação dos dados. A escolha por essa base se justifica pela abrangência, atualidade e detalhamento das informações disponíveis, o que permite uma avaliação robusta das tendências temporais e espaciais da assistência neurocirúrgica no país. A abordagem adotada neste trabalho envolve ainda a estratificação dos procedimentos por região geográfica, permitindo avaliar desigualdades no acesso e na oferta de serviços especializados. A comparação entre os dados de diferentes Unidades da Federação é fundamental para destacar áreas críticas que necessitam de maior investimento público, bem como regiões que apresentam bons indicadores e podem servir de referência para a formulação de políticas de saúde baseadas em análises estatísticas.

Por fim, o objetivo final deste trabalho é fornecer subsídios técnicos e analíticos para a formulação de políticas públicas mais eficazes no campo da neurocirurgia. Ao identificar áreas prioritárias para investimento e evidenciar necessidades específicas de qualificação da rede de assistência, este estudo pretende contribuir com o aprimoramento da gestão em saúde e com a garantia de um cuidado mais equânime, eficiente e baseado em evidências científicas para a população brasileira.

1.1 FORMAÇÃO DE GRADUAÇÃO RELACIONADA

A formação acadêmica ao longo da graduação em Engenharia Biomédica foi fundamental para a construção do arcabouço teórico que sustenta este Trabalho de Conclusão de Curso. Disciplinas como INT0046 - TÉCNICAS COMPUTACIONAIS, IN429 - EQUIPAM.MEDICO HOSPITALARES 1 e IN430 - EQUIPAM. MEDICO HOSPITALARES 2 forneceram conhecimentos essenciais tanto na interpretação e análise de dados em saúde, quanto na compreensão da infraestrutura tecnológica envolvida nos procedimentos cirúrgicos neurológicos.

Além disso, a realização da disciplina IN435 - ESTAGIO HOSPITALAR OU INDUSTRIAL no setor de Engenharia Clínica do Real Hospital Português de Beneficência em Pernambuco me permitiu vivenciar, na prática, o funcionamento dos serviços hospitalares e o papel crítico da gestão tecnológica na rotina cirúrgica em especialidades de alta complexidade como a

neurocirurgia. Essa vivência contribuiu significativamente para a contextualização e aplicação dos dados obtidos na base do DATASUS, possibilitando uma análise mais embasada e alinhada à realidade dos sistemas de saúde.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo a análise de procedimentos cirúrgicos neurológicos no sistema DATASUS, descrevendo o perfil, a distribuição e a qualidade dos procedimentos cirúrgicos neurológicos realizados no SUS entre 2013 e 2023, a partir dos dados do DATASUS.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Descrever a frequência de diferentes tipos de procedimentos neurocirúrgicos (eletivos, urgência/emergência, funcionais, tumorais, trauma) segundo variáveis demográficas (idade, sexo) e regionais.
2. Identificar padrões regionais e tendências temporais na realização de procedimentos.
3. Analisar a complexidade dos procedimentos em relação à disponibilidade de recursos assistenciais (leitos, UTI, equipamentos de neuroimagem) e equipe especializada.
4. Avaliar indicadores de qualidade, tais como mortalidade, tempo médio de internação e morbidade associada.
5. Fornecer subsídios para políticas públicas, indicando áreas prioritárias de investimento e necessidades de qualificação da rede de assistência.

1.3 ESTRUTURA DO TEXTO

Este trabalho está dividido em cinco capítulos. No Capítulo 1, apresenta-se uma introdução e motivação ao objeto de estudo, de modo a delinear os objetivos gerais e específicos. O Capítulo 2, por outro lado, é dedicado à fundamentação teórica, onde são discutidos os conceitos centrais do trabalho, incluindo o estudo das CIDs (Classificação Internacional de

Doenças) que foram selecionadas para atender aos critérios dos objetivos gerais estabelecidos para a construção do trabalho.

O Capítulo 3, metodologia, descreve os procedimentos adotados para coleta, tratamento e análise dos dados. Detalha-se o caráter quantitativo e exploratório da pesquisa, as ferramentas computacionais utilizadas, bem como os critérios de inclusão dos dados analisados. Já no capítulo 4 são explorados os resultados obtidos durante o desenvolvimento do projeto, ilustrados por meio de figuras e medidas estatísticas. Por último, no capítulo 5, estão dispostas as considerações finais do trabalho, destacando as principais contribuições da pesquisa, suas limitações e possíveis caminhos para estudos futuros, além de sugerir implicações para a formulação de políticas públicas voltadas à equidade e à melhoria dos serviços de neurocirurgia no SUS.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A presente fundamentação teórica tem como objetivo fornecer o embasamento necessário para a compreensão dos principais aspectos clínicos, estruturais e tecnológicos que envolvem os procedimentos neurocirúrgicos no contexto do sistema de saúde brasileiro. Para isso, serão abordadas temáticas centrais relacionadas à anatomia e fisiologia do sistema nervoso central, a epidemiologia das patologias neurocirúrgicas, os recursos diagnósticos e terapêuticos empregados, bem como a infraestrutura hospitalar e a distribuição dos profissionais especializados nessa área. Além disso, será explorado o papel da Engenharia Biomédica no suporte à prática neurocirúrgica e na análise de dados hospitalares ([BRUNORO; SANTOS; CAMARGO,](#)).

Inicialmente, é essencial contextualizar a neurocirurgia como uma especialidade médica voltada ao diagnóstico e tratamento cirúrgico de distúrbios que afetam o sistema nervoso central e periférico, incluindo o cérebro, a medula espinhal, os nervos e estruturas adjacentes. Essa área lida com uma ampla gama de condições clínicas, como traumatismos cruentocefálicos, aneurismas cerebrais, tumores intracranianos, hérnias de disco, malformações vasculares e hidrocefalias, que, muitas vezes, requerem intervenções de alta complexidade. A atuação do neurocirurgião exige precisão, domínio de técnicas avançadas e o suporte de tecnologias diagnósticas e terapêuticas de ponta ([LUZZI, 2014](#)).

No Brasil, a análise dos procedimentos neurocirúrgicos pode ser realizada a partir dos dados do Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS), que disponibiliza registros de Autorizações de Internação Hospitalar (AIHs), incluindo informações sobre morbimortalidade, tempo de permanência e distribuição por faixa etária. Esses dados, quando organizados e analisados sistematicamente, fornecem insumos relevantes para a avaliação da qualidade da assistência prestada, da eficiência dos serviços hospitalares e da equidade no acesso à saúde.

Paralelamente, a evolução da infraestrutura hospitalar e dos recursos tecnológicos também tem impacto direto na realização dos procedimentos neurocirúrgicos. Equipamentos como tomógrafos, ressonâncias magnéticas, intensificadores de imagem, neuronavegadores e microscópios cirúrgicos são fundamentais para o planejamento e a execução das intervenções. A distribuição desigual desses recursos entre as regiões do país representa um desafio importante para o sistema de saúde, comprometendo o acesso universal e igualitário à neurocirurgia.

Outro fator crítico é a disponibilidade de profissionais especializados. O número de médicos neurocirurgiões por estado e sua evolução ao longo dos anos indicam o grau de capacitação da

rede de atenção à saúde para absorver a demanda crescente por procedimentos neurocirúrgicos. A presença desses especialistas está diretamente relacionada ao volume de cirurgias realizadas, à mortalidade hospitalar associada e à resolutividade dos casos atendidos.

Adicionalmente, indicadores como a taxa de mortalidade, o tempo médio de internação e a incidência de internações por faixa etária permitem inferências sobre o perfil dos pacientes atendidos, a gravidade dos quadros clínicos e a eficiência dos serviços prestados. A análise desses indicadores sob uma perspectiva temporal e geográfica, correlacionando-os com variáveis como número de leitos, equipamentos e profissionais disponíveis, permite a construção de um panorama mais amplo sobre os desafios e avanços da neurocirurgia no Brasil.

2.1 INTRODUÇÃO AOS PROCEDIMENTOS NEUROCIRÚRGICOS

A neurocirurgia é uma especialidade médica altamente complexa e tecnicamente exigente, voltada para o diagnóstico, tratamento e manejo de doenças que acometem o sistema nervoso central (SNC), o sistema nervoso periférico (SNP) e suas estruturas de suporte, como vasos sanguíneos, meninges e coluna vertebral. Os procedimentos neurocirúrgicos abrangem desde intervenções de urgência para o salvamento da vida até abordagens eletivas que visam a melhora funcional, o controle de sintomas ou a remoção de lesões intracranianas. A diversidade de condições neurológicas e neurológicas associadas à neurocirurgia reflete-se na ampla gama de técnicas e tecnologias envolvidas, incluindo microcirurgia, cirurgia guiada por imagem, estimulação cerebral profunda e procedimentos minimamente invasivos ([KANDEL; SCHWARTZ; JESSELL, 2014](#)).

No contexto do presente trabalho, voltado à análise de procedimentos neurocirúrgicos realizados no Brasil entre os anos de 2013 e 2023, optou-se por categorizar as intervenções cirúrgicas segundo cinco grandes grupos, de modo a representar as principais demandas clínicas enfrentadas pelos serviços de neurocirurgia do Sistema Único de Saúde (SUS). Cada um desses grupos possui características epidemiológicas, logísticas e assistenciais distintas, sendo essenciais para compreender a atuação da especialidade no sistema público de saúde e para subsidiar o planejamento de recursos humanos e materiais.

2.1.1 Procedimentos Eletivos

Os procedimentos neurocirúrgicos eletivos são aqueles programados com antecedência, geralmente após investigação diagnóstica e planejamento terapêutico detalhado. Incluem-se nesta categoria intervenções para correção de patologias crônicas ou progressivas que não representam risco iminente de vida, como hérnias de disco lombar, estenoses espinhais, remoção de tumores benignos intracranianos, entre outros. Apesar de sua menor urgência clínica, os procedimentos eletivos possuem grande impacto na qualidade de vida dos pacientes, representando um desafio para a gestão da fila cirúrgica e da disponibilidade de leitos operatórios.

2.1.2 Procedimentos de Urgência/Emergência

A neurocirurgia de urgência é caracterizada por intervenções em situações clínicas que representam risco iminente à vida ou à função neurológica do paciente, demandando resposta rápida e estrutura hospitalar adequada. Entre os principais exemplos estão as evacuações de hematomas intracranianos, craniectomias descompressivas em casos de hipertensão intracraniana, drenagens ventriculares e intervenções em pacientes com infecções intracranianas graves. A alta letalidade e morbidade associadas a esses casos reforçam a necessidade de plantões neurocirúrgicos ativos e de centros de referência devidamente equipados.

2.1.3 Procedimentos Funcionais

Os procedimentos funcionais envolvem intervenções neurocirúrgicas voltadas para o controle de distúrbios neurológicos refratários ao tratamento clínico, como epilepsia, doença de Parkinson, distonias e dor crônica. Destacam-se técnicas como a estimulação cerebral profunda (DBS – Deep Brain Stimulation), a ablação de núcleos específicos do tálamo ou gânglios da base, e a implantação de bombas de infusão de fármacos. Esse campo vem se expandindo com o avanço da tecnologia e do conhecimento fisiopatológico das doenças, assumindo papel central na neurocirurgia moderna.

2.1.4 Procedimentos Tumorais

A neurocirurgia oncológica dedica-se à remoção de tumores do sistema nervoso central, sejam eles benignos ou malignos. Dentre os procedimentos tumorais mais comuns, incluem-se as ressecções de meningiomas, gliomas, neurinomas do acústico, adenomas de hipófise e metástases cerebrais. A abordagem cirúrgica desses casos visa tanto à redução do volume tumoral quanto ao alívio de sintomas compressivos e à obtenção de tecido para diagnóstico histopatológico. Os avanços em técnicas de ressecção assistida por imagem e neurofisiologia têm permitido cirurgias mais precisas, com preservação funcional.

2.1.5 Procedimentos Relacionados a Trauma

As intervenções neurocirúrgicas decorrentes de traumatismos crânio-encefálicos (TCE) e lesões medulares representam uma das principais causas de internação e mortalidade hospitalar, especialmente em pacientes jovens do sexo masculino. Os procedimentos incluem desde craniotomias para evacuação de hematomas subdurais ou epidurais até estabilizações da coluna cervical ou toracolombar. A gravidade dos quadros e a frequência desses eventos refletem a importância da neurocirurgia no contexto das emergências médico-cirúrgicas e da política de prevenção de acidentes.

2.2 UTILIZAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO INTERNACIONAL DE DOENÇAS (CID) E A SELEÇÃO DOS GRUPOS NEUROLÓGICOS PARA ANÁLISE

A Classificação Internacional de Doenças (CID) é um sistema padronizado de codificação desenvolvido e mantido pela Organização Mundial da Saúde (OMS), cuja principal finalidade é permitir a categorização e o monitoramento estatístico das diversas condições de saúde e causas de morte ao redor do mundo. Ela desempenha um papel essencial na produção de dados epidemiológicos comparáveis entre diferentes países e sistemas de saúde, servindo como uma linguagem comum entre profissionais da área médica, pesquisadores, gestores e instituições governamentais.

Em sua décima versão, conhecida como CID-10, a classificação é organizada por capítulos que agrupam doenças e condições clínicas com base em características comuns, abrangendo desde doenças infecciosas até transtornos mentais, neoplasias, causas externas de morbidade

e mortalidade, entre outras. Cada código é composto por uma letra e dois dígitos principais, podendo ainda ser subdividido por um ponto decimal, o que permite um nível maior de especificidade diagnóstica. No âmbito da pesquisa em saúde pública e análise hospitalar, como no presente trabalho, a utilização da CID permite a extração sistemática de dados clínicos e administrativos de bases como o Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS). A identificação de grupos específicos de doenças por meio dos códigos da CID-10 possibilita a construção de indicadores, como número de procedimentos realizados, taxas de mortalidade hospitalar, tempo médio de permanência e distribuição etária, entre outros. Esses indicadores, por sua vez, oferecem subsídios para avaliações de desempenho dos serviços de saúde, identificação de necessidades de infraestrutura, e formulação de políticas públicas mais eficazes.

Neste trabalho, voltado à análise dos procedimentos neurocirúrgicos no Brasil entre 2013 e 2023, foram selecionados grupos de CIDs neurológicos que estarão dispostos em seguida, considerando tanto patologias de origem traumática quanto doenças crônicas, degenerativas, inflamatórias e tumorais que comumente demandam intervenções neurocirúrgicas.

Tabela 1 – Códigos CID-10 utilizados na análise dos procedimentos neurocirúrgicos, com respectivas descrições e justificativas clínicas

Código CID-10	Grupo Descritivo	Justificativa Clínica
G00–G09	Doenças inflamatórias do SNC	Incluem meningites, encefalites e abscessos cerebrais, condições que frequentemente exigem intervenções neurocirúrgicas de emergência para descompressão ou drenagem.
G10–G14	Atrofias sistêmicas do SNC	Abrangem doenças neurodegenerativas como a Doença de Huntington, que podem demandar procedimentos funcionais em fases avançadas ou manejo paliativo neurocirúrgico.
G20–G26	Transtornos extrapiramidais	Incluem a Doença de Parkinson e distonias, sendo candidatos a procedimentos neurocirúrgicos funcionais como a estimulação cerebral profunda (DBS).
G30–G32	Doenças degenerativas do SN	Envolvem Alzheimer e outras demências com manifestações clínicas que, embora não cirúrgicas inicialmente, podem se complicar com hidrocefalias tratáveis por derivação ventricular.
G40–G47	Transtornos episódicos (epilepsia, etc.)	A epilepsia farmacorresistente pode exigir intervenções cirúrgicas para remoção de focos epileptogênicos ou implantes de estimuladores.
G90–G99	Outros transtornos do SN	Reúne disfunções autonômicas e síndromes neurológicas diversas, algumas das quais podem exigir abordagens neurocirúrgicas específicas.
C70–C72	Tumores malignos do SNC	Abrange neoplasias como glioblastomas e astrocitomas, cuja principal abordagem é a ressecção cirúrgica seguida de radioterapia e quimioterapia.
D32–D33	Tumores benignos do SNC	Incluem meningiomas e neurinomas, geralmente com prognóstico favorável após remoção cirúrgica.
S06	Traumatismo intracraniano	Engloba hematomas, contusões e lesões difusas do encéfalo, com alta demanda por intervenções neurocirúrgicas de urgência/emergência.

Fonte: Elaborado pelo autor com base na Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde – CID-10 (OMS).

A seleção desses códigos foi feita de forma criteriosa, com o objetivo de abranger a diversi-

dade das condições clínicas que se traduzem em demanda por procedimentos neurocirúrgicos no contexto hospitalar brasileiro. A inclusão de grupos neoplásicos, degenerativos, traumáticos e funcionais possibilita uma análise mais abrangente da atuação da neurocirurgia no Sistema Único de Saúde, permitindo ainda correlações com a infraestrutura disponível (equipamentos, leitos, profissionais) e os desfechos clínicos dos pacientes.

A abordagem baseada em CID reforça a objetividade metodológica do trabalho e alinha-se às melhores práticas em estudos de avaliação em saúde, epidemiologia hospitalar e planejamento de recursos assistenciais.

2.3 SIGTAP E CLASSIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTOS NEUROCIRÚRGICOS

No âmbito da saúde pública brasileira, o conhecimento e a estruturação dos procedimentos médicos são mediados por sistemas classificatórios padronizados, os quais garantem organização, controle e transparência na prestação de serviços. Um dos principais instrumentos que viabilizam essa padronização no Sistema Único de Saúde (SUS) é a Sistema de Gerenciamento da Tabela de Procedimentos, Medicamentos e OPM do SUS – SIGTAP.

Instituído pelo Ministério da Saúde, o SIGTAP tem como finalidade organizar e normatizar os procedimentos executados no SUS, associando a cada procedimento um código único, além de especificar sua complexidade, tipo de financiamento, modalidade assistencial (ambulatorial ou hospitalar), habilitações exigidas para execução e valores de remuneração. Assim, o SIGTAP se configura como ferramenta essencial para o planejamento, avaliação e financiamento das ações de saúde em nível nacional, além de ser imprescindível em estudos acadêmicos e estatísticos sobre a produção de serviços em saúde.

No campo da neurocirurgia, a classificação sistemática dos procedimentos pelo SIGTAP permite a identificação de diferentes tipos de intervenções, sejam elas de caráter eletivo, de urgência, funcionais, oncológicas ou traumáticas. Essas intervenções são de alta complexidade, frequentemente associadas a patologias neurológicas graves ou crônicas, e demandam infraestrutura hospitalar especializada, além de profissionais altamente capacitados.

Neste trabalho, foram selecionados grupos representativos de procedimentos neurocirúrgicos com base em sua relevância clínica e presença expressiva nos bancos de dados do SUS.

A seguir, apresenta-se uma tabela contendo os principais grupos de procedimentos neurocirúrgicos incluídos na análise, seus respectivos códigos SIGTAP e uma descrição resumida das intervenções realizadas.

