

**UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI**

**ELCA SILVANIA DA SILVA ABREU**

**MONITORAMENTO DIGITAL DE VITAMINA D3 EM FRATURAS DE FÊMUR:  
ESTUDO PÓS-OPERATÓRIO EM IDOSOS RIBEIRINHOS**

**TESE DE DOUTORADO**

**DOUTORADO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRITO SENSU**

**São José dos Campo, Dezembro/2025**

**UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI**

**ELCA SILVANIA DA SILVA ABREU**

**MONITORAMENTO DIGITAL DE VITAMINA D3 EM FRATURAS DE FÊMUR:  
ESTUDO PÓS-OPERATÓRIO EM IDOSOS RIBEIRINHOS**

**TESE DE DOUTORADO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Engenharia Biomédica – Doutorado, da Universidade Anhembi Morumbi, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Engenharia Biomédica.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Luciana Aparecida Campos Baltatu  
Coorientador: Prof. Dr. Ovidiu Baltatu

**São José dos Campos, Dezembro/2025**

**UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI**

**ELCA SILVANIA DA SILVA ABREU**

**MONITORAMENTO DIGITAL DE VITAMINA D3 EM FRATURAS DE FÊMUR:  
ESTUDO PÓS-OPERATÓRIO EM IDOSOS RIBEIRINHOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Engenharia Biomédica – Doutorado, da Universidade Anhembi Morumbi, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Engenharia Biomédica aprovada pela seguinte Banca examinadora.

**Profa. Dra. Luciana Aparecida Campos Baltatu**  
Presidente

**Profa. Dra. Adriana Barrinha Fernandes Moretti**  
Membro Titular

**Prof. Dr. Leandro Procópio Alves**  
Membro Titular

**Prof. Dr. Egberto Munin**  
Membro Titular

**Profa. Dra. Camila Rodrigues Barbosa Nemer**  
Membro Titular

**Profa. Dra. Milene da Silva Melo**  
Membro Titular

**São José dos Campos, Dezembro/2025**

Todos os direitos reservados. É proibido a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da Universidade, do autor e do orientador.

## ELCA SILVANIA DA SILVA ABREU

Possui graduação em Enfermagem pela Faculdade Integradas do Tapajós (FIT), Mestre em Engenharia de Processos pela Universidade Federal do Pará (UFPA) e Título de Especialista em Estratégia Saúde da Família pela Escola de Saúde Pública do Ceará (ESP). Atualmente é docente no Instituto Esperança de Ensino Superior (IESPES).

Ficha Bibliográfica elaborada pela biblioteca AMO

Com os dados fornecidos pela autora

A145m Abreu, Elca Silvania da Silva

Monitoramento digital de vitamina D3 em fraturas de fêmur: estudo pós-operatório em idosos ribeirinhos / Elca Silvania da Silva Abreu – 2025.

114; 30 cm

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Luciana Aparecida Campos Baltatu.  
Tese (Doutorado em Engenharia Biomédica) Universidade Anhembimorumbi, São Paulo - 2025.

Bibliografia: f. 80 - 88

1. Vitamina D. 2. Fratura de fêmur 3. Prontuário eletrônico. 4. Monitoramento digital I. Título

CDD 610.28



## AGRADECIMENTOS

A Prof<sup>a</sup>. Dra. **Luciana Baltatu**, orientadora deste trabalho, mestra dedicada e presente;

Ao Prof. Dr. **Ovidiu Baltatu**, co-orientador, pela participação e orientação;

Ao Prof. Dr. **Renato Zângaro**, mestre querido e inspirador;

Ao Médico ortopedista/traumatologista **Emmanuel Silva**, pelo apoio durante a pesquisa;

A todos os **professores** dedicados que conheci durante a jornada no **CITE**;

A todos os pacientes que permitiram o desenvolvimento deste trabalho.

## RESUMO

A deficiência de vitamina D representa um determinante biomecânico e metabólico relevante para fraturas de fêmur em idosos, estando associada à elevada mortalidade, prolongadas internações hospitalares e altos custos ao sistema de saúde. Em populações ribeirinhas da Amazônia, a insuficiência permanece prevalente, mesmo sob intensa radiação solar, evidenciando a necessidade de soluções tecnológicas voltadas ao rastreo, monitoramento remoto e suporte clínico. No contexto da digitalização da saúde, abordagens multidisciplinares que integrem engenharia biomédica, ciência de dados, telemedicina e saúde pública podem otimizar a prevenção secundária e o cuidado perioperatório. Deste modo o objetivo deste estudo foi avaliar o impacto da suplementação prévia de vitamina D sobre os desfechos pós-operatórios de fratura de fêmur em idosos ribeirinhos do Baixo Amazonas, incorporando biomarcadores séricos e comorbidades, e discutir implicações para plataformas digitais de monitoramento e suporte à decisão clínica. Trata-se de um estudo de coorte prospectivo conduzido com 60 pacientes  $\geq 60$  anos atendidos no Hospital Regional do Baixo Amazonas. O grupo intervenção ( $n = 22$ ) recebeu suplementação de 50.000 UI/mês de vitamina D por 3–6 meses antes da internação, enquanto o grupo controle ( $n = 38$ ) não recebeu suplementação. Todos os pacientes foram monitorados por radiografias antes, durante e após o procedimento cirúrgico, permitindo avaliação precisa da consolidação óssea e otimização do manejo intraoperatório por meio de tecnologias de imagem. Foram mensurados parâmetros bioquímicos (25-hidroxivitamina D, cálcio ionizado e glicemia), tempo de internação e comorbidades a partir do prontuário eletrônico, destacando a viabilidade de pipelines interoperáveis para coleta e integração de dados em sistemas digitais de apoio à decisão clínica. A suplementação esteve associada à redução de 37% no tempo médio de internação ( $14,32 \pm 0,79$  vs.  $22,61 \pm 0,88$  dias;  $p < 0,0001$ ). Observou-se aumento significativo nos níveis de 25-hidroxivitamina D ( $50,26 \pm 2,55$  vs.  $21,74 \pm 0,84$  ng/mL;  $p < 0,0001$ ) e de cálcio ionizado ( $1,29 \pm 0,01$  vs.  $1,08 \pm 0,02$  mmol/L;  $p < 0,001$ ), sem ocorrência de hipercalcemia, além de redução significativa da glicemia ( $83,8 \pm 1,4$  vs.  $152,2 \pm 9,6$  mg/dL;  $p < 0,001$ ). A análise dos prontuários evidenciou alta prevalência de comorbidades, com hipertensão em 73,3% e diabetes em 31,7% dos pacientes, sendo 25% portadores de ambas. Esse cenário reforça a necessidade de estratégias de estratificação de risco assistidas por algoritmos e fluxos de cuidado multidisciplinares. A suplementação prévia de vitamina D em idosos ribeirinhos com fratura de fêmur sugere impacto potencial na redução do tempo de internação e na otimização dos recursos assistenciais. Os achados sustentam o desenvolvimento de estudos observacionais e ensaios clínicos randomizados ampliados, idealmente integrando ferramentas de digitalização do cuidado e colaboração multidisciplinar, visando à escalabilidade e à melhoria dos desfechos em contextos de vulnerabilidade.

**Palavras-chave:** Vitamina D; Fratura de fêmur em idosos, Prontuário eletrônico; Monitoramento digital.

# **DIGITAL MONITORING OF VITAMIN D3 IN FEMUR FRACTURES: A POSTOPERATIVE STUDY IN ELDERLY RIVERSIDE RESIDENTS**

## **ABSTRACT**

Vitamin D deficiency represents a relevant biomechanical and metabolic determinant of hip fractures in the elderly, being associated with high mortality, prolonged hospital stays, and high healthcare costs. In riverside populations of the Amazon, deficiency remains prevalent, even under intense solar radiation, highlighting the need for technological solutions focused on screening, remote monitoring, and clinical support. In the context of healthcare digitalization, multidisciplinary approaches integrating biomedical engineering, data science, telemedicine, and public health can optimize secondary prevention and perioperative care. Thus, the objective of this study was to evaluate the impact of prior vitamin D supplementation on postoperative outcomes of hip fractures in elderly riverside residents of the Lower Amazon, incorporating serum biomarkers and comorbidities, and to discuss implications for digital monitoring platforms and clinical decision support. This is a prospective cohort study conducted with 60 patients  $\geq 60$  years old treated at the Lower Amazon Regional Hospital. The intervention group ( $n = 22$ ) received 50,000 IU/month of vitamin D supplementation for 3–6 months prior to hospitalization, while the control group ( $n = 38$ ) did not receive supplementation. All patients were monitored by radiographs before, during, and after the surgical procedure, allowing for precise assessment of bone consolidation and optimization of intraoperative management through imaging technologies. Biochemical parameters (25-hydroxyvitamin D, ionized calcium, and glycemia), length of hospital stay, and comorbidities were measured from the electronic medical record, highlighting the feasibility of interoperable pipelines for data collection and integration in digital systems supporting clinical decision support. Supplementation was associated with a 37% reduction in the mean length of hospital stay ( $14.32 \pm 0.79$  vs.  $22.61 \pm 0.88$  days;  $p < 0.0001$ ). A significant increase was observed in 25-hydroxyvitamin D levels ( $50.26 \pm 2.55$  vs.  $21.74 \pm 0.84$  ng/mL;  $p < 0.0001$ ) and ionized calcium ( $1.29 \pm 0.01$  vs.  $1.08 \pm 0.02$  mmol/L;  $p < 0.001$ ), without hypercalcemia, in addition to a significant reduction in glycemia ( $83.8 \pm 1.4$  vs.  $152.2 \pm 9.6$  mg/dL;  $p < 0.001$ ). Analysis of medical records revealed a high prevalence of comorbidities, with hypertension in 73.3% and diabetes in 31.7% of patients, with 25% having both. This scenario reinforces the need for risk stratification strategies supported by algorithms and multidisciplinary care pathways. Prior vitamin D supplementation in elderly riverside residents with hip fractures suggests a potential impact on reducing hospital stay and optimizing healthcare resources. The findings support the development of observational studies and expanded randomized clinical trials, ideally integrating digital care tools and multidisciplinary collaboration, aiming for scalability and improved outcomes in vulnerable settings.

**Keywords:** Vitamin D; Hip fracture in the elderly; Electronic health record; Digital monitoring..

## LISTA DE FIGURA

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 Estrutura química da vitamina D                                               | 17 |
| Figura 2 Metabolismo da vitamina D e regulação da absorção de cálcio                   | 21 |
| Figura 3 Fratura da Extremidade Proximal do Fêmur de uma idosa estudada                | 23 |
| Figura 4 Comunidade ribeirinha de Vila Gorete, Rio Arapiuns                            | 36 |
| Figura 5 - Fluxograma de rastreamento e manejo da deficiência de vitamina D em idosos  | 38 |
| Figura 6 - Fluxograma de recrutamento dos pacientes internados com fratura de fêmur.   | 40 |
| Figura 7 Raio-x realizado na admissão do paciente para confirmação da fratura de fêmur | 42 |
| Figura 8 Arco cirúrgico móvel utilizado durante o procedimento cirúrgico               | 43 |
| Figura 9 Radiografia realizada após a cirurgia de fratura de fêmur para controle       | 44 |
| Figura 10 Níveis de concentrações séricas de 25(OH)D antes e após a suplementação      | 49 |
| Figura 11 Níveis de vitamina D em pacientes ribeirinhos com fratura de fêmur           | 50 |
| Figura 12 Níveis de hemoglobina em pacientes ribeirinhos com fratura de fêmur          | 51 |
| Figura 13 Níveis de cálcio ionizado em pacientes ribeirinhos com fratura de fêmur      | 53 |
| Figura 14 Níveis de glicose em pacientes ribeirinhos com fratura de fêmur              | 54 |
| Figura 15 Tempo de hospitalização dos pacientes ribeirinhos com fratura de fêmur       | 55 |
| Figura 16 Protocolo clínico de rastreamento da hipovitaminose D em idoso               | 59 |
| Figura 17 Formulário digital de rastreamento e acompanhamento da hipovitaminose D      | 62 |
| Figura 18 Fluxo de integração do protocolo clínico digital com o sistema de saúde Tasy | 65 |

## LISTAS DE QUADROS

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 1 Fontes de alimentos ricos em vitamina D                                | 20 |
| Quadro 2 Valores de referência da vitamina D no sangue (ng/mL)                  | 30 |
| Quadro 3 Esquema de administração da suplementação e tempo de tratamento        | 32 |
| Quadro 4 Características demográficas dos pacientes idosos com fratura de fêmur | 45 |
| Quadro 5 Distribuição do IMC dos pacientes idosos com fratura de fêmur          | 47 |
| Quadro 6 Distribuição de comorbidades nos grupos suplementados e controle       | 48 |
| Quadro 7 Quadro 7 - Resultados da avaliação da integração do protocolo digital  | 68 |

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

25(OH)D: Hidroxivitamina D

CDSS: Clinical Decision Support System

CSV: Comma-Separated Values

DBP: Vitamin D binding protein

DMID: Diabetes Melito Insulinodependente

ECR: Ensaio Clínico Randomizado

EM: Esclerose Múltipla

E-SUS AB: Estratégia de Informatização e Sistematização das Informações da Atenção Básica

FEPF: Fratura da Extremidade Proximal de Fêmur

HPLC: Cromatografia líquida de alta eficiência

HRBA: Hospital Regional do Baixo Amazonas

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IRA: Radioimunoensaio

JBPML: Brazilian Society of Clinical Pathology/Laboratory Medicine

JSON: JavaScript Object Notation

LC-MS/MS: Espectrometria de Massas em Tandem

LES: Lúpus Sistêmicos

ONA: Organização Nacional de Acreditação Nível 3

PPAR: Receptor ativado proliferativo de peroxissoma

PTH: Paratormônio

RENAME: Relação Nacional de Medicamentos Essenciais

SBEM: Sociedade Brasileira de Endocrinologia e Metabologia

SBPC/ML: Sociedade Brasileira de Patologia Clínica/Medicina Laboratorial

SBR: Sociedade Brasileira de Reumatologia

SUS: Sistema Único de Saúde

TFG: Taxa de infiltração Glomerular

UI: Unidade Internacional

UTI: Unidade de Terapia Intensiva

UVB: Ultravioleta B

VDR: Receptor de vitamina D

## SUMÁRIO

|                                                                                     |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                                           | <b>13</b> |
| <b>1.2 Objetivos.....</b>                                                           | <b>14</b> |
| 1.2.1 Geral.....                                                                    | 14        |
| 1.2.2 Específicos.....                                                              | 15        |
| <b>1.3 Justificativa.....</b>                                                       | <b>16</b> |
| <b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>                                                  | <b>17</b> |
| <b>2.1 Vitamina D.....</b>                                                          | <b>17</b> |
| 2.1.1 Fonte da vitamina D.....                                                      | 18        |
| 2.1.2 Fisiologia da vitamina D.....                                                 | 20        |
| 2.1.3 Funções da vitamina D no organismo.....                                       | 21        |
| 2.1.3.1 Metabolismo ósseo.....                                                      | 22        |
| 2.1.3.2 Sistema musculoesquelético.....                                             | 24        |
| 2.1.3.3 Sistema cardiovascular.....                                                 | 24        |
| 2.1.3.4 Sistema imunológico.....                                                    | 25        |
| 2.1.3.5. Neoplasias.....                                                            | 25        |
| 2.1.3.6 Secreção de insulina.....                                                   | 26        |
| 2.1.3.7 Obesidade.....                                                              | 26        |
| 2.1.3.8 Regulação da Pressão Arterial.....                                          | 27        |
| 2.1.4 Deficiência de vitamina D no organismo.....                                   | 28        |
| <b>2.2 Diagnóstico da Hipovitaminose D, valores de referência e tratamento.....</b> | <b>29</b> |
| <b>2.3 Engenharia Biomédica aplicada a saúde.....</b>                               | <b>33</b> |
| 2.3.1 Aplicação da Engenharia Biomédica no apoio a Hipovitaminose D.....            | 34        |
| <b>3 METODOLOGIA .....</b>                                                          | <b>35</b> |
| 3.1 Amostra e desenho do estudo.....                                                | 35        |
| 3.1.1 Critério de inclusão .....                                                    | 36        |
| 3.1.2 Critério de exclusão.....                                                     | 36        |
| 3.1.3 Aspectos éticos e legais.....                                                 | 37        |
| 3.1.4 Local do estudo.....                                                          | 37        |
| 3.1.5 Desenvolvimento.....                                                          | 38        |
| 3.1.6 Análise e interpretação dos dados.....                                        | 40        |

|                                                                                         |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>4 RESULTADOS.....</b>                                                                | <b>44</b>  |
| <b>4.1 Características demográficas.....</b>                                            | <b>44</b>  |
| <b>4.2 Distribuição do Índice de Massa Corporal (IMC).....</b>                          | <b>46</b>  |
| <b>4.6 Nível de hemoglobina.....</b>                                                    | <b>51</b>  |
| <b>4.7 Nível de cálcio ionizado.....</b>                                                | <b>52</b>  |
| <b>4.8 Nível de glicemia.....</b>                                                       | <b>54</b>  |
| <b>4.9 Duração da hospitalização dos pacientes.....</b>                                 | <b>55</b>  |
| <b>4.10 Rastreamento de hipovitaminose D.....</b>                                       | <b>56</b>  |
| 4.10.1 Protocolo clínico de rastreamento de Hipovitaminose D.....                       | 56         |
| 4.10.2 Formulário clínico digital para rastreamento e monitoramento da vitamina D.....  | 59         |
| 4.10.2.1 Integração tecnológica do formulário clínico à rede de Informação em Saúde.... | 63         |
| 4.10.2.2 Validação operacional do protocolo digital no prontuário eletrônico.....       | 66         |
| <b>5 DISCUSSÃO.....</b>                                                                 | <b>70</b>  |
| <b>6 CONCLUSÃO.....</b>                                                                 | <b>78</b>  |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                                                 | <b>80</b>  |
| <b>APÊNDICE A – ARTIGO PUBLICADO.....</b>                                               | <b>89</b>  |
| <b>APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO APLICADO AO PACIENTE.....</b>                              | <b>103</b> |
| <b>APÊNDICE C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....</b>                     | <b>106</b> |
| <b>APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO DE VALIDAÇÃO DO TESTE PILOTO.....</b>                      | <b>108</b> |
| <b>ANEXO A – CARTA DE ACEITE.....</b>                                                   | <b>110</b> |
| <b>ANEXO B – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA.....</b>                             | <b>111</b> |



## 1 INTRODUÇÃO

A vitamina D é uma vitamina lipossolúvel essencial para a regulação do metabolismo ósseo e do equilíbrio de minerais no organismo, incluindo cálcio e fósforo. O estado nutricional de vitamina D é geralmente avaliado por meio da dosagem sérica de 25-hidroxivitamina D [25(OH)D], que constitui o marcador mais confiável para determinar a suficiência ou deficiência desta vitamina (Okoshi et al., 2021).

A vitamina D, historicamente vinculada à homeostase do cálcio e à integridade óssea, tornou-se, nas últimas décadas, um tema de crescente interesse devido à sua ampla influência na saúde humana. Pesquisas têm evidenciado seu papel não apenas na manutenção da saúde esquelética, mas também na regulação de diversos processos fisiológicos, como a saúde cardiovascular, a imunidade e a prevenção de quedas (Gusson et al., 2023).

De modo geral, a deficiência de vitamina D está associada a fraturas de fêmur, mais prevalentes em idosos e consideradas uma das principais consequências da osteoporose. Essas fraturas acometem predominantemente o sexo feminino e estão frequentemente relacionadas a traumas de baixa energia, como quedas. Diversos fatores contribuem para sua ocorrência, incluindo baixa massa corporal, climatério, pouca atividade física, menor nível de escolaridade, dieta pobre em cálcio e vitamina D, além de baixa densidade óssea (Ariyoshi, 2013).

A fratura de fêmur gera um grande custo para a saúde pública, devido principalmente ao período prolongado de internação em Unidade de Terapia Intensiva (UTI), cuidados clínicos e cirúrgicos, além de programas de reabilitação por longos períodos. Os custos gerados com os tratamentos de pacientes com fratura de fêmur causam grande impacto no equilíbrio econômico dos sistemas de saúde (Gallo, 2012).

Estudo recente observou que, ao analisar os dados sobre a frequência de internações e óbitos por fratura de fêmur decorrente de queda da própria altura, em indivíduos acima de 60 anos, na região norte do Brasil, notificados no Sistema de Informações Hospitalares (SIH) do DataSUS, no período de 2015 e 2019, os Estados do Pará e Amazonas tiveram maior índice de internações por fratura de fêmur. Idosos acima de 80 anos foram os que mais estiveram hospitalizados por esse tipo de lesão. Notou-se ainda que esse tipo de fratura correspondeu à causa de 50% das mortes do total de óbitos por fraturas ósseas na população idosa (Leite et al., 2020).

A população, de modo geral, apresenta alta prevalência de hipovitaminose D, configurando um importante problema de saúde pública em todo o mundo, inclusive em regiões com elevada incidência solar, como o Brasil (Cui et al., 2023).

Este estudo foi realizado com pacientes ribeirinhos da região do Baixo Amazonas, próxima à linha do Equador, caracterizada por alta incidência solar e temperatura média constante ao longo do ano.

Apesar dessas condições ambientais favoráveis à síntese de vitamina D, a ocorrência de fraturas de fêmur em idosos continua frequente.

A prestação de cuidados de saúde em comunidades ribeirinhas da Amazônia enfrenta desafios significativos decorrentes do isolamento geográfico e do acesso limitado a serviços médicos. Essas populações frequentemente necessitam realizar longas viagens fluviais para chegar às unidades de saúde, o que acarreta atrasos em diagnósticos e tratamentos. Além disso, fatores ambientais, nutricionais e estruturais contribuem para ampliar as desigualdades em saúde (Siqueira et al., 2023).

Diante desse cenário, surge o interesse em estudar essa população, que enfrenta condições singulares, como a alta prevalência de distúrbios musculoesqueléticos, deficiências nutricionais paradoxais mesmo em uma região tropical, acesso restrito a serviços de saúde e um processo de envelhecimento demográfico progressivo. Tais fatores tornam os idosos ribeirinhos particularmente vulneráveis a desfechos clínicos e cirúrgicos desfavoráveis.

A partir dessa realidade, formulou-se a seguinte pergunta de pesquisa: em idosos ribeirinhos do Baixo Amazonas com fratura de fêmur, a suplementação prévia de vitamina D influencia positivamente os desfechos pós-operatórios?

Assim, a proposta deste estudo é avaliar o impacto da suplementação prévia de vitamina D nos desfechos pós-operatórios de fratura de fêmur em idosos ribeirinhos do Baixo Amazonas, considerando biomarcadores séricos e comorbidades, e discutir as implicações para o uso de plataformas digitais de monitoramento e suporte à decisão clínica.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Geral**

Avaliar o impacto da suplementação prévia de vitamina D<sub>3</sub> nos desfechos pós-operatórios de fratura de fêmur em idosos ribeirinhos do Baixo Amazonas, considerando biomarcadores séricos e comorbidades, e discutir as implicações para o uso de plataformas digitais de monitoramento e suporte à decisão clínica.

### 1.3.2 Específicos

- Identificar o perfil demográfico dos pacientes e sua correlação com os níveis séricos de vitamina D;
- Investigar a associação dos níveis da 25-hidroxi-vitamina D com parâmetros metabólicos e comorbidades crônicas;
- Elaborar e validar uma proposta de protocolo de rastreamento da deficiência de vitamina D em idosos, visando otimizar diagnóstico, monitoramento e intervenção clínica.

### 1.3 Justificativa

O interesse por este estudo surgiu a partir da experiência adquirida durante a atuação profissional na área hospitalar, onde se observou a elevada incidência de fraturas de fêmur em idosos. Nessas situações, complicações durante a recuperação podem agravar o quadro clínico, resultando em incapacidade permanente ou até óbito.

Esse interesse se intensificou ao focar na população ribeirinha, devido às suas características únicas, como a dificuldade de acesso rápido a tratamento especializado. Fatores como a distância dos centros urbanos, a infraestrutura precária de transporte e as variações da dinâmica dos rios, especialmente durante períodos de seca, dificultam ou até impedem o deslocamento por via fluvial, atrasando diagnósticos e intervenções.

A pesquisa se justifica por diferentes perspectivas, evidenciando sua relevância social, científica e tecnológica. Do ponto de vista social, o estudo aborda um grave problema de saúde pública que acomete de forma crescente a população idosa, as fraturas de fêmur, responsáveis por elevada morbimortalidade e impactos significativos na qualidade de vida, autonomia e custos ao sistema de saúde. A investigação, portanto, contribui para a formulação de políticas públicas e práticas assistenciais mais eficazes, beneficiando não apenas os pacientes, mas também suas famílias e a comunidade.

Sob a perspectiva científica, a pesquisa é relevante por ampliar o conhecimento sobre os fatores de risco, evolução clínica e estratégias de prevenção e reabilitação das fraturas de fêmur em idosos. Esse aprofundamento possibilita a construção de protocolos baseados em evidências, que orientam profissionais da saúde na promoção do cuidado integral, humanizado e seguro.

Por fim, do ponto de vista da engenharia biomédica, a relevância da pesquisa está na integração entre ciência e tecnologia, favorecendo o desenvolvimento de soluções inovadoras, como dispositivos de apoio, tecnologias assistivas e sistemas de monitoramento voltados à

detecção, reabilitação e prevenção de novas fraturas. Essa abordagem interdisciplinar fortalece o avanço do conhecimento aplicado e contribui para a melhoria contínua da assistência ao paciente idoso.

Essa abordagem interdisciplinar pode fortalecer o avanço do conhecimento aplicado e contribuir para a melhoria contínua da assistência ao paciente idoso, além de fornecer evidências que podem subsidiar estratégias de prevenção, promoção da saúde e aprimoramento da assistência clínica a grupos vulneráveis.

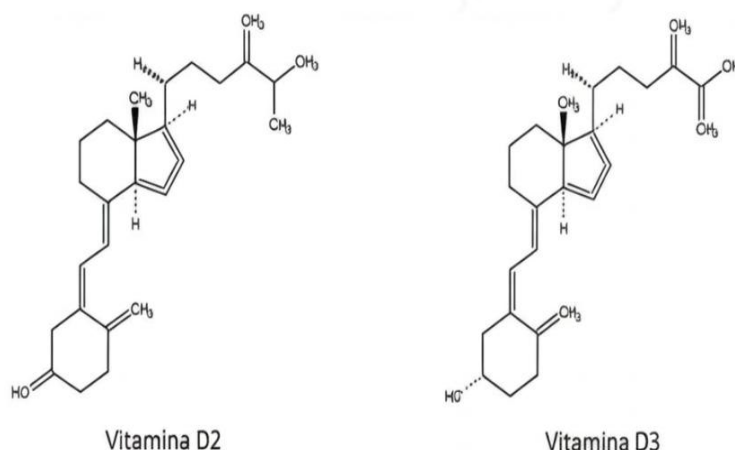
## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Vitamina D

A vitamina D é um pró-hormônio esteroide cuja principal função é regular o metabolismo ósseo. Pode ser sintetizada pelo próprio organismo, na pele, a partir da exposição à radiação solar, ou obtida por meio da alimentação e do uso de suplementos (Momivand et al., 2024).

A vitamina D existe em duas formas principais: vitamina D<sub>2</sub> (ergocalciferol), encontrada em plantas e fungos, e vitamina D<sub>3</sub> (colecalciferol), presente em fontes de origem animal. Ambas são conhecidas genericamente como vitamina D. Independentemente de sua origem, exposição solar ou ingestão alimentar, a vitamina D é inicialmente inativa no organismo e precisa ser submetida a duas etapas de hidroxilação para se tornar biologicamente ativa (Demay et al., 2024).

A Figura 1 apresenta as estruturas químicas do ergocalciferol (vitamina D<sub>2</sub>) e do colecalciferol (vitamina D<sub>3</sub>).



**Figura 1:** Estrutura química do ergocalciferol (vitamina D<sub>2</sub>) e do colecalciferol (vitamina D<sub>3</sub>)

Fonte: International Life Sciences Institute Brasil (2018).

A vitamina D<sub>3</sub> é sintetizada na pele quando esta é exposta à radiação ultravioleta B (UVB) proveniente da luz solar, podendo também ser obtida por meio da alimentação, especialmente de peixes gordurosos de águas profundas, gema de ovo, fígado e alimentos fortificados. Já a vitamina D<sub>2</sub> está presente em algumas plantas e é produzida comercialmente pela irradiação de leveduras, sendo amplamente utilizada em suplementos e produtos

enriquecidos. Ambas as formas são metabolizadas pelo organismo através das mesmas vias bioquímicas e são consideradas eficazes para suplementação (Maeda et al., 2014).

É importante destacar que a síntese cutânea da vitamina D depende de diversos fatores ambientais, como estação do ano, latitude e horário de exposição solar, bem como de características individuais, incluindo idade, tipo de pele e uso de protetor solar (13). Por exemplo, o uso de fator de proteção solar 30 (FPS 30) pode reduzir em cerca de 95% a síntese cutânea de vitamina D. Além disso, pessoas com pele mais escura necessitam de três a cinco vezes mais tempo de exposição solar para produzir a mesma quantidade de vitamina D que indivíduos de pele clara (Pegreff et al., 2024).

A vitamina D circulante no organismo, seja produzida endogenamente ou absorvida por via intestinal, necessita passar por processos de metabolização para se converter em sua forma biologicamente ativa. Essa ativação tem início com a exposição da pele à radiação ultravioleta (Leboff et al., 2022).

#### 2.1.1 Fonte da vitamina D

Há duas principais fontes de vitamina D: a exógena, proveniente da alimentação, e a endógena, resultante da síntese cutânea estimulada pela radiação ultravioleta B (UVB). A contribuição relativa de cada uma dessas fontes varia amplamente entre indivíduos e regiões geográficas ((Momivand et al., 2024).

Estima-se que cerca de 80% da vitamina D necessária ao organismo seja produzida na pele após exposição à radiação UVB. Por isso, é fundamental oferecer orientações médicas claras sobre o horário e a duração ideais da exposição solar, levando em conta fatores como idade, áreas do corpo expostas, latitude e estação do ano. Em casos de exposição solar prolongada, o organismo dispõe de um mecanismo intrínseco de autorregulação que limita a produção cutânea de vitamina D, prevenindo a superprodução e a intoxicação endógena (Pegreff et al., 2024).

Ao avaliar uma população idosa ( $\geq 60$  anos), observou-se que 64,5% apresentavam insuficiência de vitamina D, e apenas 15,6% relataram se expor ao sol com finalidade de promoção da saúde. Em idosos, a capacidade de síntese cutânea é reduzida devido à diminuição da eficiência da pele na produção de vitamina D. Essa limitação, somada à menor exposição solar habitual, contribui para a alta prevalência de hipovitaminose D nessa faixa etária (Leboff et al., 2022).

A síntese cutânea de vitamina D está fortemente associada ao estilo de vida e ao ambiente em que o indivíduo vive, sendo influenciada por hábitos alimentares, uso de cosméticos, clima e latitude. Fatores biológicos, como idade, raça e tonalidade da pele, também exercem influência direta nesse processo (Agoncillo; Yu; Gunton, 2023).

A radiação solar incidente sofre interferência de nuvens, camada de ozônio e poluição atmosférica, e aproximadamente 60% da radiação UV efetiva ocorre entre 11h e 15h (5). Nos países do hemisfério Norte, entre novembro e março, a radiação UVB apresenta comprimentos de onda inadequados (280–310 nm) para a síntese cutânea de vitamina D, o que reduz drasticamente a produção endógena. Nesses períodos, a ingestão alimentar torna-se ainda mais relevante, embora as fontes dietéticas de vitamina D sejam limitadas, concentrando-se principalmente em peixes gordurosos, ovos e cereais fortificados (Leboff et al., 2022).

Os níveis séricos de vitamina D variam conforme fatores sazonais e geográficos. Compreender essas variações é essencial para o planejamento de estratégias preventivas de saúde pública, especialmente em países em desenvolvimento, onde condições genéticas, ambientais e socioeconômicas contribuem conjuntamente para a ocorrência de hipovitaminose D (Gusson et al., 2023).

Nos países do hemisfério Norte, entre novembro e março, não há incidência significativa de radiação ultravioleta B (UVB) com comprimentos de onda adequados (280–310 nm) para a síntese cutânea de vitamina D. Em outros períodos do ano, essa disponibilidade também pode ser limitada devido às condições climáticas e à menor intensidade solar (10). Além disso, as fontes alimentares naturais de vitamina D são escassas, restringindo-se principalmente a peixes gordurosos, ovos e cereais fortificados (Leboff et al., 2022).

Os níveis séricos de vitamina D também sofrem influência de fatores sazonais e geográficos. Compreender essas variações é fundamental para o planejamento de políticas públicas de prevenção voltadas à deficiência de vitamina D em idosos, especialmente em países em desenvolvimento, onde fatores genéticos e ambientais exercem papel importante na ocorrência da hipovitaminose D (Maeda et al., 2014).

Por outro lado, poucos alimentos contêm vitamina D naturalmente. As principais fontes dietéticas dessa vitamina incluem peixes de águas profundas ricos em ácidos graxos ômega-3, fígado, gema de ovo, manteiga e produtos fortificados, como leite, cereais e sucos cítricos (Giraldo-Vallejo et al., 2023).

O Quadro 1 apresenta as principais fontes alimentares de vitamina D.

Quadro 1 - Fontes de alimentos ricos em vitamina D

| Alimentos                                    | Vitamina D (1µg = 40 UI) |
|----------------------------------------------|--------------------------|
| Óleo de fígado de bacalhau (1 colher de chá) | 400 -1000 UI             |
| Sardinha enlatada (100 gramas)               | 300 UI                   |
| Atum (90 gramas)                             | 230 UI                   |
| Salmão selvagem (100 gramas)                 | 600 – 1000 UI            |
| Salmão de piscicultura (100 gramas)          | 100 -250 UI              |
| Fígado de boi (100 gramas)                   | 50 UI                    |
| Iogurte (100 gramas)                         | 90 UI                    |
| Gema e ovo (1 unidade)                       | 25 UI                    |
| Fórmula lácteas fortificadas (1 litro)       | 400 UI                   |
| Leite materno (1 litro)                      | 20 -40 UI                |
| Leite de vaca (1 litro)                      | 40 UI                    |

Fonte: SBP (2016)

É importante destacar que a baixa ingestão de vitamina D está diretamente associada ao aumento do consumo de alimentos ultraprocessados pela população. Nesses produtos, a concentração dessa e de outras vitaminas costuma ser até duas vezes menor do que nos alimentos minimamente processados ou in natura (Giraldo-Vallejo et al., 2023).

