



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"**

Pedro Henrique Nunes Barros

**Arquitetura de microsserviços para o sistema de
controle em clínicas de reabilitação: uma
abordagem modular e escalável**

Bauru
2023

Pedro Henrique Nunes Barros

Arquitetura de microsserviços para o sistema de controle em clínicas de reabilitação: uma abordagem modular e escalável

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação, junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".

Área de concentração: Sistemas De Informação

Financiadora: CAPES - Proc. 88887.686912/2022-00

Orientador: Prof. Dr. José Remo Ferreira Brega

Bauru

2023

B277a

Barros, Pedro Henrique Nunes

Arquitetura de microsserviços para o sistema de controle em
clínicas de reabilitação: uma abordagem modular e escalável / Pedro
Henrique Nunes Barros. -- Bauru, 2023

69 p. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências, Bauru

Orientador: José Remo Ferreira Brega

1. Arquitetura de microsserviços. 2. Clínicas de reabilitação. 3.
Sistema de informação de saúde. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de
Ciências, Bauru. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE PEDRO HENRIQUE NUNES BARROS, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 01 dias do mês de dezembro do ano de 2023, às 09:00 horas, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de PEDRO HENRIQUE NUNES BARROS, intitulada **"Arquitetura de microsserviços para o sistema de controle em clínicas de reabilitação: uma abordagem modular e escalável"**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof. Dr. JOSE REMO FERREIRA BREGA (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Departamento de Computação / UNESPCâmpus de Bauru, Prof. Dr. MARCELO DE PAIVA GUIMARÃES (Participação Virtual) do(a) Departamento de Realidade Virtual / Universidade Federal de São Paulo, Prof. Dr. DANILO MEDEIROS ELER (Participação Virtual) do(a) Departamento de Matemática e Computação / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente. Após a exposição pelo mestrando e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, o discente recebeu o conceito final **APROVADO**. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. JOSE REMO FERREIRA BREGA

Pedro Henrique Nunes Barros

Arquitetura de microsserviços para o sistema de controle em clínicas de reabilitação: uma abordagem modular e escalável

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação, junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".

Área de concentração: Sistemas De Informação

Comissão Examinadora

Prof. Dr. José Remo Ferreira Brega

UNESP - Câmpus de Bauru - SP

Orientador

Prof. Dr. Marcelo de Paiva Guimarães

Unifesp

Prof. Dr. Danilo Medeiros Eler

UNESP - Câmpus de Presidente Prudente

Bauru

14 de Novembro de 2023

Agradecimentos

Agradeço à minha família e amigos que sempre me apoiaram, principalmente nos momentos difíceis, e me deram forças para continuar.

Agradeço também aos colegas do grupo de pesquisa que participaram e ajudaram na pesquisa e principalmente ao Prof. Dr. José Remo pelo acolhimento no mestrado, pela orientação e pela grande ajuda por meio da partilha de conselhos, experiências e conhecimentos.

Por fim, agradeço à CAPES pelo auxílio através do Proc. 88887.686912/2022-00.

*“Irmão, você não percebeu que você é o único representante do seu sonho na face da terra?
Se isso não fizer você correr, chapa, eu não sei o que vai”.*
Emicida

Resumo

O avanço tecnológico impulsiona o desenvolvimento de sistemas de informação para aprimorar a eficiência e a qualidade dos serviços de saúde. Diversos sistemas utilizam tecnologia na reabilitação; no entanto, em geral, carecem de ferramentas que facilitem a manutenção e escalabilidade. Nesta dissertação apresenta-se uma abordagem de arquitetura de microsserviços para o controle em clínicas de reabilitação, com o objetivo de criar um ambiente modular, escalável e de fácil manutenção. A arquitetura proposta é composta por cinco componentes interconectados: Interface de Usuário, Banco de Dados, Serviço de Autenticação e Emissão de Tokens, Componente Central (representado pelo Servidor de Aplicação) e Serviços. Essa abordagem possibilita a divisão do sistema em componentes independentes, cada um responsável por uma funcionalidade específica, facilitando o desenvolvimento, manutenção e evolução do sistema. A arquitetura oferece benefícios específicos que impactam positivamente o desempenho e a adaptabilidade do sistema, como personalização para atender necessidades clínicas, integração de recursos visuais para análise de dados e facilidade de registro e acompanhamento de pacientes. No entanto, limitações, como a dependência da precisão dos dados fornecidos por profissionais de saúde e a necessidade de treinamento para uma utilização eficaz do sistema, são reconhecidas. A validação da implementação foi conduzida por meio de interações com profissionais da saúde, incorporando sugestões para aprimorar usabilidade e eficácia. Destacou-se a importância da personalização oferecida pelo Painel do Paciente, possibilitando uma visão individualizada do progresso e das necessidades de cada paciente. Os resultados obtidos até o momento evidenciam o potencial desta abordagem para otimizar o gerenciamento de pacientes e melhorar os cuidados durante o processo de reabilitação.