Tabela 2 – Procedimentos neurocirúrgicos selecionados segundo o SIGTAP

Grupo	Código SIGTAP	Descrição do Procedimento
Tumores do SNC	0403010028	Craniotomia para exérese de tumor
	0403010036	Ressecção de tumor de base de crânio
	0403010044	Microcirurgia para lesões intracranianas
Hidrocefalia	0403020021	Derivação ventrículo-peritoneal
	0403020030	Derivação ventrículo-atrial
	0403020048	Revisão de derivação ventrículo-peritoneal
Trauma Craniano	0403010079	Drenagem de hematoma subdural
	0403010087	Drenagem de hematoma extradural
	0403010095	Craniotomia descompressiva
Cirurgia Funcional	0403010010	Implante de estimulador cerebral profundo
	0403010150	Cirurgia estereotáxica para epilepsia
	0403010168	Lobectomia temporal para epilepsia
Cirurgia Vascular	0403010176	Clipagem de aneurisma cerebral
	0403010184	Embolização de aneurisma
	0403010192	Ressecção de malformação arteriovenosa
Coluna Vertebral	0403030108	Artrodese de coluna cervical
	0403030116	Laminectomia descompressiva
	0403030124	Microdissectomia lombar

2.4 INDICADORES ESTRUTURAIS E ASSISTENCIAIS EM NEUROCIRURGIA NO SUS

A análise de procedimentos neurocirúrgicos no Sistema Único de Saúde (SUS) requer a compreensão de variáveis que vão além dos dados puramente assistenciais. Aspectos estruturais — como o número de neurocirurgiões, a disponibilidade de leitos especializados e a infraestrutura tecnológica necessária à realização desses procedimentos — desempenham papel central na garantia do acesso, da segurança e da qualidade da atenção à saúde. A evolução desses indicadores ao longo do tempo fornece subsídios valiosos para a interpretação de dados assistenciais e para o planejamento de políticas públicas.

No contexto do SUS, a neurocirurgia é considerada uma especialidade de alta complexidade, exigindo recursos humanos altamente qualificados e equipamentos específicos. No presente trabalho, a evolução no número de neurocirurgiões, a evolução do número de leitos e a evolução de equipamentos de imagem, necessários para o diagnóstico, e a evolução de equipamentos cirúrgicos, necessários para os procedimentos, serão abordados na avaliação dos

indicadores. A presença desses recursos é um dos determinantes centrais para a realização de intervenções neurocirúrgicas com eficiência e segurança, impactando diretamente indicadores como taxa de mortalidade, tempo médio de internação e custo médio por procedimento.

Além dos fatores estruturais, características demográficas e regionais influenciam fortemente a distribuição dos serviços de neurocirurgia no Brasil. A região Nordeste, foco deste trabalho, apresenta historicamente desigualdades no acesso a serviços de saúde de alta complexidade, o que reforça a importância de análises desagregadas por região, sexo e faixa etária. A distribuição desses procedimentos por grupos etários e por gênero também permite identificar padrões epidemiológicos e perfis de demanda, fundamentais para o direcionamento de políticas públicas equitativas ([FRANCO; RIBEIRO, 2017](#)).

Com base nesse contexto, os resultados apresentados no Capítulo 4 buscam evidenciar a evolução temporal, entre os anos de 2013 e 2023, de diversos indicadores relacionados à prática neurocirúrgica no SUS. Serão exploradas, de forma articulada, as transformações ocorridas na estrutura de oferta (número de profissionais, leitos e equipamentos), bem como na assistência prestada (número de procedimentos, tempo médio de permanência hospitalar, taxa de mortalidade e custo médio). Essa análise busca, sobretudo, compreender a dinâmica dos serviços de neurocirurgia na região Nordeste e suas implicações para o sistema de saúde público, contribuindo para o alcance dos objetivos propostos por este trabalho.

2.5 FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS E ANALÍTICAS APLICADAS À AVALIAÇÃO DE PROCEDIMENTOS NEUROCIRÚRGICOS NO SUS

A análise dos dados neste trabalho exigiu a adoção de ferramentas estatísticas capazes de interpretar padrões, identificar tendências e estabelecer relações causais ou associativas entre variáveis clínicas, demográficas e operacionais. No presente estudo, que investiga os procedimentos neurocirúrgicos no SUS ao longo da década entre os anos de 2013 a 2023, foram empregadas diferentes abordagens estatísticas e computacionais com o intuito de fornecer um panorama robusto e interpretável da realidade assistencial. A seguir, são detalhadas as ferramentas analíticas utilizadas para auxiliar na interpretação dos resultados dispostos no Capítulo 4 ([Brasil. Ministério da Saúde, a](#)).

A regressão temporal, também conhecida como análise de tendência temporal, é uma ferramenta estatística utilizada para estudar a evolução de uma variável ao longo do tempo. No contexto deste trabalho, foram gerados gráficos de regressão linear simples para os principais

indicadores neurocirúrgicos entre os anos de 2013 e 2023. Esta técnica permite visualizar tendências de crescimento, estabilidade ou queda nos dados, possibilitando, por exemplo, identificar aumentos na incidência de determinados procedimentos, variações na mortalidade associada ou na permanência hospitalar média. A visualização temporal é essencial em estudos epidemiológicos por permitir inferências sobre mudanças no comportamento clínico ou no acesso aos serviços ao longo do tempo.

A CAGR (*Compound Annual Growth Rate*) é uma métrica amplamente utilizada para avaliar o crescimento médio anual de um indicador ao longo de um período de tempo, considerando a variação acumulada entre o ponto inicial e final da série. Sua aplicação é especialmente relevante em contextos de avaliação de desempenho em longo prazo, pois suaviza as flutuações anuais, oferecendo uma estimativa consolidada do ritmo de crescimento. No presente estudo, o CAGR foi calculado para indicadores como número de procedimentos, taxa de mortalidade hospitalar e dias de permanência, permitindo comparações padronizadas e avaliações da evolução do sistema em termos quantitativos e qualitativos.

Já a correlação de *Pearson* é uma medida estatística que quantifica o grau de associação linear entre duas variáveis contínuas. Seu coeficiente, que varia entre -1 e +1, indica a direção e a força da correlação. Um valor próximo de +1 sugere uma forte correlação positiva, enquanto valores próximos de -1 indicam correlação negativa. No âmbito desta pesquisa, a correlação de *Pearson* foi aplicada para avaliar a relação entre variáveis como o número de procedimentos realizados, a taxa de mortalidade hospitalar e o tempo médio de permanência. Essa análise é fundamental para identificar se aumentos em determinados indicadores estão associados, por exemplo, a elevações na mortalidade ou em custos assistenciais.

Por conseguinte, a regressão linear múltipla é uma técnica estatística utilizada para modelar a relação entre uma variável dependente e duas ou mais variáveis independentes. Ela permite avaliar o impacto simultâneo de múltiplos fatores sobre um desfecho de interesse. No presente trabalho, essa abordagem foi empregada para estudar os efeitos combinados de variáveis como o número de internações, faixa etária média e tempo de permanência sobre a taxa de mortalidade hospitalar por procedimentos neurocirúrgicos. Esta análise é particularmente útil em estudos de saúde pública, pois oferece *insights* sobre quais fatores são mais determinantes para os desfechos clínicos observados, possibilitando a identificação de alvos estratégicos para intervenção.

3 METODOLOGIA

O capítulo de metodologia deste trabalho adota uma abordagem quantitativa, descritiva e estatística, com foco na análise de dados secundários públicos referentes aos procedimentos neurocirúrgicos realizados no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS) entre janeiro de 2013 e dezembro de 2023. A pesquisa tem como objetivo identificar padrões temporais, geográficos e clínicos, bem como avaliar a qualidade assistencial e a relação com a infraestrutura hospitalar disponível no país. A elaboração do estudo envolveu a aplicação de conhecimentos adquiridos ao longo da graduação em Engenharia Biomédica, especialmente nas disciplinas relacionadas à estatística, programação, processamento de dados e informática em saúde. O tratamento e a análise dos dados foram realizados por meio da linguagem de programação *Python*, com apoio de bibliotecas específicas para manipulação de grandes volumes de dados, visualização gráfica e análise estatística.

3.1 BASE DE DADOS

As informações analisadas foram obtidas a partir de sistemas públicos disponibilizados pelo Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), vinculado ao Ministério da Saúde. Os sistemas utilizados incluem o **Sistema de Informações Hospitalares (SIH/SUS)**, principal base para análise da produção hospitalar. Fornece dados sobre os procedimentos realizados, internações, tempo de permanência, mortalidade hospitalar, morbidade associada, entre outros. Os procedimentos foram identificados e categorizados com base na Tabela SIGTAP. Além disso, utiliza o **Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES)**, utilizado para obtenção de informações sobre a infraestrutura hospitalar, como a quantidade de leitos de internação, presença de equipamentos médico-hospitalares (como tomógrafos e aparelhos de videocirurgia) e número de profissionais especializados em neurocirurgia, além de sua distribuição regional ([Brasil. Ministério da Saúde, 2022](#)).

Essas bases, por serem de domínio público, permitem análises amplas e representativas do sistema de saúde brasileiro. Para este trabalho, foi analisado, especialmente, o campo das neurocirurgias realizadas com financiamento público.

3.2 SELEÇÃO DOS PROCEDIMENTOS E CRITÉRIOS CLÍNICOS

A seleção dos procedimentos neurocirúrgicos analisados foi guiada por dois critérios principais: A (CID-10), utilizada para identificar os diagnósticos clínicos neurológicos relacionados aos procedimentos de interesse, agrupados em categorias como tumores do sistema nervoso central, epilepsia, doenças degenerativas e traumáticas e a tabela SIGTAP, utilizada para identificar os códigos dos procedimentos cirúrgicos que se enquadram nas categorias estudadas. Os procedimentos foram organizados em grupos temáticos: tumorais, funcionais, traumáticos, de urgência/emergência e eletivos. A escolha desses grupos foi pré-estabelecida e reflete diferentes demandas clínicas e graus de complexidade, permitindo avaliar tanto o volume assistencial quanto os indicadores de qualidade para cada categoria ([Brasil. Ministério da Saúde, b](#)).

3.3 VARIÁVEIS ANALISADAS

A estrutura analítica do estudo se baseou nas seguintes dimensões principais:

1. **Produção assistencial:** número absoluto e taxa per capita dos procedimentos neurocirúrgicos, agrupados por tipo clínico (eletivos, urgência/emergência, funcionais, tumorais e traumáticos), com desagregação temporal (mensal) e regional.
2. **Perfil dos pacientes:** características demográficas como faixa etária, sexo e região de internação, com base nos dados anonimizados das Autorizações de Internação Hospitalar (AIHs).
3. **Infraestrutura de saúde:** número de leitos hospitalares, equipamentos relevantes (tomógrafos, aparelhos de ressonância magnética, videocirurgia), e número de neurocirurgiões cadastrados por região.
4. **Indicadores de qualidade:** taxa de mortalidade intra-hospitalar, tempo médio de permanência dos pacientes internados e ocorrência de reinternações ou morbidade associada aos procedimentos.

3.4 TRATAMENTO COMPUTACIONAL E ESTATÍSTICO

Para o tratamento, organização e análise dos dados, utilizou-se a linguagem de programação *Python*, com foco na construção de *pipelines* automatizados. As principais bibliotecas empregadas foram:

1. **Pandas**: para leitura, estruturação, limpeza e manipulação de dados tabulares extraídos dos sistemas do DATASUS.
2. **NumPy**: para execução de operações matemáticas e agregações estatísticas.
3. **Matplotlib e Seaborn**: para visualização gráfica dos dados, com produção de séries temporais, comparativos regionais e gráficos analíticos.
4. **SciPy e Statsmodels**: para aplicação de testes estatísticos, cálculos de correlação de Pearson e regressões lineares simples e múltiplas.
5. **PySUS**: biblioteca utilizada para acessar e importar os dados diretamente dos servidores do DATASUS.

A seguir, segue uma ilustração da função principal que executa o código que resgata os dados dos procedimentos neurocirúrgicos da biblioteca *PySUS* e faz o tratamento deles.

```
if __name__ == "__main__":
    # Exemplo: análise de PE nos anos de 2013 a 2023
    df_neuro, resultados = executar_analise_completa(
        anos=range(2013, 2024),
        estados=['PE']
    )

    print("\n" + "="*50)
    print("ANÁLISE CONCLUÍDA!")
    print("="*50)
```

Figura 1 – Trecho de código principal para execução da rotina de análise dos dados do DATASUS.
O script em Python exemplifica a chamada da função `executar_analise_completa` configurada para extrair e processar os dados de procedimentos neurocirúrgicos do estado de Pernambuco, abrangendo o período de 2013 a 2023. Ao término do processamento, são exibidas mensagens de confirmação no console. Esta execução integra o pipeline desenvolvido para automatizar a coleta, o tratamento e a geração de relatórios estatísticos a partir do SIH/SUS utilizando a biblioteca PySUS.

Além disso, foram aplicadas as seguintes técnicas analíticas:

1. Cálculo da *taxa de crescimento anual composta (CAGR)* para cada indicador entre 2013 e 2023.

2. Geração de *séries temporais mensais* para análise de tendência da produção neurocirúrgica e variação dos indicadores.
3. Cálculo da *correlação de Pearson* entre os indicadores de infraestrutura e os desfechos assistenciais.
4. Aplicação de *regressão linear múltipla* para avaliar o impacto conjunto de variáveis assistenciais, demográficas e estruturais sobre a taxa de mortalidade.
5. Desenvolvimento de rotinas para automatizar o mapeamento dos códigos SIGTAP, agrupamento dos procedimentos por categoria clínica e cálculo de indicadores ajustados por população.

A seguir está disposta uma figura ilustrativa da programação dos dados estatísticos que foram utilizados para correlacionar os dados.

```
# Cálculo da CAGR
def calculate_cagr(start_value, end_value, periods):
    return ((end_value / start_value) ** (1 / periods) - 1) * 100

cagr = {
    "taxa_mortalidade": calculate_cagr(dados["taxa_mortalidade"].iloc[0], dados["taxa_mortalidade"].iloc[-1], 10),
    "n_tomografos": calculate_cagr(dados["n_tomografos"].iloc[0], dados["n_tomografos"].iloc[-1], 10),
    "n_equip_neuro": calculate_cagr(dados["n_equip_neuro"].iloc[0], dados["n_equip_neuro"].iloc[-1], 10),
    "leitos_neuro": calculate_cagr(dados["leitos_neuro"].iloc[0], dados["leitos_neuro"].iloc[-1], 10),
    "n_neurocirurgioes": calculate_cagr(dados["n_neurocirurgioes"].iloc[0], dados["n_neurocirurgioes"].iloc[-1], 10),
}

# Correlação de Pearson
correlacoes = {}
for col in ["n_tomografos", "n_equip_neuro", "leitos_neuro", "n_neurocirurgioes", "ano"]:
    corr, _ = pearsonr(dados[col], dados["taxa_mortalidade"])
    correlacoes[col] = corr

# Regressão Linear Múltipla
X = dados[['n_tomografos', 'n_equip_neuro', 'leitos_neuro', 'n_neurocirurgioes']]
X = sm.add_constant(X)
y = dados['taxa_mortalidade']
modelo = sm.OLS(y, X).fit()

# Gráficos de evolução
sns.set(style="whitegrid")
fig, axes = plt.subplots(3, 2, figsize=(16, 14))
fig.suptitle("Evolução de Indicadores e Taxa de Mortalidade - Pernambuco (2013-2023)", fontsize=16)

variaveis = ["taxa_mortalidade", "n_tomografos", "n_equip_neuro", "leitos_neuro", "n_neurocirurgioes"]
titulos = ["Taxa de Mortalidade (%)", "Número de Tomógrafos", "Equipamentos de Videocirurgia",
           "Leitos de Neurocirurgia", "Número de Neurocirurgiões"]

for ax, var, titulo in zip(axes.flat, variaveis, titulos):
    sns.replot(data=dados, x="ano", y=var, ax=ax, scatter_kws={"s": 50}, line_kws={"color": "red"})
    ax.set_title(titulo, fontsize=12)

axes[2, 1].axis("off")
plt.tight_layout(rect=[0, 0, 1, 0.97])
plt.show()
```

Figura 2 – Programação em Python para análise estatística dos indicadores neurocirúrgicos. O código exemplifica as etapas computacionais aplicadas na pesquisa: (i) cálculo da Taxa Composta de Crescimento Anual (CAGR) dos principais indicadores, (ii) determinação da correlação de Pearson entre variáveis independentes e taxa de mortalidade, (iii) execução da regressão linear múltipla para avaliar o impacto conjunto das variáveis, e (iv) geração de gráficos de regressão temporal de 2013 a 2023. Foram utilizadas as bibliotecas statsmodels, matplotlib e seaborn para modelagem estatística e visualização.

3.5 ÉTICA E CONFORMIDADE

Por se tratar de dados secundários, públicos, anonimizados e de livre acesso, a pesquisa está isenta de apreciação por Comitê de Ética em Pesquisa, conforme determina a Resolução nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde.

4 RESULTADOS

Neste capítulo, serão apresentados os resultados obtidos a partir da análise exploratória e estatística dos dados de internações hospitalares por procedimentos neurocirúrgicos realizados no estado de Pernambuco, entre os anos de 2013 e 2023. Os resultados são organizados em duas principais perspectivas: (i) a evolução temporal de indicadores assistenciais e epidemiológicos; e (ii) a análise de relações estatísticas entre a taxa de mortalidade hospitalar e variáveis relacionadas à infraestrutura de cuidado em neurocirurgia.

A avaliação temporal contempla o comportamento anual de variáveis como número de tomógrafos, quantidade de equipamentos de videocirurgia, número de leitos destinados à neurocirurgia e quantitativo de neurocirurgiões, considerando sua potencial associação com variações na taxa de mortalidade por procedimentos neurocirúrgicos. A análise desses indicadores ao longo do período permite caracterizar tendências, padrões de crescimento ou redução e possíveis impactos de políticas públicas voltadas à expansão ou reestruturação da rede de atenção especializada ([VEIGA; SILVA; SHIBAO, 2020](#)).

Além disso, a investigação estatística empregou métodos de correlação e regressão linear múltipla, com o objetivo de estimar a força de associação entre a mortalidade hospitalar e a disponibilidade de recursos assistenciais. Esta abordagem se fundamenta na premissa de que a qualidade e a capacidade instalada dos serviços de saúde são fatores determinantes no desfecho clínico de pacientes submetidos a procedimentos neurocirúrgicos ([FEVEREIRO; DIAS, 2021](#)). Assim, os resultados apresentados visam contribuir para uma melhor compreensão da dinâmica entre estrutura assistencial e desfechos hospitalares, oferecendo subsídios para o planejamento de ações de gestão em saúde pública ([GIOVANELLA et al., 2012](#)).

4.1 DADOS RELATIVOS À EVOLUÇÃO NO NÚMERO DE NEUROCIRURGIÕES ENTRE 2013 E 2023

A análise da força de trabalho especializada em neurocirurgia no Brasil entre os anos de 2013 e 2023 revelou um crescimento expressivo no número de profissionais atuantes no país. Em janeiro de 2013, havia um total de 5.181 neurocirurgiões registrados, número que aumentou para 7.703 profissionais até dezembro de 2023. Isso representa um crescimento absoluto de 2.522 neurocirurgiões ao longo de 11 anos. Tal evolução pode ser observada na

Figura 3. Do ponto de vista percentual, esse incremento corresponde a um aumento de 48,7% no total de neurocirurgiões no período analisado. Para estimar a taxa de crescimento médio anual, considerou-se o modelo de crescimento composto, obtendo-se uma taxa média anual de crescimento de aproximadamente 4,06% ao ano. Esse valor foi calculado utilizando a fórmula da taxa de crescimento anual composta (TCAC):

$$TCAC = \left(\left(\frac{V_f}{V_i} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right) \times 100\%$$

Substituindo os valores na fórmula acima, sendo V_f =valor final (7.703), V_i = valor inicial (5.181) e n = tempo (11 anos), chega-se ao resultado de 4,06%.

