Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Ciência da Computação



Mariane Mara de Souza

Sistema Inteligente para Auxílio na Tomada de Decisão sobre Exames Pré-operatórios

Curso Bacharelado em Sistemas de Informação
Pesquisa Tecnológica
Orientadora: Michele Amaral Brandão

Belo Horizonte, Minas Gerais
Junho, 2026

1. Resumo....3
2. INTRODUÇÃO....3
2.1. Caracterização do Problema e Motivação....3
2.2. Sumário do Trabalho Realizado....4
2.2.1. MSI I....4
2.2.2. MSI II....4
2.3. Objetivos....5
2.3.1. Objetivo Geral....5
2.3.2. Objetivos Específicos....5
3. FUNDAMENTOS E REFERENCIAL TEÓRICO....5
3.1. Contexto Médico e Diretrizes....5
3.2. Sistemas de Apoio à Decisão....6
3.3. Sistemas Médicos de Apoio à Decisão....6
4. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS EM MSI II....7
4.1. Escopo Executado....7
4.2. Validação e Refinamento do Protótipo com a Equipe Médica....7
4.3. Considerações sobre a Arquitetura Tecnológica....8
5. CONCLUSÃO....9
5.1. Resultados Alcançados....9
5.2. Limitações....9
5.3. Trabalhos Futuros....10
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS....11
APÊNDICE A – Protótipo de Interface do Sistema....13

1. Resumo

A avaliação pré-operatória é fundamental para a segurança em procedimentos cirúrgicos, permitindo a mitigação de riscos anestésicos e operatórios. No entanto, em instituições como o Hospital das Clínicas da UFMG (HC-UFMG), é comum a adoção de solicitações padronizadas, o que ignora variáveis individuais e resulta em desperdício de recursos e riscos de resultados falso-positivos. Este projeto propõe o desenvolvimento de um sistema inteligente de apoio à decisão para orientar profissionais de saúde na solicitação personalizada de exames pré-operatórios. Durante esta etapa do projeto (MSI II), o escopo concentrou-se na expansão e no refinamento de um protótipo navegável para cirurgias de médio e grande porte, adaptando-se ao tempo de validação das regras de negócio clínicas por parte da equipe médica parceira. Os resultados alcançados incluem um protótipo iterativamente ajustado e validado para todos os portes cirúrgicos, além da consolidação de uma base de regras clínicas que servirá como especificação para a futura implementação tecnológica do software.

2. INTRODUÇÃO

2.1. Caracterização do Problema e Motivação

A avaliação pré-operatória é fundamental para a segurança em procedimentos cirúrgicos, permitindo a mitigação de riscos anestésicos e operatórios. No entanto, em instituições como o Hospital das Clínicas da UFMG (HC-UFMG), é comum a adoção de "pacotes" padronizados de exames. Essa prática frequentemente ignora variáveis individuais como idade, comorbidades e o porte da cirurgia.

A solicitação indiscriminada de exames resulta em desperdício de recursos financeiros no Sistema Único de Saúde (SUS), desconforto desnecessário ao paciente e o risco de resultados falso-positivos, que podem levar a investigações adicionais e adiamento dos procedimentos cirúrgicos. Diante deste cenário, sistemas de apoio à decisão clínica surgem como ferramentas essenciais para alinhar a conduta médica às melhores evidências científicas, promovendo uma prática mais racional e eficiente.

2.2. Sumário do Trabalho Realizado

2.2.1. MSI I

Durante a disciplina de MSI I, o projeto concentrou-se na fundamentação teórica e no design da solução. Os objetivos estabelecidos para o primeiro semestre foram plenamente alcançados, destacando-se:

- A consolidação do embasamento teórico mediante o levantamento de diretrizes da Sociedade Brasileira de Anestesiologia (SBA) e da American Society of Anesthesiologists (ASA).
- O mapeamento das regras de negócio e a estruturação de fluxos de decisão clínica em colaboração com a equipe médica do projeto de extensão.
- A modelagem lógica dos algoritmos de decisão voltada especificamente para cirurgias de pequeno porte.
- A criação de protótipos na plataforma Figma, estabelecendo interface visual inicial do sistema.

