HAIS: SISTEMA DE APOIO À COMPATIBILIDADE TRANSFUSIONAL COM DADOS IMUNO-HEMATOLÓGICOS

Clara Gusmão de Oliveira, João Pedro de Moraes Silva, Melissa Akamine Miamoto e Bruno Michel Pera

Fundação Valeparaibana de Ensino/Colégio Técnico Antônio Teixeira Fernandes, Praça Cândido Dias Castejón, 116, Centro - 12245-720 - São José dos Campos-SP, Brasil, jpmoraes.silva25@gmail.com, melissakamiamoto@gmail.com, claraguoli@gmail.com, brunomichel00@gmail.com.

Resumo

Este artigo apresenta o desenvolvimento do HAIS (Hematology Automated Intelligent System), sistema web de apoio à organização de dados imuno-hematológicos e à identificação de possíveis doadores para pacientes com anticorpos eritrocitários. A aplicação reúne cadastro de pacientes e doadores, Perfil antigênico, histórico, identificação de anticorpos e regras de compatibilidade. O protótipo foi desenvolvido com HTML, CSS e JavaScript no front-end, Node.js e Express no servidor e MySQL para persistência. Na compatibilidade, o sistema considera ABO/Rh e exige resultado negativo para o antígeno correspondente a cada anticorpo identificado no paciente. A verificação funcional utilizou exclusivamente dados simulados. Em um cenário com paciente A+ e anticorpos Anti-K e Anti-Jka, o sistema manteve doadores ABO/Rh compatíveis com K e Jka negativos e excluiu candidatos com antígeno positivo, resultado NT ou incompatibilidade sanguínea. Os resultados indicam que o HAIS executa o fluxo computacional proposto, registra o histórico e gera PDF com dados do paciente, anticorpos e possíveis doadores, atuando como ferramenta de apoio sem substituir testes laboratoriais ou decisão profissional.

Palavras-chave: Hemoterapia. Imuno-hematologia. Compatibilidade transfusional. Sistema web. Perfil antigênico.

Área do Conhecimento: Ciências Exatas e da Terra - Ciência da Computação.

Introdução

A segurança transfusional depende de registros corretos e da realização dos testes pré-transfusionais previstos nos regulamentos e protocolos aplicáveis. A legislação brasileira consolida normas para ações e serviços de saúde, incluindo disposições relacionadas à hemoterapia, enquanto a hemovigilância acompanha eventos adversos ao longo do ciclo do sangue (Brasil, 2017; Anvisa, 2022).

A complexidade aumenta quando o receptor apresenta anticorpos contra antígenos eritrocitários. Os grupos sanguíneos são definidos por combinações de antígenos presentes na superfície das hemácias, e a nomenclatura internacional é organizada pela International Society of Blood Transfusion (ISBT). Nesses casos, a seleção transfusional exige avaliar o anticorpo identificado e a ausência do antígeno correspondente nas unidades consideradas, além dos critérios ABO/Rh e dos demais testes laboratoriais (ISBT, 2026).

No fluxo que motivou este projeto, informações de pacientes, doadores, perfis antigênicos, resultados de testes e histórico precisam ser relacionadas durante a consulta. Quando essas verificações são realizadas em etapas separadas, cresce a quantidade de conferências manuais necessárias. Assim, a informatização pode apoiar a organização e a rastreabilidade do processo, desde que o sistema seja entendido como ferramenta complementar e não como substituto da validação laboratorial.

Diante desse contexto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver o HAIS, uma aplicação web capaz de armazenar o Perfil antigênico de pacientes e doadores, identificar anticorpos a partir dos testes registrados, verificar critérios de compatibilidade e apresentar possíveis doadores que sejam ABO/Rh compatíveis e negativos para os antígenos correspondentes aos anticorpos do paciente.

Metodologia

O trabalho caracteriza-se como desenvolvimento aplicado de software. O HAIS foi estruturado em módulos de autenticação, cadastro, Registros, Perfil antigênico, Compatibilidade, Histórico e geração de PDF. A validação funcional descrita neste artigo utilizou somente registros sintéticos, sem emprego de dados clínicos reais de pacientes ou doadores.

A interface foi construída com HTML, CSS e JavaScript. No servidor foi utilizado Node.js com Express, responsável pelas rotas da API e pela aplicação das regras de negócio. O armazenamento foi implementado em MySQL, com tabelas específicas para usuários, registros, pesquisas de Perfil antigênico, resultados de cada teste, compatibilidades e resultados finais. Essa arquitetura separa apresentação, processamento e persistência dos dados (Node.js, 2026; Express, 2026; Oracle, 2026).