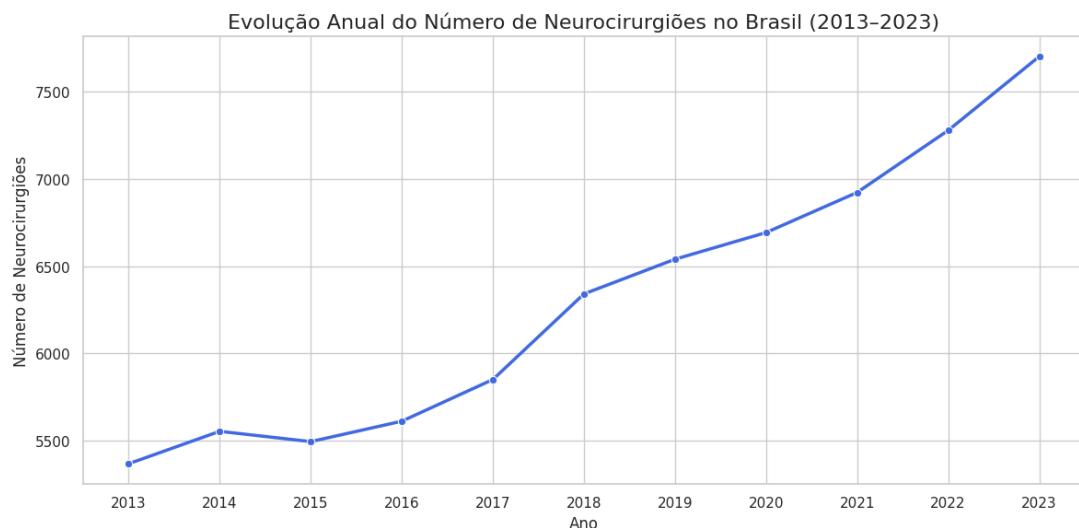


Figura 3 – Evolução temporal do número de neurocirurgiões no Brasil no período de 2013 a 2023.

Além da tendência geral de aumento no número total de neurocirurgiões no Brasil ao longo do período de 2013 a 2023, a análise ano a ano, como consta na Figura 4, permite observar oscilações importantes nas taxas de crescimento percentual, refletindo momentos distintos de expansão e estabilização da força de trabalho especializada. No período de 2013 a 2014, foi registrado um acréscimo de 212 neurocirurgiões, o que representou um crescimento de 4,09% em relação ao ano anterior. Essa tendência positiva prosseguiu entre 2014 e 2015, ainda que em ritmo mais moderado, com um crescimento de 144 profissionais (2,67%). No intervalo de 2015 a 2016, observou-se uma inflexão na curva de crescimento, com uma redução líquida de 54 neurocirurgiões, correspondendo a um decréscimo de 0,98% no total nacional. Este foi o único período de retração na série analisada, o que pode refletir descredenciamentos, migração profissional ou mesmo ajustes cadastrais nos sistemas de registro. A partir de 2016–2017, houve retomada do crescimento, com incremento de 160 profissionais (2,92%), seguido por

um aumento mais expressivo em 2017–2018, com 277 novos neurocirurgiões, correspondendo a um crescimento de 4,91%, o segundo maior percentual da série. No período de 2018 a 2019 apresentou o maior crescimento absoluto e percentual da década, com o ingresso de 429 neurocirurgiões e 7,25% de aumento no contingente nacional. Este resultado pode estar associado à ampliação de vagas em programas de residência médica, bem como à consolidação de políticas de incentivo à formação e fixação de especialistas em regiões estratégicas. Nos anos subsequentes, a taxa de crescimento anual manteve-se relativamente estável, variando entre 2,81% e 4,77%, com destaque para o período de 2022 a 2023, que apresentou um aumento de 332 profissionais, totalizando 4,77% de crescimento, sinalizando uma nova aceleração da expansão da força de trabalho em neurocirurgia. Esse comportamento heterogêneo do crescimento ao longo da série histórica sugere a influência de múltiplos fatores, incluindo políticas públicas de saúde e educação médica, dinâmicas demográficas, necessidades assistenciais regionais e, possivelmente, a reestruturação do sistema de saúde frente aos desafios impostos pela pandemia de COVID-19.

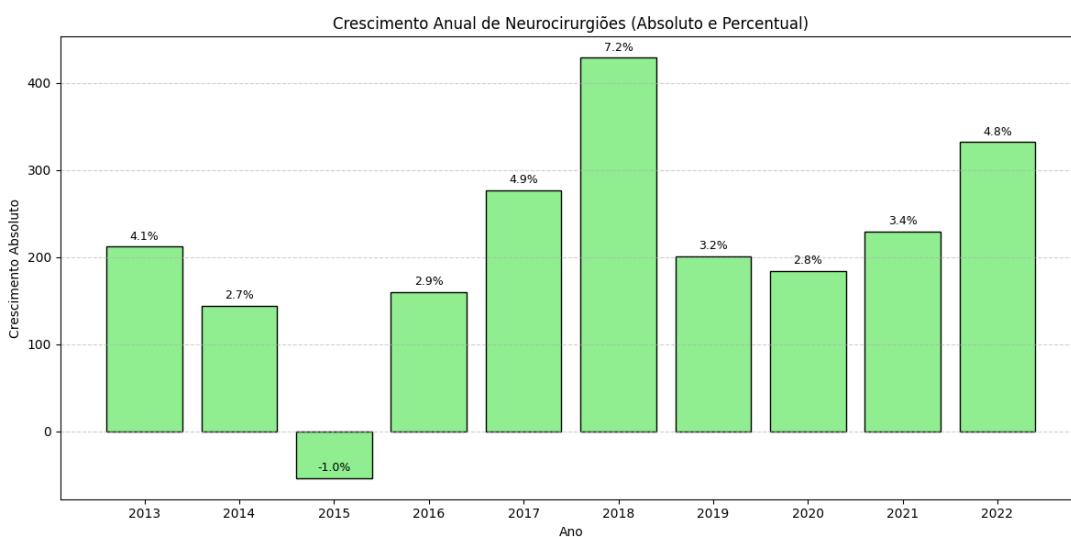


Figura 4 – Crescimento anual, em números absolutos e percentuais, do número de neurocirurgiões no Brasil.

A análise da distribuição regional dos neurocirurgiões no Brasil ao longo da última década revela transformações significativas, com variações importantes tanto em termos absolutos quanto relativos, indicando uma progressiva descentralização da força de trabalho especializada. Em 2013, o quantitativo de neurocirurgiões registrados tinha predominância da Região Sudeste, que concentrava 2.838 profissionais, o equivalente a 54,78% do total nacional. Ao final de 2023, a Região Centro-Oeste destacou-se como a que apresentou o maior cresci-

mento relativo no número de profissionais, passando de 306 neurocirurgiões em 2013 para 584 em 2023, um incremento de 278 profissionais e um crescimento percentual de 90,85%. Sua participação na força de trabalho nacional aumentou de 5,91% para 7,58% no período, evidenciando a expansão do acesso à especialidade em estados como Goiás, Mato Grosso e Distrito Federal. A Região Norte também apresentou evolução expressiva, com aumento de 78,54%, passando de 261 para 466 neurocirurgiões, e ampliando sua participação nacional de 5,04% para 6,05%. Este aumento reflete esforços recentes de interiorização da assistência especializada e da formação médica em áreas tradicionalmente sub-atendidas. O Nordeste, terceira região com maior crescimento relativo (71,22%), passou de 827 para 1.416 neurocirurgiões, com crescimento absoluto de 589 profissionais. Sua participação na força de trabalho aumentou de 15,96% em 2013 para 18,38% em 2023, o que reforça a importância crescente da região na estrutura nacional da assistência neurocirúrgica. O Nordeste, terceira região com maior crescimento relativo (71,22%), passou de 827 para 1.416 neurocirurgiões, com crescimento absoluto de 589 profissionais. Sua participação na força de trabalho aumentou de 15,96% em 2013 para 18,38% em 2023, o que reforça a importância crescente da região na estrutura nacional da assistência neurocirúrgica. A Figura 5 apresenta a proporção relativa dos profissionais por região no ano de 2023 em comparação com 2013, destacando a evolução das participações percentuais e as transformações no perfil regional da especialidade. Estes dados apontam para um avanço na equidade regional da oferta de serviços neurocirúrgicos, ainda que persistam desafios importantes quanto à fixação de profissionais e à garantia de infraestrutura adequada, sobretudo nas regiões Norte e Centro-Oeste.

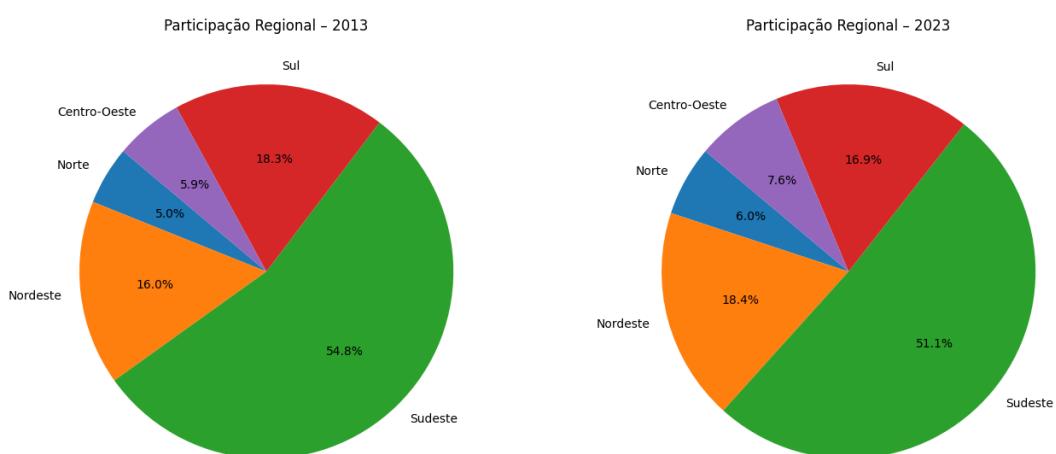


Figura 5 – Evolução na participação regional, no período de 2013 a 2023, do número de neurocirurgiões no Brasil.

4.2 DADOS RELATIVOS À EVOLUÇÃO NO NÚMERO DE LEITOS DESTINADOS A PROCEDIMENTOS NEUROCIRÚRGICOS ENTRE 2013 A 2023

A análise da evolução do número de leitos hospitalares destinados a procedimentos neurocirúrgicos no Brasil, entre os anos de 2013 e 2023, evidencia uma expansão modesta da capacidade instalada no Sistema Único de Saúde (SUS) para atender à demanda por cuidados especializados no âmbito da neurocirurgia. De acordo com os dados extraídos do DATASUS, o quantitativo total de leitos passou de 3.466 em 2013 para 3.595 em 2023, representando um crescimento absoluto de apenas 129 leitos no período, o que equivale a uma variação percentual de 3,72%. A análise regional revela disparidades significativas no comportamento da expansão (ou retração) da oferta de leitos. A região Norte apresentou o maior crescimento percentual, com um aumento de 32,44% (de 262 para 347 leitos), o que corresponde a um acréscimo de 85 unidades. Esse crescimento elevou sua participação relativa no total nacional de 7,56% para 9,65%. Já a região Nordeste registrou um aumento de 158 leitos (de 962 para 1.120), correspondente a uma elevação percentual de 16,42%, com aumento da participação nacional de 27,76% para 31,15%. Em contrapartida, o Sudeste, apesar de manter-se como a região com maior número absoluto de leitos (1.308 em 2023), praticamente estagnou em termos de crescimento, apresentando um acréscimo de apenas 8 leitos no período (0,62%). Sua participação nacional declinou de 37,51% em 2013 para 36,38% em 2023, refletindo a relativa desaceleração na ampliação de sua capacidade assistencial. A região Sul, por sua vez, foi a que apresentou a maior retração absoluta e percentual, com a perda de 109 leitos, representando uma diminuição de 17,58% no período, reduzindo sua participação nacional de 17,89% para 14,21%. Já o Centro-Oeste apresentou leve retração de 13 leitos (de 322 para 309), correspondendo a uma variação de -4,04%, e queda de sua participação de 9,29% para 8,60%. Esses resultados indicam uma expansão tímida e heterogênea da capacidade instalada em neurocirurgia no SUS ao longo da última década. A concentração da estagnação ou retração em regiões tradicionalmente mais bem equipadas, como o Sul e o Sudeste, pode indicar um esgotamento da infraestrutura instalada ou mudança nas prioridades de alocação de recursos. Por outro lado, o aumento mais significativo nas regiões Norte e Nordeste pode refletir políticas recentes de descentralização e interiorização da atenção especializada, ainda que a oferta total permaneça aquém do ideal diante da crescente demanda por procedimentos neurocirúrgicos. Ademais, correlacionando a capacidade hospitalar com a oferta de profissionais, percebe-se que a razão entre o número de leitos hospitalares destinados a procedimentos

neurocirúrgicos e o número de profissionais neurocirurgiões é um indicador crucial da capacidade assistencial do sistema de saúde, refletindo a pressão sobre cada profissional e a possível eficiência na alocação de recursos. No período analisado, entre janeiro de 2013 e dezembro de 2023, observou-se uma significativa redução na razão nacional de leitos por neurocirurgião, passando de 0,669 leitos por profissional em 2013 para 0,467 em 2023. Este decréscimo representa uma redução percentual de 30,2%, indicando um crescimento do número de profissionais mais acelerado do que o crescimento no número de leitos disponíveis. Este fenômeno pode ser interpretado como um avanço na capacidade de atendimento por profissional, implicando em uma potencial redução da sobrecarga individual, desde que acompanhada de adequada infraestrutura. No entanto, tal evolução exige cautela: uma redução acentuada na razão pode também apontar para um descompasso entre a expansão do corpo clínico e a disponibilidade de estruturas hospitalares adequadas, o que pode comprometer a eficiência da rede assistencial. A região Centro-Oeste apresentou o maior crescimento percentual no número de profissionais (90,8%), acompanhado de uma redução de leitos de -4,04%, resultando na maior queda da razão leitos/profissional, com -0,523 pontos, demonstrando um aumento significativo na disponibilidade de especialistas, mas não necessariamente acompanhado por expansão proporcional da infraestrutura hospitalar. A região Nordeste, com crescimento de 71,22% no número de profissionais e aumento de 16,42% no número de leitos, apresentou uma redução da razão de -0,372, evidenciando um avanço tanto no capital humano quanto na estrutura, ainda que o crescimento profissional tenha superado o estrutural. Enquanto isso, a região Norte, com aumento de 78,54% nos profissionais e 32,44% nos leitos, teve uma redução intermediária da razão leitos/profissional de -0,259, indicando crescimento relativamente equilibrado entre os dois elementos. A região Sudeste registrou o menor aumento percentual no número de leitos entre as regiões com crescimento positivo (0,61%) frente a um aumento de 38,65% no número de profissionais, o que implicou numa redução da razão de -0,126, a menor entre todas as regiões, sugerindo manutenção de certa estabilidade na relação entre oferta de leitos e profissionais. Por fim, a região Sul foi a única região com queda significativa tanto no número de leitos (-17,58%) quanto crescimento relativamente modesto de profissionais (37,2%), resultando em uma redução da razão de -0,261, situação que pode indicar um retrocesso na disponibilidade de leitos frente à evolução do corpo clínico. Os dados demonstram um movimento nacional de ampliação do número de neurocirurgiões, o que é positivo do ponto de vista da cobertura assistencial. No entanto, a desaceleração no crescimento do número de leitos em comparação ao de profissionais revela desafios importantes para o planejamento e a gestão da rede de

saúde. As Figuras 6, 7 e 8 ilustram o que foi discutido nessa seção.

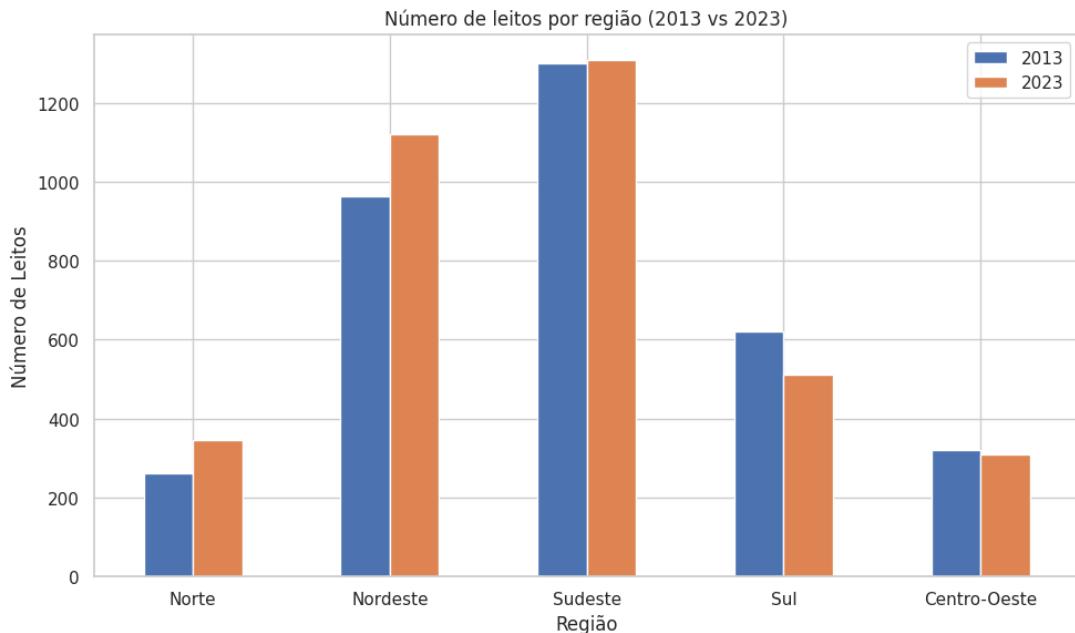


Figura 6 – Comparação entre o número de leitos destinados a procedimentos neurocirúrgicos entre 2013 e 2023.

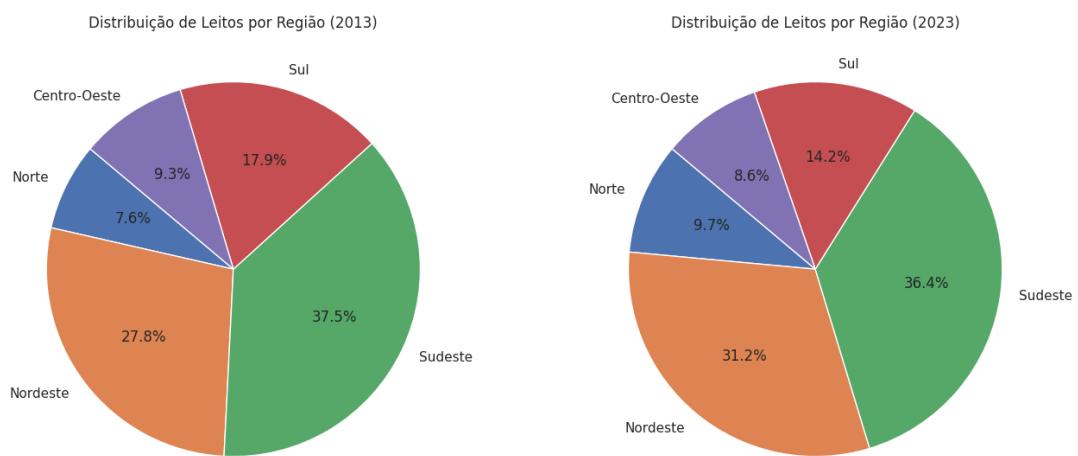


Figura 7 – Participação regional no número de leitos destinados a procedimentos neurocirúrgicos em 2013 e 2023.

