

GÊMEOS DIGITAIS E IA

A REVOLUÇÃO DA ONCOLOGIA PERSONALIZADA

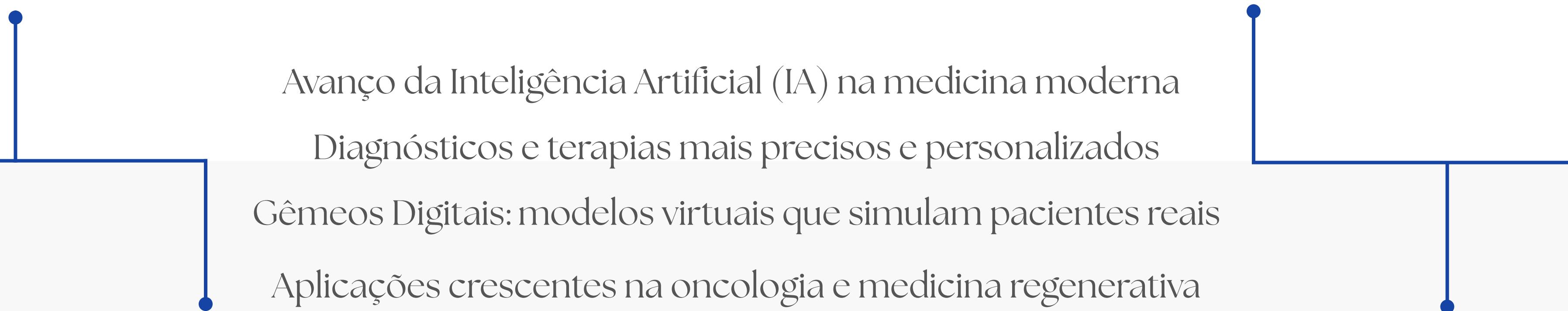
Matheus Henrique de Castilho

Ciência da Computação

Prof. Esp. Lucas Serafim Parízotto

Faculdade de Americana

INTRODUÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO



PROBLEMA

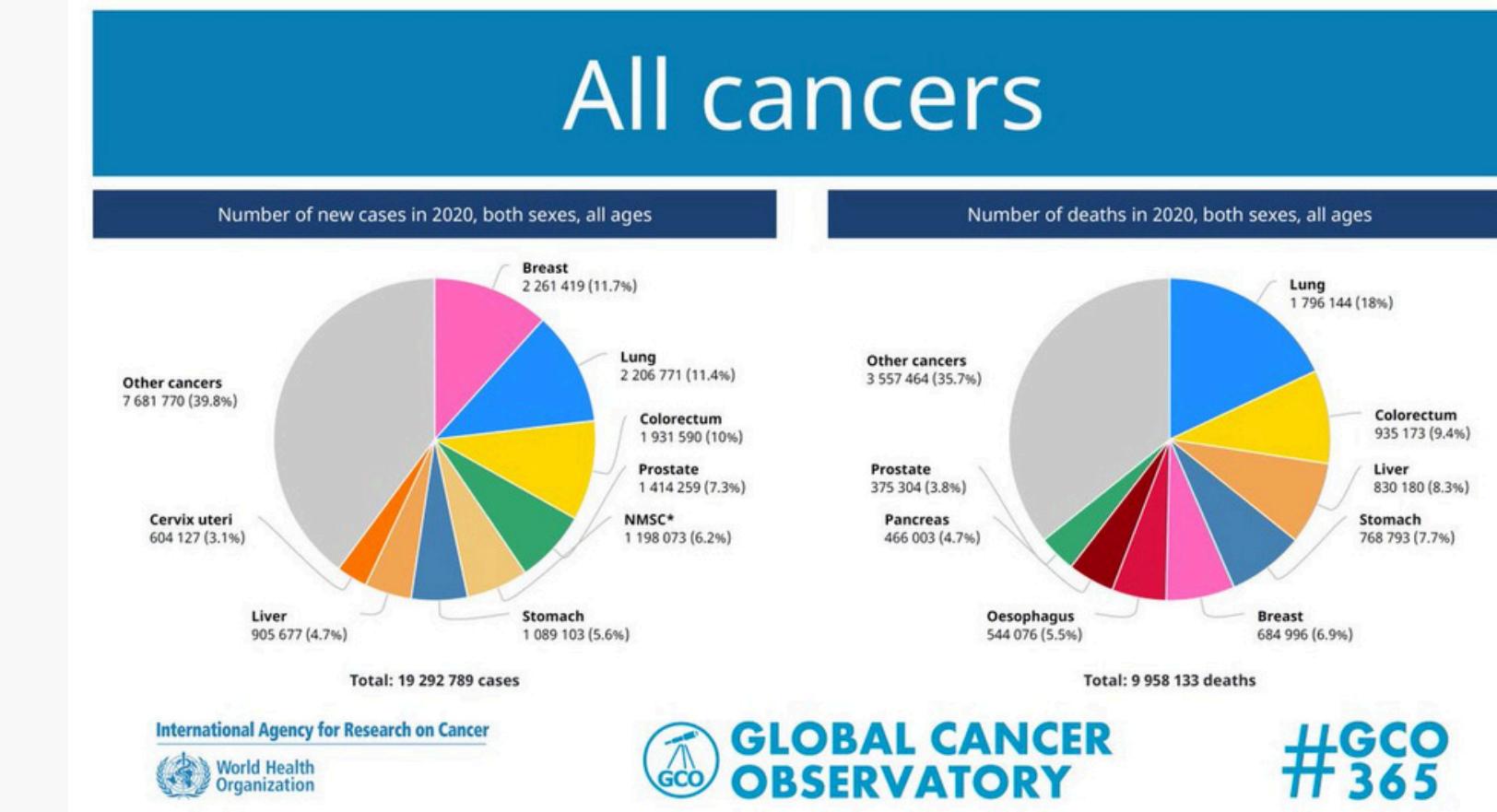
- Mesmo com avanços no diagnóstico e nas terapias oncológicas, a eficácia dos tratamentos ainda é limitada.
- A causa principal está na complexidade biológica e na variabilidade individual das respostas dos pacientes.
- Surge a necessidade de soluções inovadoras que permitam prever a evolução da doença e a resposta às terapias.
- Problema central: Como a Inteligência Artificial e os Gêmeos Digitais podem otimizar o tratamento oncológico, aumentando a precisão terapêutica e reduzindo riscos.