2.2.2. MSI II

Por se tratar de um projeto vinculado a uma iniciativa de extensão universitária, a definição e a validação das regras de negócio clínicas dependem da disponibilidade e do retorno da equipe médica parceira. Diante deste cenário, o processo de validação dessas regras para cirurgias de médio e grande porte demandou mais tempo do que o previsto, o que impactou diretamente o cronograma de implementação do sistema funcional.

Por este motivo, o foco do semestre concentrou-se na expansão e no refinamento do protótipo navegável, para ser melhor avaliado pelos médicos usuários do sistema. As principais atividades realizadas foram:

- A expansão do protótipo para os tipos de cirurgia de médio e grande porte, complementando o protótipo de pequeno porte elaborado em MSI I.
- Ciclos de ajuste do protótipo com base no feedback da equipe médica, com foco na praticidade de uso do sistema, nas regras clínicas e na usabilidade da interface.

2.3. Objetivos

2.3.1. Objetivo Geral

Desenvolver e validar uma plataforma inteligente para orientar profissionais de saúde na solicitação personalizada de exames pré-operatórios, visando a otimização de recursos, a redução de riscos clínicos e o aumento da eficiência hospitalar.

2.3.2. Objetivos Específicos

- Mapear e estruturar os fluxogramas de decisão e a base de conhecimento para cirurgias de médio e grande porte.
- Expandir e refinar o protótipo navegável elaborado anteriormente, englobando agora os fluxos de todos os portes cirúrgicos.
- Realizar ciclos iterativos de validação com a equipe médica para avaliar a usabilidade da interface e a corretude clínica das regras de negócio embutidas.
- Consolidar a base de regras e decisões arquiteturais para servir de insumo direto na subsequente implementação tecnológica do sistema.

3. FUNDAMENTOS E REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Contexto Médico e Diretrizes

A base de conhecimento médico utilizada neste trabalho fundamenta-se nas diretrizes da Sociedade Brasileira de Anestesiologia (SBA) e da American Society of Anesthesiologists (ASA), bem como em recomendações internacionais de relevância (COOMBS; SPAIN, 2024; GUALANDRO et al., 2024; IBARRA, 2021; LAMPERTI et al., 2025; NATIONAL INSTITUTE FOR HEALTH AND CARE EXCELLENCE, 2016) . Estudos recentes indicam que a solicitação rotineira de exames, sem considerar as especificidades do paciente, gera custos desnecessários e não agrega segurança ao procedimento (KESHAVAN; SWAMY, 2016; KIRKHAM et al., 2016; TAYLOR et al., 2021; YONEKURA et al., 2017) . No âmbito deste projeto, que integra uma iniciativa de extensão universitária, a curadoria e revisão bibliográfica destas diretrizes médicas foram realizadas pela equipe de medicina parceira. O produto dessa revisão foi consolidado em matrizes de decisão que relacionam comorbidades, idade e tipo de cirurgia aos exames indicados, servindo de base para a modelagem computacional.

3.2. Sistemas de Apoio à Decisão

Os Sistemas de Apoio à Decisão Clínicos (SADC) são ferramentas computacionais projetadas para auxiliar profissionais de saúde na tomada de decisões complexas, fornecendo recomendações baseadas em dados específicos do paciente e em bases de conhecimento científico (WASYLEWICZ; SCHEEPERS-HOEKS, 2019). A utilização de bancos de dados estruturados permite que protocolos inteligentes sejam aplicados de forma objetiva, mitigando a variabilidade clínica injustificada e promovendo a adesão às melhores práticas (KESHAVAN; SWAMY, 2016) . Este trabalho se insere nessa categoria, propondo uma interface que processa regras de negócio complexas para entregar uma recomendação simples e direta ao cirurgião e à sua equipe médica.

