FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA VISUALIZAÇÃO TRIDIMENSIONAL E AVALIAÇÃO DE ASSIMETRIAS CRANIANAS

Leandro Ribeiro Rittes; Prof. Yuri Kaszubowski Lopes

INTRODUÇÃO

Este relatório descreve o desenvolvimento de uma ferramenta computacional voltada à visualização tridimensional e à mensuração de estruturas cranianas de bebês, recém-nascidos e crianças de até dois anos de idade. O projeto está inserido em uma pesquisa mais ampla que integra Sistemas Embarcados e Inteligência Computacional, cujo propósito final é oferecer um meio acessível e de baixo custo para apoiar o diagnóstico de deformidades cranianas, como a plagiocefalia e a braquicefalia, condições que, quando identificadas precocemente, podem ser tratadas com maior eficácia. A etapa aqui relatada corresponde à implementação da aplicação responsável por carregar, visualizar e medir nuvens de pontos tridimensionais geradas a partir de escaneamentos cranianos, servindo como base sobre a qual as funcionalidades de captura via hardware embarcado e de classificação automática de assimetrias serão futuramente integradas.

O projeto nasce da constatação de que a avaliação clínica de deformidades cranianas em bebês depende, majoritariamente, de análises visuais realizadas por profissionais da saúde ou de equipamentos de imagem de alto custo e difícil acesso, como tomografias e escâneres 3D profissionais. Essa limitação dificulta o diagnóstico precoce em contextos de menor infraestrutura, justamente o período em que o tratamento é mais eficaz. A proposta de pesquisa, desenvolvida com apoio da Universidade do Estado de Santa Catarina por meio da disponibilização de laboratórios e material, busca reduzir essa barreira ao combinar um dispositivo portátil de baixo custo, equipado com sensores inerciais de acelerômetro e giroscópio, a uma aplicação de software capaz de reconstruir e apresentar essa geometria de forma tridimensional. Democratizar o acesso a esse tipo de diagnóstico, tornando-o viável fora de grandes centros médicos, é o eixo central que motiva tanto o subprojeto de hardware quanto o subprojeto de software aqui descrito.

O objetivo geral da pesquisa é desenvolver uma ferramenta capaz de reconstruir e visualizar tridimensionalmente a geometria craniana de bebês a partir de dados coletados por um sistema embarcado, permitindo a extração de medidas e, futuramente, a avaliação automatizada de assimetrias para fins clínicos e de pesquisa. Esse objetivo se desdobra em metas mais específicas, entre elas a implementação de uma interface gráfica interativa que permita a visualização da nuvem de pontos com recursos de rotação e zoom, a criação de mecanismos de extração de medidas morfométricas relevantes, como distâncias entre pontos do crânio, e, em uma etapa posterior, a incorporação de técnicas de inteligência computacional para apoiar a classificação automática de assimetrias.

DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento seguiu os princípios da *Clean Architecture*, uma abordagem que separa o código em camadas com responsabilidades bem definidas e reduz o acoplamento entre a lógica de negócio, o acesso a dados e a interface gráfica. Na prática, isso significa que as regras que definem o que é um escaneamento e quais operações podem ser feitas sobre ele foram isoladas do modo como esses dados são efetivamente armazenados ou exibidos na tela. Isso facilita a manutenção do projeto e a

substituição de partes específicas sem impactar o restante do sistema — por exemplo, trocar o mecanismo de armazenamento local por um serviço em nuvem no futuro sem necessidade de alterar a lógica de medição ou a interface do usuário.

Para a construção da aplicação foi escolhido o framework Flutter, por sua versatilidade em permitir que uma única base de código seja compilada tanto para dispositivos móveis Android quanto para ambiente desktop Linux. Isso é particularmente relevante em um contexto de pesquisa no qual a aplicação pode ser utilizada tanto em campo, por meio de um tablet ou smartphone conectado ao dispositivo de escaneamento, quanto em laboratório, em um computador.