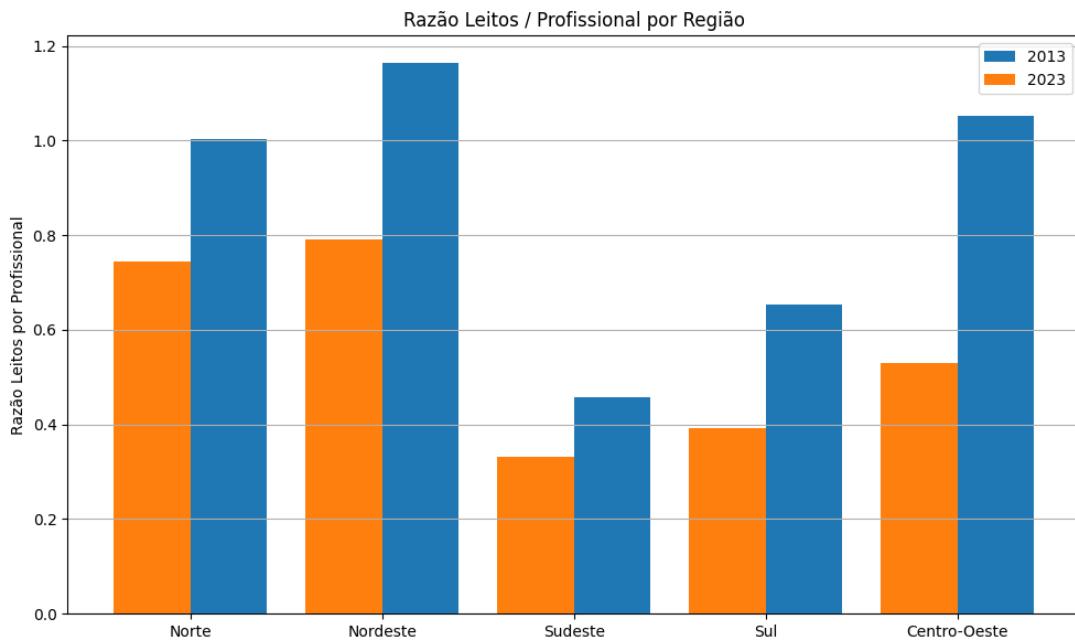


Figura 8 – Evolução da razão leitos/profissionais no Brasil, entre 2013 e 2023.

4.3 DADOS RELATIVOS À EVOLUÇÃO NO NÚMERO DE EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS (INFRAESTRUTURA) PARA A REALIZAÇÃO DE PROCEDIMENTOS NEUROCIRÚRGICOS

A análise da evolução no número de tomógrafos no Brasil entre janeiro de 2013 e dezembro de 2023 revela uma expansão expressiva da infraestrutura tecnológica de diagnóstico por imagem, elemento fundamental para a condução de procedimentos neurocirúrgicos. Conforme ilustrado na Figura 9, o número de tomógrafos cadastrados no país cresceu de 3.280 equipamentos em janeiro de 2013 para 6.774 em dezembro de 2023, totalizando um crescimento absoluto de 3.494 unidades no período analisado. Esse acréscimo representa um crescimento percentual acumulado de 106,52% ao longo da década, o que corresponde a uma taxa média de crescimento anual de aproximadamente 10,65%. Essa evolução reflete não apenas a incorporação gradual de tecnologias nos serviços de saúde, mas também o reconhecimento do papel central da tomografia computadorizada no atendimento de urgências neurocirúrgicas, como traumas crânioencefálicos, acidente vascular cerebral hemorrágico, e avaliação de lesões expansivas. Além da evolução nacional, a Figura 10 detalha o crescimento percentual do número de tomógrafos por região geográfica, evidenciando disparidades marcantes entre os grandes eixos de desenvolvimento e as regiões historicamente sub-assistidas. A Região Sudeste, que concentrava a maior parte dos equipamentos em 2013, registrou um crescimento absoluto de 1.363

tomógrafos, passando de 1.638 para 3.001 unidades. Apesar disso, seu crescimento percentual foi o menor entre as regiões (83,2%), refletindo uma base já elevada de equipamentos no início da série histórica. A Região Nordeste apresentou um aumento de 681 equipamentos, de 548 para 1.229, o que equivale a um crescimento percentual de 124,3%, com taxa média anual de 12,4%. Já a Região Norte, historicamente a mais desprovida em termos de infraestrutura de saúde, apresentou um crescimento expressivo: de 171 para 437 tomógrafos, totalizando crescimento percentual de 155,5%, com taxa média anual de 15,6%. Essa expansão, embora significativa, ainda não elimina as desigualdades em termos de densidade populacional e territorial de cobertura. A Região Sul passou de 559 para 1.140 tomógrafos, com crescimento absoluto de 581 e percentual de 103,9%. Ademais, a Região Centro-Oeste registrou o maior crescimento percentual de todas as regiões: 176,4%, aumentando de 280 para 774 equipamentos, com taxa de crescimento anual de 17,6%. As taxas mensais de crescimento também demonstram um padrão consistente de investimento e aquisição de equipamentos em todas as regiões, com destaque para o Centro-Oeste (1,47% ao mês) e Norte (1,30% ao mês), o que sugere esforços recentes de reequilíbrio territorial. Apesar dos avanços expressivos em números absolutos e percentuais, as disparidades regionais ainda persistem, com concentração de equipamentos nas regiões Sudeste e Sul. A heterogeneidade na distribuição tecnológica compromete a equidade do acesso à neurocirurgia em todo o país, especialmente nos contextos onde o tempo-resposta é um determinante crítico de desfechos clínicos. Além disso, é preciso verificar a evolução no quantitativo de equipamentos de videocirurgia, dispositivos muito utilizados no bloco cirúrgico, para ter uma noção mais ampla da disponibilidade de infraestrutura para os procedimentos. Tais máquinas viabilizam intervenções por técnicas endoscópicas, com vantagens clínicas como menor tempo de recuperação, menor risco de infecção e redução de custos hospitalares a longo prazo. Neste contexto, a análise da evolução do parque tecnológico nacional em videocirurgia é fundamental para compreender a capacidade instalada da rede de atenção à saúde voltada para procedimentos de alta complexidade. Entre janeiro de 2013 e dezembro de 2023, observou-se um crescimento significativo no número de equipamentos de videocirurgia cadastrados no sistema de informações do SUS, como observado na Figura 9. Em janeiro de 2013, o Brasil dispunha de 3.798 equipamentos. Ao final de 2023, esse número havia aumentado para 6.781, correspondendo a um crescimento absoluto de 2.983 unidades, o que representa um crescimento percentual total de 78,54% no período de análise. Esta expansão revela um esforço consistente, embora heterogêneo, de modernização tecnológica no país ao longo da última década. Do ponto de vista regional, os dados demonstram varia-

ções importantes tanto em termos absolutos quanto relativos. O crescimento percentual está evidenciado na Figura 11. A região Sudeste apresentou o maior crescimento absoluto, com o acréscimo de 1.427 equipamentos, saltando de 1.811 para 3.238 unidades. O crescimento percentual na região foi de 78,80%, com uma taxa média anual de 7,88% e mensal de 0,66%. Já a região Sul destacou-se com o maior crescimento percentual total (104,45%), passando de 696 para 1.423 equipamentos, o que corresponde a uma taxa média de crescimento anual de 10,45% e mensal de 0,87%. A região Norte, apesar de seu menor número absoluto de equipamentos, passou de 129 para 249 unidades, um crescimento de 93,02%, refletindo um esforço de expansão nas regiões historicamente com menor densidade tecnológica, enquanto a região Nordeste cresceu de 668 para 1.077 equipamentos, o que representa um aumento de 61,23%, com taxas médias anuais e mensais de 6,12% e 0,51%, respectivamente. Finalmente, a região Centro-Oeste registrou o menor crescimento relativo, de 33,83%, com um acréscimo de 113 equipamentos (de 334 para 447), apresentando as menores taxas anuais (3,38%) e mensais (0,28%) do país. A análise aponta para um crescimento relevante na capacidade instalada de videocirurgia no Brasil, embora com desigualdade regional persistente, o que pode indicar a necessidade de políticas públicas voltadas à redução das disparidades no acesso a tecnologias cirúrgicas avançadas. A distribuição desigual dos investimentos, mais concentrados nas regiões Sul e Sudeste, reforça a importância de estratégias de regionalização dos serviços de saúde e ampliação da infraestrutura em regiões menos assistidas, como Norte e Centro-Oeste. Além disso, ao ser comparada com a evolução observada em equipamentos de imagem como tomógrafos, também analisada neste trabalho, a trajetória dos equipamentos de videocirurgia reforça a tese de que o avanço tecnológico na rede pública de saúde ocorreu de maneira global, embora com diferentes intensidades conforme o tipo de tecnologia e a região do país. Este panorama reforça a necessidade de planejamento integrado entre infraestrutura tecnológica, qualificação profissional e financiamento público ([BRONZINO, 2006](#)).

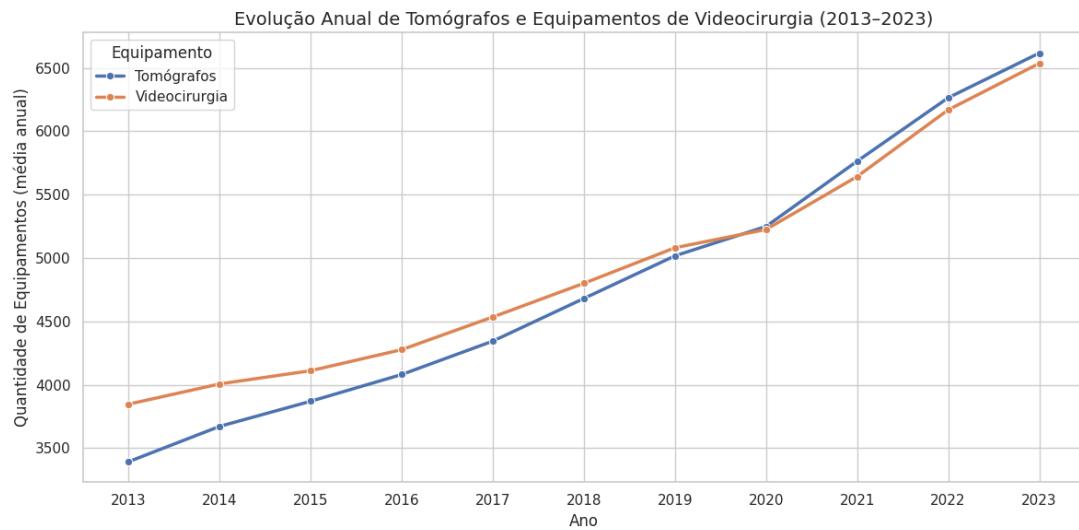


Figura 9 – Evolução no número de tomógrafos e equipamentos de videocirurgia no Brasil, entre 2013 e 2023.

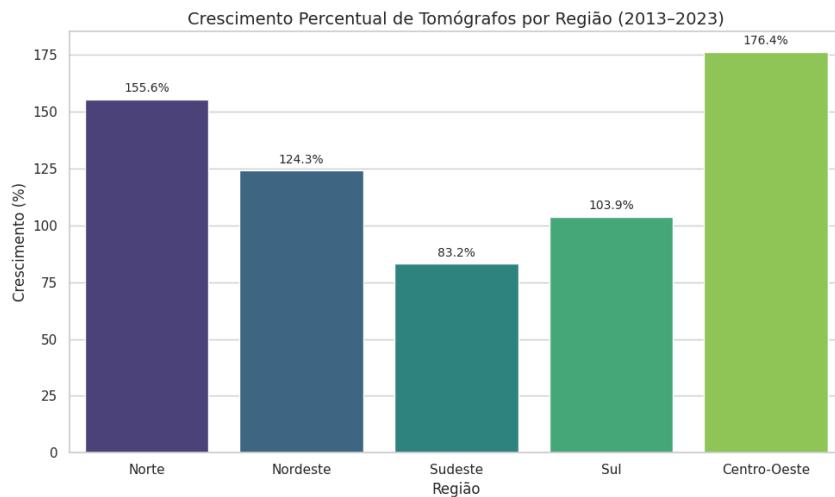


Figura 10 – Evolução percentual no número de tomógrafos por região, entre 2013 e 2023.

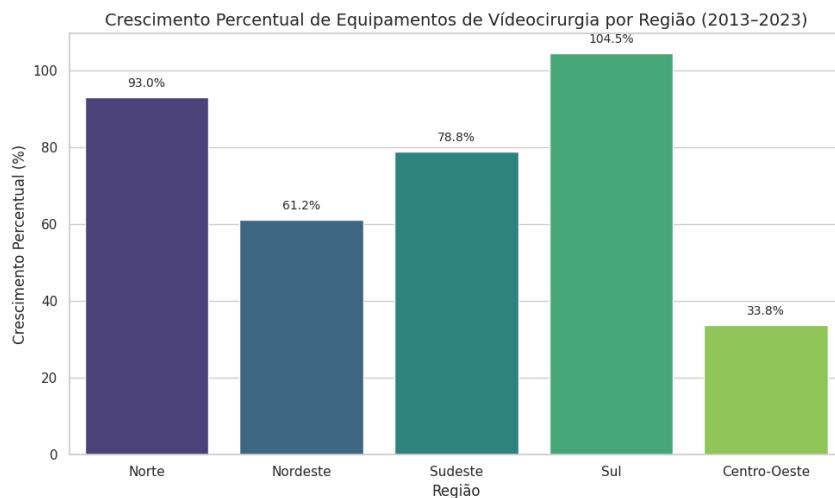


Figura 11 – Evolução percentual no número de equipamentos de videocirurgia por região, entre 2013 e 2023.

4.4 RESULTADOS REFERENTES À EVOLUÇÃO TEMPORAL DE INDICADORES RELACIONADOS AOS PROCEDIMENTOS NEUROCIRÚRGICOS REALIZADOS NOS ESTADOS DO NORDESTE BRASILEIRO ENTRE OS ANOS DE 2013 E 2023

Nesta seção, são apresentados os resultados referentes à evolução temporal de importantes indicadores relacionados aos procedimentos neurocirúrgicos realizados nos estados do Nordeste brasileiro entre os anos de 2013 e 2023. Foram analisados quatro aspectos principais: o número total de procedimentos, o tempo médio de internação hospitalar, a taxa de mortalidade associada aos procedimentos e o custo médio por procedimento realizado. Os gráficos que serão apresentados a seguir ilustram as tendências observadas para cada um desses indicadores, por estado do Nordeste, ao longo do período estudado, permitindo uma avaliação detalhada da dinâmica e do impacto dos procedimentos neurocirúrgicos em cada uma das unidades da federação estudadas. Essa análise temporal é fundamental para identificar padrões, avanços ou retrocessos na assistência prestada, bem como para subsidiar políticas públicas e estratégias de melhoria na área da saúde. A análise da evolução temporal dos indicadores relacionados aos procedimentos neurocirúrgicos entre 2013 e 2023 revelou padrões consistentes e relevantes para a compreensão da dinâmica assistencial nos estados do Nordeste brasileiro. Observa-se que os indicadores referentes ao custo médio de internação e à evolução no número de procedimentos apresentam uma tendência clara de crescimento em praticamente todos os estados analisados. Esse aumento pode estar associado ao avanço tecnológico, maior complexidade dos procedimentos realizados, além do crescimento da demanda por tratamentos neurocirúrgicos ao longo da última década. O incremento no número de procedimentos também pode refletir a expansão da capacidade instalada ou a melhoria no acesso aos serviços especializados de neurocirurgia na região. Em relação ao tempo médio de internação hospitalar, a maioria dos estados demonstra uma tendência de aumento ao longo do período, o que pode indicar procedimentos de maior complexidade ou protocolos clínicos mais rigorosos que exigem permanência prolongada para monitoramento e recuperação dos pacientes. Contudo, destacam-se os estados de Sergipe e Maranhão, onde o tempo médio de internação apresentou uma tendência de queda. Essa redução pode ser interpretada como um avanço na eficiência dos cuidados hospitalares, com processos otimizados que resultam em alta precoce sem comprometer a segurança dos pacientes, ou ainda a adoção de técnicas menos invasivas que promovem recuperação mais rápida. Quanto à taxa de mortalidade, o cenário é majoritariamente positivo, com a maioria dos estados apresentando uma tendência de queda ao longo dos anos, refletindo possíveis me-

lhorias na qualidade do atendimento, aprimoramento das técnicas cirúrgicas e suporte clínico perioperatório. Essa diminuição é um indicador crucial de progresso na área de neurocirurgia, evidenciando avanços no manejo dos pacientes e redução das complicações relacionadas aos procedimentos. Entretanto, os estados do Piauí e Alagoas apresentam uma tendência oposta, com aumento na taxa de mortalidade, o que sinaliza a necessidade de investigações mais aprofundadas para identificar fatores contribuintes, como limitações estruturais, carência de recursos, ou desafios no acompanhamento pós-operatório.

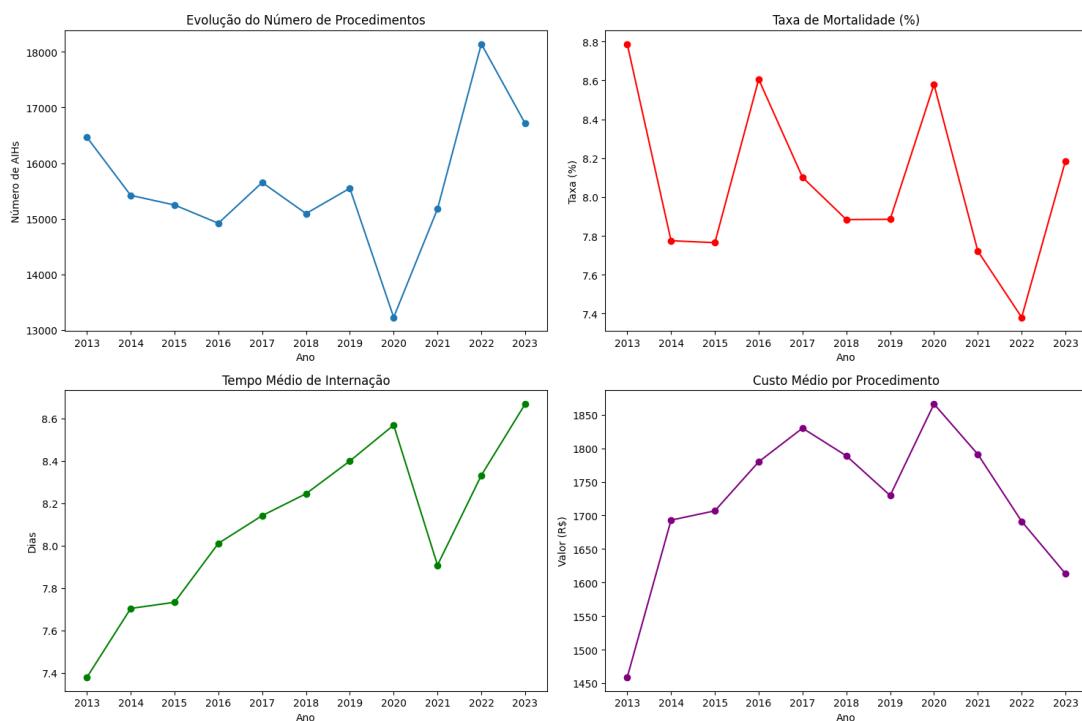


Figura 12 – Evolução temporal dos principais indicadores relacionados aos procedimentos neurocirúrgicos em Pernambuco entre 2013 e 2023.