### 2.1.2 Fisiologia da vitamina D

A produção da vitamina D tem início na pele, onde o 7-deidrocolesterol é convertido em vitamina D<sub>3</sub> (colecalciferol) sob a ação da radiação ultravioleta B. Em seguida, essa molécula sofre um processo de hidroxilação no fígado, originando o 25-hidroxivitamina D [25(OH)D], também chamada de calcidiol. Posteriormente, ocorre uma segunda hidroxilação nos rins, resultando na formação de 1,25-diidroxitamina D<sub>3</sub> [1,25(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>], ou calcitriol, a forma biologicamente ativa da vitamina, que apresenta meia-vida aproximada de quatro horas (Giraldo-Vallejo et al., 2023).

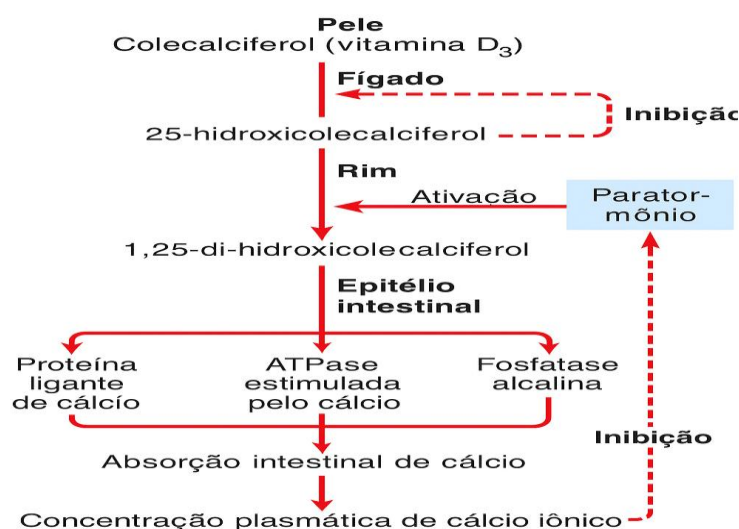
Após sua ativação, a vitamina D<sub>3</sub> exerce papel fundamental na regulação dos níveis de cálcio e fósforo no organismo, sendo essencial para a manutenção da saúde óssea e muscular (Filho; Almeida; Filho, 2019).

Quando a vitamina D é obtida por via alimentar, na forma de vitamina D<sub>2</sub>, ela é absorvida no intestino delgado e incorporada aos quilomícrons, que a transportam até o fígado. A partir



desse ponto, seu metabolismo segue o mesmo percurso da vitamina D sintetizada na pele. No fígado, a vitamina D<sub>2</sub> é hidroxilada, formando a 25-hidroxivitamina D [25(OH)D], que constitui a principal forma circulante no sangue, embora ainda biologicamente inativa. Os níveis séricos de 25(OH)D refletem a quantidade total de vitamina D disponível ao organismo, proveniente tanto da síntese cutânea quanto da ingestão alimentar ou suplementação (Bouillon, 2020).

A Figura 2 apresenta, de forma esquemática, o metabolismo da vitamina D<sub>3</sub>.



**Figura 2** - Metabolismo da vitamina D<sub>3</sub> e regulação da absorção de cálcio.

Fonte: Tratado de Fisiologia Médica (2017).

O paratormônio (PTH) tende a aumentar quando a concentração sérica de 25-hidroxivitamina D [25(OH)D] está reduzida (19). Nas células dos túbulos contornados proximais dos rins, ocorre um processo adicional de hidroxilação, no qual se forma a 1,25-di-hidroxivitamina D [1,25(OH)<sub>2</sub>D], também denominada calcitriol, que representa a forma biologicamente ativa da vitamina D (Khodadadiyan, 2023).

### 2.1.3 Funções da vitamina D no organismo

A principal função conhecida da vitamina D é sua influência na homeostase do cálcio e do fósforo, elementos essenciais para o metabolismo e a formação óssea. Ao elevar as concentrações séricas, a forma ativa da vitamina D (1,25-di-hidroxivitamina D), regulada pelo paratormônio (PTH), cria condições ideais para a mineralização óssea, controlando os níveis de cálcio e fósforo no sangue (Lichtenstein et al., 2013).

A manutenção da homeostase do cálcio é fundamental para o funcionamento adequado do sistema nervoso, o crescimento ósseo e a preservação da densidade mineral dos ossos. A vitamina D desempenha um papel crucial na utilização eficiente do cálcio e do fósforo pelo organismo. Quando os níveis séricos de cálcio diminuem, as glândulas paratireoides liberam o hormônio paratireoideano (PTH). O aumento desse hormônio estimula a enzima  $1\alpha$ -hidroxilase nos rins, promovendo maior produção de calcitriol, que, por sua vez, restaura os níveis normais de cálcio no sangue (Vimaleswaran et al., 2013).

Uma meta-análise que investigou o efeito da suplementação de vitamina D na prevenção de quedas em idosos observou que seus benefícios são potencializados quando associados a exercícios de resistência, não devendo ser considerados de forma isolada (Tarabichi; Parvizi, 2023).

Esses resultados podem estar relacionados aos múltiplos papéis biológicos do calcitriol, que regula o metabolismo do cálcio e do fósforo por meio do aumento da absorção intestinal desses minerais, da mobilização do cálcio ósseo e da reabsorção renal. Essas ações são fundamentais para a manutenção de níveis séricos adequados de cálcio e fósforo, essenciais não apenas para o metabolismo ósseo, mas também para diversas outras funções metabólicas (Vimaleswaran et al., 2013). Entretanto, a vitamina D exerce outras funções fisiológicas importantes, que serão abordadas a seguir.

#### 2.1.3.1 Metabolismo ósseo

A deficiência de vitamina D está associada principalmente à hipocalcemia leve, hiperparatireoidismo secundário, osteopenia, osteoporose, osteomalácia em adultos e raquitismo em crianças. Essa condição aumenta o risco de fraturas mesmo após traumas mínimos e pode causar deformidades ósseas em decorrência da intensificação da remodelação, da perda de osso trabecular e do afinamento do osso cortical. Além disso, a fraqueza muscular proximal constitui um sinal clínico característico da hipovitaminose D, resultante de alterações nos mecanismos de contração e relaxamento muscular, o que eleva o risco de quedas e fraturas, especialmente entre idosos (Ibrahim; Meleppuram, 2017).

Essa maior vulnerabilidade óssea e muscular torna os idosos particularmente suscetíveis a fraturas de fêmur, geralmente decorrentes de quedas da própria altura. Clinicamente, esses pacientes costumam apresentar dor no terço proximal da coxa, dificuldade ou incapacidade para deambular, além de encurtamento e rotação externa do membro acometido (Tarabichi; Parvizi, 2023).

O diagnóstico é estabelecido por meio de exame radiográfico, iniciado com a incidência anteroposterior da pelve, complementada pelas incidências anteroposterior e lateral do quadril, realizadas com o membro afetado em tração longitudinal e rotação medial. As fraturas de fêmur, que correspondem à ruptura do osso da coxa, representam um importante problema de saúde pública em indivíduos com mais de 60 anos, estando associadas a alta morbimortalidade e a custos socioeconômicos expressivos (Silva et al., 2021).

De acordo com a localização anatômica, essas fraturas são classificadas em fraturas do colo do fêmur, transtrocantéricas e subtrocantéricas, todas com indicação de tratamento cirúrgico (Vimaleswaran et al., 2013).

A Figura 3 ilustra o local mais comum das fraturas de fêmur em idosos, evidenciando a maior incidência nas regiões anatômicas mais vulneráveis do osso.



**Figura 3** – Fratura da extremidade proximal do fêmur em uma participante da pesquisa.

Fonte: Elaboração própria, 2024.

Compreender as variações geográficas é fundamental para orientar a formulação de políticas públicas de prevenção em saúde, especialmente aquelas voltadas à redução das fraturas de fêmur em idosos, sobretudo em países em desenvolvimento. Tal necessidade decorre do fato de que fatores genéticos e ambientais influenciam de forma significativa a ocorrência dessas fraturas (Langenberger; Worsham; Geldsetzer, 2024).

### 2.1.3.2 Sistema musculoesquelético

A vitamina D também desempenha papel importante na regulação do crescimento dos miócitos e no aumento da massa muscular. Em adultos, a deficiência dessa vitamina pode causar osteomalácia e hiperparatireoidismo secundário, condições que resultam em maior reabsorção óssea. Além disso, a fraqueza muscular associada à hipovitaminose D eleva o risco de quedas e fraturas, especialmente em indivíduos com baixa densidade mineral óssea (Sousa; Fonseca; Bousquat, 2023).

A carência de vitamina D pode provocar fraqueza e dor muscular em crianças e adultos. Em um estudo realizado com 150 pacientes em uma clínica de Minnesota (EUA), observou-se que 93% dos participantes com dor musculoesquelética inespecífica apresentavam deficiência de vitamina D (Ibrahim; Meleppuram, 2017).

### 2.1.3.3 Sistema cardiovascular

A suplementação com vitamina D em pacientes com insuficiência cardíaca tem demonstrado reduzir as concentrações plasmáticas de renina, sugerindo a modulação do sistema renina-angiotensina-aldosterona (SRAA) como um possível mecanismo de ação. Essa evidência relaciona-se ao fato de que diversas células do sistema cardiovascular expressam a enzima  $1\alpha$ -hidroxilase e/ou o receptor de vitamina D (VDR), incluindo células musculares lisas e endoteliais dos vasos sanguíneos, miócitos cardíacos e células justaglomerulares do néfron, responsáveis pela síntese de renina (Silva et al., 2021).

Nesse contexto, a  $1\alpha,25$ -diidroxivitamina  $D_3$  [ $1,25(OH)_2D_3$ ] contribui para a regulação da função cardíaca e da pressão arterial por meio do controle do crescimento das células musculares lisas, da modulação da contratilidade do miocárdio e da inibição da secreção de renina. Essas ações interferem diretamente na atividade do SRAA, promovendo efeitos protetores sobre o sistema cardiovascular (Gusson, 2023).

A vitamina D também exerce papel relevante na saúde cardiovascular, contribuindo para a regulação da pressão arterial, a redução do risco de hipertensão e a prevenção de doenças cardiovasculares como o infarto do miocárdio e a aterosclerose. Além disso, demonstra efeitos benéficos sobre o metabolismo lipídico, favorecendo níveis adequados de colesterol e diminuindo a probabilidade de desenvolvimento de dislipidemias e doenças cardíacas (Vimaleswaran et al., 2013).

#### 2.1.3.4 Sistema imunológico

A 25-hidroxivitamina D [25(OH)D] é um potente modulador do sistema imunológico, atuando tanto no fortalecimento da imunidade inata quanto na regulação da imunidade adaptativa. Diversas células do sistema imune, como linfócitos, monócitos, macrófagos e células dendríticas, expressam receptores de vitamina D (VDR), o que evidencia sua participação ativa nos mecanismos de defesa do organismo (Langenberger; Worsham; Geldsetzer, 2024).

Nesse contexto, a vitamina D contribui não apenas para a proteção contra agentes infecciosos, mas também para a manutenção do equilíbrio imunológico, prevenindo respostas inflamatórias exacerbadas. Estudos demonstram que a deficiência de vitamina D está associada ao aumento da incidência de doenças autoimunes, incluindo diabetes melito insulínica dependente (DMID), esclerose múltipla (EM), artrite reumatoide, lúpus sistêmicos (LES) e doença inflamatória intestinal (DII) (Luersen et al., 2025)).

A ação imunomoduladora da vitamina D também se estende ao sistema respiratório, onde exerce papel protetor ao prevenir infecções respiratórias, como resfriados, gripes e COVID-19, por meio do fortalecimento da resposta imune inata e da proteção das células epiteliais das vias aéreas. Além disso, a vitamina D mostra-se benéfica no manejo de doenças respiratórias crônicas, como a asma, por reduzir processos inflamatórios e promover o relaxamento da musculatura lisa brônquica (Vimaleswaran et al., 2013).

#### 2.1.3.5. Neoplasias

O calcitriol exerce um papel central na imunomodulação, atuando na redução de processos inflamatórios, na supressão de respostas autoimunes e no suporte à função das células imunológicas. Além disso, influencia a proliferação e diferenciação celular, inibindo o crescimento descontrolado e promovendo a diferenciação de células normais e tumorais (Vimaleswaran et al., 2013).

Como muitas células neoplásicas expressam receptores de vitamina D (VDR), o calcitriol pode exercer efeitos antitumorais diretos. Entre esses efeitos, destacam-se a inibição da angiogênese, processo de formação de novos vasos sanguíneos essenciais para o crescimento tumoral e a estimulação do apoptose, mecanismos fundamentais para a supressão da proliferação tumoral (Khodadadiyan, 2023).

Pesquisas epidemiológicas indicam que níveis reduzidos de 25-hidroxivitamina D [25(OH)D] estão associados a um maior risco de desenvolvimento de determinados tipos de câncer, especialmente mama, colorretal e próstata, cujas células expressam a enzima 1 $\alpha$ -hidroxilase (Momivand et al., 2024) .

Além disso, a 1 $\alpha$ ,25-diidroxivitamina D<sub>3</sub> [1,25(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>] apresenta efeito inibitório sobre a angiogênese, possivelmente por meio da supressão do fator de crescimento endotelial vascular (VEGF), processo essencial para a progressão de tumores sólidos. Dessa forma, acredita-se que sua ação antiangiogênica e pró-apoptótica contribua significativamente para o potencial de supressão tumoral da vitamina D (Ibrahim; Meleppuram, 2017).

#### 2.1.3.6 Secreção de insulina

Atualmente, pesquisas em humanos indicam que a 25-hidroxivitamina D [25(OH)D] pode atuar como um potente agente protetor contra o desenvolvimento do diabetes mellitus tipo 2 (DM2). O surgimento do DM2 está relacionado a alterações na função das células  $\beta$  pancreáticas e à resistência periférica à insulina. A 25(OH)D pode influenciar esses processos devido à presença do receptor de vitamina D (VDR) nas células  $\beta$  e das proteínas ligadoras de vitamina D (DBP) no tecido pancreático (Demay et al., 2024).

Evidências recentes demonstram que a suplementação de vitamina D melhora significativamente a sensibilidade à insulina, favorecendo diretamente a função das células  $\beta$  em adultos com alto risco para o desenvolvimento de DM2. Além disso, a vitamina D atua na regulação do receptor nuclear PPAR (receptor ativado por proliferadores de peroxissomos), o qual desempenha um papel crucial na modulação da sensibilidade à insulina (Silveira; Vieira; Souza, 2018).

A vitamina D pode influenciar a resposta insulínica ao estímulo da glicose tanto de forma direta quanto indireta. O mecanismo direto ocorre por meio da ligação da 1,25(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> ao VDR presente nas células  $\beta$  pancreáticas. De maneira alternativa, a ativação da vitamina D pode ocorrer nas próprias células  $\beta$ , por meio da ação da enzima 1 $\alpha$ -hidroxilase, expressa nesse tipo celular (Pegreff et al., 2024).

#### 2.1.3.7 Obesidade

A insuficiência e a deficiência de vitamina D são condições altamente prevalentes em indivíduos com obesidade. Uma análise conjunta de 21 coortes, envolvendo 42.024 adultos,

demonstrou que, a cada aumento de 1 kg/m<sup>2</sup> no índice de massa corporal (IMC), as concentrações séricas de 25-hidroxivitamina D [25(OH)D] reduziam-se em 1,15%. Acredita-se que essa relação não se deva apenas à menor exposição solar frequentemente observada em pessoas com obesidade, mas também à possibilidade de que a deficiência de vitamina D contribua para o processo de formação do tecido adiposo (adipogênese) ((Vimaleswaran et al., 2013).

Além disso, níveis reduzidos de vitamina D podem desencadear uma cadeia de reações no hipotálamo, resultando em aumento da sensação de fome e redução do gasto energético. Esse desequilíbrio metabólico também leva ao aumento das concentrações séricas do hormônio paratireoideo (PTH), o que contribui para a diminuição da sensibilidade à insulina e para o aumento do cálcio intracelular, favorecendo, assim, o processo de lipogênese (ILSI, 2024).

Observa-se ainda que indivíduos com IMC elevado e níveis insuficientes de vitamina D na linha de base frequentemente não atingem concentrações séricas adequadas após a suplementação, diferentemente daqueles com IMC dentro da faixa normal. Entre as hipóteses propostas para explicar a associação entre maior adiposidade e níveis reduzidos de vitamina D, destaca-se o fato de que, por se tratar de uma vitamina lipossolúvel, o acúmulo de tecido adiposo aumenta a capacidade de sequestro da vitamina D circulante. Ademais, outras teorias sugerem que a disfunção hepática associada à obesidade possa comprometer o metabolismo da vitamina D, contribuindo para seus níveis séricos reduzidos (Fávero; Zancanaro, 2019).

#### 2.1.3.8 Regulação da Pressão Arterial

Diversos estudos têm demonstrado que as concentrações séricas de 1 $\alpha$ ,25-diidroxivitamina D<sub>3</sub> [1 $\alpha$ ,25-(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>] apresentam uma associação inversa com os níveis de pressão arterial e com a atividade da renina plasmática, tanto em indivíduos normotensos quanto hipertensos. O efeito do calcitriol sobre a expressão gênica ocorre por meio de sua interação com o receptor de vitamina D (VDR), presente em diferentes tecidos e tipos celulares, incluindo o aparelho justaglomerular (ILSI, 2024).

Um estudo recente, publicado em 2024 nos Arquivos Brasileiros de Cardiologia, investigou os efeitos da suplementação diária de vitamina D<sub>3</sub> (7000 UI) durante oito semanas em indivíduos com obesidade ou sobrepeso. Os resultados demonstraram uma melhora significativa da pressão arterial sistólica, dos parâmetros hemodinâmicos centrais e do

equilíbrio do sistema nervoso autônomo, sugerindo um efeito benéfico da vitamina D na regulação cardiovascular (Faria et al., 2024).

#### 2.1.4 Deficiência de vitamina D no organismo

A hipovitaminose D é caracterizada por níveis deficientes ou insuficientes de vitamina D no organismo. Essa condição ocorre principalmente devido à baixa exposição solar, que reduz a produção endógena da vitamina, e, secundariamente, pela ingestão alimentar inadequada, uma vez que poucos alimentos contêm quantidades significativas de vitamina D, como a gema do ovo e peixes de águas frias e profundas (Pegreff et al., 2024).

Os níveis séricos de vitamina D, especialmente da 25-hidroxivitamina D [25(OH)D], podem ser influenciados por alterações na transmissão ou penetração da radiação UVB na pele, bem como por deficiências dietéticas, decorrentes da baixa variedade e reduzido teor de vitamina D nos alimentos. Além disso, fatores que afetam a biodisponibilidade, o metabolismo e a síntese de 25(OH)D também exercem impacto significativo sobre suas concentrações séricas (Momivand et al., 2024).

A deficiência de vitamina D está associada principalmente à hipocalcemia leve, hiperparatireoidismo secundário, osteopenia, osteoporose, osteomalácia em adultos e raquitismo em crianças. Essa condição aumenta o risco de fraturas mesmo em traumas mínimos e pode levar a deformidades ósseas, decorrentes da intensificação da remodelação óssea, perda do osso trabecular e afinamento do córtex ósseo. Além disso, a fraqueza muscular proximal constitui um importante sinal clínico da hipovitaminose D, resultante de alterações nos processos de contração e relaxamento muscular, elevando o risco de quedas e fraturas, especialmente em idosos (Ibrahim; Meleppuram, 2017).

Os idosos representam o grupo mais vulnerável ao desenvolvimento da hipovitaminose D, em razão de fatores como baixa ingestão alimentar, redução da absorção intestinal, menor exposição ao ar livre e diminuição da capacidade cutânea de síntese da vitamina D. Dessa forma, a combinação de alterações musculoesqueléticas e fatores de risco específicos da idade reforça a relevância clínica dessa deficiência (Silva et al., 2021).

A deficiência de vitamina D constitui atualmente uma das principais preocupações nutricionais e de saúde pública. Estima-se que uma grande parcela da população mundial seja afetada, especialmente em regiões temperadas, com baixa incidência solar, bem como em áreas nas quais a elevada pigmentação cutânea ou práticas culturais limitam a exposição ao sol



(37,40). Em escala global, a prevalência de deficiência de vitamina D varia entre 30% e 50%, podendo atingir índices ainda mais elevados em grupos populacionais específicos, o que evidencia a necessidade de estratégias eficazes de prevenção, monitoramento e intervenção nutricional (Silva et al., 2021).

## **2.2 Diagnóstico da Hipovitaminose D, valores de referência e tratamento**

O diagnóstico da insuficiência ou deficiência de vitamina D, também conhecida como hipovitaminose D, é realizado por meio da dosagem dos níveis séricos de 25-hidroxivitamina D [25(OH)D] no soro do paciente. A detecção precoce de concentrações inadequadas dessa vitamina permite a implementação de intervenções nutricionais ou suplementares, prevenindo complicações metabólicas e ósseas, especialmente em idosos e indivíduos com condições crônicas (Filho; Almeida; Filho, 2019).

Nos laboratórios clínicos, a dosagem da vitamina D é frequentemente automatizada, utilizando como métodos padrão-ouro a cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) e a espectrometria de massas em tandem (LC-MS/MS). Contudo, imunoensaios automatizados, como o radioimunoensaio (RIA), também são amplamente empregados por serem métodos mais rápidos e de menor custo, embora apresentem menor especificidade e acurácia em comparação aos métodos de referência (Atef, 2018).

Há consenso científico de que a 25(OH)D é o metabólito mais abundante e o marcador mais confiável para a avaliação do status da vitamina D, sendo utilizada para classificar os indivíduos como deficientes, insuficientes ou suficientes (6). No entanto, persistem controvérsias na literatura quanto aos níveis séricos ideais de vitamina D e às quantidades diárias recomendadas para a manutenção desses valores. Essas divergências decorrem das variações fisiológicas individuais, influenciadas por idade, sexo, etnia e condições clínicas específicas (SBEM, 2017).

Recentemente, a Sociedade Brasileira de Patologia Clínica e Medicina Laboratorial (SBPC/ML/2017) atualizou os valores de referência para a vitamina D. Para indivíduos saudáveis com até 60 anos, considera-se desejável a manutenção de níveis séricos acima de 20 ng/mL. Já para grupos de risco, como idosos, gestantes e pacientes com osteoporose, recomenda-se a faixa entre 30 e 60 ng/mL, por oferecer maior proteção óssea e metabólica.

Quando os valores caem abaixo da faixa desejável, observa-se impacto clínico importante. Concentrações séricas entre 10 e 20 ng/mL são classificadas como insuficientes, enquanto níveis inferiores a 10 ng/mL indicam alto risco para doenças associadas à

hipovitaminose D, como osteomalácia e fragilidade óssea. Esses valores reforçam a necessidade de monitoramento adequado, sobretudo em populações vulneráveis (SBEM, 2017).

Por outro lado, a avaliação da vitamina D também considera situações em que os níveis se encontram acima do recomendado. Níveis entre 70 e 90 ng/mL são considerados elevados, embora geralmente não estejam associados a efeitos adversos na maioria das pessoas. Essa condição é mais comum em indivíduos que fazem suplementação intensiva e, apesar de representar valores superiores ao ideal, não caracteriza toxicidade (SBEM, 2017).

Somente quando os níveis excedem limites significativamente elevados é que surgem riscos relevantes. A toxicidade pela vitamina D é identificada quando as concentrações ultrapassam 100 ng/mL, situação em que pode ocorrer hipercalcemia, levando a náuseas, vômitos, fraqueza, confusão mental, alterações renais e outros sintomas relacionados ao excesso de cálcio no sangue (SBEM, 2017).

O Quadro 2 apresenta os critérios diagnósticos relacionados aos níveis séricos de vitamina D em idosos (Maeda et al., 2014).

Quadro 2 - Valores de referência no sangue (ng/mL)

| Diagnóstico   | 25(OH) vitamina D (ng/mL)                                                                 |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Muito baixo   | Menor do que 10 ng/mL (risco de evoluir com defeito na mineralização óssea, osteomalácia) |
| Insuficiência | Entre 10 e 20 ng/mL (risco de perda de massa óssea, osteoporose e fraturas)               |
| Suficiente    | Entre 30 e 60 ng/mL (recomendado para grupo de risco como os idosos)                      |
| Alto          | Entre 70 e 90 ng/mL (não costuma causar efeitos adversos)                                 |
| Toxicidade    | Acima de 100 ng/mL (risco de hipercalcemia)                                               |

Fonte: Adaptado de SBEM (2017).

O Quadro 2 apresenta a classificação dos níveis séricos de 25-hidroxivitamina D [25(OH)D], destacando as faixas consideradas suficientes, insuficientes, muito baixas e tóxicas, de acordo com o risco clínico associado a cada intervalo.

Observa-se que níveis entre 30 e 60 ng/mL são recomendados especialmente para grupos de risco, como idosos, por garantirem uma adequada saúde óssea e contribuírem para a prevenção de fraturas. Concentrações entre 10 e 20 ng/mL indicam insuficiência de vitamina D, associando-se a maior risco de perda de massa óssea, osteoporose e fraturas. Já níveis

inferiores a 10 ng/mL caracterizam uma deficiência grave, na qual o risco de defeitos na mineralização óssea e de osteomalácia torna-se significativo (SBEM, 2017).

É importante destacar que o rastreamento da hipovitaminose D, por meio da dosagem sérica de 25-hidroxivitamina D [25(OH)D], é indicado apenas para indivíduos com maior risco de desenvolver essa condição, como idosos e pacientes institucionalizados. Dessa forma, o rastreamento rotineiro na população geral não é recomendado (Krist et al., 2021).

Os principais grupos de risco para deficiência de vitamina D incluem idosos, gestantes, pacientes com raquitismo ou osteomalácia, portadores de doenças renais ou hepáticas, indivíduos com má absorção intestinal (como na doença de Crohn), pacientes submetidos à cirurgia bariátrica e aqueles que fazem uso crônico de medicamentos como anticonvulsivantes e corticoides (Giustina et al., 2024).

O Departamento de Metabolismo Ósseo e Mineral da Sociedade Brasileira de Endocrinologia e Metabologia (SBEM) segue as diretrizes da Endocrine Society, que não recomenda a avaliação de rotina da 25(OH)D na população geral, principalmente devido ao custo elevado do exame. No entanto, a avaliação laboratorial é indicada para indivíduos com risco aumentado de hipovitaminose D ou quando a condição clínica justificar (SBEM, 2017).

Nesse contexto, a dosagem laboratorial de 25(OH)D é recomendada para grupos de risco, como idosos, gestantes e pacientes com condições clínicas específicas, incluindo osteoporose, doenças intestinais que comprometem a absorção de cálcio e pessoas submetidas à cirurgia bariátrica. Já para a população geral, a realização rotineira do exame não é indicada, sobretudo devido ao custo-benefício desfavorável (Lichtenstein et al., 2013).

Apesar dessas recomendações, pesquisas recentes demonstram que grande parte da população mundial apresenta níveis baixos de vitamina D, definidos por concentrações séricas de 25(OH)D inferiores a 20 ng/mL. Entretanto, há debate na literatura sobre a real extensão desse déficit, já que alguns especialistas consideram que o ponto de corte de 20 ng/mL pode estar superestimado, o que levaria a indicações excessivas de suplementação (SBEM, 2017).

No Brasil, observa-se que os programas nacionais de suplementação contemplam apenas ferro, vitamina A e alimentos fortificados, sem incluir diretrizes específicas para a vitamina D. Atualmente, o Sistema Único de Saúde (SUS) disponibiliza a vitamina D apenas na dose de 400 UI/dia para crianças de até um ano de idade, geralmente associada a sais de cálcio. Essa abordagem é considerada limitada, pois a maioria dos pacientes não necessita de cálcio adicional, mas sim de doses isoladas e mais elevadas de vitamina D. A SBEM recomenda, quando clinicamente indicado, doses de ataque de 7.000 UI/dia por 2 a 3 meses, seguidas de manutenção conforme avaliação médica (Maeda et al., 2014).

Nesse sentido, o Projeto de Lei nº 3.759/2021 propõe a inclusão obrigatória da vitamina D na Relação Nacional de Medicamentos Essenciais (RENAME), visando à sua disponibilização pelo SUS e em farmácias populares. Essa proposta fundamenta-se no fato de que a deficiência de vitamina D gera altos custos ao sistema de saúde, contribui para afastamentos do trabalho e impacta negativamente o bem-estar e a qualidade de vida da população (PROJETO DE LEI, 2025).

A deficiência de vitamina D é definida por níveis séricos inferiores a 30 ng/mL. A dose diária recomendada para a manutenção de níveis adequados varia conforme o perfil do paciente. Em idosos, a recomendação geral é de 800 a 1000 unidades internacionais (UI) por dia, porém, é fundamental individualizar o tratamento, ajustando a dose conforme as necessidades clínicas e laboratoriais de cada caso, sempre a critério do profissional médico (Lisboa et al., 2023; Topol, 2019).

O Quadro 3 apresenta o esquema de administração da suplementação e tempo de tratamento.

Quadro 3 - Esquema de administração da suplementação e tempo de tratamento

| <b>Classificação</b>    | <b>Dose terapêutica</b>                                                                                                     |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Correção de deficiência | 50.000 UI, 1 vez por semana, por 8 semanas<br>6.000 UI ao dia, por 8 semanas<br>3.000 a 5.000 UI ao dia, por 6 a 12 semanas |
| Manutenção              | Dose varia de 800 a 2.000 UI/dia, por 8 semanas                                                                             |
| Prevenção               | Dose 1.200 e 1.800 UI/dia, por 8 semanas                                                                                    |

Fonte: Adaptado da SBEM (2017).

O Quadro 3 apresenta as doses recomendadas de vitamina D conforme o objetivo do tratamento. Para a correção da deficiência, utilizam-se doses mais elevadas, variando entre 3.000 e 50.000 UI, administradas por um período de 6 a 12 semanas. Para a manutenção dos níveis adequados, recomenda-se a ingestão de 800 a 2.000 UI diárias, enquanto para a prevenção da deficiência, as doses indicadas situam-se entre 1.200 e 1.800 UI por dia, especialmente em indivíduos com maior risco de hipovitaminose D (Demay et al., 2024).

Diversos estudos têm evidenciado os benefícios da suplementação oral de vitamina D em doses que variam de 220 UI a 800 UI por dia, tanto em indivíduos com níveis séricos normais quanto reduzidos. As doses terapêuticas devem ser ajustadas conforme o grau de deficiência e o objetivo terapêutico estabelecido. Em casos de deficiência identificada, a

suplementação é recomendada para pacientes com níveis séricos inferiores a 20 ng/mL, podendo ser adotados diferentes protocolos de reposição, como 50.000 UI uma vez por semana durante oito semanas, 6.000 UI diárias por oito semanas, ou ainda 3.000 a 5.000 UI diárias durante seis a doze semanas (Giustina et al., 2024).

A triagem de rotina dos níveis séricos de vitamina D na população geral não é recomendada, pois não apresenta relevância clínica significativa e implica custos elevados para os sistemas de saúde. Contudo, algumas condições patológicas e características individuais podem aumentar o risco de deficiência, justificando a avaliação laboratorial da 25(OH)D nesses casos (Demay et al., 2024).

Entre os principais grupos de risco destacam-se os adultos com mais de 50 anos, pessoas institucionalizadas ou restritas ao domicílio, trabalhadores noturnos e indivíduos com baixa exposição solar, pessoas com pele escura, baixa atividade física ou doenças crônicas debilitantes, como diabetes mellitus, doença renal crônica, síndromes de má absorção intestinal, distúrbios da paratireoide, doenças hepáticas e obesidade (Tarabichi; Parvizi, 2023).

## **2.3 Engenharia Biomédica aplicada a saúde**

A engenharia biomédica tornou-se uma parte essencial da assistência moderna à saúde. Os engenheiros biomédicos trabalham em estreita colaboração com profissionais da área médica para projetar, desenvolver e aprimorar dispositivos médicos, ferramentas diagnósticas e opções terapêuticas (Pegreff et al., 2024).

Dessa forma, não há como dissociar o avanço da medicina do desenvolvimento tecnológico, uma vez que a atuação do engenheiro biomédico vai muito além da criação de equipamentos, abrangendo inovação, segurança, precisão diagnóstica e a melhoria contínua das terapias disponíveis aos pacientes.

A colaboração entre engenheiros biomédicos e profissionais da saúde constitui um aspecto fundamental nesse processo. Um dos traços mais marcantes da Engenharia Biomédica é a sua natureza multidisciplinar e o seu papel como elo entre a tecnologia e a medicina (Weerarathna et al., 2024).

Nesse contexto, a engenharia biomédica desempenha um papel crucial ao integrar os avanços tecnológicos às aplicações médicas, e diversos autores destacam que o progresso da saúde contemporânea depende da integração entre o conhecimento científico, a inovação tecnológica e a prática clínica. Essa interconexão tem possibilitado o desenvolvimento de soluções inovadoras, que vão desde equipamentos de diagnóstico por imagem e próteses

biônicas até softwares de monitoramento e sistemas de inteligência artificial aplicados à medicina (Topol, 2019).

Além disso, o caráter interdisciplinar da engenharia biomédica envolve a colaboração entre engenheiros, médicos, enfermeiros, fisioterapeutas, cientistas da computação e outros profissionais, favorecendo uma abordagem mais integrada, precisa e eficaz aos desafios contemporâneos da saúde.

### 2.3.1 Aplicação da Engenharia Biomédica no apoio a Hipovitaminose D

A Engenharia Biomédica tem desempenhado um papel fundamental na criação de soluções inovadoras que fortalecem os protocolos clínicos, ampliando a capacidade de rastreamento, monitoramento e apoio à decisão em saúde pública. No contexto do diagnóstico e tratamento da deficiência de vitamina D em idosos, essa área tem contribuído para a transformação de práticas convencionais em estratégias tecnológicas de maior alcance, precisão e impacto, como exemplificado a seguir.