3.3. Sistemas Médicos de Apoio à Decisão

A revisão da literatura permitiu identificar diversas ferramentas estabelecidas que operacionalizam o suporte à decisão clínica. Entre as soluções de mercado, destacam-se os sistemas de informação hospitalar tradicionais (como LIS, PIS e CPOE), que emitem alertas sobre exames e medicamentos, e bases de conhecimento rápido, como ClinicalKey e UpToDate. No âmbito de avaliação de risco pré-operatório, existem calculadoras e escalas amplamente utilizadas, como o *Revised Cardiac Risk Index* (RCRI), o *Duke Activity Status Index* (DASI), a *Clinical Frailty Scale* e o *NSQIP Risk Calculator*, além de matrizes de decisão estáticas, como as Diretrizes NICE (NG45).

Embora essas ferramentas consolidadas existam, muitas delas (como calculadoras de risco isoladas ou repositórios taxativos de diretrizes) são genéricas, fragmentadas em escores específicos ou não estão adaptadas à realidade operacional e às limitações de recursos de hospitais públicos brasileiros. A maioria exige que o médico consulte múltiplas fontes separadamente ou lide com interfaces que não dialogam com o fluxo ágil de um ambulatório.

Nesse contexto, o diferencial do sistema proposto neste trabalho é a integração das diretrizes nacionais (SBA) e internacionais (ASA) em um único fluxo de decisão dinâmico e centralizado. Em vez de apenas calcular um risco isolado, a ferramenta cruza múltiplas variáveis simultaneamente, como o porte cirúrgico, a classificação ASA, a idade e as comorbidades do paciente, para gerar uma recomendação de exames personalizada e focada

na otimização de recursos do Sistema Único de Saúde (SUS), atendendo especificamente às necessidades do HC-UFMG.

4. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS EM MSI II

Diferentemente do previsto na proposta de trabalho, o foco do semestre não foi a implementação do sistema funcional, mas sim a expansão e a validação do protótipo navegável para os portes cirúrgicos de médio e grande porte, em função da dependência do projeto em relação ao ciclo de validação das regras de negócio pela equipe médica parceira.

4.1. Escopo Executado

O presente trabalho está vinculado a um projeto de extensão universitária, no qual a definição e a validação das regras de negócio clínicas, relacionadas a comorbidades, idade, porte cirúrgico e exames indicados, são de responsabilidade da equipe médica parceira. Para cirurgias de médio e grande porte, essas regras envolvem um número maior de variáveis clínicas e, consequentemente, exigiram um processo de revisão mais extenso do que o observado para cirurgias de pequeno porte em MSI I.

Como consequência, a etapa de implementação tecnológica do sistema, que envolveria a definição da arquitetura, a codificação do front-end, do back-end e do banco de dados, e os testes de software (passos da metodologia originalmente prevista na proposta inicial), foi postergada para a próxima fase do projeto, que vai ser continuado até o produto final ser entregue, sendo substituída, neste semestre, pela expansão e pelo refinamento do protótipo navegável.

4.2. Validação e Refinamento do Protótipo com a Equipe Médica

Ao longo do semestre, o protótipo foi submetido a um ciclo iterativo de validação com a equipe médica parceira, atuando como especialistas de domínio. Em cada sessão, o fluxo de telas e a lógica de decisão representada no protótipo eram percorridos com a equipe, que avalia tanto a usabilidade da interface quanto a corretude clínica das regras de negócio

embutidas em cada ramo de decisão, em particular, os fluxos de médio e grande porte expandidos nesta etapa.

Esse processo gerou ajustes em diferentes camadas do protótipo. No nível de interface, houve simplificação de rótulos e reorganização de campos para reduzir a ambiguidade no preenchimento. No nível da lógica de negócio, a equipe médica apontou pontos em que a árvore de decisão não capturava adequadamente a complexidade clínica real. Como exemplo, o campo de seleção do porte cirúrgico, originalmente preenchido diretamente pelo usuário, revelou-se um critério por vezes subjetivo do ponto de vista de quem encaminha o paciente, o que motivou repensar essa classificação como uma responsabilidade do back-end (a partir do procedimento informado) em vez do front-end. Em outros pontos, o retorno da equipe médica resultou na inclusão de exames adicionais, na correção de ramificações da árvore de decisão e no ajuste de condições de exceção não previstas na modelagem inicial.