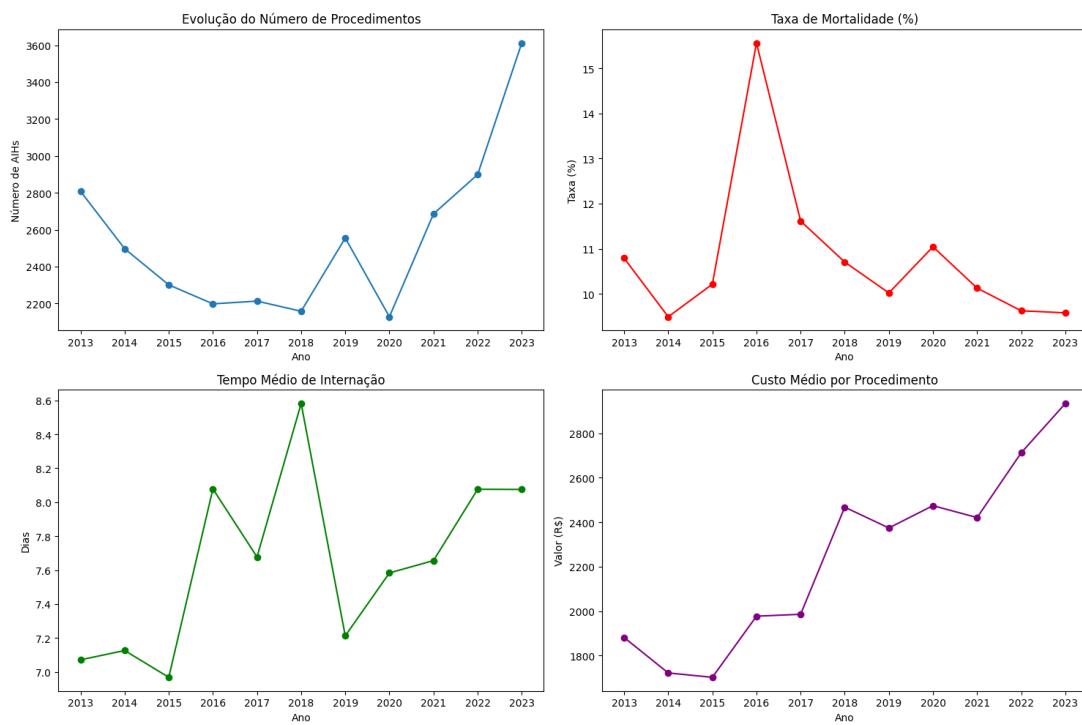


Figura 13 – Evolução temporal dos principais indicadores relacionados aos procedimentos neurocirúrgicos na Paraíba entre 2013 e 2023.

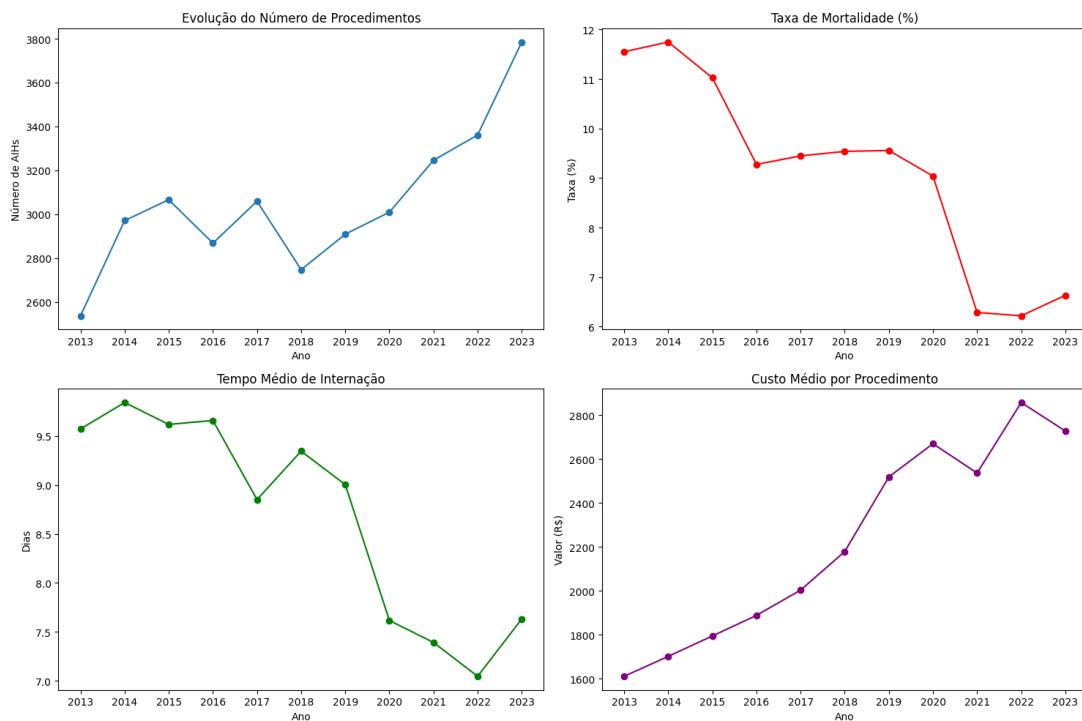


Figura 14 – Evolução temporal dos principais indicadores relacionados aos procedimentos neurocirúrgicos no Rio Grande do Norte entre 2013 e 2023.

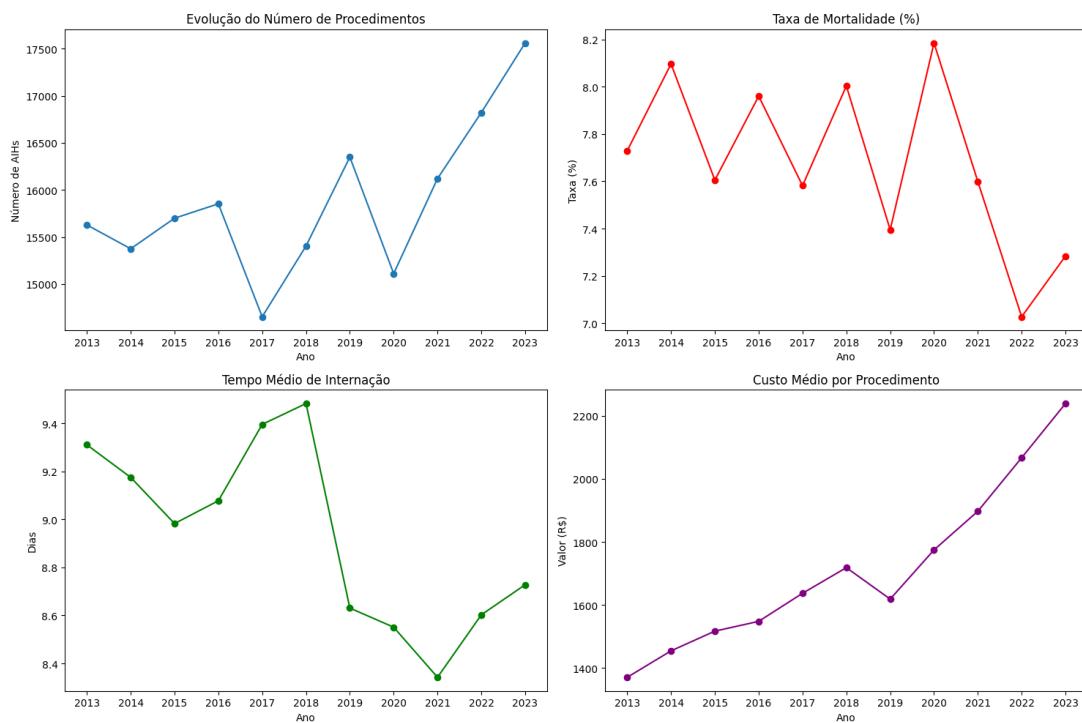


Figura 15 – Evolução temporal dos principais indicadores relacionados aos procedimentos neurocirúrgicos na Bahia entre 2013 e 2023.

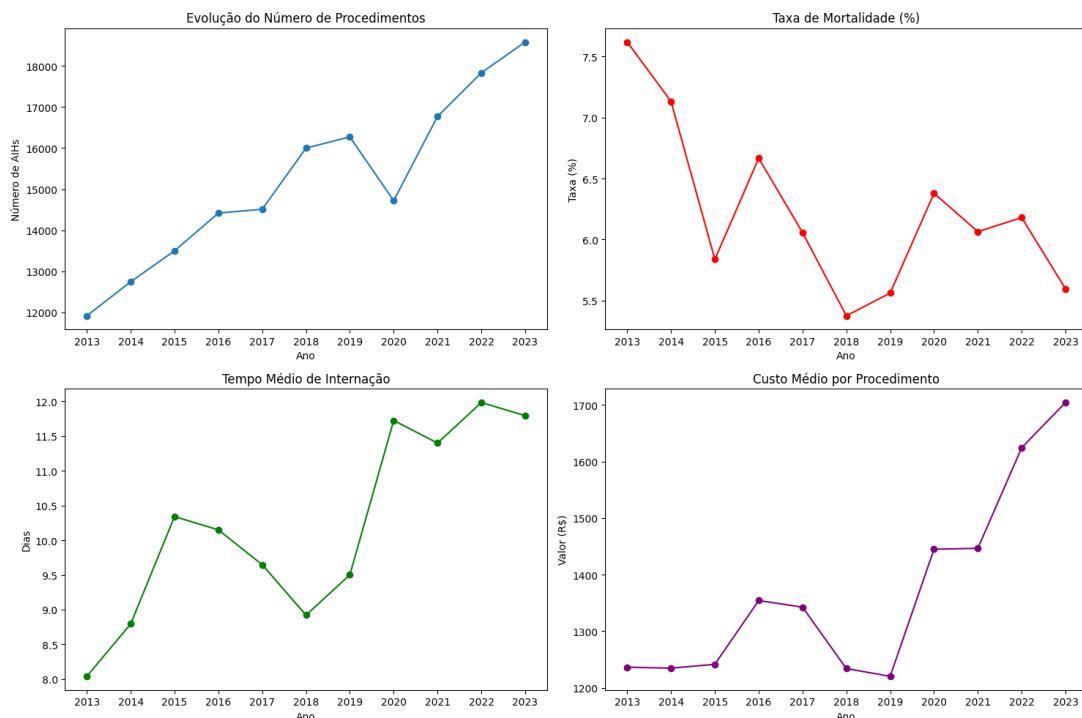


Figura 16 – Evolução temporal dos principais indicadores relacionados aos procedimentos neurocirúrgicos no Ceará entre 2013 e 2023.

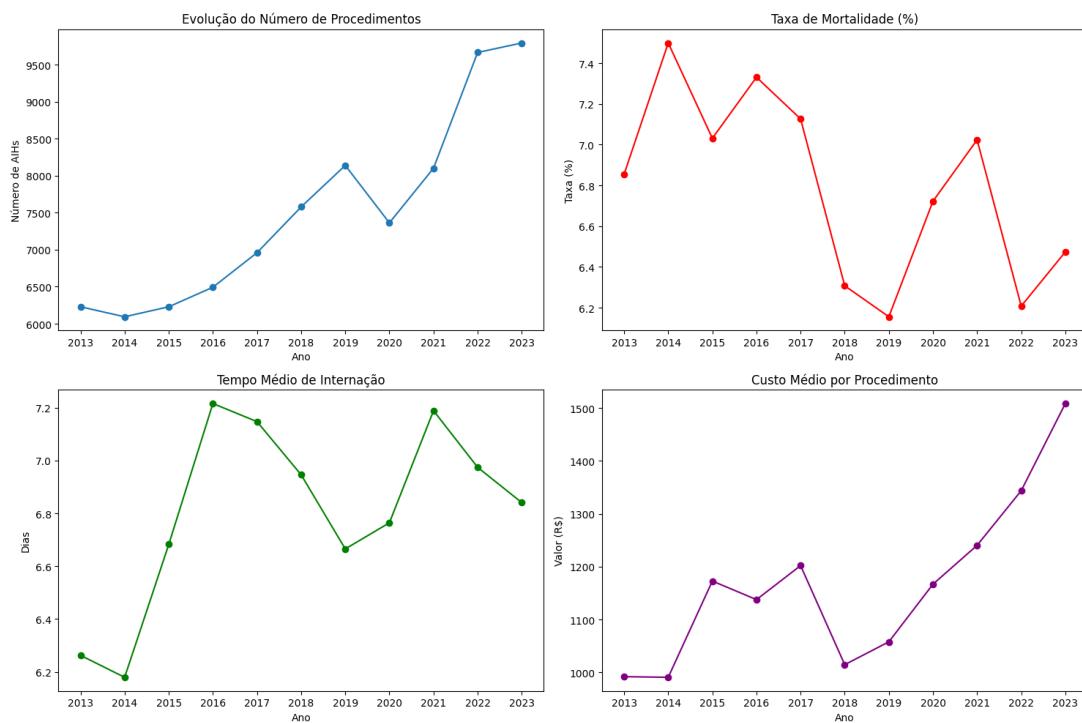


Figura 17 – Evolução temporal dos principais indicadores relacionados aos procedimentos neurocirúrgicos no Maranhão entre 2013 e 2023.

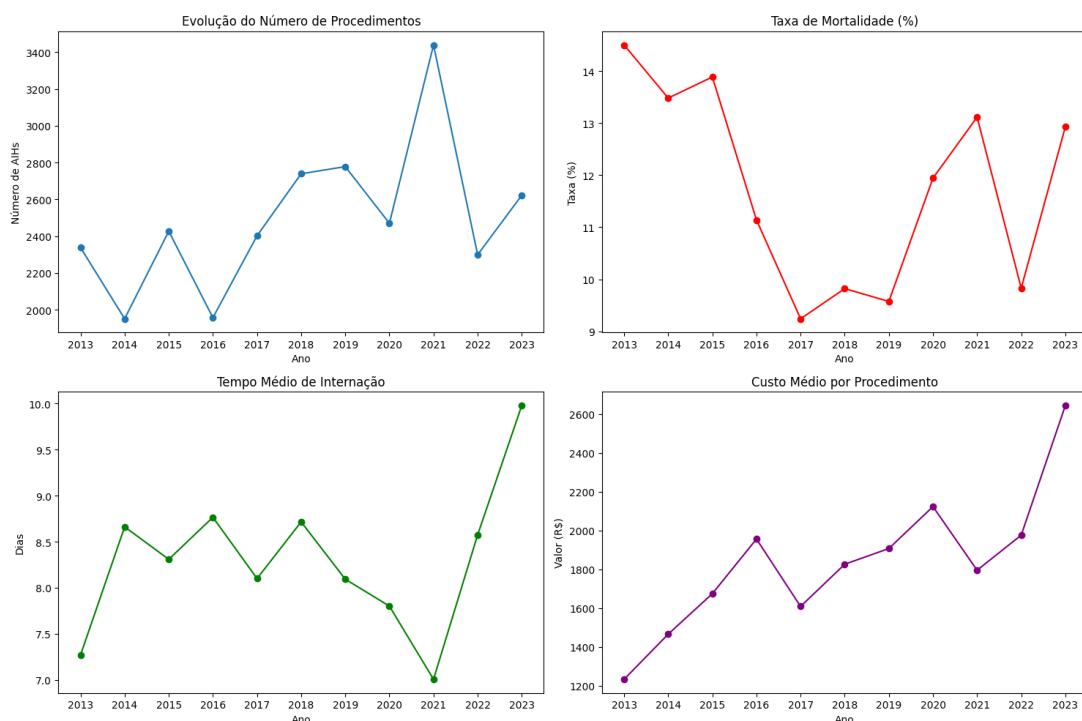


Figura 18 – Evolução temporal dos principais indicadores relacionados aos procedimentos neurocirúrgicos em Alagoas entre 2013 e 2023.

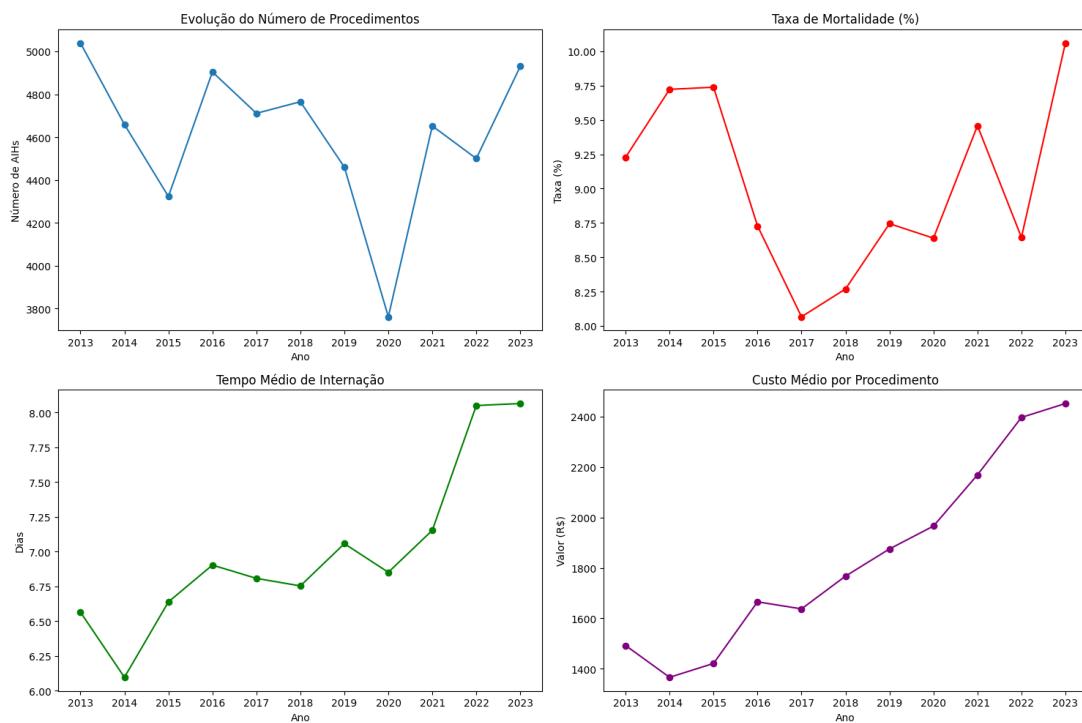


Figura 19 – Evolução temporal dos principais indicadores relacionados aos procedimentos neurocirúrgicos no Piauí entre 2013 e 2023.

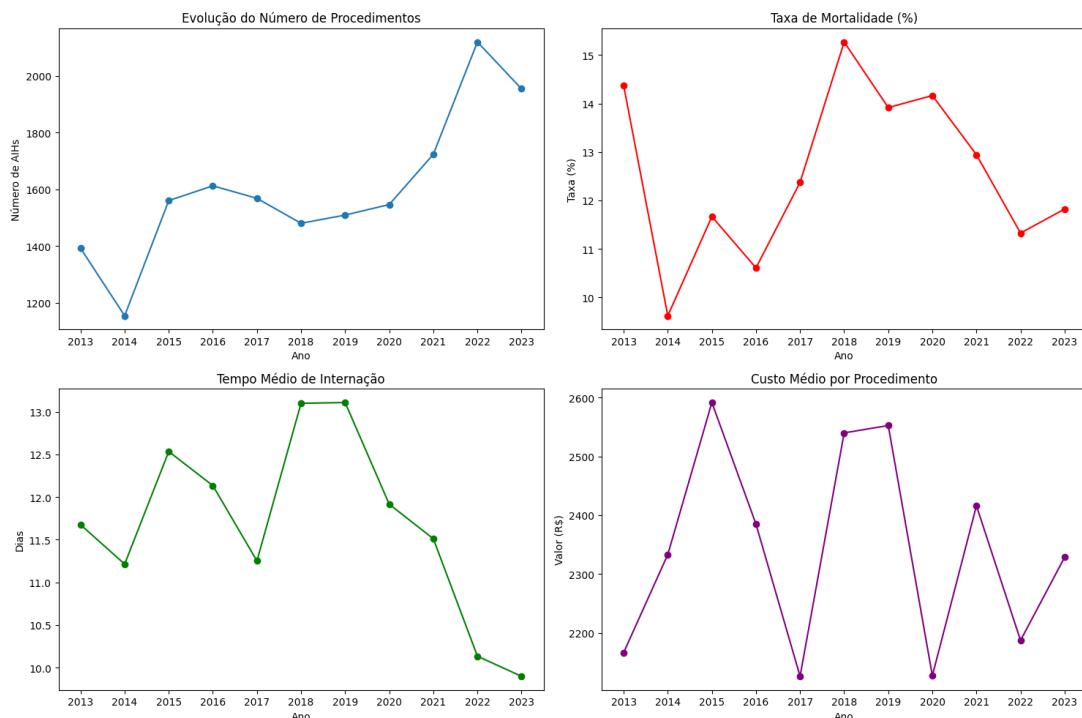


Figura 20 – Evolução temporal dos principais indicadores relacionados aos procedimentos neurocirúrgicos em Sergipe entre 2013 e 2023.