OBJETIVOS

- Investigar o potencial da Inteligência Artificial e dos Gêmeos Digitais na personalização do tratamento oncológico.
- Integrar ambientes biomiméticos para aprimorar a regeneração de tecidos.
- Analisar o papel da IA na criação e aprimoramento dos Gêmeos Digitais aplicados à oncologia.
- Explorar o uso da modelagem biomimética na medicina regenerativa.
- Identificar desafios éticos, computacionais e regulatórios na aplicação clínica dessas tecnologias.
- Avaliar estudos de caso que demonstrem a prática dos Gêmeos Digitais e da IA na medicina personalizada.
- Propor um modelo teórico adaptado ao contexto do SUS, considerando a realidade brasileira.

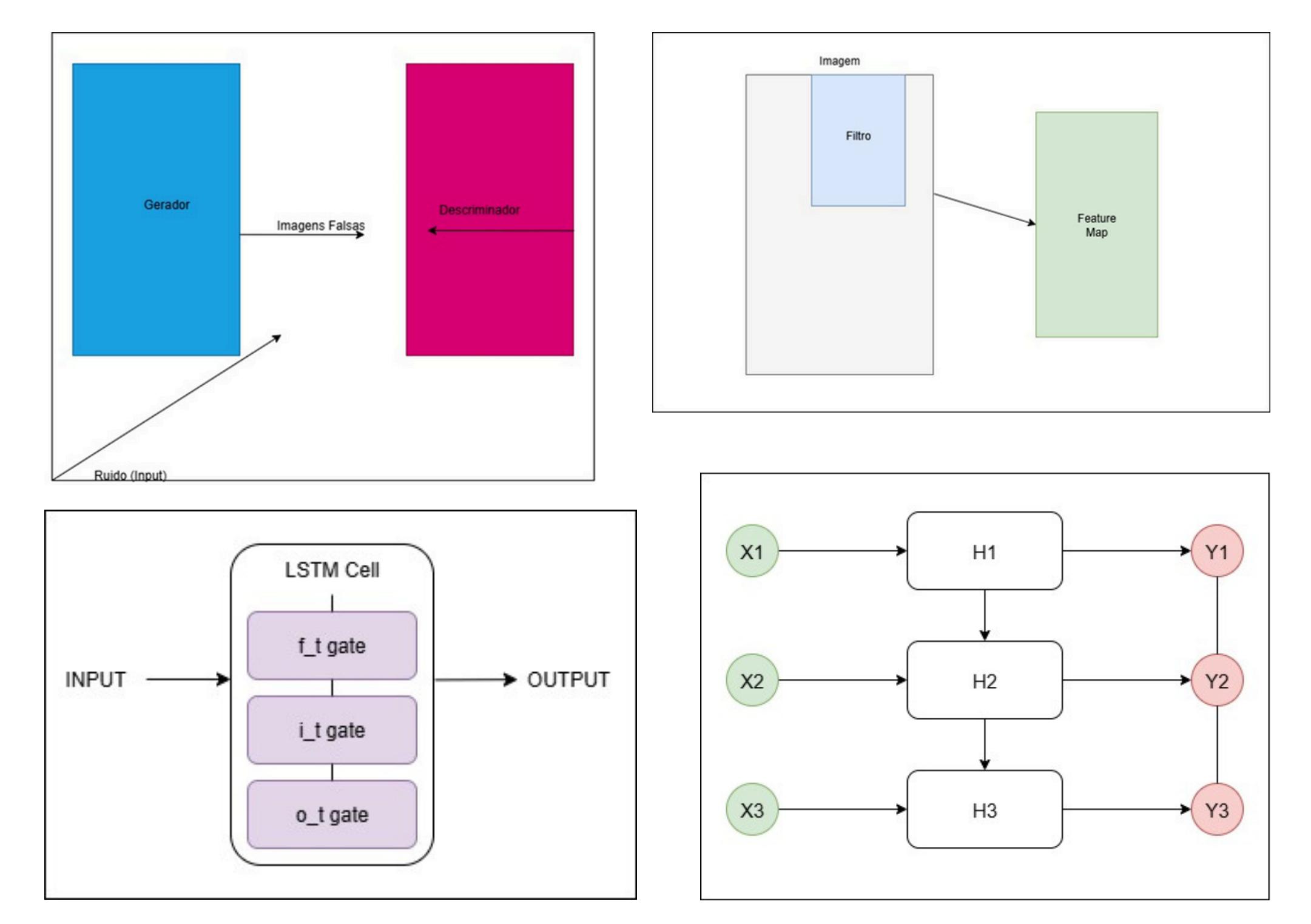
JUSTIFICATIVA

- Aumento alarmante dos casos de câncer e necessidade de terapias mais eficazes e personalizadas.
- IA e Gêmeos Digitais como soluções inovadoras na medicina de precisão.
- TumorTwin demonstra potencial clínico ao simular respostas tumorais em tempo real.
- Impacto científico e social: avanço técnico e melhoria do acesso no SUS.
- Perspectiva de tratamentos mais seguros, regenerativos e humanizados.



FUNDAMENTOS DE IA

- Machine Learning: ensina máquinas a aprender com dados (supervisionado, não supervisionado e por reforço).
- Deep Learning: redes neurais profundas que interpretam imagens e padrões complexos.



GÊMEOS DIGITAIS

- Conceito dos Gêmeos
- Modelo virtual dinâmico e personalizado do paciente
- Atualizado continuamente por imagens, exames e sensores
- Conexão real ↔ virtual, permitindo simulações precisas
- Suporte à decisão clínica por meio de previsões e ajustes em tempo real

APLICAÇÕES MÉDICAS

Aplicações na Medicina

- Avaliação prévia de terapias e escolha do tratamento ideal
- Recuperação e reabilitação guiada por respostas simuladas
- Apoio à saúde pública com modelos populacionais

- Planejamento cirúrgico com modelos 3D individualizados
- Monitoramento contínuo e antecipação de complicações
- Áreas que estão sendo aplicadas: Cardiologia, Ortopedia, Cirurgia Minimamente invasiva, Reabilitação neurologivca e Saude Publica

Aplicações na Oncologia

- Simulação da evolução tumoral e resposta a medicamentos
- Comparação virtual entre protocolos de quimio, rádio e imunoterapia
- Ajustes terapêuticos conforme novos exames (evolução diária/semana)