Palavras-chave: Arquitetura de microsserviços, Clínicas de reabilitação, Sistema de informação de saúde.

Abstract

Technological advancement drives the development of information systems to enhance the efficiency and quality of healthcare services. Many systems incorporate technology in rehabilitation; however, they generally lack tools that facilitate maintenance and scalability. This thesis presents a microservices architecture approach for control in rehabilitation clinics, aiming to create a modular, scalable, and easily maintainable environment. The proposed architecture consists of five interconnected components: User Interface, Database, Authentication and Token Issuance Service, Central Component (represented by the Application Server), and Services. This approach allows the system to be divided into independent components, each responsible for specific functionality, easing development, maintenance, and system evolution. The architecture offers specific benefits that positively impact system performance and adaptability, such as customization to meet clinical needs, integration of visual resources for data analysis, and ease of patient registration and monitoring. However, limitations, such as dependence on the accuracy of data provided by healthcare professionals and the need for training for effective system use, are acknowledged. Implementation validation was conducted through interactions with healthcare professionals, incorporating suggestions to improve usability and effectiveness. The significance of customization offered by the Patient Dashboard was emphasized, providing an individualized view of each patient's progress and needs. The results obtained so far highlight the potential of this approach to optimize patient management and improve care during the rehabilitation process.

Keywords: Microservices Architecture, Rehabilitation Clinics, Health Information System.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Processo de reabilitação	18
Figura 2 – Arquitetura ePHoRt	27
Figura 3 – Modelo dos dados ePHoRt	28
Figura 4 – Ângulos de cada sessão do paciente	29
Figura 5 – Evolução de dor do paciente	29
Figura 6 – Arquitetura dinâmica construída	30
Figura 7 – Sistema Aplicado na arquitetura dinâmica	31
Figura 8 – Gear analytics dashboard com os dados meso e micro.	32
Figura 9 – Gear analytics dashboard com os dados meso e macro	33
Figura 10 – Indicadores de qualidade e suas pontuações limites	34
Figura 11 – Painel dos pacientes	35
Figura 12 – Fluxo de trabalho do Kires	36
Figura 13 – Arquitetura do sistema Kires	37
Figura 14 – Modelo Entidade- Relacionamento do Banco de Dados do sistema de (LEE; ABDULLAH; BASIR, 2004)	39
Figura 15 – Arquitetura para o Sistema de Painel de Controle em Clínicas de Reabilitação.	46
Figura 16 – Funções do profissional da saúde.	50
Figura 17 – Interação do Profissional de Saúde.	51
Figura 18 – Interações do Paciente.	51
Figura 19 – Interação do Paciente com o Sistema.	52
Figura 20 – Arquitetura implementada para a Clínica de Reabilitação.	53
Figura 21 – Diagrama de Classes da Arquitetura de Microserviços implementada	55
Figura 22 – Painel Administrativo da Clínica de Reabilitação.	57
Figura 23 – Painel do Paciente - Detalhes Personalizados.	58
Figura 24 – Ângulos e informações sobre o movimento	60
Figura 25 – Formulário de registro do paciente.	61

Lista de abreviaturas e siglas

3D	3 dimensões
API	Application Programming Interface
AVC	Acidentes Vasculares Cerebrais
COI	Cause of Injury
CRUD	Create, Read, Update, Delete
EHR	Electronic Health Record
ePHoRt	e-Platform for Home Rehabilitation
GAME	GameE Assisted Rehabilitation System
GEAR	GameE Assisted Rehabilitation System
IoT	Internet of Things
IA	Inteligência Artificial
KiReS	Kinect-based Telerehabilitation System
MVC	Modelo-Visão-Controlador
OMS	Organização Mundial da Saúde
ROM	Range of Motion
SRV	Sistema de Reabilitação Virtual
SUS	System Usability Scale
TOI	Time of Injury
UI	Interface do Usuário
UML	Unified Modeling Language
SOA	Arquitetura Orientada a Serviços