4.5 ANÁLISE DA PROPORÇÃO DE HOMENS E MULHERES EM PROCEDIMENTOS NEUROCIRÚRGICOS NOS ESTADOS DO NORDESTE

A análise da distribuição por sexo nos procedimentos neurocirúrgicos realizados entre 2013 e 2023 nos estados do Nordeste brasileiro revela um padrão claro e consistente de predominância do sexo masculino em todas as unidades federativas avaliadas. Os gráficos de pizza apresentados na Figura 21, um para cada estado, ilustram essa distribuição percentual, com as fatias azuis representando os homens e as vermelhas representando as mulheres. As proporções femininas variam entre 31,7% e 38,7%, enquanto os homens correspondem ao percentual restante, ou seja, entre 61,3% e 68,3%. Essa diferença significativa na participação por sexo pode estar relacionada a múltiplos fatores, tanto do ponto de vista epidemiológico quanto do acesso ao sistema de saúde e da natureza dos procedimentos neurocirúrgicos mais comumente realizados na região. Do ponto de vista epidemiológico, é conhecido que os homens apresentam maior incidência de traumas crânioencefálicos (TCE), acidentes automobilísticos e situações de violência urbana, causas que frequentemente demandam intervenções neurocirúrgicas emergenciais. Isso pode explicar parte da prevalência masculina observada. Além disso, algumas patologias neurológicas que requerem cirurgia, como certos tipos de aneurismas ou tumores intracranianos, podem ter prevalência ligeiramente maior em homens, dependendo da faixa etária e do contexto regional. A análise da distribuição por sexo também é fundamental sob a ótica da equidade em saúde. Embora a menor participação feminina possa ser explicada em parte por aspectos epidemiológicos, é necessário avaliar se há possíveis barreiras de acesso para mulheres aos serviços especializados, seja por fatores culturais, socioeconômicos ou estruturais. Monitorar essa proporção ao longo do tempo pode indicar avanços ou retrocessos na equidade do cuidado neurocirúrgico. Dessa forma, a estratificação dos dados por sexo não apenas enriquece a compreensão do perfil dos pacientes atendidos, mas também serve como subsídio para o planejamento de políticas públicas de saúde com enfoque em gênero, garantindo que os serviços sejam igualmente acessíveis e adequados para toda a população.

A Figura 22, gráfico de barras que permite observar o percentual do número de óbitos em relação ao total de procedimentos, permite uma visualização direta da proporção relativa de homens e mulheres em cada estado, reforçando a tendência predominante do sexo masculino em procedimentos neurocirúrgicos na região. A apresentação conjunta facilita a identificação de variações entre os estados e evidencia possíveis assimetrias no perfil epidemiológico ou no acesso aos serviços especializados.

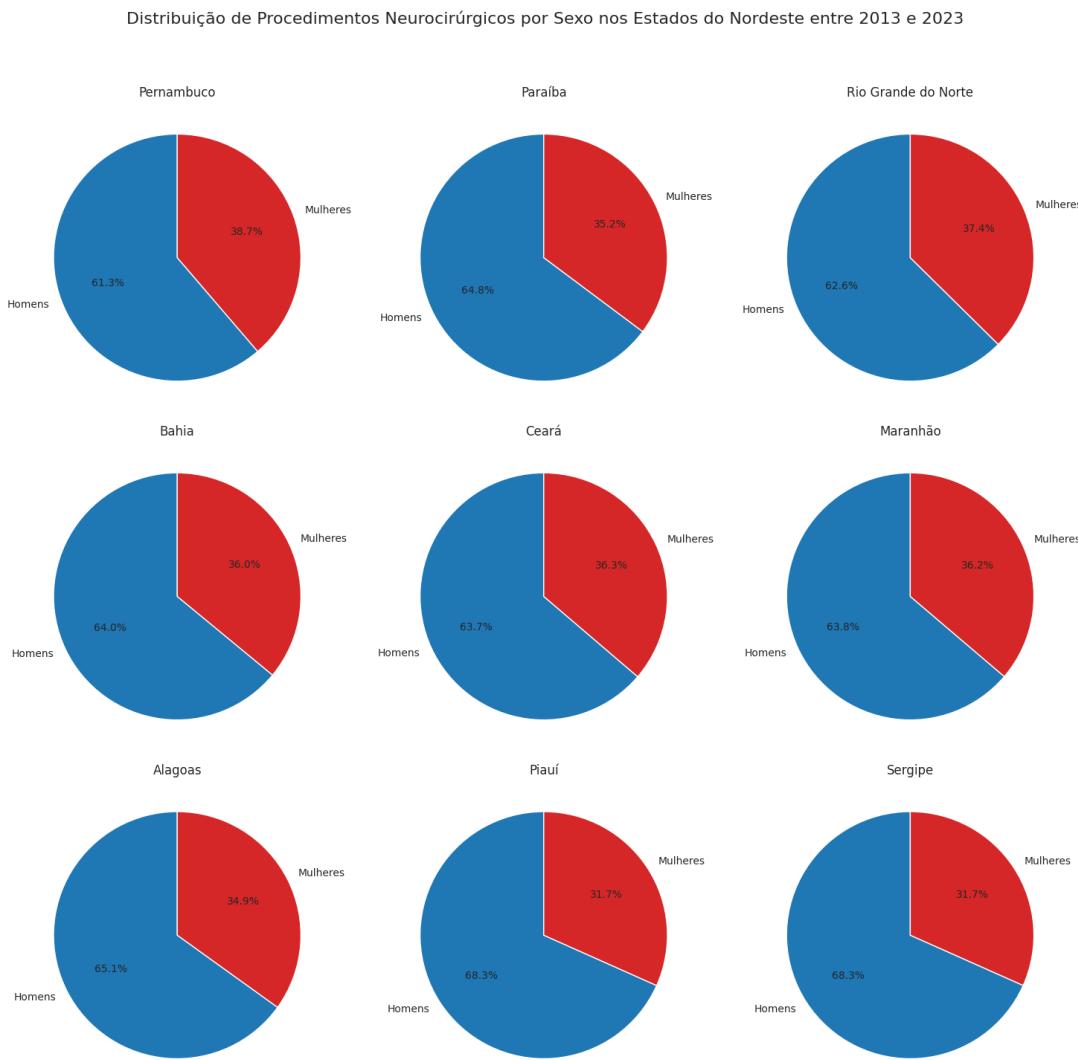


Figura 21 – Distribuição percentual por sexo dos pacientes submetidos a procedimentos neurocirúrgicos nos estados do Nordeste brasileiro entre 2013 e 2023.

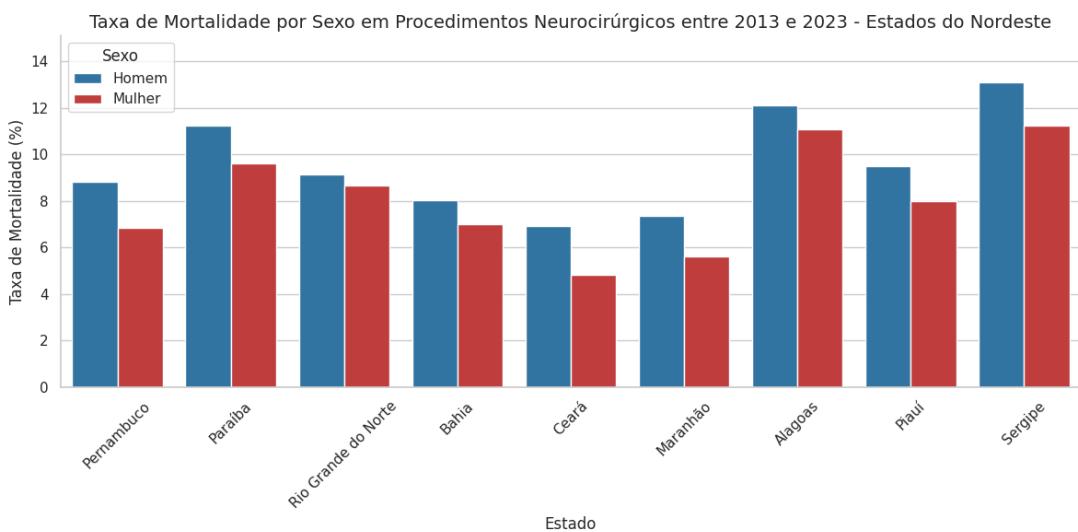


Figura 22 – Número percentual de óbitos de pacientes do sexo masculino e feminino submetidos a procedimentos neurocirúrgicos nos estados do Nordeste brasileiro entre 2013 e 2023.

4.6 RESULTADOS REFERENTES AOS INDICADORES RELACIONADOS AOS PROCEDIMENTOS NEUROCIRÚRGICOS REALIZADOS NOS ESTADOS DO NORDESTE BRASILEIRO ENTRE OS ANOS DE 2013 E 2023 POR NÍVEL DE COMPLEXIDADE DO PROCEDIMENTO

Os gráficos a seguir apresentam a distribuição dos procedimentos neurocirúrgicos realizados nos estados do Nordeste brasileiro, estratificados por grau de complexidade: baixa, média, alta e muito alta complexidade. Foram analisados quatro indicadores principais: número de internações, número de óbitos, tempo médio de permanência hospitalar e taxa de mortalidade. No primeiro gráfico, referente ao número total de internações, observa-se uma tendência decrescente conforme aumenta o nível de complexidade dos procedimentos. Os procedimentos de baixa complexidade representam a maior parcela das internações em todos os estados, seguidos por procedimentos de média, alta e, por fim, muito alta complexidade. Este padrão é esperado, dado que os procedimentos de menor complexidade são geralmente mais frequentes, menos restritivos e exigem menos recursos especializados. Além disso, destaca-se que os estados com maior número absoluto de internações — especialmente Bahia, Ceará e Pernambuco — são aqueles com maior infraestrutura hospitalar e capacidade instalada para realizar procedimentos neurocirúrgicos em maior escala. O segundo gráfico apresenta o número total de óbitos associados aos procedimentos, que também segue a distribuição observada no número de internações: maior quantidade de mortes nos casos de baixa e média complexidade, o que está diretamente relacionado ao volume absoluto de procedimentos realizados nessas categorias. Assim como nas internações, os estados mais desenvolvidos concentram os maiores números, refletindo a maior quantidade de atendimentos realizados. Contudo, ao analisar o terceiro gráfico, que mostra os dias médios de permanência hospitalar, o padrão se inverte: há uma progressão crescente conforme aumenta a complexidade do procedimento. Casos de muito alta complexidade apresentam tempos médios de internação significativamente maiores, o que é condizente com a natureza crítica e invasiva desses procedimentos, que exigem maior tempo de estabilização clínica, reabilitação e monitoramento intensivo. Os procedimentos de baixa complexidade, por sua vez, apresentam menor tempo médio de permanência, refletindo abordagens menos invasivas e processos de recuperação mais rápidos. O último gráfico retrata a taxa de mortalidade por nível de complexidade, revelando uma correlação direta entre a gravidade do procedimento e a letalidade associada. Procedimentos de muito alta complexidade apresentam as maiores taxas de mortalidade, enquanto os de baixa complexidade apresentam

as menores. Essa tendência reflete a maior fragilidade clínica dos pacientes submetidos a intervenções mais complexas, bem como os riscos inerentes aos procedimentos neurocirúrgicos de alta criticidade. Embora possa se observar que em alguns estados, como Pernambuco e Alagoas demonstram certo equilíbrio nas taxas de procedimentos classificados como médio, alto e muito alto risco, esses resultados evidenciam que a gravidade do procedimento é um fator determinante tanto para o tempo de internação quanto para o risco de mortalidade, enquanto os volumes absolutos de internações e óbitos estão mais diretamente relacionados à capacidade assistencial e à distribuição dos tipos de procedimentos realizados nos estados. A estratificação por complexidade permite compreender com mais profundidade o perfil assistencial da neurocirurgia na região, além de apoiar o planejamento de recursos hospitalares e estratégias de gestão de risco conforme o grau de criticidade dos casos atendidos.

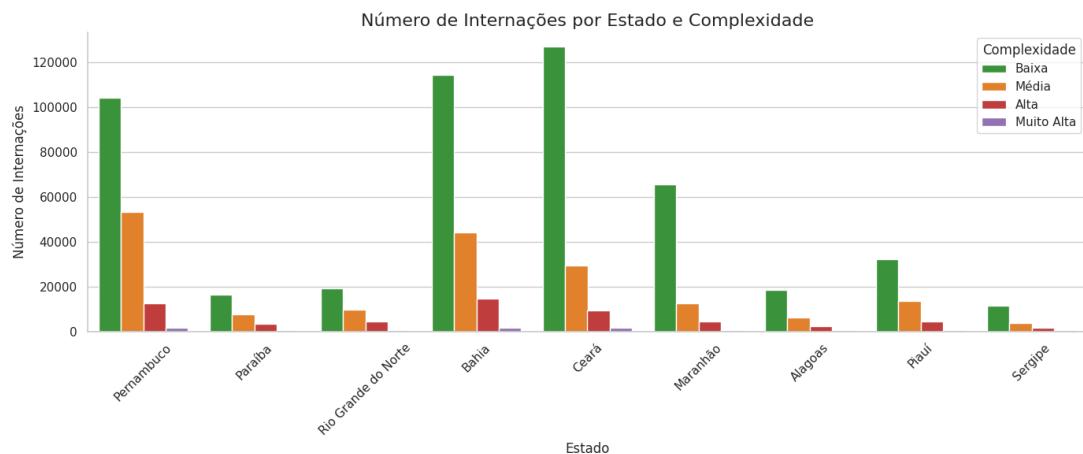


Figura 23 – Número de internações por procedimentos neurocirúrgicos nos estados do Nordeste brasileiro, entre os anos de 2013 e 2023, estratificados por grau de complexidade.

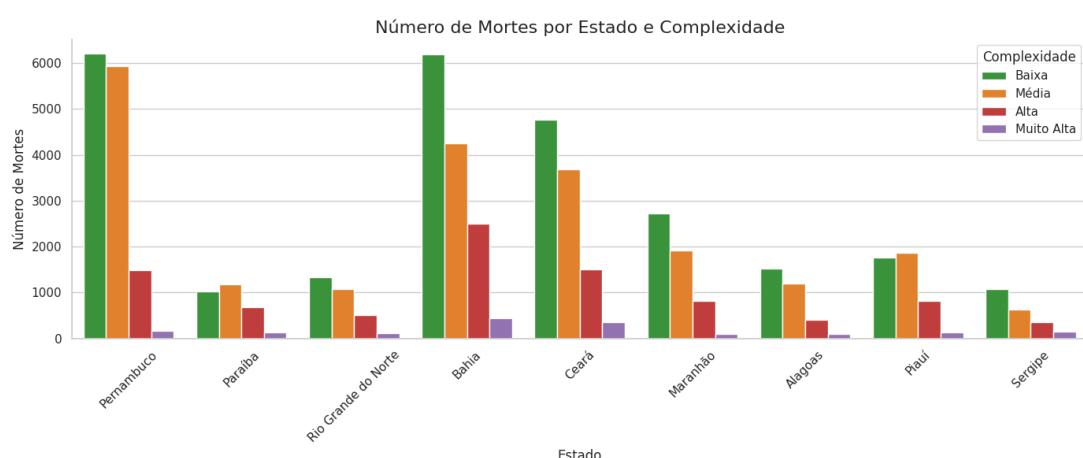


Figura 24 – Número de óbitos associados a procedimentos neurocirúrgicos nos estados do Nordeste, no período de 2013 a 2023, conforme o grau de complexidade do procedimento.

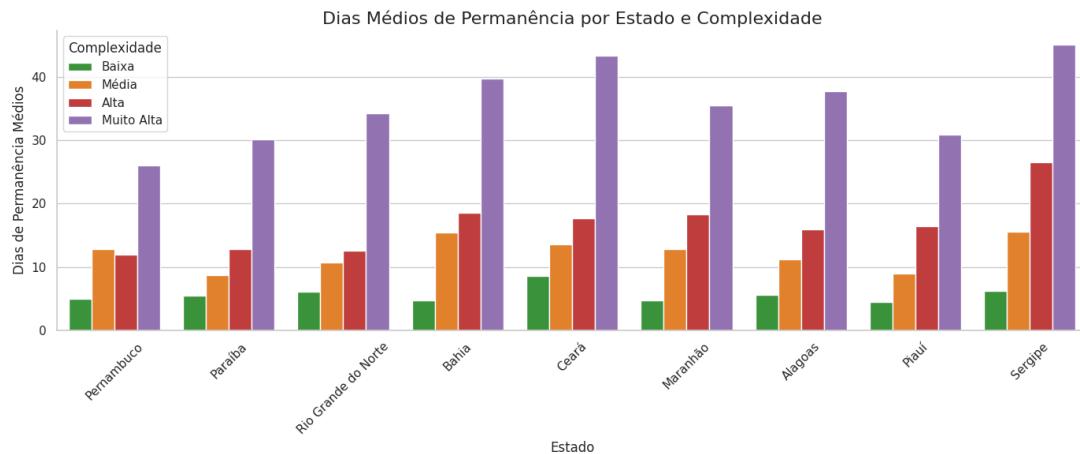


Figura 25 – **Tempo médio de permanência hospitalar (em dias) por complexidade dos procedimentos neurocirúrgicos nos estados do Nordeste entre 2013 e 2023.**



Figura 26 – **Taxa de mortalidade (%) por complexidade dos procedimentos neurocirúrgicos nos estados do Nordeste, de 2013 a 2023.**

4.7 RESULTADOS REFERENTES AOS INDICADORES RELACIONADOS AOS PROCEDIMENTOS NEUROCIRÚRGICOS REALIZADOS NOS ESTADOS DO NORDESTE BRASILEIRO ENTRE OS ANOS DE 2013 E 2023 POR FAIXA ETÁRIA