As principais decisões técnicas e ferramentas utilizadas incluem:

- **Renderização:** A renderização tridimensional da nuvem de pontos foi implementada de forma nativa, sem depender de bibliotecas gráficas externas, o que garante maior controle sobre o processo de projeção dos pontos na tela e reduz a dependência de pacotes de terceiros para uma funcionalidade central da aplicação.
- **Armazenamento:** Para o armazenamento local dos metadados dos escaneamentos, optou-se pelo banco de dados SQLite, uma escolha comum em aplicações móveis por não exigir um servidor externo e por oferecer consultas estruturadas. Os próprios arquivos de escaneamento são mantidos diretamente no sistema de arquivos do dispositivo.
- **Gerenciamento de Estado:** O gerenciamento do estado da interface foi feito por meio do padrão *Cubit*, que organiza de forma previsível as transições entre os diferentes estados de uma tela (como carregamento, sucesso e erro).
- **Injeção de Dependências:** A injeção de dependências entre as camadas da aplicação foi resolvida com uma biblioteca dedicada a esse fim, o que evita a criação manual e repetida de instâncias das classes ao longo do código.
- **Qualidade e Testes:** Buscando garantir a confiabilidade da aplicação diante de futuras modificações e integrações, foi adotada uma estratégia de testes automatizados que cobre a totalidade das camadas de regras de negócio, acesso a dados e interface do usuário. Essa cobertura ampla é particularmente relevante em um projeto de pesquisa com desenvolvimento incremental, no qual novas funcionalidades serão adicionadas nas etapas seguintes sem que se perca a confiança no comportamento das partes já implementadas.

RESULTADOS

A aplicação desenvolvida resultou em um software multiplataforma funcional, voltado a auxiliar profissionais da saúde na visualização e medição de crânios a partir de arquivos no formato .ply (formato padrão para representação de nuvens de pontos tridimensionais gerado por hardware de escaneamento).

O funcionamento da aplicação entrega as seguintes funcionalidades por meio de um fluxo direto para o usuário:

1. **Carregamento e Visualização:** O usuário pode carregar um arquivo de escaneamento diretamente do sistema de arquivos. O arquivo .ply selecionado é interpretado e convertido em uma estrutura de pontos tridimensionais, passando a ser renderizado na tela como uma nuvem interativa.
2. **Interação e Medição:** O usuário pode manipular o modelo por meio de gestos de rotação e zoom (inspecionando a geometria de diferentes ângulos). Ao tocar e selecionar dois pontos

distintos da superfície renderizada, a aplicação calcula e exibe automaticamente a distância entre eles em centímetros, constituindo a base para a extração das medidas morfométricas.

3. **Gerenciamento de Arquivos:** Quando o usuário decide salvar o escaneamento, é solicitado um nome de identificação. O arquivo é então copiado para uma pasta local dedicada, enquanto seus metadados (identificador, nome e data de criação) são registrados no banco de dados local.
4. **Repositório de Pacientes:** A aplicação permite listar todos os escaneamentos já salvos com busca por nome e filtro por data, renomear um escaneamento existente por meio de edição direta e removê-lo mediante confirmação.

Em conjunto, essas funcionalidades transformaram a aplicação em um repositório organizado de escaneamentos e não apenas em um visualizador isolado, o que é de extrema relevância para o acompanhamento longitudinal de um mesmo paciente ao longo do tempo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O principal benefício da ferramenta desenvolvida está em oferecer, de forma acessível, um meio de visualização e mensuração tridimensional que hoje depende predominantemente de avaliação visual direta ou de equipamentos de imagem de custo elevado. Ao rodar em dispositivos móveis comuns e em computadores com Linux, a aplicação reduz a barreira de acesso a esse tipo de análise, aproximando-se do objetivo maior da pesquisa de democratizar o diagnóstico precoce de deformidades cranianas em contextos com infraestrutura limitada.

Do ponto de vista técnico, a organização do código em camadas bem definidas e a ampla cobertura de testes automatizados criaram uma base sólida para a continuidade do projeto. Isso permitirá que as próximas etapas da pesquisa — voltadas à integração com o sistema embarcado de captura e à aplicação de técnicas de inteligência computacional para a classificação automática de assimetrias — sejam construídas sobre uma fundação estável e já validada.

Palavras-chave: Visualização 3D; Deformidades Cranianas; Plagiocefalia; Braquicefalia; Flutter; Clean Architecture; Diagnóstico Precoce; Sistemas Embarcados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

RITTES, L. **Baby_mensuring**. GitHub, [2026]. Disponível em: https://github.com/LRittes/Baby_mensuring/tree/main. Acesso em: 10 set. 2026.