- Dispositivos de diagnóstico rápido: o desenvolvimento de biossensores portáteis para a quantificação da 25-hidroxivitamina D [25(OH)D] tem possibilitado a realização de testes point-of-care em locais com infraestrutura laboratorial limitada, ampliando o acesso ao diagnóstico em populações ribeirinhas e regiões remotas. Esses dispositivos reduzem o tempo entre a coleta e o resultado, permitindo respostas mais ágeis e intervenções precoces, o que é essencial para o manejo efetivo da hipovitaminose D (Luppa et al., 2011).
- Sistemas de telemonitoramento: o uso de plataformas digitais e aplicativos móveis permite o acompanhamento contínuo de parâmetros como adesão terapêutica, exposição solar e nível de atividade física em idosos. Esses sistemas também facilitam a comunicação remota entre pacientes e equipes de saúde, reduzindo a necessidade de deslocamentos e ampliando a cobertura assistencial em regiões de difícil acesso (Lisboa et al., 2023).
- Gestão e análise de dados em saúde: a integração de bancos de dados clínico-epidemiológicos aos sistemas nacionais de informação em saúde, como o e-SUS/AB, possibilita o monitoramento da prevalência de hipovitaminose D em populações específicas. Além disso, o uso de técnicas de mineração de dados e inteligência artificial permite identificar padrões de risco, prever quedas e fraturas e detectar baixa

adesão terapêutica, fortalecendo uma gestão em saúde baseada em evidências (Topol, 2019).

- Protocolos digitais de apoio à decisão clínica: a digitalização dos fluxos clínicos por meio de sistemas de apoio à decisão clínica (CDSS) contribui para a padronização do atendimento. Esses sistemas, ao integrar dados laboratoriais, sintomas e histórico clínico, fornecem recomendações automatizadas que auxiliam os profissionais da Atenção Básica na condução dos casos de deficiência de vitamina D, garantindo maior segurança e eficiência diagnóstica (Sutton et al., 2020).
- Engenharia de reabilitação e prevenção de quedas: a aplicação de sensores de movimento e dispositivos assistivos inteligentes permite a detecção precoce de desequilíbrios posturais, contribuindo para a prevenção de quedas em idosos, uma das principais complicações associadas à hipovitaminose D. Além disso, o uso de tecnologias digitais de reabilitação favorece a recuperação funcional após fraturas, promovendo maior autonomia e melhoria da qualidade de vida nessa população (Weerarathna et al., 2024).

Portanto, a integração da Engenharia Biomédica aos protocolos clínicos voltados ao rastreamento e tratamento da deficiência de vitamina D em idosos potencializa tanto a precisão diagnóstica quanto a efetividade terapêutica, além de contribuir significativamente para a gestão em saúde pública baseada em dados e tecnologias emergentes.

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 Amostra e desenho do estudo**

Trata-se de um estudo documental, clínico, observacional, prospectivo e de corte. A pesquisa incluiu 60 pacientes com idade igual ou superior a 60 anos, internados na enfermaria ortopédica do HRBA, diagnosticados com fratura da extremidade proximal do fêmur e submetidos a tratamento cirúrgico.

Os pacientes participantes eram provenientes de diversas comunidades ribeirinhas da região, entre as quais se destacam: Vila Socorro, Aracampina, Carariacá, Vila Gorete, Arimum, Jamaraguá, Pauini, Castanho, Lago do Piraquara, Cuipiranga, Anã e Jutuarana. A identidade ribeirinha foi padronizada e verificada por meio de (1) comprovante de residência em comunidade ribeirinha por  $\geq 5$  anos; (2) autoidentificação; (3) ocupação principal em pesca, agricultura ou extrativismo.

A Figura 4 apresenta uma imagem representativa da comunidade de Vila Gorete, uma das localidades de origem dos participantes do estudo.



**Figura 4** – Comunidade ribeirinha de Vila Gorete, Rio Arapiuns

Fonte: Vila Gorete (2021). Facebook. Disponível em: <https://facebook.comqvilagoreteoficial>. Acesso em: 25 abr. 2025.

A região do Baixo Amazonas está localizada na porção noroeste do estado do Pará, entrecortada pelos rios Amazonas e Tapajós, e é composta por 16 municípios, tendo a cidade de Santarém como núcleo administrativo. A população estimada da região é de 840.015 habitantes, distribuída em uma área territorial de aproximadamente 315.853 km<sup>2</sup> (Observatório Setorial Territorial, 2025).

#### 3.1.1 Critério de inclusão

Foram selecionados indivíduos com idade igual ou superior a 60 anos, internados com diagnóstico de fratura de fêmur (CID S72.9), decorrente de queda da própria altura, confirmada por exame radiográfico. Foram considerados elegíveis apenas os casos de fratura que requereram intervenção cirúrgica. Pacientes residentes em comunidades ribeirinhas da região do Baixo Amazonas.

#### 3.1.2 Critério de exclusão

Foram excluídos os indivíduos com idade inferior a 60 anos, bem como aqueles portadores de fraturas patológicas secundárias a malignidade, confirmadas por exames de imagem ou biópsia. Também foram excluídos pacientes com doença renal crônica em estágio 4



ou 5, apresentando taxa de filtração glomerular (TFG) inferior a 30 mL/min/1,73 m<sup>2</sup>, além daqueles com distúrbios conhecidos do metabolismo do cálcio, como hiperparatireoidismo primário (paratormônio > 88 pg/mL) ou sarcoidose confirmada.

Além disso, foram excluídos os indivíduos em uso de medicamentos capazes de interferir no metabolismo da vitamina D, como anticonvulsivantes (fenitoína, carbamazepina, fenobarbital) ou glicocorticoides em doses superiores a 5 mg de prednisolona equivalente por dia, administradas por período superior a três meses. Além disso, foram excluídos pacientes com comprometimento cognitivo grave (pontuação no Miniexame do Estado Mental < 10, sem procuração legal disponível) e aqueles com expectativa de vida inferior a seis meses, decorrente de doença terminal.

### 3.1.3 Aspectos éticos e legais

O estudo foi realizado após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa, sob o parecer nº 6.121.313, e mediante a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) pelos participantes ou seus responsáveis legais. O termo foi emitido em duas vias, sendo uma destinada aos pesquisadores e outra entregue ao participante.

Todos os dados dos pacientes foram preservados, garantindo a privacidade, a confidencialidade das informações coletadas e o anonimato dos participantes.

### 3.1.4 Local do estudo

A pesquisa foi realizada no Hospital Regional do Baixo Amazonas (HRBA), um hospital público de média e alta complexidade, detentor do certificado máximo de qualidade da Organização Nacional de Acreditação (ONA) – nível 3. A instituição é vinculada ao Estado do Pará e administrada pelo Instituto Social Mais Saúde (ISMS). O HRBA oferece atendimento 100% pelo Sistema Único de Saúde (SUS), beneficiando uma população estimada em mais de 1,1 milhão de habitantes, distribuídos em 20 municípios da região Oeste do Pará. Além de sua relevância assistencial, o hospital é também referência em ensino e pesquisa, sendo credenciado pelos Ministérios da Saúde e da Educação.

O HRBA está localizado no município de Santarém, o terceiro mais populoso do Estado e principal polo econômico e cultural da região Oeste do Pará. O município situa-se na confluência dos rios Tapajós e Amazonas, a aproximadamente 800 km das metrópoles

amazônicas Manaus e Belém. Santarém possui uma área territorial de 17.898 km<sup>2</sup> e uma população estimada em 304.589 habitantes (IBGE, 2025).

### 3.1.5 Desenvolvimento

O estudo foi conduzido em dois momentos: o primeiro envolveu a suplementação de vitamina D, e o segundo, o recrutamento de pacientes internados após a ocorrência de fratura de fêmur para procedimento cirúrgico.

No primeiro momento, a suplementação ocorreu por meio do rastreamento, foram abordados 400 pacientes ribeirinhos acima de 60 anos de forma aleatória nos ambulatórios, durante o período de um ano e meio. Foram solicitados exames para comprovar a deficiência de vitamina D, e, após a confirmação, os pacientes foram suplementados. Para isso foi desenvolvido um fluxograma de atendimento.

A figura 5 mostra o fluxo do atendimento no protocolo de avaliação da vitamina D, desde a identificação do público-alvo até a definição da conduta clínica.



**Figura 5** - Fluxograma de rastreamento e manejo da deficiência de vitamina D em idosos.

Fonte: Elaborada própria, 2024

Inicialmente, o fluxograma estabeleceu o público-alvo, composto por idosos, sintomáticos ou não, o acolhimento inicial configurou-se como um momento de escuta

qualificada, coleta de informações clínicas e sociais, local de residência, solicitou-se o exame de dosagem de vitamina D e agendou-se retorno.

No retorno, o paciente recebia o resultado do exame de dosagem de vitamina D. Após a análise laboratorial, havia dois possíveis desfechos: resultados deficientes, que indicavam alterações e requeriam o início do tratamento; ou resultados adequados, que não demandavam intervenção medicamentosa. Nos casos de deficiência, o paciente iniciava suplementação com dose de correção de 50.000 UI, administrada uma vez ao mês durante dois meses, sendo acompanhado por um período de um ano e meio. Para aqueles com níveis adequados, eram fornecidas apenas orientações sobre alimentação e exposição solar, sendo o paciente liberado sem necessidade de tratamento.

O processo de rastreamento foi realizado por enfermeiros, enquanto a suplementação foi conduzida por médicos habilitados que utilizaram o protocolo de rastreamento elaborado durante o desenvolvimento do trabalho.

No segundo momento, iniciou-se a fase do recrutamento que envolveu pacientes internados após fratura de fêmur para procedimento cirúrgico. Ao processo de inclusão dos participantes foi conduzido de forma sistematizada. O monitoramento das admissões ortopédicas ocorria diariamente, inclusive em fins de semana e feriados, por um enfermeiro pesquisador responsável por revisar todas as novas internações no sistema eletrônico do hospital.

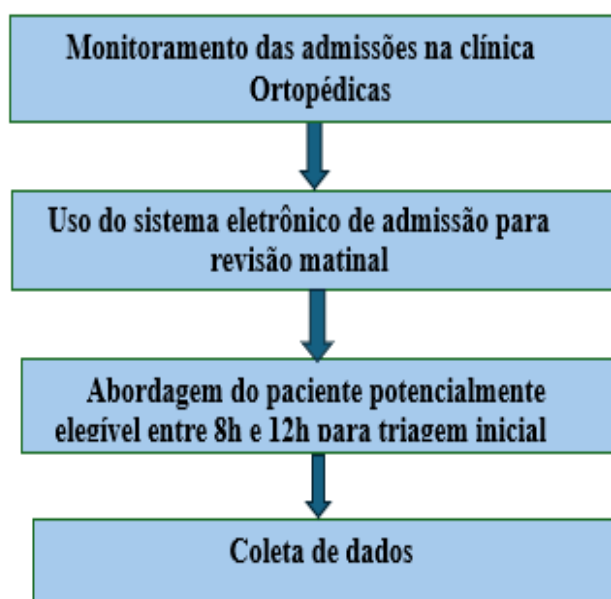
Os pacientes potencialmente elegíveis eram abordados entre 8h e 12h para a triagem inicial, com participação de familiares quando havia limitações cognitivas. A verificação dos critérios de inclusão e exclusão era concluída em até 24 horas após a admissão. A coleta de dados foi realizada por enfermeiros pesquisadores e médicos residentes em ortopedia previamente treinados, utilizando formulários padronizados e seguindo um protocolo uniforme. Durante esse processo, manteve-se o cegamento quanto ao status de suplementação de vitamina D dos participantes.

As informações clínicas e demográficas eram registradas no momento da admissão por meio de questionários aplicados aos pacientes. Após a alta hospitalar, esses dados eram complementados com informações referentes ao tempo de internação e à necessidade de permanência em Unidade de Terapia Intensiva (UTI).

Foram coletadas amostras de sangue para análise dos níveis de vitamina D, cálcio ionizado, glicemia e hemoglobina, realizadas por profissionais do próprio laboratório credenciado ao hospital. Ao final, foram incluídos 60 pacientes internados por fratura de fêmur.

Todo o fluxo metodológico desde o monitoramento das admissões até o registro final das informações foi estruturado para assegurar padronização, consistência e rigor científico.

A figura 6 mostra as etapas do processo de monitoramento das admissões na clínica ortopédica, incluindo a revisão matinal via sistema eletrônico, abordagem de pacientes potencialmente elegíveis e a subsequente coleta de dados.



**Figura 6** - Fluxograma de recrutamento dos pacientes internados com fratura de fêmur.

Fonte: Elaborada própria, 2024

### 3.1.6 Análise e interpretação dos dados

As variáveis analisadas incluíram dados demográficos, características da fratura, detalhes cirúrgicos, comorbidades, uso de medicamentos, resultados laboratoriais e desfechos clínicos. As comorbidades foram identificadas por meio da revisão dos prontuários médicos, considerando diagnósticos documentados e medicações em uso.

As análises laboratoriais foram realizadas no laboratório clínico certificado do hospital, a partir de amostras de sangue coletadas durante o período de internação. Os valores séricos de 25-hidroxivitamina D corresponderam à média de todas as medições realizadas durante a hospitalização (admissão e alta) para cada paciente. A 25-hidroxivitamina D sérica foi determinada por LC-MS/MS, o cálcio ionizado por eletrodo íon-seletivo, e a glicemia pelo método da hexoquinase, sendo que os valores glicêmicos representaram a média das medições realizadas no 1º, 3º e 5º dias do pós-operatório. Todos os procedimentos seguiram protocolos

laboratoriais clínicos padronizados, com controles de qualidade adequados (Genuth et al., 2018).

O status da vitamina D foi classificado em três categorias: deficiência, para valores inferiores a 20 ng/mL; insuficiência, entre 20 e 29 ng/mL; e suficiência, entre 30 e 100 ng/mL. A hipercalcemia foi definida como cálcio ionizado acima de 100 ng/mL (Filho et al., 2019).

A hipertensão arterial foi considerada na presença de diagnóstico documentado, uso de anti-hipertensivos ou pressão arterial  $\geq 140/90$  mmHg em duas ocasiões distintas (Brandão et al., 2025). O diabetes mellitus foi definido pela presença de diagnóstico documentado, uso de antidiabéticos, glicemia de jejum  $\geq 126$  mg/dL ou glicemia aleatória  $\geq 200$  mg/dL (Francisco et al., 2022).

O índice de massa corporal (IMC) foi classificado em baixo peso ( $<22,0$  kg/m<sup>2</sup>), peso normal (22,0–26,9 kg/m<sup>2</sup>) e sobrepeso ( $\geq 27,0$  kg/m<sup>2</sup>). A gravidade das comorbidades foi avaliada com base nas informações documentadas nos prontuários médicos, sem utilização de escalas padronizadas (Silveira; Vieira; Souza, 2018).

Os pacientes foram divididos em dois grupos: aqueles que faziam uso de vitamina D no momento da admissão (grupo suplementado) ou a haviam utilizado nos três meses anteriores, e aqueles que não faziam uso da vitamina (grupo controle). Foram analisados os resultados laboratoriais, incluindo a concentração sérica de vitamina D, posteriormente correlacionados com os valores de referência da Sociedade Brasileira de Patologia Clínica/Medicina Laboratorial (SBPC, 2025) e da Brazilian Society of Clinical Pathology/Laboratory Medicine (JBPML, 2024).

Além disso, os prontuários eletrônicos e os questionários demográficos foram avaliados e interpretados de forma conjunta. Após a coleta, os dados foram organizados em planilha eletrônica no software Microsoft Excel, visando facilitar o processamento e a análise. Foi realizada uma verificação de consistência para identificar e corrigir dados ausentes, duplicados ou discrepantes, assegurando a qualidade e a confiabilidade do banco de dados.

A etapa final consistiu na interpretação dos dados tabulados por meio de métodos estatísticos, com o objetivo de extrair conclusões relevantes. Inicialmente, foram calculadas estatísticas descritivas (média, mediana, desvio padrão e frequência) para caracterizar o comportamento das variáveis. Os resultados foram representados por gráficos de dispersão e tabelas, permitindo uma visualização clara das relações entre as variáveis.

A análise estatística teve como objetivo comparar os níveis de hemoglobina, cálcio ionizado e glicose entre os grupos com e sem suplementação de vitamina D. Para variáveis contínuas, foram aplicados o teste t de Student ou o teste U de Mann-Whitney, conforme a

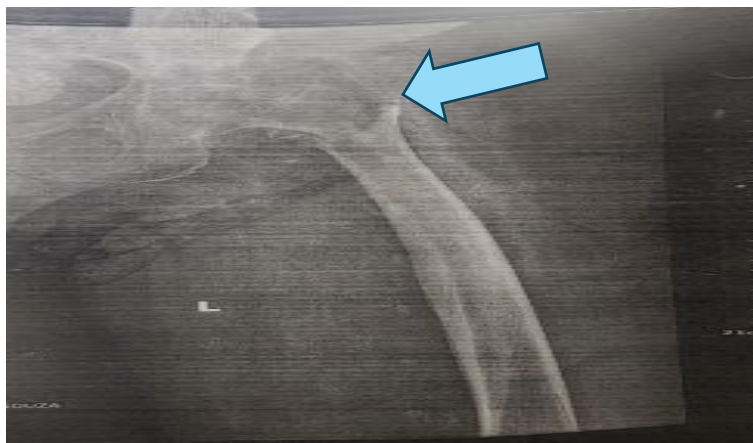
distribuição dos dados; para variáveis categóricas, utilizaram-se o teste qui-quadrado ou o teste exato de Fisher. regressão multivariável inicialmente planejada. O nível de significância estatística adotado foi  $p < 0,05$ .

Embora o cegamento completo não tenha sido viável em função da natureza da intervenção, foram implementadas diversas medidas para minimizar potenciais vieses. A equipe do laboratório clínico não teve acesso às informações sobre a alocação dos participantes nos grupos. Os profissionais de saúde responsáveis pelos critérios de alta não foram informados sobre o status de suplementação dos pacientes. Além disso, os enfermeiros pesquisadores utilizaram formulários distintos e codificados, sem identificação dos grupos, e os estatísticos receberam conjuntos de dados anônimos até a conclusão da análise.

Não foi realizado cálculo prévio do tamanho amostral, uma vez que se tratou de um estudo pragmático, incluindo todos os pacientes elegíveis durante o período de observação. Uma análise post hoc de poder, baseada no tamanho do efeito observado ( $d$  de Cohen = 1,2), indicou poder estatístico de 92% para o desfecho primário. As análises foram realizadas no software GraphPad Prism, versão 10.4.1 (GraphPad Software, San Diego, CA, EUA). As variáveis contínuas foram expressas como média  $\pm$  erro padrão da média (EPM) ou mediana (intervalo interquartil), conforme a distribuição.

Todos os pacientes foram monitorados por meio de exames radiográficos realizados em três momentos: na admissão, para confirmação da fratura; durante o ato cirúrgico, para auxiliar a equipe no posicionamento e condução do procedimento; e no pós-operatório, com o objetivo de verificar o sucesso da intervenção.

A Figura 7 apresenta a radiografia do fêmur esquerdo, evidenciando fratura da diáfise proximal, confirmando o diagnóstico.

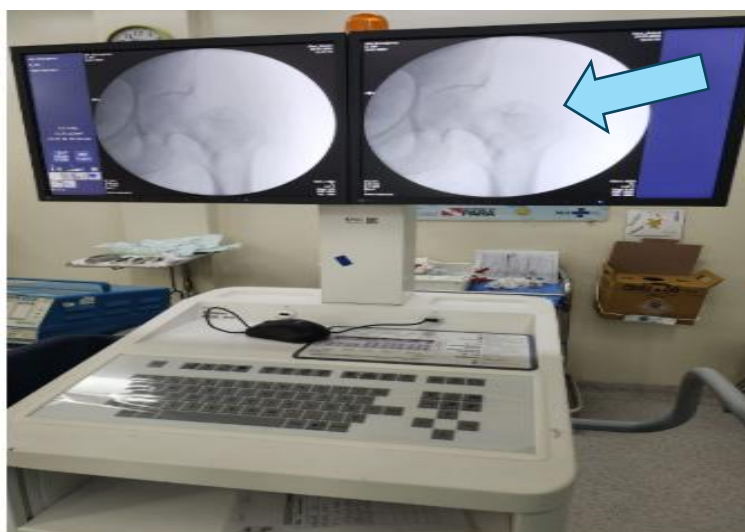


**Figura 7** – Exame radiológico para confirmação da fratura de fêmur.

Fonte: Elaboração própria, 2024

A imagem radiográfica apresenta o fêmur esquerdo, evidenciando fratura da diáfise proximal, próxima à região do colo femoral e do trocânter maior. Observa-se descontinuidade cortical, caracterizada por uma linha de fratura visível, indicativa de ruptura óssea. Além disso, nota-se alteração no alinhamento ósseo, sugerindo desvio do fragmento proximal, quadro frequentemente observado em fraturas proximais de fêmur em pacientes idosos (Miao; Miao, 2023).

As cirurgias para tratamento de fraturas de fêmur são realizadas com acompanhamento radiográfico intraoperatório, o que permite monitoramento preciso da redução e fixação óssea durante todo o procedimento. A Figura 8 ilustra o equipamento utilizado para o controle radiográfico no momento da cirurgia.



**Figura 8** – Arco cirúrgico móvel Siemens Cios Select, utilizado para fluoroscopia intraoperatória durante o procedimento cirúrgico

Fonte: Elaboração própria, 2024

O equipamento de arco cirúrgico (arco em C), é utilizado para fluoroscopia intraoperatória, ou seja, para obtenção de imagens radiográficas em tempo real de estruturas anatômicas durante procedimentos cirúrgicos ortopédicos, como no tratamento de fraturas de fêmur. A escolha e a adaptação dessa solução resultaram em um tempo cirúrgico eficiente e em imagens radiológicas de alta qualidade, obtidas simultaneamente em duas incidências. Dessa forma, as práticas radiológicas e o uso dos arcos em C se mostraram aliados essenciais para o sucesso da cirurgia, evidenciando que a disponibilização de mais equipamentos e recursos humanos é uma alternativa a ser considerada (Mesquita, 2023).

Todos os pacientes foram acompanhados por radiografias durante o processo de recuperação, a fim de monitorar o progresso cirúrgico.

A figura 9 apresenta a radiografia realizada após a cirurgia, permitindo o acompanhamento do processo de recuperação do paciente.



**Figura 9** - Radiografia realizada após a cirurgia de fratura de fêmur para controle pós-operatório.

Fonte: Elaboração própria, 2024

O controle pós-operatório por meio de radiografia é rotina no serviço de ortopedia para Raio-x realizado na admissão do paciente acompanhamento pós cirúrgico. Em um estudo sobre o uso da Placa de Compressão Bloqueada do Fêmur Proximal (PF-LCP) em fraturas complexas do fêmur proximal destaca a importância do acompanhamento radiográfico pós-operatório para avaliar a consolidação óssea e a posição dos implantes. O acompanhamento radiográfico permitiu monitorar a evolução da consolidação óssea e a integridade dos implantes, contribuindo para a avaliação da eficácia do tratamento e a detecção precoce de possíveis complicações (Ibrahim; Meleppuram, 2017).

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 Características demográficas**

A Quadro 4 apresenta a distribuição das características demográficas da amostra, incluindo sexo, faixa etária, etnia e escolaridade, nos grupos que faziam uso de suplementação (suplementado) e o grupo que não fazia uso de suplementação (controle). A análise desses dados



permite observar os padrões populacionais da amostra e identificar possíveis fatores associados à resposta às intervenções.

Quadro 4 - Características demográficas dos pacientes idosos com fratura de fêmur

| <b>CARACTERÍSTICA</b> | <b>SUPLEMENTADO<br/>(N=22)</b> | <b>CONTROLE<br/>(N=38)</b> | <b>TOTAL<br/>(N=60)</b> |
|-----------------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| <b>SEXO</b>           |                                |                            |                         |
| FEMININO              | 15 (68.2%)                     | 29 (76.3%)                 | 44 (73.3%)              |
| MASCULINO             | 7 (31.8%)                      | 9 (23.7%)                  | 16 (26.7%)              |
| <b>FAIXA ETÁRIA</b>   |                                |                            |                         |
| 60-74 ANOS            | 9 (40.9%)                      | 14 (36.8%)                 | 23 (38.3%)              |
| ≥ 75 ANOS             | 13 (59.1%)                     | 24 (63.2%)                 | 37 (61.7%)              |
| <b>COR/RAÇA</b>       |                                |                            |                         |
| PARDA                 | 19 (86.4%)                     | 34 (89.5%)                 | 53 (88.3%)              |
| NEGRA                 | 1 (4.5%)                       | 3 (7.9%)                   | 4 (6.7%)                |
| BRANCA                | 2 (9.1%)                       | 0 (0%)                     | 2 (3.3%)                |
| INDÍGENA              | 0 (0%)                         | 1 (2.6%)                   | 1 (1.7%)                |
| <b>ESCOLARIDADE</b>   |                                |                            |                         |
| ANALFABETO            | 0 (0%)                         | 6 (15.8%)                  | 6 (10.0%)               |
| ENSINO FUNDAMENTAL    | 10 (45.5%)                     | 24 (63.2%)                 | 34 (56.7%)              |
| ENSINO MÉDIO          | 12 (54.5%)                     | 8 (21.0%)                  | 20 (33.3%)              |

Fonte: Elaboração própria, 2025

Quadro 4 apresenta o resumo das características demográficas, sexo, idade, etnia e escolaridade de uma amostra composta por 60 participantes, distribuídos entre 22 pacientes que faziam uso de suplementação (suplementado) e 38 pacientes do grupo que não fazia uso de suplementação (controle).

Observou-se predominância do sexo feminino (73,3%) em relação ao masculino (27,0%). Entre os indivíduos do grupo suplementado com vitamina D, (68,2%) eram mulheres e (31,8%) homens; já entre aqueles que não faziam uso de vitamina D, (76,3%) eram mulheres e (23,7%) homens. Esses resultados indicam ausência de associação estatisticamente significativa entre o sexo e os níveis séricos de vitamina D na população estudada.

Com relação à faixa etária, a maioria dos participantes tinha 75 anos ou mais (≥75 anos), representando 61,7% da amostra total. A distribuição dos níveis de vitamina D foi semelhante entre as faixas etárias (15% vs. 23% para 60–74 anos; 22% vs. 40% para ≥75 anos). A idade

também apresentou distribuição semelhante entre os grupos, sendo  $\geq 75$  anos em (59,1%) dos indivíduos do grupo suplementado e (63,2%) do grupo controle, o que demonstra que o estudo se concentrou predominantemente em idosos mais velhos.

A amostra apresentou alta concentração da cor parda (88,3% do total), refletindo a característica populacional da região amazônica, onde o estudo foi conduzido. A distribuição é semelhante entre os grupos, com a etnia parda representando (86,4%) no grupo suplementado e (89,5%) no grupo controle.

Quanto à escolaridade, verificou-se que a maioria dos participantes possuía ensino fundamental completo ou incompleto (56,7%). A baixa escolaridade predominante sugere que os resultados podem ser mais representativos de populações com menor nível educacional. Observou-se, ainda, uma tendência de maior insuficiência de vitamina D entre indivíduos com menor escolaridade. O grupo que fazia uso de vitamina D apresentou maior proporção de participantes com ensino médio, enquanto o grupo que não fazia uso de vitamina D concentrou mais indivíduos analfabetos ou com ensino fundamental, o que pode influenciar aspectos como adesão ao tratamento e compreensão das orientações médicas.

#### **4.2 Distribuição do Índice de Massa Corporal (IMC)**

A avaliação do índice de massa corporal (IMC) constitui um importante indicador do estado nutricional em pacientes idosos, permitindo identificar as categorias de baixo peso, peso normal e sobrepeso, que podem influenciar diretamente o prognóstico clínico e a eficácia das intervenções nutricionais.

Os idosos representam, de modo geral, o grupo mais vulnerável ao desenvolvimento da hipovitaminose D, em virtude da baixa ingestão de alimentos ricos em vitamina D, da redução da absorção intestinal, da diminuição da exposição ao ar livre e da menor capacidade de síntese cutânea da vitamina (Demay et al., 2024).

Considerando essa vulnerabilidade, o presente estudo comparou a distribuição do IMC entre os pacientes que receberam suplementação nutricional e aqueles que não receberam (grupo controle), com o objetivo de investigar possíveis diferenças no perfil nutricional entre os grupos.

O Quadro 5 apresenta a distribuição do IMC nos grupos suplementado e controle, evidenciando as proporções de pacientes em cada categoria nutricional.

Quadro 5. Distribuição do Índice de Massa Corporal dos pacientes idosos com fratura de fêmur.

| <b>CATEGORIA DE IMC<br/>(KG/M2)</b> | <b>SUPLEMENTADO<br/>(N=22)</b> | <b>CONTROLE<br/>(N=38)</b> | <b>TOTAL<br/>(N=60)</b> |
|-------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| <b>BAIXO PESO (&lt;22.0)</b>        | 4 (18.2%)                      | 4 (10.5%)                  | 8 (13.3%)               |
| <b>PESO NORMAL (22.0-27.0)</b>      | 8 (36.4%)                      | 11 (28.9%)                 | 19 31.7%)               |
| <b>SOBREPESO (≥27.0)</b>            | 10 (45.5%)                     | 23 (60.5%)                 | 33 (55.0%)              |

Fonte: Elaboração própria, 2025

Os resultados demonstram que os pacientes com baixo peso (<22 kg/m<sup>2</sup>) estão mais frequentemente presentes no grupo suplementado (18,2%) em comparação ao grupo controle (10,5%). No total da amostra, essa categoria representa 13,3% dos participantes, sugerindo uma maior concentração de indivíduos com menor IMC entre aqueles que receberam suplementação.

Na categoria de peso normal (22–27 kg/m<sup>2</sup>), o grupo suplementado apresentou 36,4% dos pacientes, enquanto o grupo controle registrou 28,9%. Essa diferença sugere que a suplementação pode estar associada a uma maior proporção de indivíduos com IMC dentro da faixa considerada saudável.

Por outro lado, na categoria de sobrepeso (≥27 kg/m<sup>2</sup>), observou-se predominância no grupo controle (60,5%) em relação ao grupo suplementado (45,5%). Considerando o total da amostra, 55% dos pacientes apresentaram sobrepeso, configurando essa categoria como a mais frequente entre os participantes, embora menos prevalente entre os suplementados. Esses achados indicam que o grupo submetido à suplementação apresentou distribuição mais equilibrada entre as faixas de IMC, com menor concentração de sobrepeso.

#### 4.3 Comorbidades mais frequentes

A análise das comorbidades entre os grupos estudados evidencia a distribuição das condições crônicas entre os pacientes suplementados e controle. A presença de comorbidades constitui um fator relevante em estudos com idosos, uma vez que doenças crônicas, como hipertensão arterial sistêmica e diabetes mellitus, podem influenciar significativamente os desfechos clínicos e nutricionais.

Além disso, essas condições podem interagir com o estado funcional e comprometer a capacidade de recuperação dos pacientes, afetando diretamente a resposta às intervenções médicas e nutricionais.

O Quadro 6 apresenta a frequência de hipertensão, diabetes, a associação de ambas as condições e a ausência de comorbidades em cada grupo analisado.

Quadro 6 – Distribuição de comorbidades nos grupos suplementado e controle.

| COMORBIDADE        | SUPLEMENTADO<br>(N=22) | CONTROLE<br>(N=38) | TOTAL<br>(N=60) |
|--------------------|------------------------|--------------------|-----------------|
| <b>HIPERTENSÃO</b> | 16 (72,7%)             | 28 (73,7%)         | 44 (73,3%)      |
| <b>DIABETES</b>    | 6 (27,3%)              | 13 (34,2%)         | 19 (31,7%)      |
| <b>AMBOS</b>       | 5 (22,7%)              | 10 (26,3%)         | 15 (25,0%)      |
| <b>NENHUM</b>      | 7 (22,7%)              | 5 (18,4%)          | 12 (20,0%)      |

Fonte: Elaboração própria, 2025

A análise das comorbidades entre os grupos estudados revela que a hipertensão arterial sistêmica foi a condição mais prevalente, acometendo aproximadamente (73%) dos participantes, tanto no grupo que fazia uso de vitamina D (suplementado) quanto no grupo que não fazia uso de vitamina D (controle), o que indica uma distribuição bastante semelhante entre os dois grupos.

A diabetes mellitus, por sua vez, apresentou menor frequência, afetando cerca de 32% do total de pacientes, sendo ligeiramente mais comum no grupo controle (34,2%) em comparação ao grupo suplementado (27,3%).

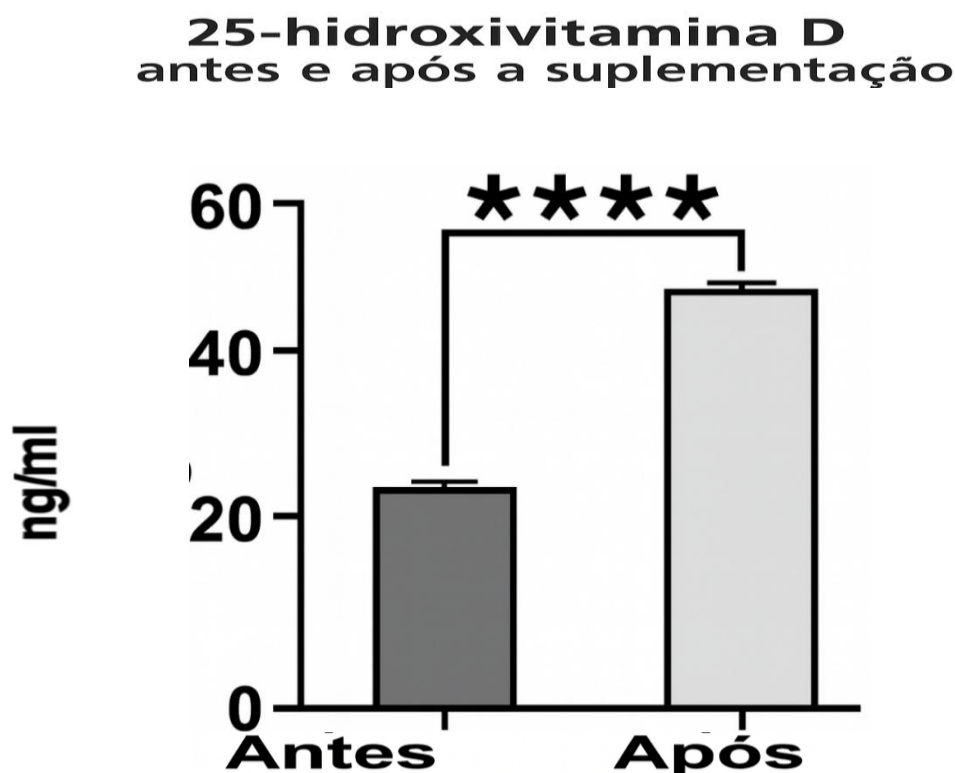
A associação entre hipertensão e diabetes foi observada em aproximadamente 25% dos participantes, também distribuída de forma similar entre os grupos. Por outro lado, uma pequena parcela dos pacientes não apresentou nenhuma das comorbidades avaliadas, correspondendo a 20% do total, com discreto predomínio no grupo suplementado (22,7%) em relação ao grupo controle (18,4%).