Os gráficos apresentados nesta seção retratam a estratificação dos indicadores hospitalares relacionados a procedimentos neurocirúrgicos realizados nos estados do Nordeste do Brasil entre os anos de 2013 e 2023, considerando a variável faixa etária como eixo analítico. Foram considerados quatro parâmetros centrais: número de internações (AIH), número de óbitos, tempo médio de permanência hospitalar (em dias) e taxa de mortalidade (%), distribuídos entre sete grupos etários: lactentes (0–1 ano), primeira infância (1–4 anos), infância média (5–9 anos), adolescência inicial (10–14 anos), adolescência tardia (15–19 anos), idade adulta (20–59

anos) e população idosa (60 anos ou mais). De maneira consistente entre os estados avaliados, verifica-se um volume significativamente superior de internações entre indivíduos adultos (20–59 anos). Esse comportamento é esperado do ponto de vista demográfico e epidemiológico, pois esta faixa etária concentra a maior proporção da população brasileira, segundo dados do IBGE. Além disso, trata-se de um grupo submetido a maiores riscos ocupacionais, acidentes automobilísticos e violência urbana — causas frequentemente associadas a traumas crânio-encefálicos e lesões vertebrais que demandam intervenções neurocirúrgicas. A essa maior exposição somam-se os diagnósticos de neoplasias, hérnias discais, aneurismas e doenças vasculares cerebrais, cuja incidência começa a se acentuar a partir da terceira década de vida. A segunda maior concentração de internações ocorre entre idosos (60+ anos), o que reflete a maior ocorrência de doenças neurodegenerativas (como doença de Parkinson e demência avançada), AVCs isquêmicos e hemorrágicos, estenoses espinhais, além de quedas domésticas com fraturas cranoencefálicas ou vertebrais, que são eventos bastante comuns nessa população. Do ponto de vista clínico, os idosos apresentam maior fragilidade fisiológica, sarcopenia, comorbidades associadas e baixa reserva funcional, o que contribui para o aumento da demanda por intervenções hospitalares complexas. Esse mesmo padrão se mantém ao analisar os óbitos absolutos. A faixa etária adulta apresenta os maiores números de mortalidade, justificados tanto pelo volume expressivo de internações quanto pela gravidade dos quadros atendidos — que incluem traumas graves, AVCs em fase aguda e tumores cerebrais de difícil abordagem cirúrgica. Em seguida, a população idosa se destaca como grupo de maior vulnerabilidade clínica, com mortalidade elevada mesmo em procedimentos de menor porte, devido às suas limitações imunológicas, fisiológicas e à presença frequente de múltiplas condições crônicas, como hipertensão arterial, diabetes mellitus e insuficiências cardíaca ou renal. O tempo médio de internação nos serviços de neurocirurgia apresentou relativa homogeneidade entre as faixas etárias, com a maioria dos grupos mantendo médias entre 6 a 12 dias. Essa faixa reflete, de modo geral, a complexidade do procedimento, a recuperação pós-operatória, a disponibilidade de leitos de UTI e o tempo necessário para observação neurológica. Contudo, algumas nuances merecem destaque: crianças pequenas e lactentes (0–9 anos) tendem a permanecer por períodos ligeiramente menores, o que pode estar relacionado ao menor porte dos procedimentos realizados nessa faixa (como correções de malformações congênitas, derivação ventrículo-peritoneal em casos de hidrocefalia, ou remoção de tumores benignos de pequeno volume), além da resposta imunológica mais eficiente na ausência de comorbidades. Em contrapartida, o tempo médio de permanência hospitalar tende a aumentar progressivamente a partir da ado-

lescência tardia e, especialmente, entre os idosos. Esse incremento está diretamente associado à maior complexidade clínica, tempo de recuperação pós-operatória mais lento, necessidade de reabilitação precoce, além da maior frequência de complicações como infecções hospitalares, delírio pós-operatório e instabilidade hemodinâmica. A heterogeneidade anatômica e funcional do sistema nervoso em pacientes geriátricos impõe desafios significativos à equipe médica, demandando internações prolongadas e, muitas vezes, abordagens multidisciplinares. A taxa de mortalidade (%), ao contrário dos números absolutos, revela um padrão linear crescente com a idade — uma característica marcante nos dados avaliados. Em todos os estados analisados, a população idosa (60+ anos) apresenta as maiores taxas de mortalidade proporcional, em contraste com os grupos pediátricos, que apresentam os menores valores. Esse fenômeno está amplamente respaldado na literatura médico-hospitalar, que associa o avanço da idade à redução da reserva funcional orgânica, ao aumento da complexidade dos quadros clínicos e à diminuição da capacidade de resposta a intervenções invasivas. Além disso, o tempo de reconhecimento e encaminhamento dos casos em idosos pode ser mais lento, dificultando o acesso precoce à neurocirurgia em tempo hábil. Nas faixas infantis e adolescentes (0–19 anos), as taxas de mortalidade são baixas, indicando bons resultados clínicos, em parte atribuíveis à maior capacidade regenerativa do sistema nervoso central, menor presença de doenças crônicas e maior tolerância fisiológica à anestesia geral e manipulações cirúrgicas.

Indicadores de Procedimentos Neurocirúrgicos por Faixa Etária - Pernambuco (2013-2023)

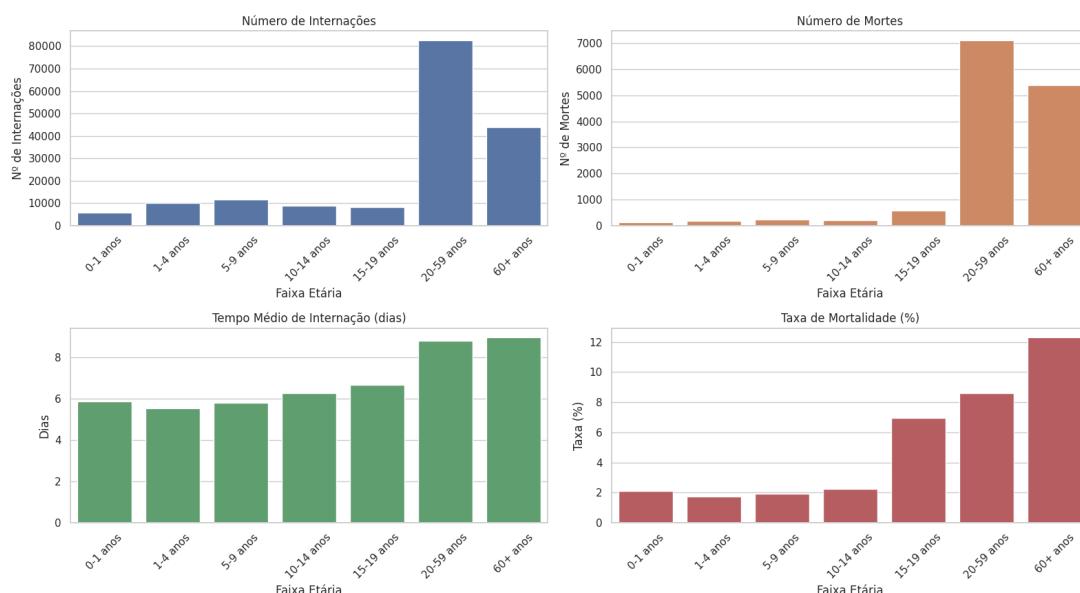


Figura 27 – Indicadores de procedimentos neurocirúrgicos realizados entre 2013-2023 por faixa etária em Pernambuco.

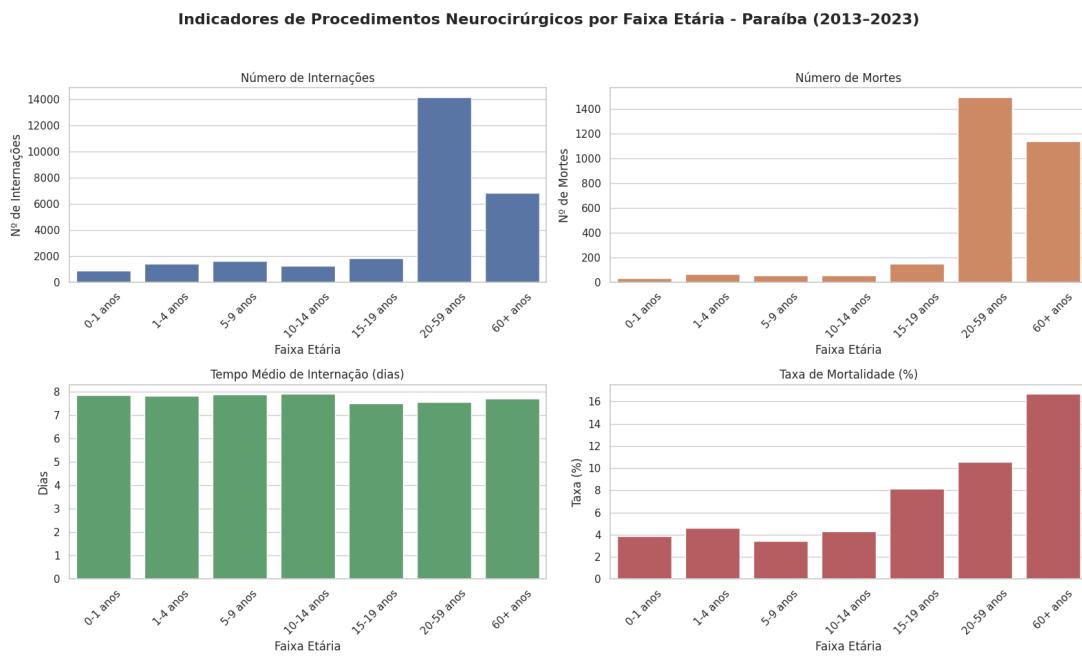


Figura 28 – Indicadores de procedimentos neurocirúrgicos realizados entre 2013-2023 por faixa etária na Paraíba.

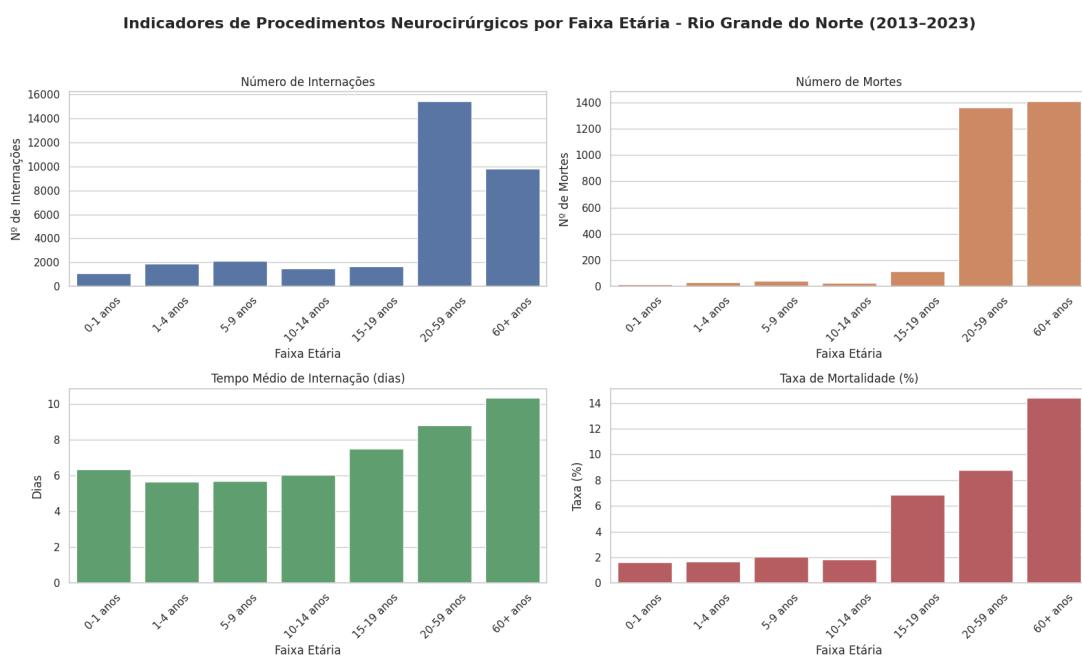


Figura 29 – Indicadores de procedimentos neurocirúrgicos realizados entre 2013-2023 por faixa etária no Rio Grande do Norte.

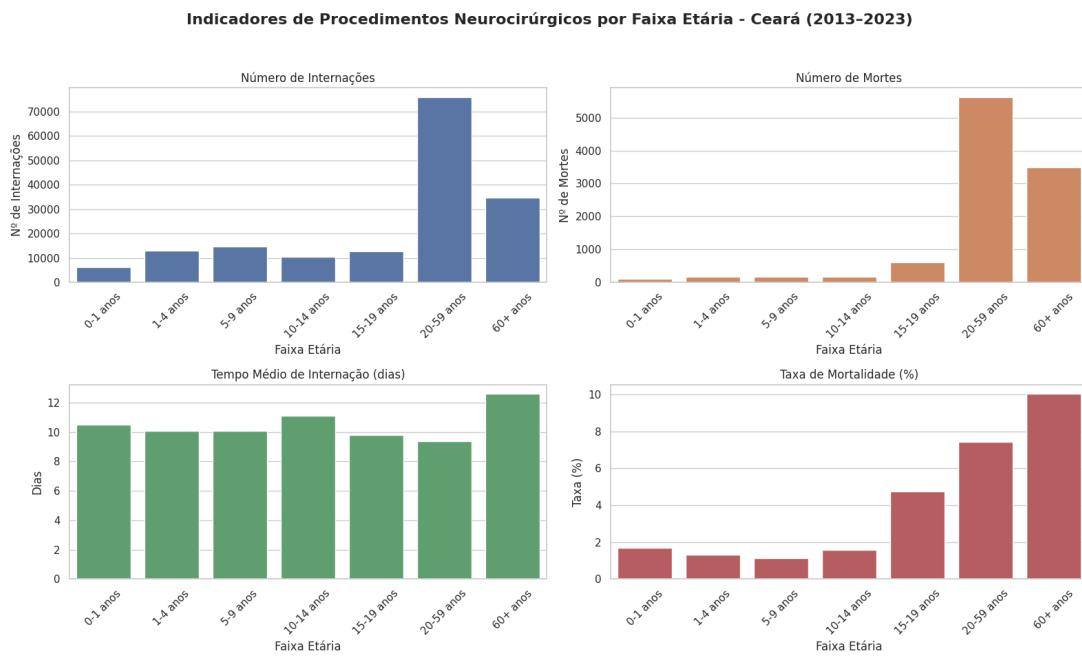


Figura 30 – Indicadores de procedimentos neurocirúrgicos realizados entre 2013-2023 por faixa etária em no Ceará.

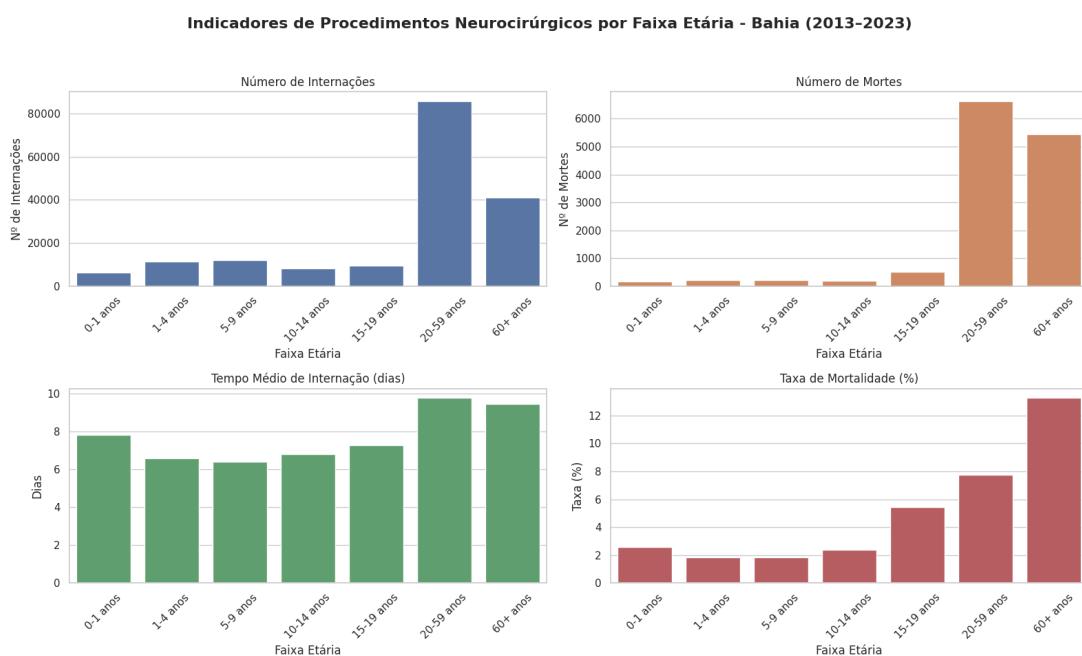


Figura 31 – Indicadores de procedimentos neurocirúrgicos realizados entre 2013-2023 por faixa etária na Bahia.

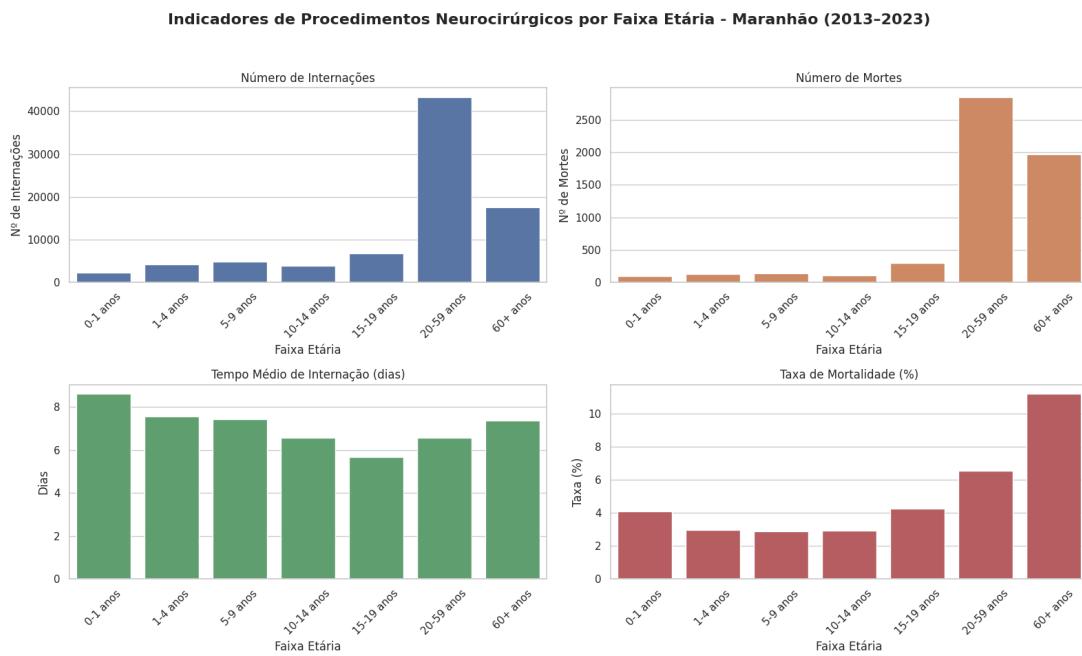


Figura 32 – Indicadores de procedimentos neurocirúrgicos realizados entre 2013-2023 por faixa etária no Maranhão.

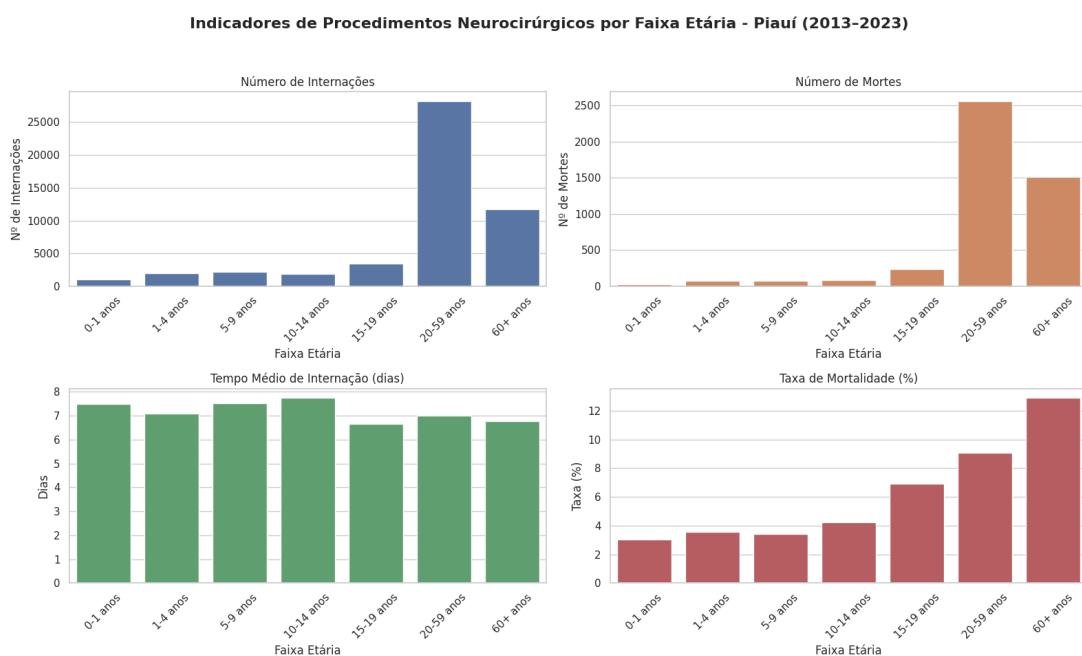


Figura 33 – Indicadores de procedimentos neurocirúrgicos realizados entre 2013-2023 por faixa etária no Piauí.