Esse ciclo de validação e ajuste é contínuo. A atualização do protótipo incorporando o feedback mais recente está em andamento, conduzida em conjunto com os demais integrantes do projeto, e alimenta diretamente a base de regras que servirá de especificação para a implementação do sistema na próxima etapa.

4.3. Considerações sobre a Arquitetura Tecnológica

A definição da arquitetura do sistema também evoluiu a partir das discussões realizadas no semestre. A decisão arquitetural mais relevante foi a escolha entre construir uma aplicação autônoma (com front-end próprio e fluxo de uso independente), ou expor a lógica de decisão como um serviço integrado ao Prontuário Eletrônico do Paciente já em uso no hospital parceiro. Optou-se pela segunda abordagem. A baixa adesão de profissionais de saúde a ferramentas externas ao fluxo de trabalho já estabelecido é um risco conhecido em sistemas de apoio à decisão clínica, e a integração via API permite que a recomendação apareça diretamente no contexto em que o médico já está operando, sem exigir login ou troca de sistema.

Essa escolha direciona a arquitetura do back-end para o formato de uma API REST, consumida pelo sistema do hospital, em vez de uma aplicação full-stack com front-end próprio renderizado para o usuário final. O protótipo, nesse novo cenário, passa a representar a interface que o sistema exibirá ao consumir essa API, e não necessariamente a interface final do produto.

Em relação à modelagem de dados, a fase atual do projeto trabalha exclusivamente com atributos clínicos anonimizados (porte cirúrgico, classificação ASA, idade, comorbidades, exames já realizados), sem qualquer dado de identificação pessoal (nome, CPF). Essa escolha simplifica os requisitos de segurança e de conformidade com a LGPD nesta fase de prototipação. Em uma eventual integração futura ao prontuário eletrônico, a camada de autenticação, autorização e proteção de dados pessoais passa a ser herdada da infraestrutura de segurança já existente no hospital, em vez de precisar ser implementada do zero pelo sistema.

Quanto à infraestrutura de hospedagem, foi confirmado que o ambiente de testes e validação institucional será hospedado pela própria infraestrutura do hospital parceiro, sem custo adicional e sem necessidade de provisionamento de servidores ou contratação de plataformas de nuvem de terceiros nesta fase do projeto.

5. CONCLUSÃO

5.1. Resultados Alcançados

- Protótipo Validado para os Três Portes Cirúrgicos: expansão do protótipo navegável desenvolvido em MSI I, contemplando agora fluxos de decisão para cirurgias de pequeno, médio e grande porte.
- Consolidação das matrizes de decisão para todos os portes cirúrgicos, servindo de insumo direto e já validado para a etapa de implementação tecnológica na continuidade do projeto.
- Impacto Potencial: argumentado com base na literatura e nas regras clínicas já validadas.

5.2. Limitações

A principal limitação deste trabalho foi o não cumprimento do cronograma de implementação tecnológica originalmente previsto na proposta, em razão da dependência do projeto em relação à disponibilidade e ao ritmo de validação das regras de negócio pela equipe médica parceira, uma característica de projetos vinculados a iniciativas de extensão universitária, em que a curadoria do conhecimento de domínio não está sob controle exclusivo de somente uma parte da equipe. Como consequência, não foi possível, neste semestre, avaliar

a acurácia das recomendações em um sistema funcional, nem mensurar quantitativamente o impacto da ferramenta na redução de exames desnecessários, ambos previstos como objetivos específicos de MSI II.

5.3. Trabalhos Futuros

Em decorrência do redirecionamento do escopo deste semestre para a expansão e validação do protótipo e das regras clínicas, as etapas de codificação da plataforma foram postergadas. Dessa forma, a continuidade do projeto deverá contemplar os seguintes trabalhos futuros:

- Implementação do sistema funcional, que será integrado a um sistema já existente no hospital, a partir do protótipo avaliado nesta etapa.
- Testes de software e de integração do sistema implementado.
- Validação clínica em ambiente real com profissionais do HC-UFMG, utilizando o sistema funcional.
- Avaliação quantitativa do impacto da ferramenta na redução de exames pré-operatórios desnecessários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COOMBS, André V.; SPAIN, David A. Avaliação pré-operatória. In: **Manual MSD** – Versão para Profissionais de Saúde. 2024. Disponível em: https://www.msdmanuals.com/pt/profissional/tópicos-especiais/cuidados-dos-pacientes-cirúrgicos/avaliação-pré-operatória. Acesso em: 04 set. 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE SERVIÇOS HOSPITALARES (EBSERH). **Hospital das Clínicas da UFMG**. Brasília: Governo Federal, 2025. Disponível em: https://www.gov.br/ebserh/pt-br/hospitais-universitarios/regiao-sudeste/hc-ufmg. Acesso em: 04 set. 2025.