Esses resultados demonstram que a maioria da população estudada apresenta pelo menos uma condição crônica, sendo a hipertensão a mais prevalente, seguida pela diabetes e pela associação de ambas as doenças, sem diferenças significativas entre os grupos avaliados.

#### 4.4 Níveis de concentrações séricas de 25(OH)D antes e após a suplementação

Em pacientes idosos, a deficiência de vitamina D é uma condição frequente e pode contribuir para o desenvolvimento de osteoporose, aumento do risco de fraturas e redução da qualidade de vida. Dessa forma, o monitoramento dos níveis séricos de vitamina D é fundamental para o acompanhamento clínico e a prevenção de complicações nessa população.

A Figura 10 apresenta os níveis séricos de vitamina D em pacientes idosos antes e após a suplementação, permitindo uma análise objetiva do estado nutricional e metabólico e a avaliação da efetividade da intervenção.



**Figura 10** – Níveis de vitamina D em pacientes antes e após a suplementação.

Fonte: Elaboração própria, 2025.

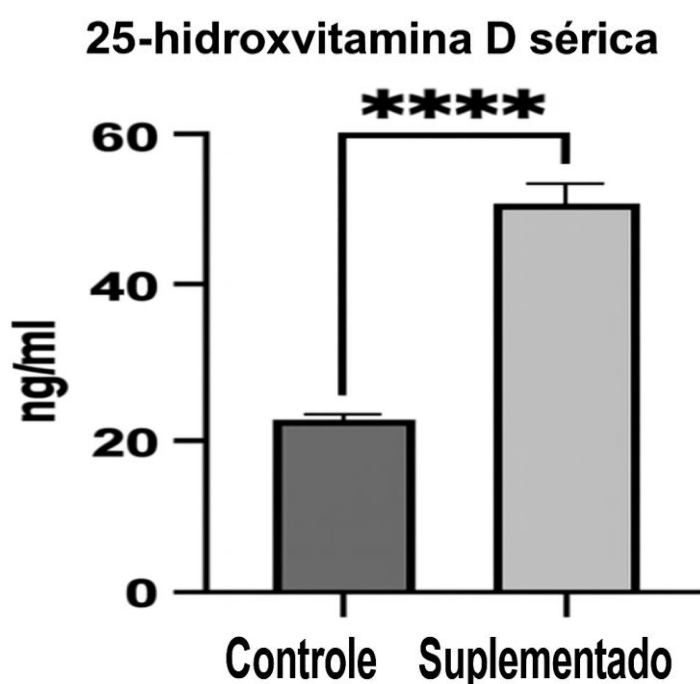
A figura 10 apresenta as concentrações médias de vitamina D nos pacientes, comparando o período de rastreamento (antes da suplementação) e o período pós-operatório (após a suplementação). Observa-se um aumento expressivo dos níveis médios de 25(OH)D, que passaram de  $(22,7 \pm 0,9 \text{ ng/mL})$  para  $(45,0 \pm 1,2 \text{ ng/mL})$ . Os dados são expressos como média  $\pm$  erro padrão da média, e a diferença entre os períodos foi altamente significativa (\*\*\*\*  $p < 0,0001$ ).

Os resultados mostram os níveis médios de 25-hidroxivitamina D [25(OH)D] medidos em 22 pacientes, comparando os valores dos que faziam uso de suplementação e os que não faziam uso de suplementação com vitamina D. Nos pacientes que não faziam uso de suplementação, os níveis médios de 25(OH)D estavam significativamente reduzidos, caracterizando deficiência de vitamina D (valores abaixo de 20 ng/mL). Nos pacientes que faziam uso de suplementação, observou-se um aumento significativo dos níveis, que atingiram os valores de referência indicativos de suficiência (acima de 30 ng/mL).

#### 4.5 Níveis de concentrações séricas de 25(OH)D dos pacientes internados

A avaliação das concentrações séricas de 25-hidroxivitamina D [25(OH)D] durante a internação hospitalar permite compreender o comportamento dos níveis dessa vitamina em pacientes idosos que fizeram uso de suplementação e os que não faziam uso de suplementação. Essa análise é essencial para identificar possíveis variações associadas ao estado clínico e à resposta à intervenção nutricional.

A Figura 11 a seguir apresenta os níveis médios de 25(OH)D observados nos pacientes do grupo controle e o grupo suplementado durante o período de internação, evidenciando a distribuição das concentrações séricas e suas possíveis implicações clínicas.



**Figura 11** – Níveis de vitamina D em pacientes ribeirinhos com fratura de fêmur durante internação pós-operatório.

Fonte: Elaboração própria, 2025.

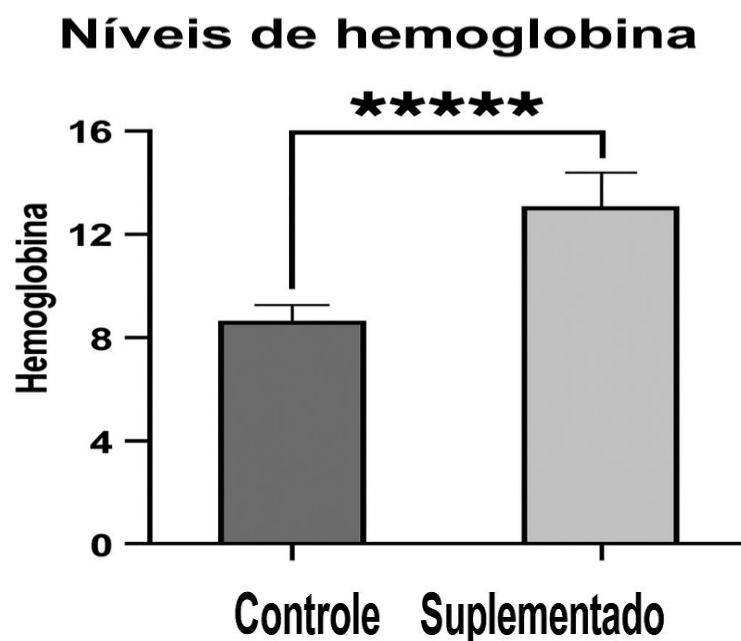
A figura 11 apresenta as concentrações médias de vitamina D nos pacientes durante o período de internação pós-operatória, comparando o grupo controle, com  $(21,74 \pm 0,84 \text{ ng/mL})$ , e o grupo suplementado, com  $(50,26 \pm 2,55 \text{ ng/mL})$ . Os dados são expressos como média  $\pm$  erro padrão da média, e a diferença entre os grupos foi altamente significativa (\*\*\*\*  $p < 0,0001$ ).

Observa-se que o grupo controle apresentou níveis médios de 25(OH)D significativamente mais baixos, enquanto o grupo suplementado atingiu valores consideravelmente mais elevados. Esses resultados demonstram que a suplementação de vitamina D está associada a níveis séricos substancialmente mais altos, evidenciando sua eficácia em elevar as concentrações de vitamina D nos pacientes suplementados.

#### 4.6 Nível de hemoglobina

A hemoglobina é um dos principais componentes do sangue, sendo responsável pelo transporte de oxigênio aos tecidos e, conseqüentemente, pelo adequado funcionamento metabólico do organismo. O monitoramento de seus níveis é fundamental para a avaliação do estado hematológico dos pacientes, auxiliando no diagnóstico e acompanhamento de anemias, policitemias e outras alterações hematológicas.

A Figura 12 apresenta os valores de hemoglobina da amostra, permitindo comparar os grupos e identificar possíveis diferenças associadas à suplementação.



**Figura 12** – Níveis de hemoglobina em pacientes ribeirinhos com fratura de fêmur.

Fonte: Elaboração própria, 2025.

O Figura 12 apresenta a comparação das concentrações séricas de hemoglobina entre o grupo controle ( $8,9 \pm 0,27$  g/dL) e suplementado ( $13,9 \pm 0,22$  g/dL). Os dados são expressos como média  $\pm$  erro padrão da média (EPM). Diferenças estatisticamente significativas estão indicadas por \*\*\*\* ( $p < 0,0001$ ).

Os resultados demonstram concentrações significativamente mais elevadas de hemoglobina no grupo suplementado ( $13,9 \pm 0,22$  g/dL) em comparação ao grupo não suplementado ( $8,9 \pm 0,27$  g/dL;  $p < 0,001$ ). Os valores são expressos como média  $\pm$  erro padrão da média (EPM), e as diferenças estatisticamente significativas estão indicadas por \*\*\*\* ( $p < 0,001$ ).

O gráfico evidencia uma diferença clara e estatisticamente significativa entre os grupos, indicando que os pacientes sem suplementação apresentaram valores médios de hemoglobina próximos de (10 g/dL), abaixo do ideal para a maioria dos contextos clínicos. Em contraste, os pacientes suplementados atingiram níveis médios em torno de (14 g/dL), sugerindo uma melhora substancial do estado hematológico.

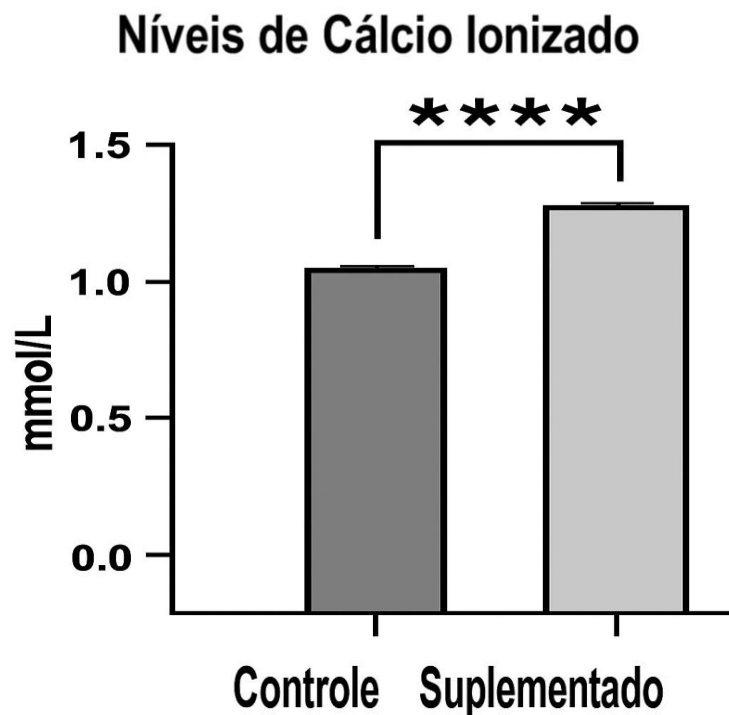
Esses achados indicam que a suplementação com vitamina D pode exercer um efeito benéfico sobre os níveis de hemoglobina, possivelmente relacionado ao papel modulador dessa vitamina em processos inflamatórios, na regulação do metabolismo do ferro e na função eritropoética.

#### **4.7 Nível de cálcio ionizado**

Após a avaliação dos marcadores nutricionais básicos da amostra, o foco direciona-se para a análise da homeostase mineral, um componente fundamental da saúde óssea e metabólica em indivíduos idosos. O cálcio ionizado representa a fração biologicamente ativa do cálcio, sendo essencial para diversos processos fisiológicos, como a contração muscular, a coagulação sanguínea e a transmissão de impulsos nervosos.

A Figura 13 apresenta uma análise comparativa dos níveis séricos de cálcio ionizado entre os grupos estudados, oferecendo uma visão clara do impacto da vitamina D sobre a manutenção da homeostase mineral e o equilíbrio metabólico dos pacientes.





**Figura 13**– Níveis de cálcio ionizado em pacientes ribeirinhos com fratura de fêmur.

Fonte: Elaboração própria, 2025

A Figura 13 apresenta a comparação dos níveis séricos de cálcio ionizado entre o grupo controle ( $1,08 \pm 0,02$  mmol/L), e o grupo suplementado ( $1,29 \pm 0,01$  mmol/L). Os valores são apresentados como média  $\pm$  erro padrão da média (EPM), e as diferenças estatisticamente significativas entre os grupos estão indicadas por \*\*\*\* ( $p < 0,001$ ).

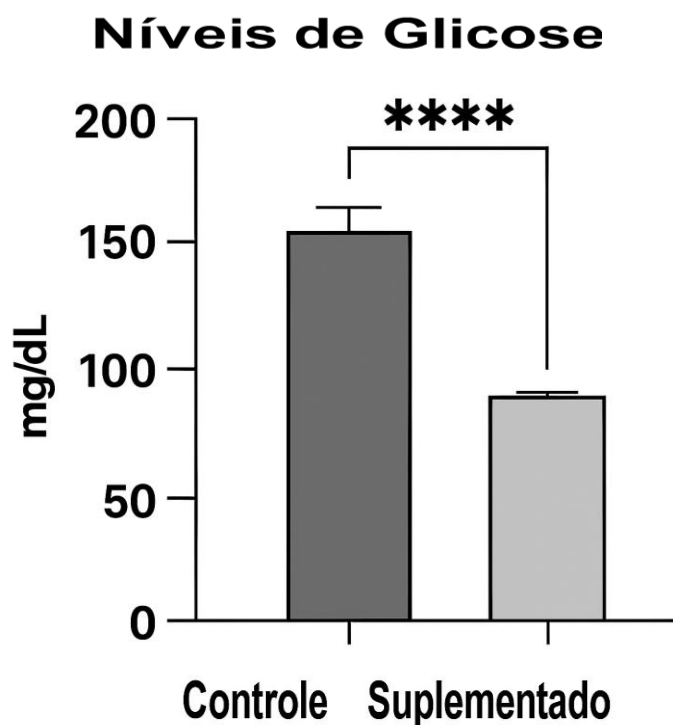
O gráfico evidencia uma diferença expressiva entre os grupos, demonstrando que níveis adequados de vitamina D está associada a um aumento significativo nos níveis séricos de cálcio ionizado. Os pacientes que faziam uso de suplementação apresentaram concentrações significativamente mais elevadas desse mineral em comparação ao grupo controle.

Esses achados sugerem que a vitamina D exerce um efeito direto sobre a regulação da concentração de cálcio no sangue, reforçando seu papel essencial na homeostase mineral, por meio da aumentada absorção intestinal de cálcio, da redução da excreção renal e da modulação do hormônio paratireoideano (PTH).

#### 4.8 Nível de glicemia

O monitoramento dos níveis de glicemia constitui uma etapa fundamental na avaliação e no acompanhamento do estado de saúde dos pacientes, especialmente quando há associação com outras comorbidades, como diabetes mellitus e síndromes metabólicas.

A Figura 14 apresenta os valores de glicemia registrados em uma amostra de 60 pacientes diagnosticados com fratura de fêmur, permitindo uma análise comparativa entre o grupo com níveis adequados de vitamina D (suplementado) com níveis baixos de vitamina D (controle) quanto ao perfil glicêmico durante o período de internação.



**Figura 14** - Níveis de glicemia em pacientes ribeirinhos com fratura de fêmur.

Fonte: Elaboração própria, 2025

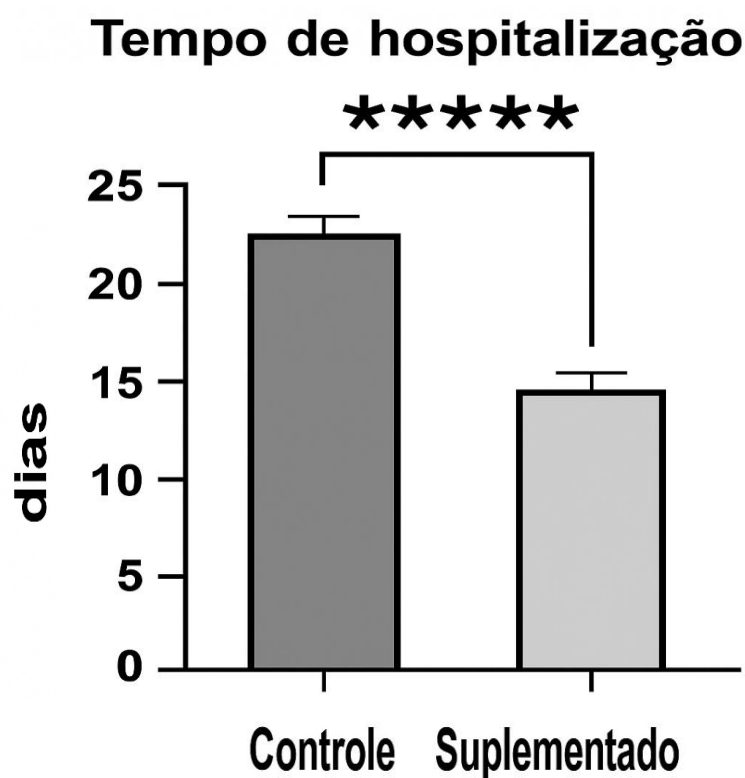
O gráfico de barras compara os níveis de glicemia entre o grupo controle ( $152,2 \pm 9,6$  mg/dL), e o grupo suplementado ( $83,8 \pm 1,4$  mg/dL). Os dados são apresentados como média  $\pm$  erro padrão da média (EPM), e \*\*\*\* indica diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,001$ ).

Os resultados mostram que o grupo suplementado apresentou níveis de glicose significativamente mais baixos em relação ao grupo controle. Esses achados sugerem fortemente que níveis adequados de vitamina D estão associados à redução da glicemia na população estudada.

#### 4.9 Duração da hospitalização dos pacientes

O tempo de internação de pacientes idosos com fratura de fêmur constitui um indicador relevante da evolução clínica e da eficiência do tratamento, podendo refletir fatores como a presença de comorbidades, o tipo de intervenção cirúrgica realizada e o nível de suporte multiprofissional oferecido.

A Figura 15 apresenta a duração da hospitalização dos pacientes idosos acometidos por fratura de fêmur. Essa representação permite uma comparação entre o grupo que fazia uso de suplementação com vitamina D (suplementado) e o grupo que não utilizava a vitamina D (controle), evidenciando o tempo médio de permanência hospitalar em cada grupo.



**Figura 15-** Tempo médio de internação dos pacientes ribeirinhos com fratura de fêmur.

Fonte: Elaboração própria, 2025

A figura 15 apresenta a comparação da duração média da internação hospitalar (em dias) entre o grupo controle, com (22,61 ± 0,88 dias), e o grupo suplementado, com (14,32 ± 0,79 dias). Os valores são expressos como média ± erro padrão da média (EPM), e as diferenças estatisticamente significativas estão indicadas por \*\*\*\*\* ( $p < 0,0001$ ).

Os resultados demonstram que níveis adequados de vitamina D está associada a uma redução significativa no tempo de internação de pacientes idosos, com uma diminuição média superior a oito dias em comparação ao grupo controle.

Esses achados reforçam que a vitamina D desempenha um papel que ultrapassa sua função tradicional na saúde óssea, podendo influenciar diretamente o processo de recuperação clínica e o desfecho hospitalar em populações idosas.

A magnitude dessa redução é clinicamente relevante, sugerindo que a suplementação de vitamina D constitui uma intervenção eficaz, segura e de baixo custo, com potencial para otimizar o tempo de reabilitação e reduzir custos hospitalares.

Dessa forma, a vitamina D pode ser considerada não apenas como um agente terapêutico adjuvante, mas também como um potencial marcador prognóstico de gravidade, especialmente em pacientes idosos e em condições clínicas críticas.

#### **4.10 Rastreamento de hipovitaminose D**

##### **4.10.1 Protocolo clínico de rastreamento de Hipovitaminose D**

Visando à otimização do rastreamento dos pacientes candidatos à suplementação, foi elaborado um protocolo de rastreamento da deficiência de vitamina D, especialmente voltado para a população idosa ribeirinha. Os protocolos clínicos consistem em orientações sistematizadas que auxiliam os profissionais de saúde no manejo de condições específicas, oferecendo recomendações claras e baseadas em evidências científicas sobre testes diagnósticos e condutas terapêuticas. São ferramentas fundamentais para reduzir variações inadequadas na prática clínica, garantir a segurança do paciente e melhorar a qualidade da assistência, além de otimizar recursos e contribuir para a eficiência dos serviços de saúde no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS) (Tay et al., 2025).

O protocolo de rastreamento da deficiência de vitamina D em grupos de risco representa uma estratégia essencial para a Atenção Básica, uma vez que a hipovitaminose D está associada a desfechos clínicos graves, como osteoporose, osteomalácia, maior risco de quedas e fraturas, além de elevação da mortalidade e dos custos hospitalares. Considerando as peculiaridades da população ribeirinha, que enfrenta dificuldades de acesso aos serviços de saúde, a implementação desse protocolo tem importância estratégica, pois oferece um modelo de cuidado acessível, padronizado e eficaz, adaptado à realidade local e às condições socioeconômicas da região amazônica (Fadahunsi et al., 2019).

O protocolo foi desenvolvido e posteriormente aprimorado com a colaboração de médicos especialistas do Hospital Regional do Baixo Amazonas (HRBA), resultando em um modelo ambulatorial aplicável à prática assistencial. de rastreamento e suplementação da população ribeirinha, permitindo a padronização das condutas clínicas e o aprimoramento do fluxo de atendimento.

As etapas que compõem o protocolo, desde o rastreamento e diagnóstico até o tratamento e a monitorização, são apresentadas a seguir, detalhando o fluxo de atendimento e as ações preconizadas em cada fase.

O diagnóstico da deficiência de vitamina D é realizado por meio da dosagem sérica de 25-hidroxivitamina D [25(OH)D], sendo considerados os seguintes valores de referência: suficiência entre 30 e 60 ng/mL, insuficiência entre 10 e 20 ng/mL, deficiência grave abaixo de 10 ng/mL e toxicidade acima de 100 ng/mL. A população-alvo compreende homens e mulheres com idade superior a 60 anos, sintomáticos ou assintomáticos.

O tratamento contempla medidas não farmacológicas, como exposição solar regular, alimentação equilibrada e prática de atividade física, além de intervenções farmacológicas quando indicadas, por meio da suplementação de colecalciferol (vitamina D3), preferencialmente por via oral. Os esquemas de suplementação variam de acordo com a gravidade da deficiência, podendo incluir fases de correção, manutenção ou prevenção. A monitorização laboratorial deve ser realizada entre 8 e 12 semanas após o início da suplementação, a fim de avaliar a adesão ao tratamento e a eficácia terapêutica.

A implantação desse protocolo visa identificar precocemente a deficiência de vitamina D, prevenir complicações associadas à hipovitaminose, padronizar as condutas na Atenção Básica e promover a qualidade de vida dos idosos. Além de proporcionar benefícios diretos aos pacientes, o protocolo contribui para aumentar a segurança profissional, melhorar a eficiência na gestão dos serviços e reduzir custos operacionais no sistema público de saúde.

Dessa forma, a criação e aplicação do protocolo de rastreamento da deficiência de vitamina D representam um avanço importante na atenção à saúde, fortalecendo a atenção primária, ampliando o acesso ao cuidado de qualidade e contribuindo para a redução das desigualdades em saúde na região amazônica.

A Figura 16 apresenta o protocolo de rastreamento de hipovitaminose D em idosos, desenvolvido e implementado no âmbito deste estudo.

## PROCOLO DE RASTREAMENTO DE DEFICIÊNCIA DE VITAMINA D EM IDOSOS

A deficiência de vitamina D apresenta consequências clínicas importantes no tecido ósseo e muscular, predispondo a doenças como osteoporose e osteomalácia, além de aumentar risco de quedas e fraturas, apresentando taxa de mortalidade considerada alta pós-fratura, período prolongado de internação em Unidade de Terapia Intensiva (UTI), além de longa reabilitação, gerando alto custo para a saúde pública.

Estudos mostram, em diferentes regiões do país, a alta prevalência de hipovitaminose D, associada à idade acima de 60 anos (SBEM, 2017). O rastreamento da hipovitaminose D, por meio da dosagem de 25(OH)D, é indicado somente para indivíduos com maior risco dessa condição, como os idosos (Marques et al., 2017).

**CID-10 (E55) – Deficiência de vitamina D**

### OBJETIVOS

Identificar a carência de vitamina D e facilitar o diagnóstico e tratamento precoce;  
Auxiliar na prevenção da hipovitaminose D e promover a qualidade de vida dos idosos;  
Promover a padronização do atendimento e colaborar com a assistência em saúde na Atenção Básica.

### DIAGNÓSTICO LABORATORIAL

Exame de sangue da dosagem de hidroxivitamina D - 25 (OH)D

#### Valores de referência de 25-hidroxivitamina D

|               |                                                                                           |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Suficiência   | Entre 30 e 60 ng/mL (recomendado para grupo de risco como os idosos)                      |
| Insuficiência | Entre 10 e 20 ng/mL (risco de perda de massa óssea, osteoporose e fraturas)               |
| Muito baixo   | Menor do que 10 ng/mL (risco de evoluir com defeito na mineralização óssea, osteomalácia) |
| Toxicidade    | Acima de 100 ng/mL (risco de hipercalemia)                                                |

### POPULAÇÃO-ALVO

Idosos acima de 60 anos, sintomáticos (fadiga, fraqueza muscular, quedas frequentes e dor crônica) ou assintomáticos.

### TRATAMENTO NÃO FARMACOLÓGICO

Inclui exposição solar, atividade física e dieta rica em vitamina D.

### TRATAMENTO FARMACOLÓGICO

Deve ser feito a reposição do colecalciferol, por meio da suplementação sob orientação médica.

### Via de administração

A via oral é a primeira escolha. Deve ser ingerido junto com as refeições, para otimizar sua absorção.

|                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (continuação)                                                                                                                                                                       |                                                                                                                             |
| A via parenteral é indicada na impossibilidade da via oral.                                                                                                                         |                                                                                                                             |
| <b>ESQUEMAS DE ADMINISTRAÇÃO E TEMPO DE TRATAMENTO</b>                                                                                                                              |                                                                                                                             |
| <b>Classificação</b>                                                                                                                                                                | <b>Dose terapêutica</b>                                                                                                     |
| Correção de deficiência                                                                                                                                                             | 50.000 UI, 1 vez por semana, por 8 semanas<br>6.000 UI ao dia, por 8 semanas<br>3.000 a 5.000 UI ao dia, por 6 a 12 semanas |
| Manutenção                                                                                                                                                                          | Dose varia de 800 a 2.000 UI/dia, por 8 semanas                                                                             |
| Prevenção                                                                                                                                                                           | Dose 1.200 e 1.800 UI/dia, por 8 semanas                                                                                    |
| <b>Obs:</b> A decisão da dosagem e tratamento deve ser individualizado, ajustadas de acordo com cada situação e a critério do profissional médico.                                  |                                                                                                                             |
| <b>MONITORIZAÇÃO</b>                                                                                                                                                                |                                                                                                                             |
| Solicitar a dosagem da 25 (OH)D após 8 a 12 semanas do início da suplementação, quando houver suspeita de baixa adesão e como resposta ao tratamento ao final do esquema de ataque. |                                                                                                                             |
| <b>DURAÇÃO DO TRATAMENTO</b>                                                                                                                                                        |                                                                                                                             |
| Dependerá do esquema de suplementação utilizado, dos resultados dos exames de doseamento de vitamina D ou a critério do profissional médico.                                        |                                                                                                                             |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>                                                                                                                                                   |                                                                                                                             |
| SOCIEDADE BRASILEIRA DE ENDOCRINOLOGIA E METABOLOGIA (SBEM). <b>Vitamina D:</b> Novos valores de referência, 2017.                                                                  |                                                                                                                             |
| SOCIEDADE BRASILEIRA DE PATOLOGIA CLÍNICA/MEDICINA LABORATORIAL (SBPC/ML). <b>Intervalo de referências da Vitamina D – 25(OH)D</b> , 2017.                                          |                                                                                                                             |

**Figura 16**– Protocolo clínico de rastreamento da hipovitaminose D em idoso.

Fonte: Elaboração própria, 2025

Dessa forma, o protocolo proposto neste estudo busca contribuir para a padronização das condutas em saúde, favorecendo o diagnóstico precoce, o tratamento adequado e a promoção da qualidade de vida de idosos, além de minimizar os impactos socioeconômicos decorrentes das complicações associadas à hipovitaminose D nessa população.

#### 4.10.2 Formulário clínico digital para rastreamento e monitoramento da vitamina D

A criação de protocolos digitais para o monitoramento e controle da vitamina D representa um avanço estratégico no cuidado em saúde, especialmente no contexto da Atenção Básica e do atendimento ambulatorial. O desenvolvimento desse tipo de ferramenta visa

integrar dados clínicos e laboratoriais em um sistema digital de apoio à decisão clínica (Clinical Decision Support System – CDSS), promovendo condutas padronizadas, uso racional de exames laboratoriais e melhor eficiência na gestão dos serviços de saúde (Bayor et al., 2025; Felcher et al., 2017).

A adoção de ferramentas digitais integradas ao prontuário eletrônico do paciente (PEP) tem demonstrado resultados expressivos na prática clínica. Estudos apontam que a utilização de sistemas de apoio à decisão reduziu significativamente os pedidos desnecessários de dosagem de vitamina D, com queda nas taxas de triagem de (74,0 para 24,2) por 1.000 pacientes. Além disso, observou-se aumento na proporção de exames adequados (de 56,2% para 69,7%) e redução dos exames inadequados (de 43,8% para 30,3%), confirmando a eficácia das intervenções digitais na otimização do uso de exames laboratoriais e na melhoria da prática clínica baseada em evidências (Fadahunsi et al., 2019).

O uso de ferramentas digitais no ambulatório aumenta a eficiência operacional ao reduzir erros de transcrição, facilitar a coleta de indicadores epidemiológicos e apoiar o planejamento de ações de saúde pública voltadas ao envelhecimento saudável. Ao integrar, em um único sistema, informações clínicas, laboratoriais e terapêuticas, os protocolos digitais baseados em evidências ampliam a vigilância nutricional, fortalecem as estratégias de cuidado à população idosa em contextos de vulnerabilidade, promovem maior autonomia dos profissionais de saúde, reduzem erros de conduta, otimizam os serviços ambulatoriais e contribuem para a redução de custos, ampliando o alcance das ações de saúde pública e favorecendo uma gestão mais equitativa e orientada por evidências (Bellei et al., 2024).

Ao padronizar o rastreamento e o acompanhamento clínico, o protocolo amplia a capacidade das equipes de identificar precocemente alterações nos níveis de vitamina D, reduzindo o risco de novas fraturas e promovendo intervenções terapêuticas oportunas. Além disso, o formato digital facilita o monitoramento contínuo mesmo em regiões geograficamente isoladas, fortalecendo a linha de cuidado e contribuindo para a redução de complicações, hospitalizações e impactos socioeconômicos decorrentes das fraturas nessa população.

Diante da necessidade de ampliar o acesso e qualificar o cuidado prestado às populações mais vulneráveis, o protocolo manual foi estruturado em formato digital no Google Forms, com o objetivo de padronizar o atendimento e aprimorar o acompanhamento clínico e laboratorial. Essa digitalização permite o registro e o compartilhamento ágil das informações, favorecendo decisões mais rápidas e fundamentadas em evidências.

O protocolo voltado à população idosa promove a padronização da coleta de dados clínicos, laboratoriais e terapêuticos relacionados ao status da vitamina D, organizando o fluxo



assistencial desde a identificação do paciente até o registro da conduta médica. Ao orientar etapas sequenciais e facilitar sua aplicação pelos profissionais de saúde, contribui para a eficiência dos serviços hospitalares e ambulatoriais, reduz a ocorrência de erros, subsidia condutas terapêuticas personalizadas e fortalece as ações de prevenção e promoção da saúde, especialmente em comunidades ribeirinhas e regiões de difícil acesso.

As etapas do protocolo serão apresentadas a seguir, de forma a facilitar a compreensão do processo e apoiar sua aplicação prática no monitoramento dos idosos.

Etapa 1: são coletadas informações de identificação e dados sociodemográficos do participante, como nome completo, CPF, data de nascimento, sexo e endereço, com campos específicos para bairro, logradouro e número. Essa etapa visa garantir a caracterização da amostra e possibilitar o acompanhamento longitudinal dos pacientes. Nessa mesma seção, o profissional deve registrar o motivo da consulta, podendo ser “novo exame” ou “retorno de exame”, diferenciando as situações de rastreamento inicial e de reavaliação após intervenção terapêutica.

Etapa 2: o protocolo aborda as indicações clínicas e laboratoriais, onde o profissional informa a necessidade de realização do exame de 25-hidroxivitamina D [25(OH)D] sérico, principal marcador do status da vitamina D. Essa informação é complementada pela investigação de sintomas musculares, como dores ou fraqueza, classificadas em “sim”, “razoável” ou “pouco”, relacionando os achados laboratoriais aos sinais clínicos.

Etapa 3: contempla o registro do resultado laboratorial e a classificação dos níveis séricos de 25(OH)D em faixas de referência: valores <10 ng/mL são considerados muito baixos; entre 10 e 30 ng/mL, insuficiência; entre 30 e 50 ng/mL, suficiência; e >100 ng/mL, toxicidade. Essa categorização permite uma interpretação padronizada e fundamenta a conduta terapêutica adequada.

Etapa 4: refere-se à administração e ao tempo de tratamento, apresentando as opções terapêuticas recomendadas para correção da deficiência, como 50.000 UI uma vez por semana por oito semanas; 6.000 UI por dia por oito semanas; ou 3.000 a 5.000 UI por dia por seis a doze semanas. Há ainda um campo para condutas preventivas, voltadas à manutenção dos níveis adequados em casos de suficiência.

Etapa 5: o protocolo inclui a prescrição médica, onde o profissional registra a conduta adotada, incluindo dose, via de administração, tempo de tratamento e orientações complementares. Essa etapa consolida o processo clínico, garantindo rastreabilidade, segurança e acompanhamento contínuo do tratamento instituído.

Etapa 6: para finalizar o atendimento basta clicar na opção enviar, as informações do paciente serão arquivadas. Para que uma nova consulta seja iniciada basta digitar o nome do paciente ou CPF que seus dados serão encontrados, a consulta pode ser feita a qualquer momento, podendo ser consultado a identificação do paciente, coleta de dados clínicos e laboratoriais, definição da conduta terapêutica e registro da prescrição médica.