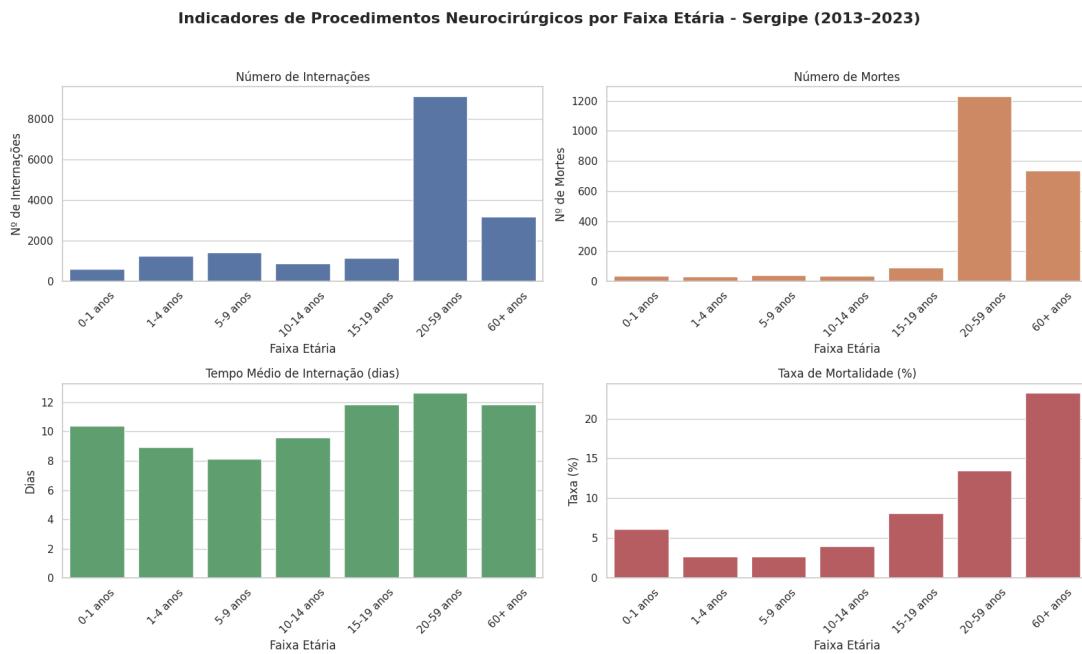


Figura 34 – Indicadores de procedimentos neurocirúrgicos realizados entre 2013-2023 por faixa etária em Sergipe.

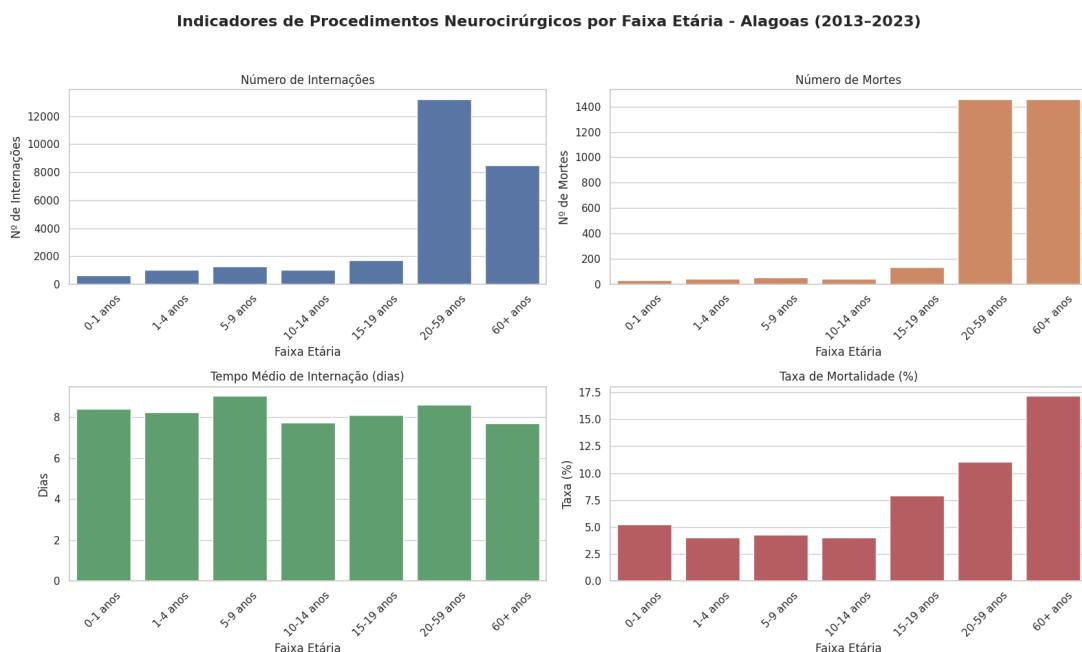


Figura 35 – Indicadores de procedimentos neurocirúrgicos realizados entre 2013-2023 por faixa etária em Alagoas.

4.8 RESULTADOS REFERENTES AOS INDICADORES CORRELACIONADOS COM A EVO LUÇÃO DA CAPACIDADE HOSPITALAR E INFRAESTRUTURA (EQUIPAMENTOS, LEITOS E PROFISSIONAIS)

A presente seção tem como objetivo investigar possíveis relações entre a taxa de mortalidade dos procedimentos neurocirúrgicos e aspectos estruturais da rede hospitalar especializada no estado de Pernambuco, no intervalo de 2013 a 2023. Para tal, foram considerados os seguintes indicadores: número de tomógrafos em operação, número de equipamentos específicos de neurocirurgia, número de leitos dedicados a neurocirurgia e número de médicos neurocirurgiões atuantes. A hipótese central é que melhorias na capacidade diagnóstica, na disponibilidade tecnológica e na força de trabalho médica especializada possam estar associadas à redução da mortalidade observada nos procedimentos realizados. Ao analisar a evolução temporal dos indicadores, verifica-se que todos apresentaram tendências crescentes ao longo do período. O número de tomógrafos, por exemplo, teve um crescimento contínuo de 91 unidades em 2013 para 173 em 2023, representando um *CAGR (Compound Annual Growth Rate)* de aproximadamente 6.55% ao ano. Da mesma forma, o número de neurocirurgiões quase triplicou, passando de 26 para 64 profissionais (*CAGR 9.56%*), sugerindo esforços concretos de ampliação da capacidade profissional especializada. A quantidade de equipamentos de neurocirurgia e leitos específicos também aumentou ou se manteve relativamente estável ao longo do tempo, ainda que com oscilações pontuais. Por outro lado, a taxa de mortalidade nos procedimentos neurocirúrgicos apresentou uma trajetória menos linear, com flutuações relevantes — como o pico observado em 2016 (15,56%) e uma tendência de queda nos anos subsequentes, culminando em 9,57% em 2023. O cálculo do *CAGR* para a taxa de mortalidade revela uma queda média anual de -1,23%, o que pode indicar melhoria gradual nos desfechos clínicos ao longo do tempo, possivelmente associada aos avanços estruturais. A análise estatística de correlação de *Pearson* aponta relações negativas moderadas entre a taxa de mortalidade e todos os indicadores analisados. Destacam-se correlações mais significativas com o número de neurocirurgiões ($r \approx -0.88$) e o número de tomógrafos ($r \approx -0.84$), sugerindo que a ampliação da força de trabalho especializada e da capacidade diagnóstica pode ter influência direta na redução da mortalidade. Complementarmente, a regressão linear múltipla entre os indicadores e a taxa de mortalidade apresentou um bom ajuste (R^2 ajustado de aproximadamente 0.78), o que reforça a consistência da hipótese de que o aprimoramento das condições estruturais hospitalares exerce efeito relevante sobre os desfechos dos pacientes neurocirúrgicos. O modelo

apontou significância estatística para a variável “número de neurocirurgiões”, que apresentou coeficiente negativo robusto. Tais achados evidenciam a importância do investimento contínuo em infraestrutura e capital humano para a obtenção de melhores indicadores de qualidade e segurança assistencial. Especificamente no contexto da neurocirurgia — que envolve alta complexidade e risco —, a presença de recursos diagnósticos avançados (como a tomografia computadorizada), equipamentos dedicados e médicos especialistas em número adequado são fatores determinantes para a eficácia do tratamento e redução de complicações.

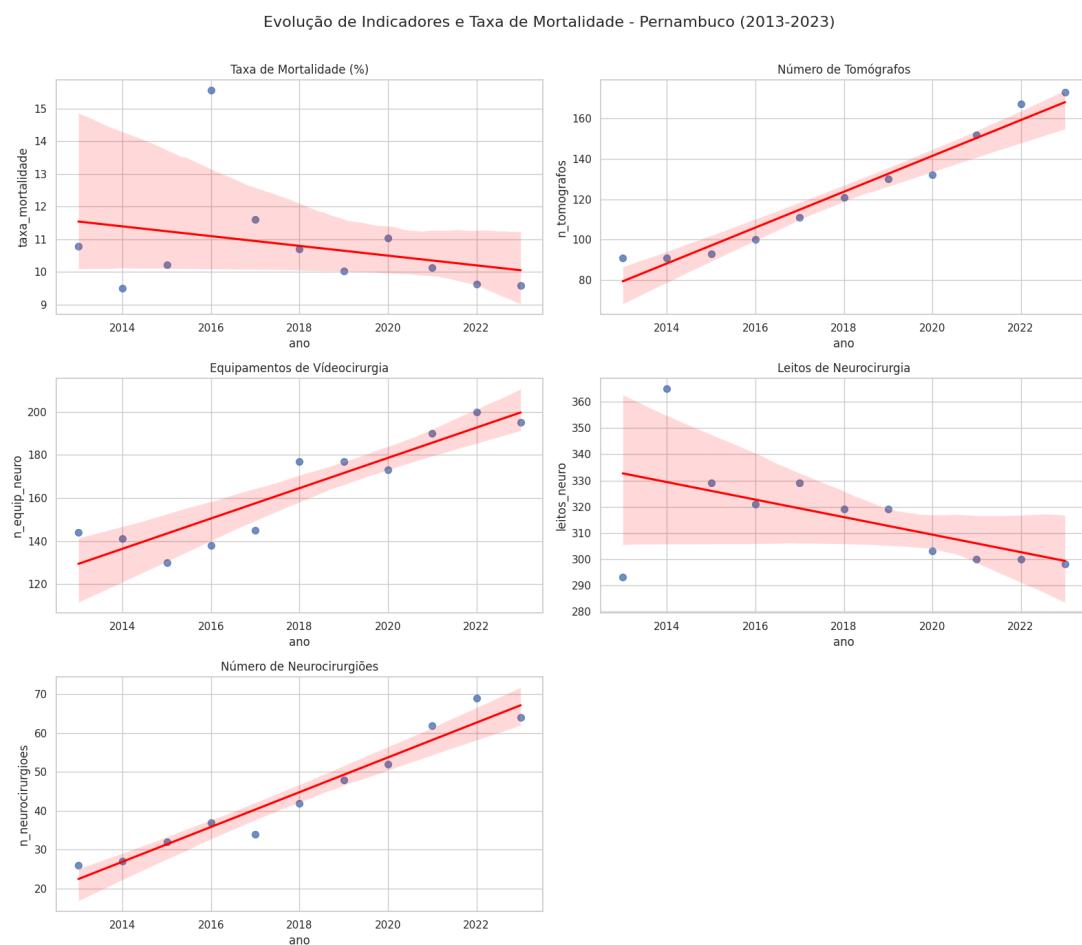


Figura 36 – Análise da correlação entre indicadores de infraestrutura hospitalar e a taxa de mortalidade em procedimentos neurocirúrgicos no estado de Pernambuco entre 2013 e 2023.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo principal investigar de forma sistemática a evolução da infraestrutura, dos recursos humanos especializados e dos indicadores assistenciais relacionados aos procedimentos neurocirúrgicos no Sistema Único de Saúde (SUS) ao longo da última década, compreendendo o período de 2013 a 2023. Esta análise partiu do reconhecimento de que a neurocirurgia representa uma área de alta complexidade e elevada relevância clínica, tanto pelo perfil epidemiológico das patologias neurológicas quanto pela magnitude dos custos assistenciais envolvidos.

A metodologia adotada baseou-se na extração, tratamento e análise de dados oriundos do Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/DATASUS), por meio da aplicação de técnicas computacionais desenvolvidas na linguagem *Python*, com apoio das bibliotecas *PySUS*, *Pandas* e *Matplotlib*. Esse processo foi fundamental para viabilizar o tratamento de grandes volumes de dados, que foram organizados em tabelas, gráficos e séries temporais, permitindo compreender tendências históricas, identificar variações e apontar correlações entre variáveis.

Os resultados demonstraram uma evolução progressiva no número absoluto de neurocirurgiões vinculados ao sistema de saúde público brasileiro, evidenciando a ampliação gradual da capacidade de atendimento especializado. Esse crescimento esteve acompanhado por oscilações no número de leitos disponíveis e de equipamentos essenciais, tais como tomógrafos, microscópios cirúrgicos e monitores multiparamétricos. Observou-se que períodos de maior investimento na infraestrutura hospitalar coincidiram com melhorias em indicadores-chave, como a redução da mortalidade hospitalar associada aos procedimentos e a diminuição do tempo médio de permanência, sugerindo que a qualificação tecnológica e estrutural impacta de maneira direta e significativa os desfechos clínicos.

A análise revelou correlações importantes: hospitais com maior disponibilidade de leitos neurocirúrgicos e equipamentos de suporte avançado apresentaram, de forma consistente, melhores indicadores assistenciais. Essa relação reforça a hipótese de que o investimento em infraestrutura, aliado à formação contínua de equipes multiprofissionais, constitui fator determinante na qualidade e na resolutividade dos cuidados. Destaca-se, ainda, que a consolidação de redes regionais de atenção neurocirúrgica contribui para reduzir desigualdades geográficas, favorecendo o acesso oportuno ao tratamento.

O detalhamento da distribuição etária dos pacientes evidenciou a predominância de atendimentos em adultos e idosos, grupo que concentra as maiores taxas de morbidade e mortalidade associadas a doenças neurológicas e traumatismos crânioencefálicos. Embora o banco de dados utilizado apresente limitações, como ausência de variáveis clínicas detalhadas e potenciais inconsistências de registro, os resultados alcançados permitem uma visão abrangente do cenário nacional e subsidiam reflexões relevantes sobre prioridades de gestão.

O trabalho também evidenciou o potencial das ferramentas de análise de dados como suporte à prática de engenharia clínica e ao planejamento estratégico em saúde. A automatização do processamento dos registros, a construção de séries históricas e a geração de painéis informativos conferiram maior precisão, transparência e agilidade às análises, permitindo identificar padrões que, muitas vezes, passariam despercebidos em avaliações pontuais ou restritas a relatórios anuais.

Ademais, esta pesquisa corrobora a premissa de que a melhoria dos indicadores em neurocirurgia depende, de forma indissociável, de uma visão sistêmica, que contemple investimentos sustentados em infraestrutura física, aquisição de equipamentos de ponta, políticas de educação continuada e fortalecimento da gestão clínica baseada em evidências. A consolidação desse conjunto de fatores se traduz em aumento da eficiência assistencial, otimização de custos e, sobretudo, promoção de maior segurança e qualidade no cuidado prestado aos pacientes.

Os dados consolidados ao longo deste estudo oferecem subsídios valiosos para orientar políticas públicas de saúde que priorizem a ampliação e a qualificação da rede de atenção neurocirúrgica no Brasil. Ao evidenciar a relação direta entre investimentos em infraestrutura tecnológica e melhora dos desfechos assistenciais, fica claro que estratégias de financiamento devem contemplar não apenas a expansão da capacidade instalada, mas também a atualização permanente dos equipamentos e o incentivo à formação de recursos humanos especializados.

A utilização de bases de dados públicas, como o SIH/DATASUS, integrada a tecnologias de ciência de dados, permite monitorar continuamente indicadores críticos, identificar lacunas regionais e avaliar o impacto das intervenções implementadas. Essas análises podem, por exemplo, embasar programas de incentivo à regionalização de serviços de alta complexidade, assegurando que populações de áreas remotas tenham acesso a tratamentos neurocirúrgicos em tempo oportuno e em unidades devidamente equipadas.

Outro ponto fundamental consiste no fortalecimento de políticas voltadas à incorporação de inovações tecnológicas, tais como sistemas informatizados de gestão de equipamentos, protocolos clínicos baseados em evidências e soluções digitais de monitoramento de resulta-

dos. Tais iniciativas favorecem a governança hospitalar, aumentam a eficiência operacional e contribuem para o uso racional dos recursos públicos ([MEDEIROS; DIAS, 2019](#)).

Além disso, os achados desta pesquisa reforçam a importância de articular investimentos em infraestrutura com estratégias de valorização profissional, garantindo a fixação de neurocirurgiões e equipes multiprofissionais em todas as regiões do país. Políticas de incentivo à formação, programas de atualização continuada e mecanismos de valorização do trabalho especializado são essenciais para a consolidação de uma rede de atenção neurocirúrgica resolutiva e sustentável.

Por fim, recomenda-se que gestores públicos e formuladores de políticas utilizem os indicadores apresentados como ponto de partida para o estabelecimento de metas de expansão, qualificação e monitoramento da assistência, em consonância com os princípios de universalidade, integralidade e equidade que orientam o Sistema Único de Saúde.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, R. D.; VICTOR, M.; ROPPER, A. H. Princípios de Neurologia de Adams e Victor. 11. ed. Rio de Janeiro: AMGH, 2020.
- Brasil. Ministério da Saúde. Departamento de Informática do SUS (DATASUS). <<http://www.datasus.gov.br>>. Acesso em: ago. 2025.
- Brasil. Ministério da Saúde. SIGTAP – Sistema de Gerenciamento da Tabela de Procedimentos, Medicamentos e OPM do SUS. <<https://sigtap.datasus.gov.br>>. Acesso em: ago. 2025.
- Brasil. Ministério da Saúde. Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS) – Manual Técnico. Brasília, 2022. Disponível em: <<https://datasus.saude.gov.br/sistemas-e-aplicativos/hospitalares/sih-sus/>>.
- BRONZINO, J. D. The Biomedical Engineering Handbook. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2006.
- BRUNORO, C.; SANTOS, H.; CAMARGO, A. PySUS: Ferramenta em Python para Análise de Dados do Sistema Único de Saúde. GitHub Repository. Acesso em: ago. 2025. Disponível em: <<https://github.com/alageek/pysus>>.
- FEVEREIRO, R. B.; DIAS, J. R. M. Gestão Hospitalar: Teoria e Prática no Contexto do SUS. São Paulo: Editora Manole, 2021.
- FRANCO, R. M.; RIBEIRO, R. S. Gestão da Tecnologia em Saúde: Engenharia Clínica. Rio de Janeiro: Editora Rubio, 2017.
- GIOVANELLA, L.; ESCOREL, S.; LOBATO, L. V. C.; NORONHA, J. C.; CARVALHO, A. I. Políticas e Sistema de Saúde no Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2012.
- KANDEL, E. R.; SCHWARTZ, J. H.; JESSELL, T. M. Princípios de Neurociência. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.
- LUZZI, S. Manual de Neurocirurgia. Porto Alegre: Artmed, 2014.
- MEDEIROS, D. D. D.; DIAS, J. R. M. Engenharia Clínica: Aspectos Técnicos e Práticos para Hospitais. São Paulo: Manole, 2019.
- VEIGA, J. C. E.; SILVA, J. M. P.; SHIBAO, S. Neurocirurgia no brasil: realidade, desafios e perspectivas. *Revista Brasileira de Neurocirurgia*, v. 29, n. 3, p. 112–119, 2020.