GUALANDRO, Danielle M. et al. Diretriz de Avaliação Cardiovascular Perioperatória da Sociedade Brasileira de Cardiologia – 2024. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 121, n. 9, e20240590, 2024. Disponível em: https://abccardiol.org/wp-content/uploads/articles_xml/0066-782X-abc-121-09-e20240590/0066-782X-abc-121-09-e20240590.x81990.pdf. Acesso em: 04 set. 2025.

IBARRA, Pedro. Routine preanaesthetic testing. **Anaesthesia Tutorial of the Week**, n. 456, p. 1-6, 5 out. 2021. World Federation of Societies of Anaesthesiologists. Disponível em: https://resources.wfsahq.org/anaesthesia-tutorial-of-the-week/. Acesso em: 04 set. 2025.

KESHAVAN, Venkatesh H.; SWAMY, Chidananda M. N. Pre-operative laboratory testing: a prospective study on comparison and cost analysis. **Indian Journal of Anaesthesia**, v. 60, n. 11, p. 838-842, 2016.

KIRKHAM, Kyle R. et al. Preoperative laboratory investigations: rates and variability prior to low-risk surgical procedures. **Anesthesiology**, v. 124, n. 4, p. 804-814, 2016.

LAMPERTI, Massimo et al. Preoperative assessment of adults undergoing elective noncardiac surgery: updated guidelines from the European Society of Anaesthesiology and Intensive Care. **European Journal of Anaesthesiology**, v. 42, p. 1-35, 2025.

TAYLOR, George A. et al. Rethinking the routine: preoperative laboratory testing among American Society of Anesthesiologists class 1 and 2 patients before low-risk ambulatory surgery in the 2017 National Surgical Quality Improvement Program cohort. **Surgery**, v. 169, n. 2, p. 1-8, 2021.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS (UFMG). Faculdade de Medicina. **Infra-estrutura – Ciências Aplicadas à Cirurgia e à Oftalmologia**. Belo Horizonte, 2025a. Disponível em: https://www.medicina.ufmg.br/cpgcirurgiaoft/infra-estrutura/. Acesso em: 04 set. 2025.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS (UFMG). **Serviços de Saúde**. Belo Horizonte, 2025b. Disponível em: https://ufmg.br/servicos/saude. Acesso em: 04 set. 2025.

WASYLEWICZ, A. T. M.; SCHEEPERS-HOEKS, A. M. J. W. Clinical Decision Support Systems. In: KUBBEN, P.; DUMONTIER, M.; DEKKER, A. (Eds.). **Fundamentals of Clinical Data Science**. Cham (Suíça): Springer, 2019. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK543516/. Acesso em: 04 dez. 2025.

YONEKURA, Hiroshi et al. Preoperative blood tests conducted before low-risk surgery in Japan: a retrospective observational study using a nationwide insurance claims database. **Anesthesia & Analgesia**, v. 124, n. 6, p. 1-8, 2017.

APÊNDICE A – Protótipo de Interface do Sistema

O protótipo inicial, focado em cirurgias de pequeno porte, foi desenvolvido na plataforma Figma durante a etapa de MSI I. Contudo, ao longo de MSI II, para contemplar a expansão para os portes cirúrgicos médio e grande e englobar as correções e os refinamentos iterativos validados junto à equipe médica, o desenvolvimento do protótipo navegável foi migrado para a plataforma Axure. Esta versão atual e expandida serve como base visual, arquitetural e lógica para a futura codificação do sistema.

O acesso à versão completa do protótipo atualizado pode ser realizado através do link a seguir:

Protótipo elaborado em MSI II