A Figura 17 apresenta o formulário clínico digital de rastreamento e acompanhamento da vitamina D em idosos.

### Rastreamento e Acompanhamento de Vitamina D em Idosos

Formulário para padronizar a coleta de dados clínicos, laboratoriais e terapêuticos relacionados ao status de vitamina D em idosos

**Nome completo:** \*

Nome completo

**CPF:** \*

Data de nascimento:

**Sexo:** \*

☐ Masculino ☐ Feminino

**Endereço**

Bairro:

Logradouro:

**RESULTADO DO NÍVEL DE 25 (OH) D**

**CORREÇÃO DE DEFICIÊNCIA**

☐ 50.000 UI, uma vez por semana, por 8 semanas

☐ 6.000 UI, ao dia, por 8 semanas

☐ 3.000 a 5.000 UI, ao dia, por 6 a 12 semanas

**Prevenção**

**ADMINISTRAÇÃO E TEMPO DE TRATAMENTO**

**CORREÇÃO DE DEFICIÊNCIA**

☐ 50.000 UI, uma vez por semana, por 8 semanas

☐ 6.000 UI, ao dia, por 8 semanas

☐ 3.000 a 5.000 UI, ao dia, por 6 a 12 semanas

**Motivo da consulta**

Novo exame

**INDICAÇÕES**

| EXAMES                                 | PACIENTE                       |
|----------------------------------------|--------------------------------|
| <input type="radio"/> Novo exame       | <input type="radio"/> Sim      |
| <input type="radio"/> Retorno de exame | <input type="radio"/> Razoável |

**Resultado do nível de 25(OH) D**

**CORREÇÃO DE DEFICIÊNCIA**

☐ 50.000 UI, uma vez por semana, por 8 semanas

☐ 6.000 UI, ao dia, por 8 semanas

☐ 3.000 a 5.000 UI, ao dia, por 6 a 12 semanas

**PREVENÇÃO**

**PREVENÇÃO**

**Prescrição médica**

**Figura 17** - Formulário clínico digital de rastreamento e acompanhamento da vitamina D em idosos.

A implementação do protocolo digital representa um avanço significativo para a população ribeirinha, que historicamente apresenta maior vulnerabilidade e altos índices de fratura de fêmur, muitas vezes associados à dificuldade de acesso aos serviços de saúde e ao diagnóstico tardio de condições como a deficiência de vitamina D.

Dessa forma, o protocolo digital de rastreamento e acompanhamento da vitamina D constitui uma ferramenta de apoio à prática clínica e à gestão em saúde, promovendo a integração entre atenção primária e serviços especializados. Sua aplicação em ambulatórios que atendem populações ribeirinhas possibilita um acompanhamento mais próximo, resolutivo e humanizado, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida e para a redução das desigualdades em saúde na região amazônica.

#### 4.10.2.1 Integração tecnológica do formulário clínico à rede de Informação em Saúde

A incorporação de protocolos digitais aos sistemas de saúde representa uma estratégia essencial para modernizar o cuidado, otimizar fluxos assistenciais e garantir maior precisão no acompanhamento clínico dos pacientes. Estudos demonstram que a aplicação de tecnologias digitais integradas ao prontuário eletrônico, incluindo CDSS, análises preditivas, triagem em tempo real e ferramentas de vigilância, tem potencial para aprimorar substancialmente a segurança do paciente. (Murthi et al., 2024).

O protocolo digital de rastreamento e acompanhamento da vitamina D surge como uma ferramenta inovadora, capaz de tornar o processo de coleta, registro e monitoramento mais eficiente e acessível, especialmente em localidades com recursos limitados. Sua implementação representa um avanço tecnológico e organizacional que fortalece a rede de atenção primária, ao oferecer um cuidado mais padronizado, resolutivo e direcionado às reais necessidades da população.

Para garantir sua funcionalidade plena dentro dos serviços de saúde, o protocolo clínico digital foi integrado tanto ao Prontuário Eletrônico do Paciente quanto ao sistema e-SUS AB, por meio da interoperabilidade de dados estruturados. Essa integração ocorre com o uso de planilhas automatizadas e scripts de exportação, que permitem organizar e transferir as informações coletadas de forma segura, padronizada e compatível com os sistemas oficiais.

O formulário digital, desenvolvido na plataforma Google Forms, funciona como a ferramenta central de coleta, registrando de maneira sistematizada os dados clínicos e laboratoriais dos idosos ribeirinhos e garantindo que essas informações estejam disponíveis para acompanhamento longitudinal e tomada de decisão clínica em tempo real. Evidências de

meta-análises e revisões sistemáticas reforçam a efetividade dessas soluções, especialmente da prescrição eletrônica e das intervenções baseadas em CDSS (Murthi et al., 2024).

Ao possibilitar a integração fluida com o e-SUS AB (Sistematização das Informações da Atenção Básica), o protocolo amplia a capacidade de acompanhamento longitudinal, facilita a análise em tempo real e fortalece as práticas de vigilância em saúde, sobretudo em regiões de difícil acesso. Dessa forma, contribui para um cuidado mais eficiente, equitativo e alinhado aos princípios da Atenção Primária à Saúde.

O fluxo demonstra como o protocolo clínico digital de vitamina D se integra ao sistema e-SUS AB, promovendo a padronização, o registro automatizado e o monitoramento contínuo das informações de saúde dos idosos ribeirinhos.

1º Passo: Criação do protocolo digital, o processo iniciou-se com o desenvolvimento de um formulário eletrônico no Google Forms, contendo campos padronizados para a coleta de dados clínicos, como histórico, sintomas, resultados laboratoriais e condutas. Cada campo do formulário foi configurado com identificadores (tags) compatíveis com os campos existentes nos sistemas Tasy e e-SUS AB, garantindo que os dados coletados pudessem ser exportados e reconhecidos automaticamente por ambas as plataformas.

2º Passo: Geração de Planilha Automatizadas e integração com o Tasy - após o preenchimento do formulário digital pelo profissional de saúde, as respostas são automaticamente armazenadas em uma planilha eletrônica, geralmente nos formatos CSV (Comma-Separated Values) ou JSON (JavaScript Object Notation). Esses formatos são amplamente utilizados em sistemas de informação em saúde, pois permitem a troca estruturada de dados, são compatíveis com APIs, reduzem erros de digitação e facilitam a importação automática das informações.

O Tasy, sistema hospitalar utilizado no Hospital Regional do Baixo Amazonas e amplamente adotado em hospitais e clínicas, possui módulos que permitem a integração direta com arquivos digitais. A planilha gerada é mapeada para os campos correspondentes do prontuário eletrônico, como identificação do paciente, resultados de exames e condutas médicas. Por meio de uma rotina automatizada, esses dados são incorporados ao sistema, garantindo padronização, rastreabilidade e eliminação de registros duplicados.

3º Passo: Integração com o e-SUS AB – o e-SUS AB, sistema utilizado na Atenção Básica, também trabalha com os formatos CSV e JSON e permite a importação de dados por meio de módulos de integração locais, como o e-SUS PEC ou o CDS. Nesse processo, as informações exportadas do formulário digital são convertidas para o padrão exigido pelo e-SUS AB, respeitando os campos obrigatórios do sistema, como identificação do cidadão,

procedimento realizado, diagnóstico e conduta adotada. Em seguida, o arquivo é importado, de forma automática ou manual, atualizando o prontuário eletrônico do paciente e alimentando os indicadores de saúde da Atenção Básica.

4º Passo: Resultado da Integração - com essa integração, o formulário digital passa a alimentar simultaneamente o prontuário hospitalar (Tasy) e o sistema da Atenção Básica (e-SUS AB), garantindo a padronização na coleta de informações e evitando falhas de digitação ou perda de dados. Além disso, o processo facilita o monitoramento clínico e o acompanhamento populacional, como no rastreamento da deficiência de vitamina D, e permite a geração de relatórios epidemiológicos que auxiliam na tomada de decisões em tempo real.

Dessa forma, o modelo proposto consolida a integração entre ferramentas digitais acessíveis e o sistema de informação do Sistema Único de Saúde (SUS), fortalecendo o monitoramento clínico, a continuidade do cuidado e a vigilância nutricional em populações ribeirinhas.

A Figura 18 representa o fluxo de interação entre o protocolo clínico digital e o sistema e-SUS AB, demonstrando, de forma sequencial, como as informações coletadas pelos profissionais de saúde são processadas e integradas ao prontuário eletrônico do paciente.



**Figura 18** - Fluxo de integração do protocolo clínico digital de monitoramento da vitamina D com o sistema e-SUS AB.

Fonte: Elaborado por ChatGPT (OpenAI), a partir de comando da autora, 2025.

O formulário digital coleta os dados clínicos e laboratoriais dos idosos ribeirinhos, que são processados em uma planilha automatizada e posteriormente exportados em formato compatível (CSV/JSON) para o prontuário eletrônico, garantindo o registro completo das informações no sistema e-SUS AB.

Essa estratégia promove uma integração efetiva entre a coleta de dados em campo e o sistema oficial de informação em saúde, permitindo que o acompanhamento, a suplementação e o rastreamento da vitamina D sejam incorporados ao histórico clínico do paciente de forma contínua, segura e padronizada. Além disso, o modelo contribui para a racionalização de recursos, a agilidade na tomada de decisão clínica e o fortalecimento da vigilância nutricional, em consonância com os princípios de universalidade, integralidade e equidade do Sistema Único de Saúde (SUS).

Assim, o protocolo digital representa não apenas um avanço tecnológico, mas também uma ferramenta de equidade em saúde, ao aproximar a prática clínica da realidade territorial e das necessidades específicas da população idosa ribeirinha. Sua adoção evidencia o potencial da interoperabilidade de dados estruturados como eixo estratégico para a qualificação das ações da Atenção Primária e para o fortalecimento da saúde digital no Brasil (Bellei et al., 2024).

A implementação do protocolo clínico digital de rastreamento e acompanhamento da vitamina D representa um avanço tecnológico e organizacional capaz de fortalecer a rede de Atenção Primária à Saúde. A adoção desse tipo de ferramenta digital torna o cuidado mais acessível, padronizado e resolutivo, ao otimizar fluxos assistenciais, reduzir variabilidades clínicas e apoiar a tomada de decisão baseada em evidências (Murthi et al., 2024).

#### 4.10.2.2 Validação operacional do protocolo digital no prontuário eletrônico do paciente

A fase piloto foi conduzida com um grupo restrito de dez profissionais de saúde, entre médicos, enfermeiros e fisioterapeutas, devidamente treinados para utilizar o formulário digital desenvolvido no Google Forms, configurado para comunicação automatizada com o sistema Tasy (, prontuário eletrônico utilizado pelo Hospital Regional do Baixo Amazonas para o gerenciamento das informações clínicas. Essa integração permitiu o envio direto de forma automática dos dados coletados no formulário para o prontuário eletrônico do paciente, reduzindo etapas manuais e minimizando o risco de erros de transcrição.

Durante o teste, os profissionais acessaram o formulário digital por meio de dispositivos móveis ou computadores disponíveis nas unidades ambulatoriais e realizaram o preenchimento em tempo real durante o atendimento dos pacientes idosos ribeirinhos. O sistema Tasy recebeu

os dados em formato compatível (CSV/JSON), permitindo a sincronização automática com os campos clínicos e laboratoriais do prontuário eletrônico. Isso possibilitou o registro imediato de informações como identificação do paciente, resultados laboratoriais de 25(OH)D, sintomas, conduta terapêutica e prescrição médica.

O piloto utilizou como principais indicadores de desempenho a usabilidade do sistema, o tempo médio de preenchimento do formulário, a taxa de sincronização correta com o Tasy, a segurança das informações registradas e a satisfação dos profissionais de saúde envolvidos. Esses indicadores foram avaliados por meio de um questionário aplicado aos profissionais participantes do teste.

O questionário iniciou com a seção de identificação, na qual o profissional informou sua profissão (médico(a), enfermeiro(a) ou outro), a unidade ou setor em que atuava e o nível de experiência com o prontuário eletrônico (baixa, moderada ou alta).

Na avaliação de usabilidade, o participante analisou se o formulário era fácil de localizar e abrir, se a interface era clara, se os campos estavam organizados e se a navegação entre etapas era simples. As respostas foram baseadas em uma escala de discordância ou concordância, variando de “discordo totalmente” a “concordo totalmente”.

Em relação ao tempo de preenchimento, o usuário informou quanto tempo levou para completar o formulário (menos de 3 minutos, 3–5 minutos, 5–10 minutos ou mais de 10 minutos) e se considerou esse tempo adequado para sua rotina de trabalho (sim, parcialmente ou não).

Na seção sobre sincronização com o Tasy/e-SUS AB, o profissional indicou se os dados foram preenchidos e sincronizados corretamente no prontuário eletrônico (sim, parcialmente ou não) e registrou se houve alguma inconsistência, atraso ou erro na integração, descrevendo-os quando necessário.

A seção de satisfação do profissional buscou avaliar se o uso do formulário digital facilitou a rotina de atendimento, se contribuiu para melhorar o registro clínico e se o profissional recomendaria a continuidade do uso do protocolo digital. As respostas seguiram a mesma escala de concordância e incluíram também as opções “sim”, “talvez” ou “não”.

Na parte de segurança da informação, o profissional informou se se sentiu seguro quanto à proteção dos dados registrados (sim, parcialmente ou não) e se observou algum risco de vazamento ou acesso indevido, podendo descrevê-lo caso tenha ocorrido.

Por fim, o questionário solicitou um feedback geral, com três perguntas abertas: o que o profissional mais gostou no sistema, o que deveria ser melhorado antes da implantação definitiva e sugestões adicionais.

Os resultados preliminares indicaram alta aceitação do sistema pelos profissionais, que destacaram a facilidade de uso e a redução do tempo necessário para o registro clínico. Também houve avanço na padronização das informações coletadas, o que contribuiu para maior consistência e qualidade dos dados.

Quadro 7 - Resultados da avaliação da validação do protocolo digital (10 profissionais)

| Item | Pergunta                                                          | Resultado / Resposta predominante  | % de Satisfação |
|------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------|
| 1    | O formulário digital foi fácil de localizar e abrir no sistema.   | 8 concordam                        | 80%             |
| 2    | A interface do formulário é clara e intuitiva.                    | 8 concordam                        | 80%             |
| 3    | Os campos obrigatórios e opcionais estão adequados e organizados. | 8 concordam                        | 80%             |
| 4    | A navegação entre etapas do formulário é simples.                 | 8 concordam                        | 80%             |
| 5    | Tempo para preencher o formulário.                                | 7 profissionais: 3–5 min           | —               |
| 6    | O tempo de preenchimento é adequado para a rotina.                | Sim (8), Parcialmente (1), Não (1) | 80% adequado    |
| 7    | Dados sincronizaram corretamente no sistema.                      | Sim (8), Parcialmente (1), Não (1) | 80%             |
| 8    | Houve inconsistência ou erro na integração?                       | Não (9), Sim (1)                   | 90% sem erros   |
| 9    | O formulário digital facilita a rotina de atendimento.            | 9 concordam                        | 90%             |
| 10   | O formulário melhora o registro clínico.                          | 9 concordam                        | 90%             |
| 11   | Recomenda a continuidade do protocolo digital?                    | Sim (9), Talvez (1), Não (0)       | 90% recomendam  |
| 12   | Sente-se seguro quanto à proteção das informações?                | Sim (8), Parcialmente (1), Não (1) | 80%             |
| 13   | Observou risco de vazamento ou acesso indevido?                   | Não (9), Sim (1)                   | 90% sem risco   |
| 14   | O que mais gostou no sistema?                                     | Facilidade, rapidez                | —               |
| 15   | O que deve ser melhorado?                                         | Reduzir tempo                      | —               |
| 16   | Sugestões adicionais                                              | Treinamento, otimização            | —               |

Fonte: Elaboração própria, 2025

Os resultados da avaliação do formulário digital evidenciam uma percepção amplamente positiva por parte dos profissionais que utilizaram a ferramenta. A usabilidade se destaca como um dos principais pontos fortes, com 80% dos participantes concordando que o



formulário é fácil de localizar no sistema, apresenta interface clara e intuitiva, possui campos organizados e oferece navegação simples entre suas etapas. Esses achados demonstram que o design e a estrutura do formulário atendem às demandas práticas do ambiente assistencial, contribuindo para uma experiência de uso funcional e eficiente.

O tempo de preenchimento também foi satisfatório, com sete profissionais relatando concluir o registro entre três e cinco minutos e 80% considerando esse tempo adequado para a rotina de trabalho. Esses dados sugerem que o formulário se integra bem ao fluxo de atendimento, minimizando interrupções e evitando sobrecarga operacional. Ainda assim, algumas sugestões apontaram a necessidade de reduzir ainda mais o tempo, indicando espaço para otimizações pontuais, como automação de campos ou simplificação de etapas.

No que diz respeito à integração com o sistema Tasy, os resultados revelam um desempenho consistente. Para 80% dos profissionais, os dados foram sincronizados corretamente, enquanto 90% não observaram erros ou inconsistências no processo. Esse desempenho reforça a robustez técnica do formulário, garantindo a continuidade do cuidado por meio de registros atualizados e acessíveis a diferentes setores do hospital.

A aplicabilidade clínica da ferramenta é outro destaque importante. Tanto o item que avalia a capacidade do formulário de facilitar a rotina de atendimento quanto aquele que analisa sua contribuição para a melhoria do registro clínico apresentaram 90% de concordância. Esses resultados indicam que o formulário não apenas organiza a documentação, mas efetivamente qualifica o processo de cuidado, proporcionando maior clareza, padronização e segurança nas informações registradas.

A percepção de segurança da informação também foi positiva: 80% dos profissionais afirmaram sentir-se seguros quanto à proteção dos dados, e 90% não identificaram riscos de vazamento ou acesso indevido. Esse cenário demonstra que a ferramenta atende às expectativas relacionadas à confidencialidade e integridade das informações, elementos fundamentais em sistemas clínicos digitais.

Por fim, os comentários qualitativos reforçam a tendência observada nos dados quantitativos. Os profissionais destacaram a facilidade e rapidez de uso como pontos positivos, enquanto sugeriram melhorias relacionadas principalmente à redução do tempo de preenchimento e à necessidade de treinamentos adicionais. Essas considerações demonstram que, embora o formulário esteja bem estruturado, sua evolução contínua pode contribuir para elevar ainda mais os níveis de satisfação e aderência.

Em síntese, os resultados revelam que o formulário digital se apresenta como uma ferramenta eficaz, bem aceita pelos profissionais e alinhada às necessidades da prática clínica.

A elevada usabilidade, combinada à percepção de segurança e facilidade de navegação, demonstra que a solução cumpre seu propósito de facilitar o atendimento e aprimorar o registro das informações. Embora haja necessidade de ajustes específicos principalmente no tempo de preenchimento e no aperfeiçoamento da integração, a avaliação geral dos usuários indica que o sistema está consolidado e possui forte potencial para continuidade e expansão.

A integração do formulário digital ao sistema Tasy destacou-se como um avanço relevante do projeto, ao possibilitar acesso rápido, unificado e seguro às informações clínicas, promovendo maior continuidade do cuidado e beneficiando equipes multiprofissionais. O estudo piloto demonstra que essa articulação é uma estratégia viável e inovadora para aprimorar a gestão da informação, otimizar fluxos assistenciais e qualificar o monitoramento terapêutico da vitamina D em populações vulneráveis, como idosos ribeirinhos, além de apresentar potencial de adaptação para outros contextos de atenção à saúde, incluindo a Atenção Básica.

## 5 DISCUSSÃO

A avaliação demográfica da amostra demonstrou o predomínio do sexo feminino em relação ao masculino, evidenciando a relevância de se analisar fatores específicos que impactam a saúde dessa população.

Nesse contexto, um estudo realizado em Botucatu, São Paulo, revelou que 67% das mulheres na pós-menopausa apresentavam níveis insuficientes de 25-hidroxivitamina D (25[OH]D), evidenciando a alta vulnerabilidade desse grupo e reforçando a importância do monitoramento e da suplementação quando necessária (Filho; Almeida; Filho, 2019).

De forma geral, as mulheres tendem a apresentar níveis mais baixos de vitamina D em comparação aos homens, o que pode estar relacionado às variações nos níveis de estrogênio e ao metabolismo da vitamina D. A redução hormonal característica da menopausa pode comprometer a ativação dessa vitamina, contribuindo para a maior prevalência de hipovitaminose D nesse grupo.

A análise demográfica do grupo estudado revelou que a maioria dos participantes tinha 75 anos ou mais, um achado que ressalta a alta vulnerabilidade dessa amostra e reforça a necessidade de atenção especial aos fatores que impactam diretamente a saúde e a recuperação clínica nessa faixa etária avançada.

Em análises de internações no Brasil, verificou-se que a fratura de fêmur em idosos constitui um importante problema de saúde pública, especialmente porque a idade avançada se configura como um dos principais determinantes desse desfecho. O envelhecimento promove

acentuada fragilidade óssea e eleva a susceptibilidade a quedas e complicações associadas (Filho; Almeida; Filho, 2019).

Adicionalmente, o avanço da idade está relacionado à redução progressiva da produção cutânea de 7-dehidroxicolesterol, precursor fundamental para a síntese de vitamina D. Essa diminuição resulta em menor capacidade de ativação da vitamina D, contribuindo para a manutenção de níveis séricos insuficientes e ampliando, de maneira significativa, o risco de fraturas nesse grupo etário (Maeda et al., 2014).

Com o avanço da idade, ocorrem alterações fisiológicas importantes, como redução da densidade mineral óssea, diminuição da força muscular e comprometimento do equilíbrio, tornando os ossos mais suscetíveis a fraturas mesmo em quedas de baixa intensidade. Além disso, doenças crônicas e o uso de determinados medicamentos podem agravar esse quadro. Soma-se a isso o fato de que, no envelhecimento, a pele passa a ter menor capacidade de ativação da vitamina D, contribuindo para a piora da saúde óssea.

Os resultados revelam que a amostra é extremamente concentrada na etnia parda (88,3% do total), indicando um perfil demográfico homogêneo e refletindo a composição étnica predominante das populações ribeirinhas da região.

Esta característica reflete um importante aspecto da formação populacional regional. Um estudo, ao discutir a identidade racial parda no contexto amazônico, ressalta que essa categoria é predominante em razão de um processo histórico singular de miscigenação, no qual o pardo constitui a maioria demográfica e atua como eixo central nas discussões sobre identidade racial. (Santos, 2024).

Na região amazônica, a identidade racial parda é o resultado de um processo histórico de miscigenação único, que envolveu a mistura entre indígenas, africanos e europeus ao longo de vários séculos. Esse processo formou uma população com grande diversidade genética, cultural e fenotípica, na qual o grupo identificado como “pardo” passou a representar a maioria demográfica.

A análise da escolaridade demonstrou que a maior parte dos idosos ribeirinhos avaliados possuía apenas o Ensino Fundamental, evidenciando um baixo nível educacional que pode impactar diretamente o acesso à informação em saúde.

A baixa escolaridade observada entre populações ribeirinhas, refletindo oportunidades limitadas de acesso à educação formal, constitui um importante determinante social e influencia diretamente a compreensão de orientações médicas, o acesso a ações preventivas e a adoção de comportamentos saudáveis. Esse cenário, amplamente descrito na literatura, impacta negativamente a assimilação de informações em saúde, a adesão a medidas terapêuticas e a

efetividade das ações de cuidado, devendo, portanto, ser considerado na interpretação dos resultados do estudo, sobretudo por sua influência sobre os desfechos clínicos da população avaliada (Melo Júnior; Sayago; Tourinho, 2017).

Na região amazônica, esses desafios são ainda mais intensificados pelo isolamento das comunidades, pelas deficiências na estrutura dos serviços de saúde e pelas desigualdades sociais, fatores que, em conjunto, impactam tanto o processo educativo quanto a qualidade do cuidado, influenciando diretamente os desfechos observados na população estudada.

Os resultados mostraram que a maior proporção de sobrepeso prevaleceu no grupo que não fazia uso de suplementação (controle), indicando maior acúmulo de gordura corporal entre esses pacientes, o que pode reduzir a biodisponibilidade da vitamina D e contribuir para os níveis mais baixos observados nesse grupo.

Estudos anteriores mostram alta prevalência de sobrepeso e obesidade em idosos, tendência também observada entre populações ribeirinhas devido à transição alimentar, marcada pela substituição de alimentos tradicionais por produtos industrializados. Esse aumento da adiposidade é relevante porque a vitamina D, sendo lipossolúvel, é armazenada no tecido adiposo, reduzindo sua disponibilidade na circulação e podendo influenciar negativamente seus níveis séricos (Silveira; Vieira; Souza, 2018).

O sobrepeso entre ribeirinhos resulta de uma combinação de fatores alimentares, culturais e de estilo de vida. Apesar do contato com a natureza e do potencial acesso a alimentos saudáveis, a realidade mostra uma predominância de dietas ricas em carboidratos e produtos industrializados. O sedentarismo, especialmente entre os idosos, aliado à falta de informação sobre alimentação equilibrada, também contribui para o acúmulo de peso nessa população.

Quanto a distribuição das comorbidades entre os grupos suplementado e controle é bastante semelhante. Hipertensão é a condição predominante, seguida de diabetes e da combinação de ambas. A presença de pacientes sem comorbidades é minoritária, refletindo que a maior parte da população estudada apresenta pelo menos uma condição crônica.

A análise de dados da Pesquisa Nacional de Saúde (PNS) mostra que a hipertensão e o diabetes são as comorbidades mais prevalentes entre idosos brasileiros, em grande parte devido ao processo natural de envelhecimento, que reduz a elasticidade dos vasos sanguíneos e favorece o acúmulo de gordura corporal, aumentando o risco de elevação da pressão arterial e de alterações no metabolismo da glicose. A deficiência de vitamina D agrava ambos os quadros, pois contribui para o enrijecimento dos vasos elevando a pressão arterial e prejudica a função das células  $\beta$  do pâncreas, reduzindo a secreção de insulina e favorecendo o descontrole glicêmico (Argano et al., 2023).

A hipertensão e o diabetes são mais comuns em idosos porque, com o envelhecimento, os vasos ficam mais duros e o corpo acumula mais gordura. A falta de vitamina D piora esse cenário, pois deixa os vasos ainda mais rígidos e dificulta a produção de insulina. Entre ribeirinhos, o risco aumenta devido à transição alimentar, mais produtos industrializados e ao sedentarismo, que costuma crescer com a idade.

Os pacientes que faziam uso da suplementação apresentaram concentrações significativamente mais elevadas de vitamina D (50,26 ng/mL) em comparação aos que não suplementavam (21,74 ng/mL) durante o pós-operatório, confirmando o efeito positivo da suplementação na elevação e na manutenção adequada dos níveis séricos.

Em uma meta-análise de ensaios clínicos, verificou-se que a suplementação com vitamina D promove elevação significativa nos níveis séricos de 25-hidroxivitamina D [25(OH)D], demonstrando elevada eficácia na correção da hipovitaminose (Leboff et al., 2022; Agoncillo; Yu; Gunton, 2023).

O estudo demonstra que a suplementação de vitamina D é eficaz mesmo em diferentes contextos populacionais. Contudo, no cenário amazônico observa-se a persistência de hipovitaminose D, fenômeno paradoxal em uma região de alta incidência solar. Essa deficiência resulta da combinação de fatores ambientais como áreas sombreadas, alta umidade e cobertura de nuvens, hábitos alimentares pobres em vitamina D, sedentarismo próprio do envelhecimento e baixos níveis de escolaridade, que limitam a compreensão sobre práticas de saúde e a exposição solar adequada. Associados às desigualdades socioeconômicas e ao acesso restrito aos serviços de saúde, esses elementos perpetuam baixos níveis de vitamina D entre idosos amazônicos.

Os pacientes do grupo suplementado com vitamina D apresentaram um aumento expressivo nos níveis de hemoglobina, atingindo (13,9 g/dL), enquanto o grupo não suplementado (controle) apresentou valores significativamente menores, de (8,9 g/dL). Esse resultado indica que a vitamina D pode contribuir para a manutenção adequada da hemoglobina, possivelmente por meio de sua atuação na modulação da inflamação, no metabolismo do ferro e na função eritropoética.

Um estudo observou uma diminuição gradual nas concentrações de hemoglobina e um aumento na prevalência de anemia à medida que os níveis de vitamina D diminuía, mesmo após ajuste multivariado, reforçando a associação entre baixos níveis de vitamina D e anemia (Mesquita et al., 2024).

No contexto das populações ribeirinhas, essa relação assume relevância ainda maior. A anemia é um agravo frequente entre esses grupos, muitas vezes associada à alimentação

limitada em fontes proteicas e ferro, à carência de micronutrientes e às condições socioeconômicas precárias. A deficiência de vitamina D pode, portanto, atuar como um fator adicional que agrava o quadro anêmico, comprometendo a oxigenação tecidual, a recuperação pós-operatória e o estado funcional dos idosos. Assim, a avaliação conjunta dos níveis de hemoglobina e vitamina D pode oferecer uma ferramenta importante para o monitoramento nutricional e clínico de populações vulneráveis da região amazônica.

Os resultados mostraram que pacientes do grupo suplementado apresentaram níveis significativamente mais elevados de cálcio ionizado com média de (1,29 mmol/L) em comparação ao grupo controle com média (1,08 mmol/L), refletindo a ação da vitamina D na absorção de cálcio.

A homeostase do cálcio é fundamental para a função neuromuscular e a cicatrização óssea, pois o corpo ajusta a reabsorção do mineral conforme seus níveis séricos, destacando a importância da suplementação adequada para manter o equilíbrio metabólico e prevenir distúrbios ósseos (Giraldo-Vallejo et al., 2023). Além disso, a vitamina D contribui para a manutenção da força muscular durante a recuperação, aspecto crítico para a mobilização e reabilitação pós-operatória e pode favorecer a função imunológica, reduzindo o risco de infecções e processos inflamatórios (Ghaseminejad-Raeini et al., 2023; Aziziyeh et al., 2019).

O aumento dos níveis de vitamina D e cálcio observado no estudo reflete não apenas um mecanismo fisiológico esperado, mas também um benefício clínico direto na recuperação óssea, muscular e imunológica. Entre populações ribeirinhas, esse achado é particularmente relevante, dado o padrão alimentar pobre em fontes de cálcio e vitamina D e o acesso limitado aos serviços de saúde. A melhora apresentada pelos pacientes suplementados evidencia o potencial da intervenção em reduzir deficiências minerais em grupos vulneráveis da Amazônia.

Além disso, a deficiência de vitamina D identificada na população ribeirinha explica diretamente os baixos níveis de cálcio sérico, uma vez que essa vitamina é essencial para a absorção intestinal do mineral. Quando os níveis de vitamina D estão reduzidos, a capacidade de absorção de cálcio é comprometida, mesmo que a ingestão alimentar não seja extremamente baixa, resultando em diminuição do cálcio sérico.

Os resultados mostraram que o grupo suplementado com vitamina D apresentou níveis significativamente mais baixos de glicose em comparação ao grupo controle, sugerindo um possível efeito regulador da vitamina D sobre o metabolismo glicêmico, possivelmente relacionado à melhora da sensibilidade à insulina e ao funcionamento das células  $\beta$  pancreáticas.

Esse achado está alinhado com estudos epidemiológicos e de coorte que indicam uma possível correlação positiva entre níveis adequados de vitamina D e a prevenção e o controle do diabetes. Além disso, suas ações imunomoduladoras podem beneficiar pacientes com diabetes tipo 1, promovendo melhora da função das células  $\beta$  pancreáticas, seja por meio da ativação de seus receptores específicos, seja indiretamente pela regulação da homeostase do cálcio (Argano et al., 2023).

Entretanto, a redução da glicemia observada deve ser interpretada com cautela, pois o controle glicêmico perioperatório é influenciado por múltiplos fatores não mensurados, como o estado glicêmico basal, o estresse cirúrgico, o uso de medicamentos e a ingestão nutricional. (Lei et al., 2023). Na ausência de ajuste para essas variáveis, os achados relacionados à glicose devem ser considerados apenas exploratórios.

No contexto das populações ribeirinhas, essa relação ganha ainda mais relevância, uma vez que o acesso limitado a alimentos ricos em nutrientes, aliado ao processo de transição alimentar, tem levado à substituição gradual de alimentos tradicionais por produtos industrializados, ricos em açúcares e carboidratos simples. Esse padrão alimentar, somado ao baixo nível de atividade física característico do envelhecimento, aumenta substancialmente o risco de distúrbios metabólicos, como o diabetes tipo 2. Assim, manter níveis adequados de vitamina D pode representar uma estratégia simples e eficaz para reduzir o impacto dessas doenças crônicas, contribuindo para a melhoria da saúde metabólica em comunidades com vulnerabilidade nutricional e acesso limitado aos serviços de saúde.

Os resultados mostraram que o grupo que não fazia uso de suplementação com vitamina D (controle), permaneceu internado por uma média de  $(22,61 \pm 0,88)$  dias, e o grupo que utilizava suplementação de vitamina D (suplementado) com  $(14,32 \pm 0,79)$  dias, representando uma redução média de aproximadamente 8 dias.

Os resultados estão alinhados com evidências de ensaios clínicos e meta-análises que demonstram a associação entre níveis mais elevados de vitamina D e melhores desfechos cirúrgicos e menor tempo de internação (Langenberger et al., 2024). Reforçando que a suficiência dessa vitamina pode favorecer a recuperação pós-operatória e reduzir o risco de complicações.

Em comunidades ribeirinhas, onde o acesso a serviços de saúde hospitalares é limitado e a logística de internações prolongadas pode ser desafiadora, a suplementação de vitamina D poderia ter um impacto particularmente relevante. A redução no tempo de internação não apenas diminui os riscos associados à permanência prolongada em hospitais, mas também alivia a pressão sobre recursos escassos e facilita a continuidade do cuidado ambulatorial local. Dessa

forma, a suplementação de vitamina D surge como uma estratégia promissora para melhorar desfechos clínicos e fortalecer a atenção básica nessas populações vulneráveis

Embora a magnitude da associação observada, na redução média de dias na hospitalização, seja clinicamente relevante, os achados não devem, neste momento, modificar a prática clínica, sendo necessária confirmação em ensaios clínicos randomizados.

Diante dos resultados que indicaram a influência positiva da vitamina D na recuperação pós-operatória dos pacientes, desenvolveu-se um protocolo clínico para subsidiar a padronização do cuidado e aprimorar a tomada de decisão profissional.