O Perfil antigênico registra 26 marcadores distribuídos pelos sistemas Rh, Kell, Duffy, Kidd, Lewis, MNS, Lutheran, P e Diego. Para cada teste, o usuário informa positivo (+), negativo (O) ou não testado (NT). O sistema registra a data do perfil e exibe sua idade; no protótipo foi configurado um prazo operacional de 28 dias para sinalizar necessidade de atualização. Esse intervalo constitui regra interna do software e não é apresentado como norma clínica.

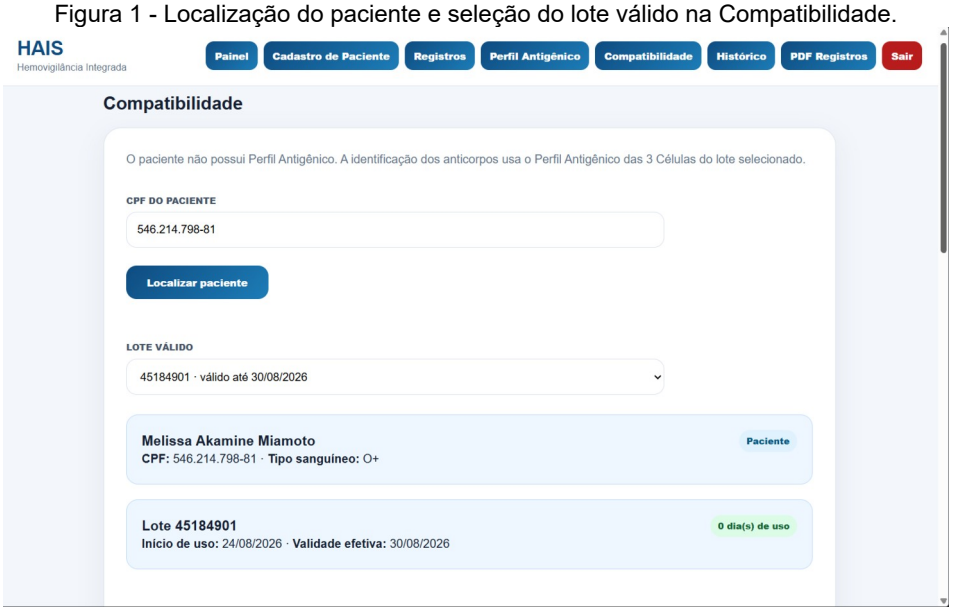
Na Compatibilidade, o sistema carrega o Perfil antigênico mais recente do paciente e recebe o resultado final de cada teste. O padrão é comparado aos 26 marcadores e, quando todos os testes de um antígeno coincidem com os resultados finais, o sistema registra o anticorpo no formato Anti-[antígeno]. Em seguida, os doadores cadastrados são avaliados. O primeiro filtro considera ABO/Rh; depois, cada anticorpo exige que o antígeno correspondente do doador esteja negativo. Resultados positivos, NT ou ausentes eliminam o candidato para aquele cenário. A lista encontrada é armazenada junto à compatibilidade e pode ser exportada em PDF.

Resultados

O protótipo resultante integra o fluxo de identificação de anticorpos e seleção de possíveis doadores em uma única aplicação. As Figuras 1, 2 e 3 apresentam a sequência utilizada na Compatibilidade: localização do paciente e do lote, registro da reação nas três células e apresentação dos anticorpos identificados e dos possíveis doadores.

Inicialmente, o usuário informa o CPF e localiza o paciente. Conforme apresentado na Figura 1, o sistema exibe os dados básicos do paciente e permite selecionar um lote válido, apresentando também o período de uso e a validade efetiva do lote empregado na análise.

Figura 1 - Localização do paciente e seleção do lote válido na Compatibilidade.



Fonte: elaborado pelos autores (2026).

Após a identificação do paciente e do lote, são registrados os resultados obtidos para as três células. A Figura 2 mostra a interface destinada à marcação de resultado positivo (+) ou negativo (O) para cada célula, dados que serão utilizados pelo algoritmo na comparação com o Perfil Antigênico do lote.

Figura 2 - Registro dos resultados do paciente nas três células do lote.



Fonte: elaborado pelos autores (2026).