- Identificação de risco, prognóstico e chances de recidiva
- Ensaios clínicos virtuais com base no perfil biológico do paciente

BIOMIMÉTICA E ÉTICA

Modelagem Biomimética

Simulação de ambientes biológicos reais (microambiente tumoral)

Teste de fármacos e regeneração tecidual

Úteros artificiais e bioengenharia experimental

Apoia cirurgias reconstrutivas e terapias regenerativas

Ética, LGPD e Segurança:

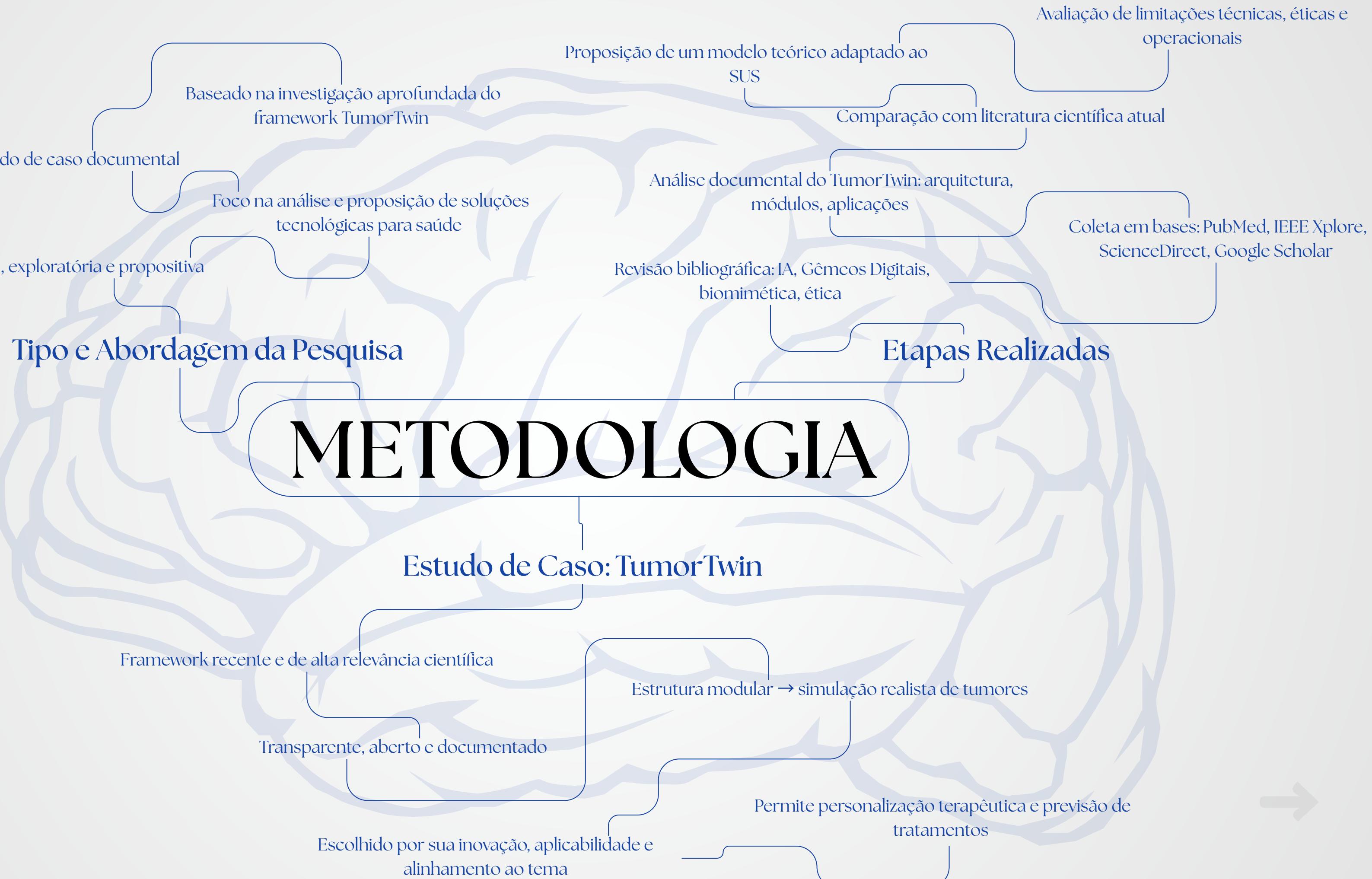
Dados sensíveis → proteção reforçada

Princípios: beneficência, não maleficência, justiça e explicabilidade

Riscos: viés algorítmico e uso inadequado de dados

Interoperabilidade e consentimento informado





ESTUDO DE CASO

TumorTwin

Apresentação do Caso TumorTwin

Framework criado para simular tumores reais
Baseado em dados personalizados de pacientes
Estrutura em três camadas

Implementação dos Gêmeos Digitais

Arquitetura modular 6x
Ciclo de atualização dinâmica
Integra dados clínicos + simulações digitais

Arquitetura e Algoritmos de IA

CNNs, LSTMs e modelos generativos
Predição de tratamentos
Integração multimodal de dados

Modelagem Biomimética

Microambientes tumorais virtuais
Parâmetros biomiméticos realistas
IA + modelos fisiológicos

Resultados e Inferências

Previsões mais precisas
Simulações personalizadas viáveis
Redução de riscos e melhor planejamento terapêutico

Impactos e Contribuições

Potencial no SUS
Suporte à decisão médica
Segurança, ética e equidade de acesso



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Principais Achados

IA + Gêmeos Digitais → aumento significativo da precisão diagnóstica

Simulações permitem prever resposta tumoral antes da terapia

TumorTwin demonstra viabilidade real de gêmeos digitais personalizados

Integração multimodal (imagem + clínica + dados temporais) melhora decisões

Técnicas biomiméticas ampliam o potencial da medicina regenerativa

Alcançaram Acurácia

92,4%

Tecidos Malignos e Benignos

94,1%

Limitações e Desafios

Infraestrutura computacional ainda limitada em hospitais públicos

Dependência de dados padronizados e interoperáveis

Riscos éticos → privacidade, segurança e viés algorítmico