Os protocolos, além de padronizar os diferentes tipos de tratamento de acordo com os diagnósticos realizados, auxiliam os gestores na organização do fluxo de trabalho e na implementação de decisões mais eficientes. Esses instrumentos possuem respaldo legal e estão fundamentados nos princípios da prática baseada em evidências, oferecendo as melhores opções disponíveis para cuidados tanto padronizados quanto individualizados (Bayer et al., 2025).

O protocolo constitui um aliado estratégico na atenção básica, especialmente em comunidades ribeirinhas do contexto amazônico. Nessas localidades, o acompanhamento regular de idosos e outros grupos vulneráveis é frequentemente prejudicado pelas grandes distâncias entre as comunidades, pela dependência do transporte fluvial e pela limitada disponibilidade de recursos e serviços de saúde. Ao orientar os profissionais da atenção primária na solicitação de exames e no monitoramento dos níveis de vitamina D, o protocolo digital contribui para a detecção precoce de deficiências, prevenindo complicações clínicas e reduzindo hospitalizações evitáveis.

Por fim, a criação de um protocolo clínico digital para o rastreamento e monitoramento da deficiência de vitamina D em idosos potencializa não apenas a precisão diagnóstica e a efetividade terapêutica, mas também promove a modernização do cuidado em saúde ao incorporar ferramentas tecnológicas que qualificam o processo assistencial.

O uso de protocolos clínicos digitais com alertas e lembretes automatizados na Atenção Básica apoia a tomada de decisão clínica, favorece a identificação precoce de deficiências, previne complicações e otimiza o cuidado preventivo, especialmente em contextos de acesso limitado aos serviços de saúde, reforçando a interoperabilidade de dados como estratégia central para a qualificação da Atenção Primária e o fortalecimento da saúde digital no Brasil. (Felcher et al., 2017; Fadahunsi et al., 2019).

Além disso, a geração automatizada de relatórios epidemiológicos permite que as equipes de saúde monitorem o panorama da deficiência de vitamina D na população local, especialmente entre os idosos ribeirinhos. Esses dados oferecem subsídios para a



implementação de estratégias preventivas e educativas, como campanhas de orientação sobre exposição solar, hábitos alimentares e programas de suplementação direcionados. Assim, o protocolo digital de monitoramento da vitamina D representa um avanço tecnológico significativo e uma ferramenta de equidade em saúde, ao aproximar a prática clínica da realidade territorial e das necessidades específicas dessa população ribeirinha.

Os resultados evidenciam que o formulário digital foi bem aceito pelos profissionais, destacando-se pela facilidade de uso, organização dos campos e eficiência na navegação, além de apresentar integração satisfatória com o sistema Tasy, permitindo acesso unificado e seguro às informações clínicas. Apesar de pequenas sugestões de melhoria relacionadas ao tempo de preenchimento e ao aperfeiçoamento da integração sistêmica, a percepção geral dos usuários foi positiva, indicando que a ferramenta contribui para a continuidade do cuidado, qualifica o registro clínico e possui potencial para expansão e adaptação a outros níveis de atenção, incluindo a Atenção Básica.

Embora a amostra do estudo tenha sido suficiente para avaliar os desfechos primários, seu tamanho limitado não permitiu a realização de análises multivariadas ou a estratificação por subgrupos. Além disso, possíveis vieses de seleção e a ausência de acompanhamento de desfechos de longo prazo, como recuperação funcional e qualidade de vida, restringem a compreensão completa do impacto da intervenção. O caráter unicêntrico do estudo também impõe limitações, uma vez que ele foi conduzido em uma população ribeirinha cujos hábitos alimentares, padrões de exposição solar e características genéticas diferem de outras regiões, reduzindo a possibilidade de generalização dos resultados.

Apesar dessas limitações, os achados apresentam relevância significativa em contextos com poucos recursos. Intervenções que reduzem o tempo de internação trazem benefícios importantes em contextos com poucos recursos, como hospitais da Amazônia. Para o hospital, liberam leitos mais rapidamente, diminuem custos e evitam superlotação. Para o paciente e sua família, reduzem despesas com deslocamento, minimizam o tempo afastado das atividades e promovem uma recuperação mais segura e confortável, com menor risco de infecções hospitalares.

Ainda assim, é essencial que estudos mais robustos, especialmente ensaios clínicos randomizados, sejam conduzidos antes que a intervenção seja amplamente adotada. Esses estudos permitirão assegurar que as recomendações se apoiem em evidências sólidas, reproduzíveis e aplicáveis a diferentes contextos populacionais e assistenciais.

## 6 CONCLUSÃO

O presente estudo avaliou o impacto da suplementação de vitamina D nos desfechos pós-operatórios de fratura de fêmur em idosos ribeirinhos do Baixo Amazonas, integrando biomarcadores séricos, comorbidades e a construção de ferramentas digitais de monitoramento e suporte à decisão clínica.

A análise demográfica evidenciou predomínio do sexo feminino e alta concentração de idosos com 75 anos ou mais, indicando maior vulnerabilidade dessa população. Observou-se também que a maioria dos participantes era de cor parda, característica marcante da Região Norte e apresentava baixo nível de escolaridade, fator que pode limitar o acesso à informação em saúde, dificultar o autocuidado e reduzir a adesão a medidas preventivas e terapêuticas.

Quanto ao estado nutricional, identificou-se predominância de sobrepeso na amostra, embora indivíduos com baixo peso tenham sido mais frequentes no grupo suplementado, sem diferença estatisticamente significativa. Esses achados reforçam a importância de atenção nutricional, considerando que a vitamina D, por ser lipossolúvel, pode ter sua biodisponibilidade reduzida em indivíduos com maior acúmulo de tecido adiposo.

As comorbidades mais prevalentes foram hipertensão arterial e diabetes mellitus, isoladas ou associadas, refletindo o padrão de multimorbidade típico da população idosa brasileira e observado entre populações ribeirinhas, que apresentam altos índices dessas condições devido ao envelhecimento, às limitações de acesso aos serviços de saúde e às transições alimentares recentes. A distribuição semelhante dessas comorbidades entre os grupos garantiu boa comparabilidade para a avaliação dos efeitos da suplementação.

No período pós-operatório, verificou-se que os pacientes suplementados apresentaram níveis de vitamina D significativamente mais elevados em comparação aos não suplementados, confirmando a eficácia da suplementação na manutenção de concentrações adequadas de 25(OH)D. Além disso, a suplementação esteve associada a melhores valores de hemoglobina, cálcio ionizado e glicemia, sugerindo influência benéfica sobre funções hematológica, mineral e metabólica. Esses achados reforçam o papel multifuncional da vitamina D na recuperação clínica, contribuindo para cicatrização óssea, força muscular e equilíbrio metabólico.

No contexto ribeirinho, esses achados são especialmente relevantes, pois a elevação dos níveis de vitamina D no pós-operatório favorece uma recuperação mais rápida em uma população com pouco acesso a exames e acompanhamento. Além disso, a vitamina D fortalece a saúde óssea e a musculatura, ajudando a prevenir quedas e fraturas de fêmur, um evento especialmente crítico em áreas onde o resgate e o atendimento especializado são limitados.

De maneira consistente, os resultados demonstraram que níveis adequados de vitamina D estavam associados à redução significativa do tempo de internação hospitalar, favorecendo uma melhor evolução pós-operatória entre os indivíduos suplementados e trazendo benefícios adicionais à população ribeirinha, ao reduzir a necessidade de longos deslocamentos fluviais, os custos familiares, o afastamento das atividades de subsistência e os riscos relacionados à permanência hospitalar. Assim, a suplementação de vitamina D se revela uma estratégia acessível e de grande impacto para fortalecer a saúde, acelerar a recuperação e promover maior autonomia às populações ribeirinhas.

O estudo resultou no desenvolvimento de um formulário clínico digital de rastreamento da deficiência de vitamina D em idosos e com potencial aplicação em regiões de poucos recursos, como a Amazônia. Essa ferramenta, integrada aos sistemas de saúde, permite o monitoramento ambulatorial e oferece suporte digital à decisão clínica, garantindo acompanhamento contínuo mesmo em áreas de difícil acesso. Para as comunidades ribeirinhas, representa um avanço significativo na equidade em saúde, ao facilitar o diagnóstico precoce, orientar a suplementação adequada e prevenir complicações associadas à hipovitaminose D.

Em síntese, embora os resultados indiquem efeitos positivos da vitamina D na elevação e manutenção dos níveis séricos de 25(OH)D, bem como em parâmetros hematológicos, minerais e metabólicos, esses achados devem ser interpretados com cautela. O estudo apresenta limitações metodológicas, como o delineamento observacional, ausência de controle de fatores de confusão, caráter unicêntrico, amostra restrita e falta de acompanhamento em longo prazo, aspectos que limitam a generalização dos resultados.

Apesar dessas limitações, o estudo apresenta diversos pontos fortes, incluindo o delineamento prospectivo, o cegamento mantido quanto ao status de suplementação de vitamina D dos participantes, a avaliação independente dos desfechos por enfermeiros pesquisadores e pela equipe laboratorial, a padronização de protocolos clínicos digital, além do foco em uma população ribeirinha vulnerável e pouco estudada. Esses elementos reforçam a relevância e a robustez dos achados.

Conclui-se que a suplementação de vitamina D demonstrou eficácia em elevar os níveis séricos, estando associada a melhores parâmetros hematológicos, metabólicos e minerais, sugerindo potencial benefício clínico na recuperação pós-operatória de idosos com fratura de fêmur. Todavia, tornam-se necessários ensaios clínicos randomizados, conduzidos com rigor metodológico e acompanhamento longitudinal, a fim de confirmar esses achados e estabelecer diretrizes seguras e eficazes para o uso da vitamina D em populações idosas, particularmente no contexto da prevenção de fraturas de fêmur.

## REFERÊNCIAS

AGONCILLO, M.; YU, J.; GUNTON, J. E. The role of vitamin D in skeletal muscle repair and regeneration in animal models and humans: a systematic review. **Nutrients**, v. 15, n. 20, p. 4377, 2023. DOI: 10.3390/nu15204377.

ARGANO, C.; MIRARCHI, L.; AMODEO, S.; ORLANDO, V.; TORRES, A.; CORRAO, S. The role of vitamin D and its molecular bases in insulin resistance, diabetes, metabolic syndrome, and cardiovascular disease: state of the art. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 24, n. 20, p. 15485, 2023. DOI: 10.3390/ijms242015485.

ARIYOSHI, A. F. **Características epidemiológicas das fraturas do fêmur proximal tratadas na Santa Casa de Misericórdia de Batatais – SP**. 2013. Dissertação (Mestrado em Saúde na Comunidade) – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2013.  
DOI: 10.11606/D.17.2013.tde-29052013 113244.

ATEF, S. H. Vitamin D assays in clinical laboratory: past, present and future challenges. **J. Steroid Biochem. Mol. Biol.**, v. 175, p. 136–137, 2018. DOI: 10.1016/j.jsbmb.2017.02.011

AZIZIYEH, R.; AMIN, M.; HABIB, M.; GARCIA-PERLAZA, J.; SZAFRANSKI, K.; MCTAVISH, R. K. The burden of osteoporosis in four Latin American countries: Brazil, Mexico, Colombia, and Argentina. **Journal of Medical Economics**, v. 22, n. 7, p. 638–644, 2019. DOI: 10.1080/13696998.2019.1590843.

BAYOR AA, LI J, YANG IA, VARNFIELD M. Designing clinical decision support systems (CDSS) — A user-centered lens of the design characteristics, challenges, and implications: systematic review. **Journal of Medical Internet Research**. 2025;27:e63733. DOI:10.2196/63733.

BELLEI E, DOMENIGHI P, FREITAS C, DE MARCHI A Digital Solutions for Health Services and Systems Management: Narrative Review of Certified Software Features in the Brazilian Market. *JMIR Med Inform* 2024;12:e65281.URL: <https://medinform.jmir.org/2024/1/e65281>. DOI: 10.2196/65281

BOUILLON, ROGER. Vitamin D and human health: lessons from vitamin D receptor null mice. **Endocrine Reviews**, v. 41, n. 2, p. 221–233, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1210/endrev/bnz002>.

BRANDÃO, A. A. et al. Brazilian Guidelines of Hypertension – 2025. **Arq Bras Cardiol.**, v. 122, n. 9, e20250624, 2025. DOI: 10.36660/abc.20250624.

BRAZILIAN SOCIETY OF CLINICAL PATHOLOGY / LABORATORY MEDICINE (SBPC/ML). **Valores de referência da vitamina D. Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, 2024. DOI: <https://doi.org/10.5935/1676-2444.20170060>.

CUI, A. et al. Global and regional prevalence of vitamin D deficiency in the general population from 2000 to 2022: a systematic review and meta-analysis. **Frontiers in Nutrition**, v. 10, 2023. DOI: 10.3389/fnut.2023.1070808.

DEMAY, M. B.; PITTAS, A. G.; BIKLE, D. D.; DIAB, D. L.; KIELY, M. E.; LAZARETTI-CASTRO, M.; LIPS, P.; MITCHELL, D. M.; MURAD, M. H.; POWERS, S.; RAO, S. D.; SCRAGG, R.; TAYEK, J. A.; VALENT, A. M.; WALSH, J. M. E.; MCCARTNEY, C. R. Vitamin D for the Prevention of Disease: An Endocrine Society Clinical Practice Guideline. **Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, v. 109, n. 8, p. 1907–1947, 2024. DOI: 10.1210/clinem/dgae290.

FADAHUNSI, K. P.; AKINLUA, J. T.; O’CONNOR, S.; WARK, P. A.; GALLAGHER, J.; CARROLL, C.; MAJEED, A.; O’DONOGHUE, J. Protocol for a systematic review and qualitative synthesis of information quality frameworks in eHealth. **BMJ Open**, v. 9, n. 3, p. e024722, 2019. DOI: 10.1136/bmjopen-2018-024722.

FARIA, A. C. C.; MOREIRA, C. L.; CUNHA, M. R.; MATTOS, S.; OIGMAN, W.; NEVES, M. F. Efeitos da Suplementação de Vitamina D sobre Parâmetros Hemodinâmicos Centrais e Sistema Nervoso Autônomo em Indivíduos com Obesidade ou Sobrepeso. **Arq. Bras. Cardiol.**, v. 121, n. 5, e20230678, abr. 2024. DOI: 10.36660/abc.20230678.

FÁVERO, P.; ZANCANARO, V. Prevalência de hipovitaminose D em pessoas atendidas em um laboratório de Caçador/SC. **Extensão em Foco**, v. 6, n. 1, p. 24-36, 2018. Disponível em: <https://periodicos.uniarp.edu.br/index.php/extensao/article/view/1971> Acesso em: 05 out. 2025.

FELCHER, A. H.; GOLD, R.; MOSEN, D. M.; STONEBURNER, A. B. Decrease in unnecessary vitamin D testing using clinical decision support tools: Making it harder to do the wrong thing. **J. Am. Med. Inform. Assoc.**, v. 24, n. 4, p. 776–780, 2017. DOI: 10.1093/jamia/ocw182.

FILHO, D. R.; ALMEIDA, C. A. N.; FILHO, A. E. O. Posicionamento atual sobre vitamina D na prática clínica: Posicionamento da Associação Brasileira de Nutrologia (ABRAN). **International Journal of Nutrology**, v. 12, n. 3, p. 82-96, 2019. DOI: 10.1055/s-0040-1709661.

FRANCISCO, P. M. S. B.; ASSUMPÇÃO, D.; BACURAU, A. G. M.; SILVA, D. S. M.; YASSUDA, M. S.; BORIM, F. S. A. Diabetes mellitus em idosos, prevalência e incidência: resultados do Estudo Fibra. **Rev. Bras. Geriatr. Gerontol.**, v. 25, n. 5, e210203, 2022. DOI: 10.1590/1981-22562022025.210203.pt.

GALLO, M.; MORELLO, S.; BURGIO, V.; SANFILIPPO, A.; D'ARIENZO, M. Fractures of the proximal extremity of the femur: current diagnostic and therapeutic classification overview. **Euromediterranean Biomedical Journal**, v. 7, n. 12, p. 55–60, 2012. DOI: 10.3269/1970-5492.2012.7.12.

GENUTH, S. M.; PALMER, J. P.; NATHAN, D. M. Diabetes in America. 3. ed. Bethesda (MD): **National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases, National Institutes of Health**, 2018.

Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK567985/>. Acesso em: 13 jul. 2025.

GHASEMINEJAD-RAEINI, A.; GHADERI, A.; SHARAFI, A.; NEMATOLLAHI-SANI, B.; MOOSSAVI, M.; DERAKHSHANI, A.; SARAB, G. A. Immunomodulatory actions of vitamin D in various immune-related disorders: a comprehensive review. **Frontiers in Immunology**, v. 14, e950465, 2023. DOI: 10.3389/fimmu.2023.950465.

GIUSTINA, A.; BILEZIKIAN, J. P.; ADLER, R. A.; BANFI, G.; BIKLE, D. D.; BINKLEY, N. C.; BOLLERSLEV, J.; et al. Consensus Statement on Vitamin D Status Assessment and Supplementation: Whys, Whens, and Hows. **Endocr. Rev.**, v. 45, n. 5, p. 625–654, 2024. DOI: 10.1210/endrev/bnae009.

GIRALDO-VALLEJO, J. E.; CARDONA-GUZMÁN, M. Á.; RODRÍGUEZ-ALCÍVAR, E. J.; KOČÍ, J.; PETRO, J. L.; KREIDER, R. B.; CANNATARO, R.; BONILLA, D. A. Nutritional strategies in the rehabilitation of musculoskeletal injuries in athletes: a systematic integrative review. **Nutrients**, v. 15, n. 4, p. 819, 2023. DOI: 10.3390/nu15040819.

GUSSEON, F.; DAL BEM, É.; PARZIANELLO, A. F.; MENDES DE BRITO, E. G. S.; et al. Efeitos da suplementação de vitamina D na saúde: uma análise baseada em evidências e ensaio clínico randomizado VITAL. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, v. 16, n. 9, p. 15561-15574, 2023. DOI: 10.55905/revconv.16n.9-106.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA — IBGE. **Estimativas da população residente para os municípios e unidades da federação com data de referência em 1º de julho de 2025. Rio de Janeiro: IBGE, 2025.** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html>. Acesso em: 22 jan. 2025.

ILSI BRASIL – **International Life Sciences Institute do Brasil**. Vitamina D: funções plenamente reconhecidas de nutrientes. 3. ed. São Paulo: ILSI Brasil, 2024. Disponível em: <https://ilsibrasil.org/publication/funcoes-plenamente-reconhecidas-de-nutrientes-3ed/>. Acesso em: 22 mar. 2025.

IBRAHIM, SYED; MELEPPURAM, JIMMY JOSEPH. Uma análise retrospectiva de fraturas complexas do fêmur proximal tratadas cirurgicamente com placa de compressão bloqueada do fêmur proximal. **Revista Brasileira de Ortopedia**, São Paulo, v. 52, n. 6, p. 644–650, nov. 2017. DOI: 10.1016/j.rboe.2016.12.012.

KHODADADIYAN, A. et al. Evaluating the effect of vitamin D supplementation on serum levels of 25-hydroxy vitamin D, 1,25-dihydroxy vitamin D, parathyroid hormone and renin–angiotensin–aldosterone system: a systematic review and meta-analysis of clinical trials. **BMC Nutrition**, v. 9, p. 132, 2023. DOI: 10.1186/s40795-023-00786-x.

KRIST, A. H. et al. Screening for vitamin D deficiency in adults: US Preventive Services Task Force recommendation statement. **JAMA**, v. 325, n. 14, p. 1436–1442, 2021. DOI: 10.1001/jama.2021.3069.

LANGENBERGER, B.; WORSHAM, C.; GELDSETZER, P. The effect of length of stay in hospital on patients' health outcomes: a quasi-experimental study. **medRxiv**, 2024. DOI: 10.1101/2024.12.02.24318326.

LEBOFF, M. S.; CHOU, S. H.; RATLIFF, K. A.; COOK, N. R.; KHURANA, B.; KIM, E.; CAWTHON, P. M.; BAUER, D. C.; BLACK, D.; GALLAGHER, J. C.; LEE, I.-M.; BURING, J. E.; MANSON, J. E. Supplemental vitamin D and incident fractures in midlife and older adults. **N. Engl. J. Med.**, v. 387, n. 4, p. 299–309, 2022. DOI: 10.1056/NEJMoa2202106.

LEI X, ZHOU Q, WANG Y, FU S, LI Z, CHEN Q. Serum and supplemental vitamin D levels and insulin resistance in T2DM populations: a meta-analysis and systematic review. **Sci Rep**. 2023 Jul 31;13(1):12343. DOI: 10.1038/s41598-023-39469-9. PMID: 37524765; PMCID: PMC10390579.

LEITE, CAMILA OLIVEIRA; TAVARES, JOELMA PEREIRA; BOTELHO, KÁRENN KLYCIA PEREIRA; CESAR, FLAVIANE CRISTINA ROCHA. Internações e óbitos por fratura de fêmur em idosos na Região Norte do Brasil. **Amazônia Science & Health**, v. 8, n. 4, p. 10–17, dez. 2020. DOI: <https://doi.org/10.18606/23181419/amazonia.sci.health.v8n4p10-17>.



LICHTENSTEIN, A.; FERREIRA-JÚNIOR, M.; SALES, M. M.; AGUIAR, F. B.; FONSECA, L. A. M.; SUMITA, N. M.; DUARTE, A. J. S. Vitamina D: ações extraósseas e uso racional. **Rev. Assoc. Med. Bras.**, v. 59, n. 5, p. 495-506, 2013. DOI: 10.1016/j.ramb.2013.05.002.

LISBOA, K. O.; HAJJAR, A. C.; SARMENTO, I. P.; SARMENTO, R. P.; GONÇALVES, S. H. R. A história da telemedicina no Brasil: desafios e vantagens. **Saúde e Sociedade**, v. 32, n. 1, e210170pt, 2023. DOI: 10.1590/S0104-12902022210170pt.

LUERSEN, A. L. et al. Effects of vitamin D supplementation on immunity and autoimmune diseases: a systematic review. **Asclepius International Journal of Scientific Health Science**, v. 4, n. 10, p. 228–242, 2025. DOI: 10.70779/aijshs.v4i10.362.

LUPPA, PETER B.; MÜLLER, CAROLIN; SCHLICHTIGER, ALICE; SCHLEBUSCH, HARALD. Point-of-care testing (POCT): current techniques and future perspectives. **Trends in Analytical Chemistry**, v. 30, n. 6, p. 887–898, jun. 2011. DOI: 10.1016/j.trac.2011.01.019.

MAEDA, S. S.; BORBA, V. Z. C.; CAMARGO, M. B. R.; SILVA, D. M. W.; BORGES, J. L. C.; BANDEIRA, F.; LAZARETTI-CASTRO, M. Recomendações da Sociedade Brasileira de Endocrinologia e Metabologia (SBEM) para o diagnóstico e tratamento da hipovitaminose D. **Arq. Bras. Endocrinol. Metab.**, v. 58, n. 5, p. 411-433, 2014. DOI: 10.1590/0004-2730000003388.

MELO JÚNIOR, L. C. M.; SAYAGO, D. A. V.; TOURINHO, M. M. Social systems in riverside communities in the Amazon: socio-environmental dynamics in question. **Sustainability in Debate**, v. 8, n. 3, p. 138–151, 2017. DOI: 10.18472/SustDeb.v8n3.2017.24949.

MESQUITA, LEONARDO VITOR RODRIGUES. **Análise da aplicabilidade do arco em C no centro cirúrgico em conjunto com a proteção radiológica: uma revisão integrativa da literatura**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Radiologia) – Instituto Federal do Piauí, Campus Teresina Central, Teresina, 2023. Disponível em: <http://bia.ifpi.edu.br:8080/jspui/handle/123456789/1949>. Acesso em: 13 out. 2024.

MESQUITA, M. C. C.; DE CASTRO, R. M.; MENDES, T. V.; DO CARMO, M. A. V.; SAMPAIO, E. D. S.; CORONA, L. P.; LIMA, D. B.; RAPOSO, A.; ALASQAH, I.; ALQARAWI, N.; ALBARIDI, N. A.; ALSHARARI, Z. D.; DE BRITO, T. R. P. Relationship Between Vitamin D Insufficiency and Anemia in Older Adults: An Approach Considering Clinical Aspects and Food Insecurity. **Nutrients**, v. 16, n. 21, p. 3669, 2024. DOI: 10.3390/nu16213669.

MIAO, KATHLEEN H.; MIAO, JULIA H. **Radiological diagnosis and imaging of femoral shaft fractures.** **Anatomia**, v. 2, n. 3, p. 26, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/anatomia2030026>.

MOMIVAND, MOHAMMAD; RAZAGHI, MAHTA; MOHAMMADI, FARSHID; HOSEINZADEH, EDRIS; NAJAFI-VOSOUGH, ROYA. The status of serum 25(OH)D levels is related to breast cancer. **Cancer Treatment and Research Communications**, v. —, p. 100870, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ctarc.2025.100870>.

MURTHI, S.; MARTINI, N.; FALCONER, N. et al. Avaliando tecnologias digitais integradas a EHR para desfechos relacionados a medicamentos e equidade em saúde em adultos hospitalizados: uma revisão de escopo. **Journal of Medical Systems**, v. 48, p. 79, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10916-024-02097-5>.

OBSERVATÓRIO SETORIAL TERRITORIAL (OST). **Observatório Setorial Territorial: decifrando territórios e setores para ampliar sua competitividade.** 2025. Disponível em: <<https://observatorio.sebrae.com.br>>. Acesso em: 03 abr. 2025.

OKOSHI, Marina P.; CORTEZ, Rosana M.; PAGAN, Luana U.; MARTINEZ, Paula F.; PEREIRA, Filipe W. L. Supplementation of Vitamin D. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 116, n. 5, p. 979–980, 2021. DOI: <https://doi.org/10.36660/abc.20210181>.

PEGREFFI, F. et al. **Prehabilitation and supplementation.** **Nutrients**, v. 16, n. 20, p. 3462, 12 out. 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu16203462>.

**PROJETO DE LEI inclui a vitamina D3 no SUS** [Internet]. [S. l.], 2025. Disponível em: <https://panoramafarmaceutico.com.br/comissao-aprova-vitamina-d3-no-sus/>. Acesso em: 8 out. 2025.

SANTOS, D. M. dos. A formação da população parda amazonense e o movimento pardo local: uma discussão sobre a identidade racial parda no Amazonas. In: **Blucher Open Access**, 2024. p. 178–187. DOI: 10.5151/9786555503265-15

SILVA, B. B. M. et al. Concentração sérica de vitamina D e características sociodemográficas de uma população idosa do nordeste brasileiro. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, e5910212268, fev. 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12268>.

SILVEIRA, E. A.; VIEIRA, L. L.; SOUZA, J. D. D. Elevada prevalência de obesidade abdominal em idosos e associação com diabetes, hipertensão e doenças respiratórias. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 23, n. 3, p. 903–912, mar. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-81232018233.01612016>.

SIQUEIRA, J. H.; GARNELO, L.; PARENTE, R. P.; SAMPAIO, S. D.; SOUSA, A.; HERKRATH, F. J. Prevalence of concomitant hypertension and diabetes among adults and elderly living in rural riverside areas in the Amazon. **Rural and Remote Health**, v. 23, p. 8249, 2023. DOI: 10.22605/RRH8249.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE PATOLOGIA CLÍNICA E MEDICINA LABORATORIAL (SBPC/ML). **Valores de referência da vitamina D. Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5935/1676-2444.20170060>

SUTTON, R. T.; PINNOCK, H.; ANNASWAMY, T. M.; et al. An overview of clinical decision support systems: benefits, risks, and strategies for success. **npj Digital Medicine**, v. 3, n. 17, 2020. DOI: 10.1038/s41746-020-0221-y.

TARABICHI, S.; PARVIZI, J. Managing hyperglycemia in total joint arthroplasty. **Orthopedic Clinics of North America**, v. 54, n. 1, p. 43–50, 2023. DOI: 10.1016/j.ocl.2022.08.004.

TAY, CHAU THIEN; JOHAM, ANJU E.; TEEDE, HELENA J. Key standards and principles for developing evidence-based clinical guidelines: balancing health professional, patient, funder, and government needs. **Fertility and Sterility**, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2025.01.023>.

TOPOL, E. Deep Medicine: *How Artificial Intelligence Can Make Healthcare Human Again*. New York: Basic Books, 2019.

VIMALESWARAN, K. S.; BERRY, D. J.; LU, C.; TIKKANEN, E.; PILZ, S.; HIRAKI, L. T.; COOPER, J. D.; DASTANI, Z.; LI, R.; HOUSTON, D. K.; et al. Causal relationship between obesity and vitamin D status: bi-directional Mendelian randomization analysis of multiple cohorts. **PLoS Medicine**, v. 10, n. 2, e1001383, 2013. DOI: 10.1371/journal.pmed.1001383.

WEERARATHNA, INDUNI N.; KUMAR, PRAVEEN; LUHARIA, ANURAG; MISHRA, GAURAV. Engineering with biomedical sciences changing the horizon of healthcare: a review. **Bioengineered**, v. 15, n. 1, e2401269, 2024. DOI: 10.1080/21655979.2024.2401269.

## APÊNDICE A – ARTIGO PUBLICADO



clinics and practice



Article

# Vitamin D and Postoperative Recovery in Elderly Ribeirinhos—Riverside Amazon Communities with Femur Fractures

Elca Silvania da Silva Abreu<sup>1</sup>, Caroline Oliveira dos Anjos<sup>1</sup> , Zafirah Muhammad Rahman<sup>2</sup> ,  
Renata Miyabara<sup>1,3</sup>, Ovidiu Constantin Baltatu<sup>1,2,\*</sup> and Luciana Aparecida Campos<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Center of Innovation, Technology, and Education (CITE) at Anhembi Morumbi University, Anima Institute, Sao Jose dos Campos Technology Park, São José dos Campos 12247-016, Brazil; caroline.oliveiranjios@gmail.com (C.O.d.A.)

<sup>2</sup> College of Medicine, Alfaisal University, Riyadh 11533, Saudi Arabia; zrahman@alfaisal.edu

<sup>3</sup> Office of Graduate Studies PROPPEXI, UNINOVAFAP University Center, Afya, Teresina 64073-505, Brazil

\* Correspondence: obaltatu@alfaisal.edu or ocbaltatu@gmail.com (O.C.B.); luciana.baltatu@animaeducacao.com.br or camposbaltatu@gmail.com (L.A.C.)

## Abstract

**Background/Objectives:** Vitamin D deficiency is prevalent in elderly populations and may impact surgical recovery. Despite the equatorial location, vitamin D insufficiency affects many elderly Ribeirinhos in the Brazilian Amazon. This study investigated whether pre-existing vitamin D supplementation influences postoperative outcomes in elderly Ribeirinhos following femur fracture surgery, while examining metabolic parameters and documenting chronic disease prevalence. **Methods:** This prospective cohort study enrolled 60 elderly Ribeirinhos patients ( $\geq 65$  years) admitted for femur fracture surgery at the Regional Hospital of Lower Amazon. Twenty-two patients had participated in a vitamin D supplementation program (50,000 IU monthly, 3–6 months) prior to admission; 38 had not. Primary outcomes were hospitalization duration and serum 25-hydroxyvitamin D levels. Secondary outcomes included ionized calcium, blood glucose, and comorbidity documentation. **Results:** The supplementation group was associated with significantly shorter hospitalization ( $14.32 \pm 0.79$  vs.  $22.61 \pm 0.88$  days,  $p < 0.0001$ ), representing 37% reduction. Vitamin D levels were markedly higher in supplemented patients ( $50.26 \pm 2.55$  vs.  $21.74 \pm 0.84$  ng/mL,  $p < 0.0001$ ). Ionized calcium was elevated in the supplementation group ( $1.29 \pm 0.01$  vs.  $1.08 \pm 0.02$  mmol/L,  $p < 0.001$ ) without hypercalcemia. Blood glucose was lower in supplemented patients ( $83.8 \pm 1.4$  vs.  $152.2 \pm 9.6$  mg/dL,  $p < 0.001$ ). Medical records revealed that 73.3% had hypertension and 31.7% had diabetes, with 25% having both conditions. **Conclusions:** Pre-existing vitamin D supplementation was associated with reduced hospitalization duration following femur fracture surgery, though causality cannot be inferred due to observational design. Community-based vitamin D programs may warrant further investigation in vulnerable populations, with randomized trials needed.

**Keywords:** vitamin D; femur fracture; elderly; hospitalization; Ribeirinhos; postoperative recovery



Academic Editor: Krzysztof Pietrzak

Received: 27 August 2025

Revised: 16 September 2025

Accepted: 24 September 2025

Published: 28 September 2025

**Citation:** da Silva Abreu, E.S.; dos Anjos, C.O.; Rahman, Z.M.; Miyabara, R.; Baltatu, O.C.; Campos, L.A. Vitamin D and Postoperative Recovery in Elderly Ribeirinhos—Riverside Amazon Communities with Femur Fractures. *Clin. Pract.* **2025**, *15*, 179. <https://doi.org/10.3390/clinpract15100179>

**Copyright:** © 2025 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## 1. Introduction

Healthcare delivery in rural riverside Amazon communities, known as Ribeirinhos, presents unique challenges due to geographical isolation and limited access to medical

facilities [1,2]. The Ribeirinhos, traditional riverside populations whose livelihoods depend on fishing and small-scale agriculture, face substantial barriers to accessing regular health-care services. These communities, scattered along the Amazon river systems, often require hours or days of boat travel to reach medical facilities, resulting in delayed diagnosis and treatment of both acute and chronic conditions. Recent studies have highlighted the complex interplay between environmental, nutritional, and healthcare access factors that contribute to health disparities in these populations [3,4]. The rationale for focusing on this population stems from their unique high-risk characteristics: documented high burden of musculoskeletal disorders, paradoxical nutritional deficiencies despite tropical location, limited healthcare access, and aging demographics, making them particularly vulnerable to poor surgical outcomes [3,4].