Com os três resultados preenchidos, o sistema executa o cruzamento com o Perfil Antigênico das células e apresenta os anticorpos compatíveis com o padrão observado. A Figura 3 apresenta o resultado obtido no teste do sistema, no qual foram indicados Anti-C, Anti-Cw e Anti-N, seguido da relação de possíveis doadores que atendem simultaneamente aos critérios ABO/Rh e à ausência dos antígenos correspondentes.

Figura 3 - Anticorpos identificados, possível doador compatível e opção de geração do PDF.



Fonte: elaborado pelos autores (2026).

No exemplo apresentado, o possível doador exibido possui tipo O- e resultados negativos para C, Cw e N, atendendo aos critérios configurados para o paciente analisado. A mesma tela disponibiliza a geração do PDF da compatibilidade, permitindo registrar de forma objetiva os dados do paciente, os anticorpos encontrados e os possíveis doadores selecionados pelo sistema.

Discussão

As telas apresentadas nas Figuras 1, 2 e 3 demonstram o funcionamento integrado da regra computacional implementada. O sistema recebe o padrão de reação das três células, relaciona esse

padrão ao Perfil Antigênico do lote e, a partir dos anticorpos indicados, restringe a lista de doadores aos registros compatíveis pelo sistema ABO/Rh e negativos para os antígenos correspondentes. Esse comportamento reduz a necessidade de cruzamentos manuais entre diferentes registros e padroniza a apresentação das informações utilizadas na consulta.

A centralização das informações também favoreceu a rastreabilidade do processo. O sistema mantém os perfis, os lotes, os resultados utilizados na identificação de anticorpos, as compatibilidades realizadas e a relação de possíveis doadores, além de disponibilizar a emissão de relatório em PDF. Essa organização é relevante para consulta e documentação, pois reúne em uma mesma aplicação as etapas que compõem o fluxo implementado.

Entretanto, os resultados apresentados não constituem validação clínica. Não foram utilizadas amostras biológicas, dados reais de pacientes ou avaliação em rotina assistencial. Consequentemente, não é possível afirmar redução mensurada de tempo, prevenção de reações transfusionais ou equivalência com sistemas profissionais. O HAIS deve permanecer como ferramenta de apoio e protótipo acadêmico até que futuras etapas de validação, segurança, governança de dados e avaliação por profissionais habilitados sejam realizadas.

Conclusão

Conclui-se que o HAIS alcançou o objetivo de implementar um fluxo web para organização de Perfis antigênicos, identificação de anticorpos e seleção automatizada de possíveis doadores com base em ABO/Rh e na ausência dos antígenos correspondentes. Nos testes com dados simulados, a aplicação aplicou corretamente as regras configuradas, manteve histórico e produziu relatório em PDF. Como continuidade, recomenda-se ampliar os testes de software, revisar as regras com especialistas, implementar controles adicionais de segurança e realizar validação formal antes de qualquer uso assistencial.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Manual para o Sistema Nacional de Hemovigilância no Brasil. Brasília, DF: Anvisa, 2022. Disponível em: https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/monitoramento/hemovigilancia/manual_de_hemovigilancia__dez22_compressed.pdf. Acesso em: 24 ago. 2026.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Brasília, DF, 2017. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/s/saude-da-pessoa-com-deficiencia/legislacao/portaria-de-consolidacao-no-05-de-28-de-setembro-de-2017.pdf/view. Acesso em: 24 ago. 2026.

EXPRESS. Express.js: Node.js web application framework. 2026. Disponível em: https://expressjs.com/. Acesso em: 24 ago. 2026.

INTERNATIONAL SOCIETY OF BLOOD TRANSFUSION (ISBT). Red Cell Immunogenetics and Blood Group Terminology. Amsterdam, 2026. Disponível em: https://www.isbtweb.org/isbt-working-parties/rcibgt.html. Acesso em: 24 ago. 2026.

NODE.JS. About Node.js. 2026. Disponível em: https://nodejs.org/en/about. Acesso em: 24 ago. 2026.

ORACLE. MySQL 8.4 Reference Manual: What is MySQL?. 2026. Disponível em: https://dev.mysql.com/doc/refman/8.4/en/what-is-mysql.html. Acesso em: 24 ago. 2026.

Agradecimentos

Agradecemos à Fundação Valeparaibana de Ensino, ao Colégio Técnico Antônio Teixeira Fernandes, ao orientador Prof. Bruno Michel Pera e à profissional da área de imuno-hematologia que contribuiu para a compreensão do fluxo que motivou o projeto.