Escassez de profissionais capacitados em IA na saúde

Desafios regulatórios e de validação científica para uso clínico

Benefícios Identificados

Simulações seguras → reduzem riscos e efeitos adversos

Personalização da terapia com base no perfil do paciente

Apoio à decisão clínica com modelos explicáveis e adaptativos

Otimização de recursos no SUS com tecnologias de predição

Melhor acompanhamento longitudinal da evolução tumoral

CONCLUSÃO

- Gêmeos Digitais + IA estão transformando a medicina personalizada
- Potencial para prever evolução tumoral com alta fidelidade
- TumorTwin demonstra aplicabilidade real e cientificamente sólida
- Biomimética reforça simulações regenerativas e terapias avançadas
- Modelo teórico proposto mostra viabilidade para o SUS



REFERÊNCIAS

BARRICELLI, B. R. et al. Digital twin for healthcare: a survey of applications, challenges and opportunities. *Applied Sciences*, v. 9, n. 12, p. 1-28, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/app9122523>

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Cancer fact sheet: key facts 2023. Geneva: WHO, 2023. Disponível em: [BARRICELLI, B. R. et al. Digital twin for healthcare: a survey of applications, challenges and opportunities. Applied Sciences, v. 9, n. 12, p. 1-28, 2019. DOI: https://doi.org/10.3390/app9122523.](#) Acesso em: 06 jun. 2025.

TAO, F.; QIN, J.; LIU, A. Digital twin and big data towards smart manufacturing and personalized healthcare. London: Academic Press, 2019.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO (UNIFESP). Medicina personalizada e de precisão: o gêmeo digital na saúde. São Paulo: UNIFESP, 2023. Disponível em: <https://repositorio.unifesp.br/items/4dc78532-4889-4124-bedc-03648e4fld7e>. Acesso em: 25 set. 2025.

RUSSELL, S.; NORVIG, P. Artificial intelligence: a modern approach. 3. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2016.

YU, C.; D'AGOSTINO, R. Digital twins in healthcare: state of the art and future directions. *Journal of Medical Systems*, v. 42, n. 12, p. 1-12, 2018.

OBRIGADO PELA ATENÇÃO!

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”

Arthur Schopenhauer