The burden of musculoskeletal disorders (MSDs) in Ribeirinhos communities has emerged as a significant public health concern. Macedo et al. (2024) documented that over 60% of artisanal fishermen experience chronic musculoskeletal pain, particularly affecting the lower and upper back and knees, significantly impacting their quality of life and economic productivity [3]. This high prevalence of MSDs is compounded by occupational hazards, repetitive strain from fishing activities, and limited access to preventive care and rehabilitation services. The aging demographic of these communities further exacerbates musculoskeletal health challenges, particularly increasing the risk of fractures and their complications. Hip and femur fractures represent a global health crisis in elderly populations, with particularly severe implications in resource-limited settings [5]. Recent epidemiological data indicate that hip fracture incidence continues to rise worldwide, with projections suggesting a doubling of cases by 2050, particularly in developing countries [6]. Elderly patients in rural areas experience significantly worse outcomes following hip fractures, including higher mortality rates, prolonged hospitalization, and reduced functional recovery compared to their urban counterparts [7–10]. In the context of Ribeirinhos communities, these challenges are amplified by transportation difficulties, limited rehabilitation facilities, and a lack of specialized orthopedic care.

Despite the equatorial location of the Amazon region with abundant sunlight year-round, paradoxical vitamin D insufficiency affects a significant proportion of the Ribeirinhos population. Setto et al. (2022) reported vitamin D deficiency ( $<20$  ng/mL) in 24.6–28.5% of riverside populations [11]. This finding is attributed to multiple factors, including dietary patterns low in vitamin D-rich foods, cultural practices limiting sun exposure during peak hours, occupational patterns favoring early morning and late afternoon activities, and potential genetic variations affecting vitamin D metabolism [12–14].

Vitamin D's potential effects on surgical recovery are multifaceted, including roles in calcium homeostasis, immunomodulation, and muscle function [15,16]. Recent meta-analyses have reported associations between vitamin D status and hospital length of stay, with some clinical trials showing reduced hospitalization in supplemented surgical patients [17–19]. For example, trials have reported reductions of 3 days and 1.5 days [20,21]. However, recent large randomized controlled trials examining fracture prevention have shown different results. The VITAL [22] and DO-HEALTH [23] trials found no effect of vitamin D supplementation on fracture risk in older adults. LeBoff et Bischoff-Ferrari further concluded that these null findings may not apply to individuals with very low 25(OH)D levels [24]. These studies enrolled generally vitamin D-replete participants, highlighting the need for targeted studies in high-risk, deficient groups like the Ribeirinhos.

Despite accumulating data supporting vitamin D treatment in older surgery patients, knowledge gaps persist, especially in susceptible populations like the Ribeirinhos. Most research has been performed in well-resourced urban hospital settings, limiting its applicability to rural, resource-constrained areas [25]. Optimal dosing regimens, tim-

ing of supplementation, and population-specific considerations for tropical populations remain understudied.

Recognizing these challenges, the Regional Hospital of Lower Amazon initiated a community-based vitamin D supplementation program in January 2024, providing monthly doses of 50,000 IU cholecalciferol to elderly patients identified as high-risk for deficiency. This study aimed to investigate the association between pre-existing vitamin D supplementation and postoperative outcomes in elderly Ribeirinhos patients undergoing femur fracture surgery. We hypothesized that patients with pre-existing supplementation would show associations with improved clinical outcomes, including shorter hospitalization duration and better metabolic parameters compared to non-supplemented patients.

## 2. Methods

### 2.1. Study Design and Settings

This prospective cohort study was conducted at the Regional Hospital of Lower Amazon (HRBA, Hospital Regional do Baixo Amazonas) in Santarém, Pará, Brazil (2°26'35" S, 54°42'30" W), from May 2024 to November 2024. The HRBA is a public tertiary hospital under Brazil's Unified Health System (SUS), serving as a regional referral center for advanced care to 1.4 million people across over 30 municipalities in the western Amazon [26]. The study protocol was approved by the institutional ethics committee (CAAE n. 69275023.8.0000.5492). Written informed consent was obtained from all participants or their legal representatives using standardized forms in Portuguese. For illiterate participants, consent was obtained through thumbprint in the presence of an impartial witness.

### 2.2. Study Population and Patient Selection

Elderly Ribeirinhos patients aged 65 years or older admitted to HRBA's orthopedic ward for surgical treatment of femur fractures were systematically screened for eligibility within 24 h of admission. Ribeirinhos' identity was standardized and verified through: (1) community health agent records documenting residence in riverside communities for  $\geq 5$  years; (2) self-identification as Ribeirinho; (3) primary occupation in fishing, agriculture, or extractivism. Recruitment occurred daily, including weekends and holidays, with a dedicated research nurse reviewing all new orthopedic admissions each morning using the hospital's electronic admission system. Potentially eligible patients were approached between 08:00 and 12:00 h for initial screening, and family members were involved when patients had cognitive limitations.

### 2.3. Selection Criteria

Inclusion criteria comprised age 65 years or older verified by government-issued identification, acute femur fracture within 7 days from injury confirmed by radiographic imaging, fracture requiring surgical intervention (osteosynthesis or arthroplasty), confirmed Ribeirinhos community residence, ability to provide informed consent or availability of legal representative, and complete pre-admission medication history available through community health agent records, family health unit documentation, or patient/family interview.

Exclusion criteria included pathological fractures secondary to malignancy confirmed by imaging or biopsy, chronic kidney disease stage 4–5 with eGFR less than 30 mL/min/1.73 m<sup>2</sup>, known disorders of calcium metabolism including primary hyperparathyroidism with PTH greater than 88 pg/mL or confirmed sarcoidosis, current use of medications affecting vitamin D metabolism such as anticonvulsants (phenytoin, carbamazepine, phenobarbital) or glucocorticoids exceeding 5 mg prednisolone equivalent daily for more than 3 months, severe cognitive impairment with Mini-Mental State Examination



score below 10 without available proxy, transfer from another hospital with prior surgical treatment, and life expectancy less than 6 months due to terminal illness.

#### 2.4. Vitamin D Supplementation Protocol

The hospital's vitamin D supplementation program provided cholecalciferol vitamin D monthly to elderly patients identified through community screening. The supplementation regimen consisted of cholecalciferol 50,000 IU monthly using oil-based soft gel capsules (Addera D3, Hypera Pharma, São Paulo, Brazil), stored at controlled temperature (15–30 °C) and protected from light. Distribution occurred monthly at community health posts by trained personnel, with supervised administration and documentation in patient medication cards. Adherence was monitored through patient cards and serum 25-hydroxyvitamin D levels at hospital admission. Supplementation duration ranged from 3 to 6 months before the fracture event, verified through dispensing records.

#### 2.5. Outcome Measures

Primary outcomes were (1) length of hospitalization from surgery to discharge; (2) serum 25-hydroxyvitamin D levels at admission.

Secondary outcomes included (1) ionized calcium levels; (2) exploratory analysis of blood glucose levels during hospitalization; (3) documented prevalence of comorbidities.

#### 2.6. Laboratory Analyses

Laboratory analyses were performed in the hospital's certified clinical laboratory. Blood samples were collected at admission and on postoperative days 1, 3, 5, and at discharge. Serum 25-hydroxyvitamin D and blood glucose values reported represent the mean of all measurements taken during hospitalization (admission through discharge) for each patient. Serum 25-hydroxyvitamin D was measured using LC-MS/MS, ionized calcium by ion-selective electrode, and blood glucose by the hexokinase method. All methods followed standard clinical laboratory protocols with appropriate quality controls.

Vitamin D status was classified according to Endocrine Society guidelines as deficiency below 20 ng/mL, insufficiency 20–29 ng/mL, and sufficiency 30–100 ng/mL [27]. Hypercalcemia was defined as ionized calcium exceeding 2.5 mmol/L [28], and hyperglycemia as fasting glucose above 126 mg/dL or random glucose above 200 mg/dL [29].

#### 2.7. Clinical Management Protocol

All patients received standardized perioperative care according to hospital protocols. Surgical procedures were performed within 48 h of admission when medically stable, with spinal anesthesia preferred using bupivacaine 0.5% at 15–20 mg. Surgical techniques were standardized by fracture type, with intertrochanteric fractures treated with a dynamic hip screw or proximal femoral nail, femoral neck fractures with hemiarthroplasty for displaced or cannulated screws for non-displaced fractures, and subtrochanteric fractures with cephalomedullary nail. Postoperative management included prophylactic antibiotics with cefazolin 2 g intravenously 30 min before incision, thromboprophylaxis with enoxaparin 40 mg subcutaneously daily adjusted for renal function, early mobilization with sitting on day 0, standing on day 1, and walking on day 2 with weight-bearing as tolerated, and standardized pain management using a multimodal approach with dipyrone 500 mg four times daily and tramadol 50 mg as needed. Physiotherapy was provided twice daily for 30 min sessions, and nutritional support included a standard hospital diet. Discharge criteria required hemodynamic stability for 48 h with blood pressure above 90/60 and heart rate 60–100, adequate pain control with oral medications achieving visual analog scale below 4, absence of surgical site complications, independent mobility with assistive devices



for a minimum of 10 m, arranged follow-up at 2 weeks, and available family caregiver. Discharge decisions were made by treating physicians, unaware of study group allocation.

#### 2.8. Data Collection

Data were collected using standardized forms by trained research nurses blinded to supplementation status. Variables included demographics, fracture characteristics, surgical details, comorbidities, medications, laboratory results, and clinical outcomes. Comorbidities were identified through medical record review, including documented diagnoses and current medications. Hypertension was defined as a documented diagnosis, antihypertensive use, or blood pressure 140/90 mmHg or higher on two occasions, while diabetes was defined as a documented diagnosis, antidiabetic use, or fasting glucose 126 mg/dL or higher. Nutritional status was not assessed beyond basic dietary history, and comorbidity severity was based on medical record documentation without standardized scores. Socioeconomic background was not formally measured. Missing data management allowed less than 5% missing for primary outcomes, with multiple imputation for missing baseline characteristics and sensitivity analyses comparing complete case versus imputed datasets.

#### 2.9. Statistical Analysis

While complete blinding was not feasible due to the nature of the intervention, several measures were implemented to minimize bias. Laboratory personnel analyzing blood samples were blinded to participants' group assignment. Healthcare providers assessing discharge criteria were not informed of patients' supplementation status. Research nurses collecting outcome data used separate forms without group identification, and statisticians received coded datasets without group labels until analysis completion. No a priori sample size calculation was performed; this was a pragmatic study using all eligible patients during the study period. Post hoc power analysis with the observed effect size (Cohen's  $d = 1.2$ ) indicated 92% power for the primary outcome. Data were analyzed using GraphPad Prism version 10.4.1 (GraphPad Software, San Diego, CA, USA). Continuous variables were expressed as mean  $\pm$  standard error or median (interquartile range) as appropriate. Between-group comparisons used Student's  $t$ -test or Mann-Whitney U test for continuous variables and chi-square or Fisher's exact test for categorical variables. Due to the small sample size, planned multivariable regression analysis could not be performed. Statistical significance was set at  $p < 0.05$ .

#### 2.10. Use of AI-Assisted Technologies in Writing

AI-Assisted Writing During manuscript preparation, AI tools were used to enhance clarity and language quality. Specifically, Microsoft Copilot (version 2024.09) and QuillBot (Premium version 2024) were used for grammar checking, sentence restructuring, and improving scientific writing clarity. All AI-generated suggestions were reviewed, verified for accuracy, and edited by the authors. The AI tools were not used for data analysis, study design, data collection, or interpretation of results. The authors take full responsibility for all content and conclusions.

### 3. Results

#### 3.1. Baseline Characteristics

During the study period, 78 elderly patients with femur fractures were admitted; 18 were excluded (8 with pathological fractures, 6 with severe kidney disease, 4 unable to provide consent). The final cohort comprised 60 patients: 22 in the supplementation group and 38 controls. As shown in Table 1, groups were comparable in age and sex. Table 2

shows the BMI data. Fracture types were similar between groups, with intertrochanteric fractures most common (45.5% vs. 47.4%,  $p = 0.88$ ).

**Table 1.** Demographics.

| Characteristic | Supplemented ( $n = 22$ ) | Control ( $n = 38$ ) | Total ( $n = 60$ ) |
|----------------|---------------------------|----------------------|--------------------|
| Sex            |                           |                      |                    |
| Female         | 15 (68.2%)                | 29 (76.3%)           | 44 (73.3%)         |
| Male           | 7 (31.8%)                 | 9 (23.7%)            | 16 (26.7%)         |
| Age Group      |                           |                      |                    |
| 60–74 years    | 9 (40.9%)                 | 14 (36.8%)           | 23 (38.3%)         |
| ≥75 years      | 13 (59.1%)                | 24 (63.2%)           | 37 (61.7%)         |
| Ethnicity      |                           |                      |                    |
| Brown (Pardo)  | 19 (86.4%)                | 34 (89.5%)           | 53 (88.3%)         |
| Black          | 1 (4.5%)                  | 3 (7.9%)             | 4 (6.7%)           |
| White          | 2 (9.1%)                  | 0 (0%)               | 2 (3.3%)           |
| Indigenous     | 0 (0%)                    | 1 (2.6%)             | 1 (1.7%)           |
| Education      |                           |                      |                    |
| Illiterate     | 0 (0%)                    | 6 (15.8%)            | 6 (10.0%)          |
| Elementary     | 10 (45.5%)                | 24 (63.2%)           | 34 (56.7%)         |
| High School    | 12 (54.5%)                | 8 (21.0%)            | 20 (33.3%)         |

**Table 2.** Body mass index distribution.

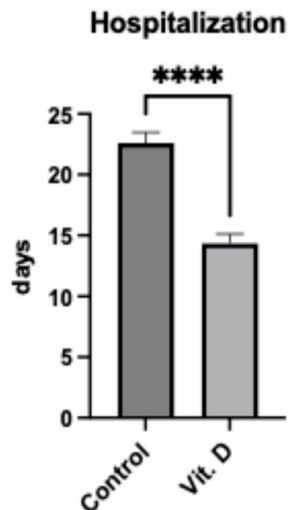
| BMI Category (kg/m <sup>2</sup> ) | Supplemented ( $n = 22$ ) | Control ( $n = 38$ ) | Total ( $n = 60$ ) |
|-----------------------------------|---------------------------|----------------------|--------------------|
| Underweight (<22.0)               | 4 (18.2%)                 | 4 (10.5%)            | 8 (13.3%)          |
| Normal Weight (22.0–27.0)         | 8 (36.4%)                 | 11 (28.9%)           | 19 (31.7%)         |
| Overweight (≥27.0)                | 10 (45.5%)                | 23 (60.5%)           | 33 (55.0%)         |

### 3.2. Primary Outcomes

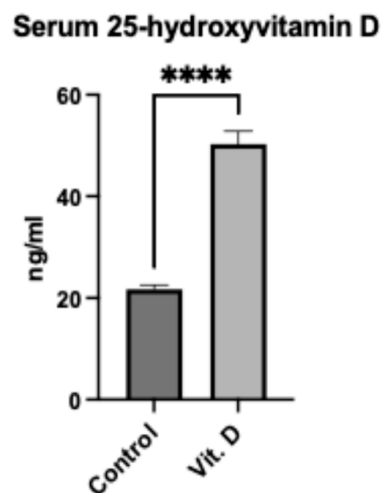
Length of hospitalization was significantly shorter in the supplementation group ( $14.32 \pm 0.79$  days) compared to controls ( $22.61 \pm 0.88$  days; mean difference 8.29 days, 95% CI: 5.92–10.66,  $p < 0.0001$ ) (Figure 1). Only 2/22 (9.1%) supplemented patients required hospitalization >21 days compared to 25/38 (65.8%) controls ( $p < 0.0001$ ).

Serum 25-hydroxyvitamin D levels were significantly higher in the supplementation group ( $50.26 \pm 2.55$  ng/mL) versus controls ( $21.74 \pm 0.84$  ng/mL; mean difference 28.52 ng/mL, 95% CI: 23.17–33.87,  $p < 0.0001$ ) (Figure 2). In the control group, 23/38 (60.5%) had vitamin D deficiency (<20 ng/mL), while all supplemented patients achieved sufficiency (≥30 ng/mL).

SSSSSSSS



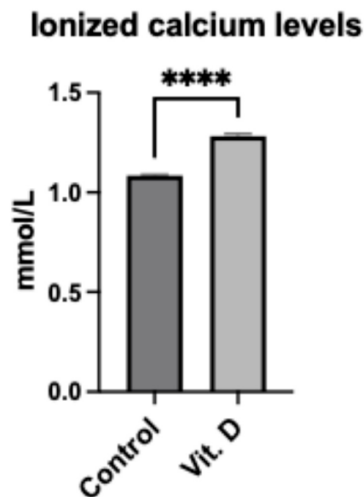
**Figure 1.** Length of hospitalization in elderly patients ( $n = 60$ ) following femur fracture surgery. Bar graph comparing hospitalization duration (days) between control ( $22.61 \pm 0.88$  days) and Vit. D (vitamin D supplemented) ( $14.32 \pm 0.79$  days) groups. Data are presented as mean  $\pm$  SEM. \*\*\*\* indicates  $p < 0.0001$  between groups.



**Figure 2.** Serum 25-hydroxyvitamin D levels in elderly Ribeirinhos patients ( $n = 60$ ) following femur fracture surgery. Bar graph comparing vitamin D concentrations between non-supplemented ( $21.74 \pm 0.84$  ng/mL) and supplemented ( $50.26 \pm 2.55$  ng/mL) groups. Data are presented as mean  $\pm$  SEM. \*\*\*\* indicates  $p < 0.0001$ .

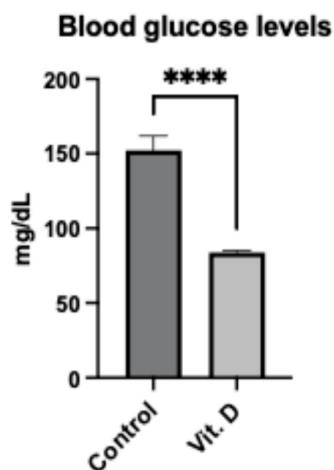
### 3.3. Secondary Outcomes

Ionized calcium levels were higher in the supplementation group ( $1.29 \pm 0.01$  mmol/L) compared to controls ( $1.08 \pm 0.02$  mmol/L;  $p < 0.001$ ) (Figure 3). No patients developed hypercalcemia. A positive correlation existed between vitamin D and calcium levels ( $r = 0.82$ ,  $p < 0.001$ ).



**Figure 3.** Ionized calcium levels in elderly Ribeirinhos patients ( $n = 60$ ) following femur fracture surgery. Bar graph comparing ionized calcium levels between non-supplemented ( $1.08 \pm 0.02$  mmol/L) and supplemented ( $1.29 \pm 0.01$  mmol/L) groups. Data are presented as mean  $\pm$  SEM. \*\*\*\* indicates  $p < 0.001$ .

Blood glucose levels during hospitalization were lower in the supplementation group ( $83.8 \pm 1.4$  mg/dL) versus controls ( $152.2 \pm 9.6$  mg/dL;  $p < 0.001$ ) (Figure 4). However, substantial variability was noted, with a coefficient of variation of 8.2% in supplemented patients versus 24.3% in controls.



**Figure 4.** Blood glucose levels in elderly Ribeirinhos patients ( $n = 60$ ) following femur fracture surgery. Bar graph comparing blood glucose levels between non-supplemented ( $152.2 \pm 9.6$  mg/dL) and supplemented ( $83.8 \pm 1.4$  mg/dL) groups. Data are presented as mean  $\pm$  SEM. \*\*\*\* indicates  $p < 0.001$ .

#### 3.4. Comorbidity Analysis

Medical record review revealed a high prevalence of chronic conditions (Table 3). Overall, 44/60 (73.3%) had diagnosed hypertension, and 19/60 (31.7%) had diabetes. The

distribution was: hypertension alone 29/60 (48.3%), diabetes alone 4/60 (6.7%), both conditions 15/60 (25.0%), neither condition 12/60 (20.0%). Between groups, hypertension prevalence was similar (supplementation: 72.7% vs. control: 73.7%;  $p = 0.94$ ). Diabetes prevalence was also comparable (supplementation: 27.3% vs. control: 34.2%;  $p = 0.58$ ). Chi-square analysis showed no association between hypertension and diabetes ( $\chi^2 = 0.126$ ,  $p = 0.72$ ; OR = 1.55, 95% CI: 0.41–5.89).

**Table 3.** Most frequent comorbidities.

| Comorbidity  | Supplemented ( $n = 22$ ) | Control ( $n = 38$ ) | Total ( $n = 60$ ) |
|--------------|---------------------------|----------------------|--------------------|
| Hypertension | 16 (72.7%)                | 28 (73.7%)           | 44 (73.3%)         |
| Diabetes     | 6 (27.3%)                 | 13 (34.2%)           | 19 (31.7%)         |
| Both         | 5 (22.7%)                 | 10 (26.3%)           | 15 (25.0%)         |
| Neither      | 5 (22.7%)                 | 7 (18.4%)            | 12 (20.0%)         |

### 3.5. Adverse Events

No adverse events related to vitamin D supplementation were reported. Postoperative complications were similar between groups: surgical site infections (4.5% vs. 5.3%,  $p = 0.90$ ) and thromboembolism (0% vs. 2.6%,  $p = 0.45$ ).

## 4. Discussion

This prospective cohort study found an association between pre-existing vitamin D supplementation and reduced hospitalization duration in elderly Ribeirinhos patients following femur fracture surgery in elderly Ribeirinhos. Serum 25-hydroxyvitamin D levels were significantly higher in supplemented patients, with all supplemented individuals achieving sufficiency ( $\geq 30$  ng/mL) compared to 60.5% deficiency in controls. Secondary outcomes included higher ionized calcium in supplemented patients and lower blood glucose. Comorbidity documentation revealed high rates of hypertension (73.3%) and diabetes (31.7%), with no significant between-group differences.

Our observed association aligns with previous clinical studies and meta-analyses that have indicated a link between higher vitamin D levels and better surgical outcomes, including shorter hospital stays [30,31]. However, recent large randomized controlled trials (RCTs) have not consistently demonstrated the benefits of vitamin D supplementation. The VITAL trial ( $n = 25,871$ ) found no effect on fracture risk [22], and the DO-HEALTH trial showed no benefit for fracture prevention [23]. The discrepancy between our findings and these RCTs may reflect differences in study populations and endpoints. The major trials examined fracture prevention in generally vitamin D-replete populations, while our study assessed postoperative recovery in a population with 60.5% frank deficiency. Additionally, fracture prevention and postoperative recovery represent distinct biological processes—the former requiring long-term effects on bone density, the latter involving acute healing processes. However, these explanations remain speculative without randomized trial evidence in similar populations.

The higher ionized calcium levels in supplemented patients (1.29 vs. 1.08 mmol/L) were expected, given vitamin D's role in calcium absorption, and remained within physiological ranges. Vitamin D's role in calcium absorption and metabolism is well established, and optimal calcium homeostasis is essential for neuromuscular function and bone healing [32–34]. Vitamin D also supports muscle strength for recovery, which is critical for postoperative mobilization and rehabilitation [34,35], and may enhance immune function to reduce infection and inflammation risks [36].

The association between vitamin D supplementation and improved glycemic control aligns with evidence suggesting that vitamin D influences insulin sensitivity and pancreatic  $\beta$ -cell function [37,38]. These metabolic improvements may collectively contribute to enhanced tissue repair and recovery [39]. However, the observed association with lower blood glucose requires cautious interpretation. Perioperative glycemic control is influenced by numerous unmeasured factors, including baseline glycemic status, surgical stress, medications, and nutritional intake [40,41]. Without adjustment for these confounders, the glucose findings should be considered exploratory only.

#### 4.1. Comorbidity Analysis

The prevalence rates of hypertension (73.3%) and diabetes (31.7%) reported here are higher than those previously observed in rural Amazon communities. Siqueira et al. [4] reported rates of 17.4% for hypertension and 6% for diabetes, while Arrifano et al. [42] found rates of 38% and 28%, respectively. This likely reflects that our elderly, hospitalized cohort represents a sicker subset of the population, and comprehensive evaluation during admission may have identified previously undiagnosed conditions.

#### 4.2. Study Limitations and Strengths

Several limitations must be acknowledged. First, the observational design limits causal inference. Unmeasured confounders, including baseline functional status, nutritional markers, and socioeconomic factors, may have influenced outcomes. Second, we lacked comprehensive baseline data on renal function, albumin levels, and sarcopenia prevalence, which are factors that could affect both vitamin D metabolism and surgical recovery [43,44]. Third, the sample size, while adequately powered for primary outcomes, was insufficient for multivariable analyses or subgroup comparisons. Fourth, selection bias may exist if healthier patients were more likely to participate in the supplementation program. Fifth, we did not assess long-term outcomes, functional recovery, or quality of life measures.

The single-center design in a specific geographic and cultural context limits generalizability. Ribeirinhos populations have unique dietary patterns, sun exposure habits, and genetic backgrounds that may influence vitamin D metabolism differently than other populations [45–47].

Strengths include the prospective design, standardized surgical and postoperative protocols, blinded discharge decisions by treating physicians, blinded outcome assessment by research nurses and laboratory personnel, and a focus on an understudied vulnerable population.

#### 4.3. Clinical Implications

While the magnitude of the observed association (8-day reduction) appears clinically meaningful, our findings should not influence current practice pending confirmation through randomized trials. The monthly 50,000 IU protocol appeared safe in achieving therapeutic vitamin D levels without hypercalcemia, but this observational evidence is insufficient to recommend routine implementation.

In resource-limited settings like rural Amazon hospitals, any intervention potentially reducing hospitalization warrants investigation [48,49]. For patients from remote communities, shorter hospitalization reduces family burden and transportation costs. However, rigorous evidence from randomized trials is essential before adopting new practices.

#### 4.4. Future Directions

Our findings highlight several research needs, including randomized controlled trials in vitamin D-deficient populations to establish whether supplementation truly affects surgical outcomes, studies collecting comprehensive baseline data to enable proper adjustment



for confounders, investigation of optimal dosing regimens for tropical populations, long-term follow-up to assess functional recovery and mortality, and cost-effectiveness analyses if benefits are confirmed.

#### 4.5. Conclusions

This observational study found an association between pre-existing vitamin D supplementation and reduced hospitalization duration in elderly Ribeirinhos following femur fracture surgery. However, these findings must be viewed as hypothesis-generating rather than definitive. The methodological limitations, including observational design, missing baseline data, and inability to adjust for confounders, combined with contradictory evidence from large RCTs, mandate caution in interpretation. Randomized controlled trials in similar high-risk, vitamin D-deficient populations are needed before any clinical recommendations can be made.

**Author Contributions:** Conceptualization, L.A.C. and O.C.B.; software, E.S.d.S.A.; validation, L.A.C., O.C.B. and E.S.d.S.A.; formal analysis, L.A.C., O.C.B., R.M., Z.M.R. and C.O.d.A.; investigation, E.S.d.S.A.; resources, E.S.d.S.A. and R.M.; data curation, L.A.C. and O.C.B. writing—original draft preparation, L.A.C. and O.C.B.; writing—review and editing, L.A.C., O.C.B., E.S.d.S.A., C.O.d.A., Z.M.R. and R.M.; visualization, E.S.d.S.A., R.M., C.O.d.A. and Z.M.R.; supervision, L.A.C.; project administration, L.A.C. and E.S.d.S.A.; funding acquisition, L.A.C. and O.C.B. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

**Funding:** This research was funded by National Council for Scientific and Technological Development (CNPq fellowship, 304224/2022-7 to O.C.B.) and Anima Institute—AI (research professor fellowships to O.C.B. and L.A.C.), Capes fellowship to E.S.d.S.A., and Alfaisal University And The APC was funded by Alfaisal University.

**Institutional Review Board Statement:** The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki, and approved by the Institutional Review Board of Anhembi Morumbi University (protocol code 69275023.8.0000.5492) on 15 June 2023.

**Informed Consent Statement:** Written informed consent was obtained from all participants or their legal representatives using standardized forms in Portuguese. For illiterate participants, consent was obtained through thumbprint in the presence of an impartial witness.

**Data Availability Statement:** The data that support the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

**Acknowledgments:** During the preparation of this work, the authors used Microsoft Copilot (version accessed September 2025) and QuillBot (version accessed September 2025) to assist with language enhancement and scientific writing. After using these tools, the authors reviewed and edited the content as needed and take full responsibility for the content of the publication.

**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflicts of interest.

## References

1. Sousa, A.; Fonseca, F.; Bousquat, A. Invisibilidade das singularidades amazônicas na organização e oferta de serviços de Atenção Primária à Saúde (APS): Estudo de caso na área rural ribeirinha de Manaus (AM). *Saude Soc.* **2023**, *32*, e220612pt. [\[CrossRef\]](#)
2. Alves, G.S.B.; Herkrath, F.J.; Parente, R.C.P.; Pinheiro, R.D.d.S.; Vettore, M.V. Barriers and facilitators to accessing healthcare services among elderly people living in a rural Amazonian community, Brazil. *BMC Health Serv. Res.* **2025**, *25*, 886. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
3. de Lima Macedo, M.; Herkrath, F.J.; de Oliveira, S.N.; Estrázulas, J.A. Musculoskeletal disorders and quality of life of artisanal fishermen from riverside localities in the Brazilian Amazon. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* **2024**, *97*, 1027–1035. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)

4. Siqueira, J.H.; Garnelo, L.; Parente, R.C.P.; Sampaio, S.d.S.; Sousa, A.; Herkrath, F.J. Prevalence of concomitant hypertension and diabetes among adults and elderly living in rural riverside areas in the Amazon. *Rural Remote Health* **2023**, *23*, 8249. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
5. Wang, Y.; Wang, Z.; Chen, B.; Chen, B.; Fang, R.; Zeng, H.; Peng, J.; Gao, Y.; Hao, L. Global epidemiology of lower limb fractures: Trends, burden, and projections from the GBD 2021 study. *Bone* **2025**, *193*, 117420. [\[CrossRef\]](#)
6. Tian, C.; Shi, L.; Wang, J.; Zhou, J.; Rui, C.; Yin, Y.; Du, W.; Chang, S.; Rui, Y. Global, regional, and national burdens of hip fractures in elderly individuals from 1990 to 2021 and predictions up to 2050: A systematic analysis of the Global Burden of Disease Study 2021. *Arch. Gerontol. Geriatr.* **2025**, *133*, 105832. [\[CrossRef\]](#)
7. Brennan-Olsen, S.L.; Vogrin, S.; Leslie, W.D.; Kinsella, R.; Toombs, M.; Duque, G.; Hosking, S.M.; Holloway, K.L.; Doolan, B.J.; Williams, L.J.; et al. Fractures in indigenous compared to non-indigenous populations: A systematic review of rates and aetiology. *Bone Rep.* **2017**, *6*, 145–158. [\[CrossRef\]](#)
8. Wang, C.-C.; Liu, H.-C.; Lee, M.-T.; Huang, W.-T. Effects of Fracture Liaison Service on Outcomes of Patients with Hip Fracture in Rural Area of an Asian Country. *Geriatr. Orthop. Surg. Rehabil.* **2023**, *14*, 21514593231204784. [\[CrossRef\]](#)
9. Zhang, C.; Feng, J.; Wang, S.; Gao, P.; Xu, L.; Zhu, J.; Jia, J.; Liu, L.; Liu, G.; Wang, J.; et al. Incidence of and trends in hip fracture among adults in urban China: A nationwide retrospective cohort study. *PLoS Med.* **2020**, *17*, e1003180. [\[CrossRef\]](#)
10. Sing, C.-W.; Lin, T.-C.; Bartholomew, S.; Bell, J.S.; Bennett, C.; Beyene, K.; Bosco-Levy, P.; Bradbury, B.D.; Chan, A.H.Y.; Chandran, M.; et al. Global Epidemiology of Hip Fractures: Secular Trends in Incidence Rate, Post-Fracture Treatment, and All-Cause Mortality. *J. Bone Miner. Res.* **2023**, *38*, 1064–1075. [\[CrossRef\]](#)
11. Setto, J.M.; Libonati, R.M.F.; Ventura, A.M.R.d.S.; Chaves, T.d.S.S.; Sequeira, C.G.; Martins Filho, A.J.; Machado, R.L.D.; Franceschin, S.d.C.C.; Barreto, J.T.T. Association between vitamin D serum levels and clinical, laboratory, and parasitological parameters in patients with malaria from an endemic area of the Amazon. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.* **2022**, *55*, e00772021. [\[CrossRef\]](#)
12. Cruz, J.C.; Cassulatti Dos Santos, L.; Devoz, P.P.; Gallimberti, M.; Cerazette, G.N.; de Assis Aguiar Duarte, N.; Eloísa de Lima, L.; Nunes, E.A.; de Medeiros Soares, J.; Laise Dos Santos Pinto, M.; et al. Blood levels of 21 metals and metalloids in riverside villagers of the Brazilian Amazon: A human biomonitoring study with associations with sociodemographic, dietary, and lifestyle factors. *Environ. Res.* **2024**, *261*, 119767. [\[CrossRef\]](#)
13. Medeiros, A.C.d.S.; Mainbourg, E.M.T. Food consumption profile of rural riverside populations. *Rural Remote Health* **2023**, *23*, 7730. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
14. Oestreicher, J.S.; do Amaral, D.P.; Passos, C.J.S.; Fillion, M.; Mergler, D.; Davidson, R.; Lucotte, M.; Romaña, C.A.; Mertens, F. Rural development and shifts in household dietary practices from 1999 to 2010 in the Tapajós River region, Brazilian Amazon: Empirical evidence from dietary surveys. *Global. Health* **2020**, *16*, 36. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
15. Bouillon, R.; Marcocci, C.; Carmeliet, G.; Bikle, D.; White, J.H.; Dawson-Hughes, B.; Lips, P.; Munns, C.F.; Lazaretti-Castro, M.; Giustina, A.; et al. Skeletal and extraskeletal actions of vitamin D: Current evidence and outstanding questions. *Endocr. Rev.* **2019**, *40*, 1109–1151. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
16. Patel, A.; Caruana, E.J.; Hodson, J.; Morrison, R.; Khor, B.; Gysling, S.; Trevis, J.; Mangel, T.; Benson, R.; Zakeri, R.; et al. Role of vitamin D supplementation in modifying outcomes after surgery: A systematic review of randomised controlled trials. *BMJ Open* **2024**, *14*, e073431. [\[CrossRef\]](#)
17. Vivek, K.; Kamal, R.; Perera, E.; Gupte, C.M. Vitamin D Deficiency Leads to Poorer Health Outcomes and Greater Length of Stay After Total Knee Arthroplasty and Supplementation Improves Outcomes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *JBJS Rev.* **2024**, *12*, e23.00150. [\[CrossRef\]](#)
18. Llombart, R.; Mariscal, G.; Barrios, C.; de la Rubia Ortí, J.E.; Llombart-Ais, R. Does vitamin D deficiency affect functional outcomes in hip fracture patients? A meta-analysis of cohort studies. *J. Endocrinol. Investig.* **2024**, *47*, 1323–1334. [\[CrossRef\]](#)
19. Chen, J.; Gan, X.; Song, J.; Gao, L.; Shao, M.; Wang, Y.; Gao, Y. A Systematic Review and Meta-Analysis of Barriers Affecting Early Ambulation in Older Patients After Hip Fracture Surgery. *Nurs. Health Sci.* **2025**, *27*, e70177. [\[CrossRef\]](#)
20. Naguib, S.N.; Sabry, N.A.; Farid, S.F.; Alansary, A.M. Short-term Effects of Alfacalcidol on Hospital Length of Stay in Patients Undergoing Valve Replacement Surgery: A Randomized Clinical Trial. *Clin. Ther.* **2021**, *43*, e1–e18. [\[CrossRef\]](#)
21. Hajimohammadebrahim-Ketabforoush, M.; Shahmohammadi, M.; Keikhaee, M.; Eslamian, G.; Vahdat Shariatpanahi, Z. Single high-dose vitamin D3 injection and clinical outcomes in brain tumor resection: A randomized, controlled clinical trial. *Clin. Nutr. ESPEN* **2021**, *41*, 153–159. [\[CrossRef\]](#)
22. LeBoff, M.S.; Chou, S.H.; Ratliff, K.A.; Cook, N.R.; Khurana, B.; Kim, E.; Cawthon, P.M.; Bauer, D.C.; Black, D.; Gallagher, J.C.; et al. Supplemental vitamin D and incident fractures in midlife and older adults. *N. Engl. J. Med.* **2022**, *387*, 299–309. [\[CrossRef\]](#)
23. Bischoff-Ferrari, H.A.; Vellas, B.; Rizzoli, R.; Kressig, R.W.; da Silva, J.A.P.; Blauth, M.; Felson, D.T.; McCloskey, E.V.; Watzl, B.; Hofbauer, L.C.; et al. Effect of Vitamin D Supplementation, Omega-3 Fatty Acid Supplementation, or a Strength-Training Exercise Program on Clinical Outcomes in Older Adults: The DO-HEALTH Randomized Clinical Trial. *JAMA* **2020**, *324*, 1855–1868. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)



24. LeBoff, M.S.; Bischoff-Ferrari, H.A. The Effects of Vitamin D Supplementation on Musculoskeletal Health: The VITAL and DO-Health Trials. *J. Gerontol. Ser. A Biol. Sci. Med. Sci.* **2023**, *78*, 73–78. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
25. Giustina, A.; Bilezikian, J.P.; Adler, R.A.; Banfi, G.; Bikle, D.D.; Binkley, N.C.; Bollerslev, J.; Bouillon, R.; Brandi, M.L.; Casanueva, F.F.; et al. Consensus statement on vitamin D status assessment and supplementation: Whys, whens, and hows. *Endocr. Rev.* **2024**, *45*, 625–654. [\[CrossRef\]](#)
26. Hospital do Baixo Amazonas Ultrapassa Marca de 3 Mil Cirurgias Nos Últimos 6 Meses—SESPA. Available online: [https://www.saude.pa.gov.br/hospital-do-baixo-amazonas-ultrapassa-marca-de-3-mil-cirurgias-nos-ultimos-6-meses/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.saude.pa.gov.br/hospital-do-baixo-amazonas-ultrapassa-marca-de-3-mil-cirurgias-nos-ultimos-6-meses/?utm_source=chatgpt.com) (accessed on 10 September 2025).
27. Shah, V.P.; Nayfeh, T.; Alsawaf, Y.; Saadi, S.; Farah, M.; Zhu, Y.; Firwana, M.; Seisa, M.; Wang, Z.; Scragg, R.; et al. A systematic review supporting the endocrine society clinical practice guidelines on vitamin D. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* **2024**, *109*, 1961–1974. [\[CrossRef\]](#)
28. Walker, M.D.; Shane, E. Hypercalcemia: A Review. *JAMA* **2022**, *328*, 1624–1636. [\[CrossRef\]](#)
29. Genuth, S.M.; Palmer, J.P.; Nathan, D.M. Classification and diagnosis of diabetes. In *Diabetes in America*; Cowie, C.C., Casagrande, S.S., Menke, A., Cissell, M.A., Eberhardt, M.S., Meigs, J.B., Gregg, E.W., Knowler, W.C., Barrett-Connor, E., Becker, D.J., et al., Eds.; National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases (US): Bethesda, MD, USA, 2018.
30. Pegreff, F.; Chiaramonte, R.; Donati Zeppa, S.; Lauretani, F.; Salvi, M.; Zucchini, I.; Veronese, N.; Vecchio, M.; Bartolacci, A.; Stocchi, V.; et al. Optimizing the Preoperative Preparation of Sarcopenic Older People: The Role of Prehabilitation and Nutritional Supplementation before Knee Arthroplasty. *Nutrients* **2024**, *16*, 3462. [\[CrossRef\]](#)
31. Wang, J.J.-D.; Quak, G.S.-W.; Lee, H.-B.; Foo, L.-X.; Tay, P.; Mah, S.-M.; Tong, C.; Koh, F.H.-X. The Role of Vitamin D Supplementation in Enhancing Muscle Strength Post-Surgery: A Systemic Review. *Nutrients* **2025**, *17*, 1512. [\[CrossRef\]](#)
32. Shaker, J.L.; Deftos, L. Calcium and Phosphate Homeostasis. In *Endotext*; De Groot, L.J., Beck-Peccoz, P., Chrousos, G., Dungan, K., Grossman, A., Hershman, J.M., Koch, C., McLachlan, R., New, M., Rebar, R., et al., Eds.; MDText.com, Inc.: South Dartmouth, MA, USA, 2000.
33. Hao, Y.; Yang, N.; Sun, M.; Yang, S.; Chen, X. The role of calcium channels in osteoporosis and their therapeutic potential. *Front. Endocrinol.* **2024**, *15*, 1450328. [\[CrossRef\]](#)
34. Agoncillo, M.; Yu, J.; Gunton, J.E. The role of vitamin D in skeletal muscle repair and regeneration in animal models and humans: A systematic review. *Nutrients* **2023**, *15*, 4377. [\[CrossRef\]](#)
35. Giraldo-Vallejo, J.E.; Cardona-Guzmán, M.Á.; Rodríguez-Alcivar, E.J.; Kočí, J.; Petro, J.L.; Kreider, R.B.; Cannataro, R.; Bonilla, D.A. Nutritional strategies in the rehabilitation of musculoskeletal injuries in athletes: A systematic integrative review. *Nutrients* **2023**, *15*, 819. [\[CrossRef\]](#)
36. Ghaseminejad-Raeini, A.; Ghaderi, A.; Sharafi, A.; Nematollahi-Sani, B.; Moossavi, M.; Derakhshani, A.; Sarab, G.A. Immunomodulatory actions of vitamin D in various immune-related disorders: A comprehensive review. *Front. Immunol.* **2023**, *14*, 950465. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
37. Argano, C.; Mirarchi, L.; Amodeo, S.; Orlando, V.; Torres, A.; Corrao, S. The role of vitamin D and its molecular bases in insulin resistance, diabetes, metabolic syndrome, and cardiovascular disease: State of the art. *Int. J. Mol. Sci.* **2023**, *24*, 15485. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
38. Lei, X.; Zhou, Q.; Wang, Y.; Fu, S.; Li, Z.; Chen, Q. Serum and supplemental vitamin D levels and insulin resistance in T2DM populations: A meta-analysis and systematic review. *Sci. Rep.* **2023**, *13*, 12343. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
39. Jawed, I.; Quratul Ain, H.; Abdul Razaq, F.; Qadir, M.U.; Jabeen, S.; Alam, F.; Javaid, M.; Mobin, M.; Kumar, D.; Rai, R.; et al. Vitamin D and physical activity as co-modifiers of muscle health and function—A narrative exploration. *Ann. Med. Surg.* **2025**, *87*, 5046–5055. [\[CrossRef\]](#)
40. Wang, S.-H.; Shao, W.; Jiang, Q.-H.; Zheng, X.-L.; Shen, Q.-B.; Lin, X.-Y.; Zhang, Q.-Q.; Zhang, L.-L.; Shi, X.-L.; Wang, W.-G.; et al. Risk Factors for Glycemic Control in Hospitalized Patients with Type 2 Diabetes Receiving Continuous Subcutaneous Insulin Infusion Therapy. *Diabetes Ther.* **2023**, *14*, 167–178. [\[CrossRef\]](#)
41. Tarabichi, S.; Parvizi, J. Preventing the impact of hyperglycemia and diabetes on patients undergoing total joint arthroplasty. *Orthop. Clin. N. Am.* **2023**, *54*, 247–250. [\[CrossRef\]](#)
42. Arrifano, G.P.F.; Alvarez-Leite, J.I.; Souza-Monteiro, J.R.; Augusto-Oliveira, M.; Paraense, R.; Macchi, B.M.; Pinto, A.; Oriá, R.B.; do Nascimento, J.L.M.; Crespo-Lopez, M.E. In the heart of the amazon: Noncommunicable diseases and apolipoprotein E4 genotype in the riverine population. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2018**, *15*, 1957. [\[CrossRef\]](#)
43. Luo, K.; Chen, K.; Li, Y.; Ji, Y. Association between sarcopenia and outcomes of surgically treated oral squamous cell carcinoma: A systematic review and meta-analysis. *Front. Oncol.* **2024**, *14*, 1445956. [\[CrossRef\]](#)
44. Knoedler, S.; Schliermann, R.; Knoedler, L.; Wu, M.; Hansen, F.J.; Matar, D.Y.; Obed, D.; Vervoort, D.; Haug, V.; Hundeshagen, G.; et al. Impact of sarcopenia on outcomes in surgical patients: A systematic review and meta-analysis. *Int. J. Surg.* **2023**, *109*, 4238–4262. [\[CrossRef\]](#)

45. Silva, B.B.M.; Santos, G.M.d.; Rocha, M.d.S.; Nunes, I.F.d.O.C.; Oliveira, F.E.d.; Melo, N.d.J.; Mascarenhas, I.F.; Melo, M.T.S.M.; Moura, A.R.d.S.; de Carvalho, C.M.R.G. Concentração sérica de vitamina D e características sociodemográficas de uma população idosa do nordeste brasileiro. *Res. Soc. Dev.* **2021**, *10*, e5910212268. [\[CrossRef\]](#)
46. Prado, H.M.; Murrieta, R.S.S.; Shepard, G.H.; de Lima Souza, T.; Schlindwein, M.N. Sympathetic science: Analogism in Brazilian ethnobiological repertoires among quilombolas of the Atlantic forest and Amazonian ribeirinhos. *J. Ethnobiol. Ethnomed.* **2022**, *18*, 1. [\[CrossRef\]](#)
47. Piperata, B.A.; Spence, J.E.; Da-Gloria, P.; Hubbe, M. The nutrition transition in amazonia: Rapid economic change and its impact on growth and development in Ribeirinhos. *Am. J. Phys. Anthropol.* **2011**, *146*, 1–13. [\[CrossRef\]](#)
48. Langenberger, B.; Worsham, C.; Geldsetzer, P. The Effect of Length of Stay in Hospital on Patients' Health Outcomes: A Quasi-Experimental Study. *medRxiv* **2024**. [\[CrossRef\]](#)
49. Siddique, S.M.; Tipton, K.; Leas, B.; Greysen, S.R.; Mull, N.K.; Lane-Fall, M.; McShea, K.; Tsou, A.Y. Interventions to Reduce Hospital Length of Stay in High-risk Populations: A Systematic Review. *JAMA Netw. Open* **2021**, *4*, e2125846. [\[CrossRef\]](#)

**Disclaimer/Publisher's Note:** The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

## APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO APLICADO AO PACIENTE

### INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

Paciente nº \_\_\_\_\_

#### SEÇÃO I: DADOS SOCIODEMOGRÁFICOS

01. Sexo: ( ) Masculino ( ) Feminino

02. Idade: \_\_\_\_\_ anos

03. Etnia: ( ) Branco ( ) Negro ( ) Pardo ( ) Indígena ( ) Amarelo ( ) Não informado.

04. Altura: \_\_\_\_\_ m 05. Peso: \_\_\_\_\_ kg 06. IMC: \_\_\_\_\_

07. Estado civil: ( ) Solteiro ( ) Casado ( ) União estável ( ) Viúvo ( ) Não informado.

08. Escolaridade: ( ) Analfabeto ( ) Ensino fundamental incompleto ( ) Ensino fundamental completo ( ) Ensino médio incompleto ( ) Ensino médio completo ( ) Superior ( ) Não informado.

09. Profissão: ( ) Aposentado ( ) Outra. Qual? \_\_\_\_\_  
( ) Não informado.

10. Município de procedência: \_\_\_\_\_ ( ) Não informado.

11. Zona do município de procedência: ( ) Urbana ( ) Rural ( ) Não informado.

#### SEÇÃO II: DADOS CLÍNICOS

01. Comorbidades: ( ) Hipertensão Arterial Sistêmica ( ) Diabetes mellitus ( ) Cardiopatias  
( ) Outra(s). Qual(is)? \_\_\_\_\_

02. Tabagismo: ( ) Não ( ) Sim. 03. Etilismo: ( ) Não ( ) Sim.

03. Cirurgia prévia: ( ) Não ( ) Sim. Qual? \_\_\_\_\_

04. Faz uso de medicamento contínuo: ( ) Não ( ) Sim.  
Qual? \_\_\_\_\_

05. PA: \_\_\_\_\_ mmHg

06. Exame laboratorial:

Hemoglobina alterada: ( ) Não ( ) Sim. Qual o valor? \_\_\_\_\_

Cálcio ionizado alterado: ( ) Não ( ) Sim. Qual o valor? \_\_\_\_\_

Glicemia: \_\_\_\_\_

Fosfato alterado: ( ) Não ( ) Sim. Qual o valor? \_\_\_\_\_

Hidroxivitamina D alterada: ( ) Não ( ) Sim. Qual o valor? \_\_\_\_\_

07. Realizou anteriormente o doseamento de vitamina D: ( ) Não ( ) Sim. Há quanto tempo? \_\_\_\_\_ ( ) Não informado.

08. Faz uso de suplemento de vitamina D: ( ) Não ( ) Sim. Há quanto tempo? \_\_\_\_\_

**SEÇÃO I: DADOS SOCIODEMOGRÁFICOS**

01. Sexo: ( ) Masculino ( ) Feminino
02. Idade: \_\_\_\_\_ anos
03. Etnia: ( ) Branco ( ) Negro ( ) Pardo ( ) Indígena ( ) Amarelo ( ) Não informado.
04. Altura: \_\_\_\_\_ m      05. Peso: \_\_\_\_\_ kg      06. IMC: \_\_\_\_\_
07. Estado civil: ( ) Solteiro ( ) Casado ( ) União estável ( ) Viúvo ( ) Não informado.
08. Escolaridade: ( ) Analfabeto ( ) Ensino fundamental incompleto ( ) Ensino fundamental completo ( ) Ensino médio incompleto ( ) Ensino médio completo ( ) Superior ( ) Não informado .
09. Profissão: ( ) Aposentado ( ) Outra. Qual? \_\_\_\_\_  
( ) Não informado.
10. Município de procedência: \_\_\_\_\_ ( ) Não informado.
11. Zona do município de procedência: ( ) Urbana ( ) Rural ( ) Não informado.

**SEÇÃO II: DADOS CLÍNICOS**

01. Comorbidades: ( ) Hipertensão Arterial Sistêmica ( ) Diabetes mellitus ( ) Cardiopatias  
( ) Outra (s). Qual(is)? \_\_\_\_\_
02. Tabagismo: ( ) Não ( ) Sim.      03. Etilismo: ( ) Não ( ) Sim.
03. Cirurgia prévia: ( ) Não ( ) Sim. Qual? \_\_\_\_\_
04. Faz uso de medicamento contínuo: ( ) Não ( ) Sim.  
Qual? \_\_\_\_\_
05. PA: \_\_\_\_\_ mmHg
06. Exame laboratorial:
- Hemoglobina alterada: ( ) Não ( ) Sim. Qual o valor? \_\_\_\_\_
- Cálcio ionizado alterado: ( ) Não ( ) Sim. Qual o valor? \_\_\_\_\_
- Glicemia: \_\_\_\_\_
- Fosfato alterado: ( ) Não ( ) Sim. Qual o valor? \_\_\_\_\_
- Hidroxivitamina D alterada: ( ) Não ( ) Sim. Qual o valor? \_\_\_\_\_
07. Realizou anteriormente o doseamento de vitamina D: ( ) Não ( ) Sim. Há quanto tempo? \_\_\_\_\_ ( ) Não informado.
08. Faz uso de suplemento de vitamina D: ( ) Não ( ) Sim. Há quanto tempo? \_\_\_\_\_

09. Data do trauma: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

10. Trauma de baixa energia: ( ) Queda da própria altura ( ) Entorses ( ) Contusões.

### SEÇÃO III: TRATAMENTO

01. Data provável da cirurgia: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

02. Tempo de espera para o procedimento cirúrgico: \_\_\_\_\_

03. Tempo de internação hospitalar: \_\_\_\_\_

04. Fez uso de Unidade de Terapia Intensiva no pós-operatório imediato: ( ) Não ( ) Sim.

05. Teve complicações no pós-operatório: ( ) Não ( ) Sim. Qual? \_\_\_\_\_

### SEÇÃO IV: HÁBITOS DE EXPOSIÇÃO SOLAR

01. Exposição solar: ( ) Não ( ) Sim.

02. Tempo de exposição: ( ) até uma hora ( ) até 2 horas ( ) de 2 a 6 horas ( ) mais de 6 horas.

03. Dias de exposição na semana: ( ) 01 a 02 dias ( ) 03 a 05 dias ( ) 06 a 07 dias.

04. Horário de exposição solar: ( ) até às 10 horas da manhã ( ) após as 10 horas.

05. Uso de filtro solar: ( ) Não ( ) Sim. Quantas vezes ao dia? \_\_\_\_\_

### SEÇÃO V: ATIVIDADE FÍSICA

01. Pratica alguma atividade física ( ) Não ( ) Sim. Qual é a atividade? \_\_\_\_\_

02. Nº de vezes por semana: \_\_\_\_\_

03. Horas ou minuto por semana: \_\_\_\_\_

## APÊNDICE C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

#### DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL

##### 1. Informações do Participante da Pesquisa

|                                 |                         |                   |
|---------------------------------|-------------------------|-------------------|
| Nome:                           |                         |                   |
| Documento de Identidade (tipo): | Nº.:                    | Sexo: ( ) M ( ) F |
| Local de Nascimento:            | Data de Nascimento: / / |                   |
| Endereço:                       | Nº.:                    |                   |
| Complementos:                   | Bairro:                 |                   |
| Cidade:                         | Estado:                 |                   |
| CEP:                            | Telefones:              |                   |

Você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa que tem como título “ ” que tem como objetivo principal desenvolver um protocolo de rastreamento de carência de vitamina D, utilizando como referência os valores dos níveis séricos de vitamina D dos pacientes com fraturas de fêmur internados para tratamento cirúrgico.

##### 2. Informações do Responsável Legal

|                                                     |                         |                   |
|-----------------------------------------------------|-------------------------|-------------------|
| Nome:                                               |                         |                   |
| Natureza (grau de parentesco, tutor, curador etc.): |                         |                   |
| Documento de Identidade (tipo):                     | Nº.:                    | Sexo: ( ) M ( ) F |
| Local de Nascimento:                                | Data de Nascimento: / / |                   |
| Endereço:                                           | Nº.:                    |                   |
| Complementos:                                       | Bairro:                 |                   |
| Cidade:                                             | Estado:                 |                   |
| CEP:                                                | Telefones:              |                   |

#### DADOS SOBRE A PESQUISA

##### 3. Título do Projeto de Pesquisa

|  |
|--|
|  |
|--|

##### 4. Nome do Pesquisador Responsável

|                |                                      |
|----------------|--------------------------------------|
|                |                                      |
| Cargo/ Função: | Nº de registro do Conselho Regional: |
| CV Lattes:     |                                      |

---

### DADOS SOBRE A PESQUISA

#### 3. Título do Projeto de Pesquisa

|                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Níveis séricos de vitamina D3 em pacientes idosos com fratura da extremidade proximal de fêmur, submetidos a tratamento cirúrgico em um Hospital do Baixo Amazonas. |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### 4. Nome do Pesquisador Responsável

|                                             |                                      |
|---------------------------------------------|--------------------------------------|
| Afiliação: Elca Silvana da Silva Abreu      |                                      |
| Cargo/ Função:                              | Nº de registro do Conselho Regional: |
| CV Lattes://lattes.cnpq.br/5691438455386126 |                                      |

#### 5. Nome do Pesquisador Assistente (Orientador)

|                |                                               |
|----------------|-----------------------------------------------|
|                |                                               |
| Email:         | Fone:                                         |
| Cargo/ Função: | Afiliação: Universidade Camilo Castelo Branco |
| CV Lattes:     |                                               |

#### 6. Instituição/Instituições

|           |
|-----------|
| Endereço: |
|-----------|

---

### ESCLARECIMENTOS DADOS PELO PESQUISADOR SOBRE GARANTIAS DO SUJEITO DA PESQUISA

O objetivo desta pesquisa visa avaliar os níveis séricos de vitamina D, em pacientes acima de 60 anos, com fratura da extremidade proximal do fêmur, submetidos a tratamento cirúrgico no Hospital Regional do Baixo Amazonas de Santarém.

O benefício esperado é colaborar por meio dos resultados para que se conheça a magnitude da problemática e assim rastrear precocemente a hipovitaminose D em idosos, por meio de instrumento para colaborar com a orientação de condutas dos profissionais da área da saúde e consequentemente a redução do número de idosos internados por fraturas de fêmur.

**APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO DE VALIDAÇÃO DO TESTE PILOTO****QUESTIONARIO — Teste Piloto da Integração do Protocolo ao Prontuário Eletrônico****1. IDENTIFICAÇÃO****1. Profissão:**

☐ Médico(a) ☐ Enfermeiro(a) ☐ Outro: \_\_\_\_\_

2. Unidade/Setor: \_\_\_\_\_

**3. Experiência com prontuário eletrônico:**

☐ Baixa ☐ Moderada ☐ Alta

**2. USABILIDADE DO SISTEMA****4. O formulário digital foi fácil de localizar e abrir no sistema.**

☐ Discordo totalmente ☐ Discordo ☐ Neutro ☐ Concordo ☐ Concordo totalmente

**5. A interface do formulário é clara e intuitiva.**

☐ Discordo totalmente ☐ Discordo ☐ Neutro ☐ Concordo ☐ Concordo totalmente

**6. Os campos obrigatórios e opcionais estão adequados e bem organizados.**

☐ Discordo totalmente ☐ Discordo ☐ Neutro ☐ Concordo ☐ Concordo totalmente

**7. A navegação entre as etapas do formulário é simples.**

☐ Discordo totalmente ☐ Discordo ☐ Neutro ☐ Concordo ☐ Concordo totalmente

**3. TEMPO DE PREENCHIMENTO****8. Quanto tempo você levou para preencher o formulário?**

☐ Menos de 3 min ☐ 3–5 min ☐ 5–10 min ☐ Mais de 10 min

**9. Considera o tempo de preenchimento adequado para a rotina?**

☐ Sim ☐ Parcialmente ☐ Não

**4. SINCRONIZAÇÃO COM O TASY/E-SUS AB****10. Os dados preencheram e sincronizaram corretamente no prontuário eletrônico?**



☐ Sim ☐ Não ☐ Parcialmente

11. Houve alguma inconsistência, atraso ou erro na integração?

☐ Não

☐ Sim — descreva: \_\_\_\_\_

## 5. SATISFAÇÃO DOS PROFISSIONAIS

12. O uso do formulário digital facilita sua rotina de atendimento?

☐ Discordo totalmente ☐ Discordo ☐ Neutro ☐ Concordo ☐ Concordo totalmente

13. Você considera o formulário útil para melhorar o registro clínico?

☐ Discordo totalmente ☐ Discordo ☐ Neutro ☐ Concordo ☐ Concordo totalmente

14. Você recomendaria a continuidade do uso do protocolo digital?

☐ Sim ☐ Talvezs ☐ Não

## 6. SEGURANÇA DA INFORMAÇÃO

15. Você se sente seguro quanto à proteção das informações registradas?

☐ Sim ☐ Parcialmente ☐ Não

16. Observou algum risco de vazamento ou acesso indevido aos dados?

☐ Não

☐ Sim — descrever: \_\_\_\_\_

## 7. FEEDBACK GERAL

17. O que você mais gostou no sistema?

\_\_\_\_\_

18. O que deve ser melhorado antes da implantação definitiva?

\_\_\_\_\_

19. Sugestões adicionais:

\_\_\_\_\_

## ANEXO A – CARTA DE ACEITE

Ofício n ° 0001/2023- PPGEBM

São José dos Campos, 02 de março de 2023

Ao Sr.  
Dr. Alberto Mariano Gusmão Tolentino  
Diretor de Ensino e Pesquisa do HRBA

Referência: Carta de aceite para realização de pesquisa científica

Prezado Senhor,

Cumprimento e, ao mesmo tempo, solicito a Vossa Senhoria, autorização para que a doutoranda ELCA SILVANIA DA SILVA ABREU, do Programa de Pós-graduação de Engenharia Biomédica da Universidade Anhembí Morumbi, possa realizar sua pesquisa, no Hospital Regional do Baixo Amazonas Dr. Waldemir Penna, intitulado: “NÍVEIS SÉRICOS DE VITAMINA D3 EM PACIENTES IDOSOS COM FRATURA DA EXTREMIDADE PROXIMAL DE FÊMUR”, orientada pela profª Dra. Luciana Aparecida Campos Baltatu.

Na oportunidade, solicito, também, a emissão de carta de aceite institucional – caso parecer favorável – para anexar aos autos do trabalho.

Sem mais para o momento, desde já agradeço e renovo votos de elevada estima e apreço.

Atenciosamente,



Profª. Drª. Luciana Aparecida Campos Baltatu.  
Engenheira Biomédica UAM

Estrada Dr. Altino Bondesan, 500 – Distrito de Eugênio de Melo – São José dos Campos/SP – CEP 12247-016 – Fone: (12) 3945-1359

## ANEXO B – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA



## PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

## DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** NÍVEIS SÉRICOS DE VITAMINA D EM PACIENTES IDOSOS COM FRATURA DA EXTREMIDADE PROXIMAL DE FÊMUR, SUBMETIDOS A TRATAMENTO

**Pesquisador:** Elca Silvania da Silva Abreu

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 69275023.8.0000.5492

**Instituição Proponente:** ISCP - SOCIEDADE EDUCACIONAL LTDA.

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

## DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 6.121.313

## Apresentação do Projeto:

**Título da Pesquisa:** NÍVEIS SÉRICOS DE VITAMINA D EM PACIENTES IDOSOS COM FRATURA DA EXTREMIDADE PROXIMAL DE FÊMUR, SUBMETIDOS A TRATAMENTO CIRÚRGICO

**Pesquisador Responsável:** Elca Silvania da Silva Abreu

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 69275023.8.0000.5492

## Texto extraído do projeto:

A carência de Vitamina D tem relação com a fratura de fêmur que está entre as lesões traumáticas mais comuns em idosos, apresenta taxa de mortalidade considerada alta no primeiro ano pós-fratura, além de causar perda da capacidade funcional e necessitando de programas de reabilitação por longos períodos. A fratura da extremidade proximal de fêmur gera grande custo para a saúde pública, devido ao período prolongado de internação em Unidade de Terapia Intensiva, cuidados clínicos e cirúrgicos, além de programas de reabilitação por longo tempo, causando impacto no equilíbrio econômico dos sistemas de saúde e está comumente associada à queda. A população, de modo geral, apresenta déficit de vitamina D altamente prevalente, mesmo em áreas que recebem luz solar suficiente. Em estudo realizado, sobre a frequência de internações e óbitos por fratura de fêmur, em indivíduos acima de 60 anos, na região norte do Brasil,

**Endereço:** Rua Dr. Almeida Lima, 1.134 - 2º andar - sala 207

**Bairro:** Mooca

**CEP:** 03.164-000

**UF:** SP

**Município:** SÃO PAULO

**Telefone:** (11)2790-4658

**E-mail:** cep.uam@animaeducacao.com.br



Continuação do Parecer: 6.121.313

notificados no Sistema de Informações Hospitalares (SIH) do DataSUS, no período de 2015 e 2019, os Estados do Pará e Amazonas tiveram maior índice de internações por fratura de fêmur. Dessa forma, faz-se necessário discutir a deficiência de vitamina D na população que reside em regiões localizadas geograficamente próximo a linha do Equador onde a incidência solar é maior e a temperatura média se mantém elevada o ano todo.

**Objetivo da Pesquisa:**

**Objetivo Primário:**

Desenvolver um protocolo de rastreamento de carência de vitamina D, utilizando como referência os valores dos níveis séricos de vitamina D dos pacientes idosos com fraturas de fêmur internados para tratamento cirúrgico.

**Objetivo Secundário:**

Identificar o perfil sociodemográfico dos pacientes; Verificar os níveis de vitamina D dos pacientes com fratura proximal de fêmur; Correlacionar os resultados do nível de 25-hidroxi-vitamina D dos pacientes com os valores padrão de referência; Elaborar uma proposta de sistema de rastreamento para carência de vitamina D.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

**Riscos:**

Os riscos relacionados à participação na pesquisa relacionam-se a possibilidade mínima de desconforto emocional, alterações na autoestima provocadas pela evocação de memórias ou por reforços na conscientização sobre sua condição física ou psicológica restritiva ou incapacitante; possibilidade de constrangimento ou medo de não saber responder o instrumento de coleta de dados.

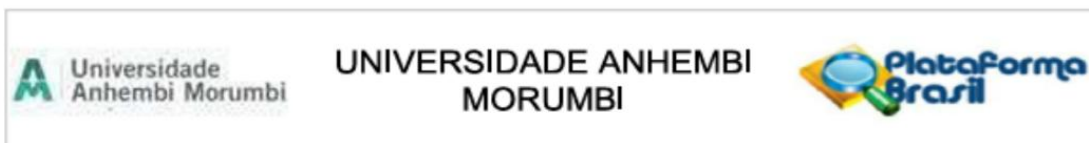
**Benefícios:**

Gerar informações que podem subsidiar a adoção de novas práticas, facilitando a tomada de decisão em relação a prevenção da hipovitaminose D, visto que esta somente é possível com o conhecimento do cenário. Fornecer dados epidemiológicos da fratura de fêmur em idosos, agregando conhecimento para os profissionais de saúde de acordo com a realidade local. Criar um instrumento para o rastreamento da hipovitaminose D em idosos visando a redução do número de idosos internados por fraturas de fêmur. Além, de contribuir para novas pesquisas na área.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

É um projeto com condições de realização, claramente definido em termos metodológicos e logísticos, caracterizando exequibilidade na proposta.

**Endereço:** Rua Dr. Almeida Lima, 1.134 - 2º andar - sala 207  
**Bairro:** Mooca **CEP:** 03.164-000  
**UF:** SP **Município:** SAO PAULO  
**Telefone:** (11)2790-4658 **E-mail:** cep\_uam@animaeducacao.com.br



Continuação do Parecer: 6.121.313

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Estão adequados e contemplam as exigências da resolução 466/12.

**Recomendações:**

Sem recomendações, a pesquisadora revisou o TCLE.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Projeto aprovado.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

1. Apresentar relatório parcial da pesquisa, semestralmente, a contar do início da mesma.
2. Apresentar relatório final da pesquisa até 30 dias após o término da mesma.
3. O CEP UAM deverá ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo.
4. Quaisquer documentações encaminhadas ao CEP UAM deverão conter junto uma Carta de Encaminhamento, em que conste o objetivo e justificativa do que esteja sendo apresentado.
5. Caso a pesquisa seja suspensa ou encerrada antes do previsto, o CEP UAM deverá ser comunicado, estando os motivos expressos no relatório final a ser apresentado.
6. O TCLE deverá ser obtido em duas vias, uma ficará com o pesquisador e a outra com o sujeito de pesquisa.
7. Em conformidade com a Carta Circular nº. 003/2011CONEP/CNS, faz-se obrigatório a rubrica em todas as páginas do TCLE pelo sujeito de pesquisa ou seu responsável e pelo pesquisador.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

| Tipo Documento                                            | Arquivo                                       | Postagem               | Autor                        | Situação |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------|------------------------------|----------|
| Informações Básicas do Projeto                            | PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2125674.pdf | 20/05/2023<br>13:28:59 |                              | Aceito   |
| TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência | TCLE_final.pdf                                | 20/05/2023<br>13:27:00 | Elca Sylvania da Silva Abreu | Aceito   |
| Outros                                                    | Carta_resposta.pdf                            | 20/05/2023<br>13:26:22 | Elca Sylvania da Silva Abreu | Aceito   |
| Projeto Detalhado / Brochura                              | Tese_de_doutorado.pdf                         | 02/05/2023<br>14:01:44 | Elca Sylvania da Silva Abreu | Aceito   |

**Endereço:** Rua Dr. Almeida Lima, 1.134 - 2º andar - sala 207

**Bairro:** Mooca

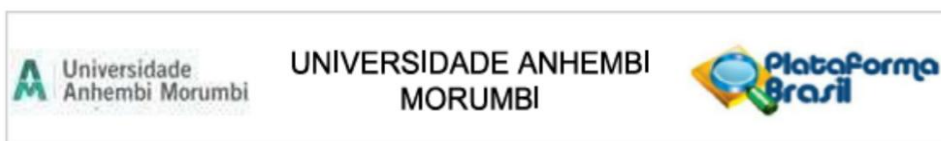
**CEP:** 03.164-000

**UF:** SP

**Município:** SÃO PAULO

**Telefone:** (11)2790-4658

**E-mail:** cep.uam@animaeducacao.com.br



Continuação do Parecer: 6.121.313

|                |                       |                        |                                 |        |
|----------------|-----------------------|------------------------|---------------------------------|--------|
| Investigador   | Tese_de_doutorado.pdf | 02/05/2023<br>14:01:44 | Elca Silvania da Silva<br>Abreu | Aceito |
| Folha de Rosto | Folha_de_rosto.pdf    | 29/04/2023<br>13:19:12 | Elca Silvania da Silva<br>Abreu | Aceito |

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

SAO PAULO, 15 de Junho de 2023

---

**Assinado por:**  
**CARLOS ROCHA OLIVEIRA**  
**(Coordenador(a))**