Sumário

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Problema	15
1.2	Objetivos	16
1.2.1	Objetivo Principal	16
1.2.2	Objetivos Específicos	16
1.3	Organização do Documento	17
2	REABILITAÇÃO	18
3	ARQUITETURA DE SOFTWARE	20
3.1	Definição	20
3.2	Importância da arquitetura de software no controle do processo da reabilitação	21
3.3	Tipos de Arquitetura	21
3.3.1	Arquitetura Monolítica	22
3.3.2	Arquitetura de Camadas	22
3.3.3	Arquitetura Cliente-Servidor	22
3.3.4	Arquitetura Orientada a Serviços (SOA)	22
3.3.5	Arquitetura em Microserviços	23
3.3.6	Arquitetura Baseada em Eventos	23
3.3.7	Arquitetura Orientada a Componentes	23
3.3.8	Arquitetura Baseada em Padrões	24
3.4	Considerações Finais	24
4	TRABALHOS RELACIONADOS	26
4.1	ePHoRt: Towards a Reference Architecture for Tele-Rehabilitation Systems	26
4.2	Dynamic Software Architecture Design for Virtual Rehabilitation System for Manual Motor Dexterity	28
4.3	GEAR Analytics	31
4.4	Usability Evaluation and Implementation of a Health Information Technology Dashboard of Evidence-Based Quality Indicators	33
4.5	A Telerehabilitation System for the Selection, Evaluation and Remote Management of Therapies	34
4.6	Computer-Based Interaction and Rehabilitation Information System for Robot-Aided Therapy	37

4.7	Considerações Finais	38
4.8	Influência dos Trabalhos na Arquitetura proposta e implementada .	41
5	ARQUITETURA DE MICROSERVIÇOS PARA REABILITAÇÃO .	43
5.1	Análise de Requisitos	43
5.1.1	Requisitos Funcionais	43
5.1.2	Requisitos Não Funcionais	44
5.2	Interface Geral de Usuário	46
5.3	Interface Detalhada de Usuário	46
5.4	Banco de Dados	47
5.5	Serviço de Autenticação e Emissão de Tokens	47
5.6	Componente Central (Servidor de Aplicação)	47
5.7	Serviços e Funcionalidades	48
5.7.1	Funcionalidades Adicionais	48
5.8	Integração e Fluxo de Dados	49
6	IMPLEMENTAÇÃO DA ARQUITETURA	53
6.1	Estrutura de Dados da Aplicação	54
6.2	Painel de Controle para clínicas de reabilitação	56
6.2.1	Painel Administrativo	56
6.2.2	Painel do Paciente	57
6.2.3	Ângulos e informações sobre o movimento	59
6.2.4	Registro do Paciente	59
6.3	Contribuições e validação	60
6.4	Atendimento aos Requisitos Especificados	62
6.5	Vantagens e Limitações	62
6.5.1	Vantagens	62
6.5.2	Limitações	62
6.6	Aplicação Prática e Implantação	63
7	CONCLUSÕES	65
	REFERÊNCIAS	66

1 Introdução

Nos últimos anos, a tecnologia tem desempenhado um papel fundamental na área de saúde, proporcionando soluções inovadoras para o diagnóstico, tratamento e acompanhamento dos pacientes. À medida que a sociedade enfrenta desafios crescentes relacionados à saúde e ao envelhecimento da população, a busca por abordagens avançadas na reabilitação se torna mais premente do que nunca (CLARA, 2023). A reabilitação desempenha um papel essencial na restauração da qualidade de vida de pacientes que sofreram lesões, doenças crônicas ou passaram por procedimentos médicos significativos (WHO, 2021). No entanto, o sucesso da reabilitação depende não apenas da competência dos profissionais de saúde, mas também da capacidade de monitorar e adaptar o tratamento de forma eficaz (BÁSICA, 2017).

As clínicas de reabilitação, que desempenham um papel crucial na recuperação dos pacientes, enfrentam desafios significativos em relação ao monitoramento e controle do progresso dos indivíduos durante as sessões do tratamento. A necessidade de uma abordagem mais eficiente e tecnologicamente avançada torna-se evidente à medida que se considera a crescente complexidade dos tratamentos e as expectativas dos pacientes (UNLUTURK; UTKU, 2021; PINOCHET, 2011).

Muitas clínicas ainda dependem de processos manuais e sistemas fragmentados para registrar e analisar as informações relacionadas aos pacientes e suas sessões de reabilitação. Esses métodos tradicionais frequentemente resultam em lacunas de dados, falta de percepções em tempo real e dificuldades na coordenação entre profissionais de saúde. Diante disso, emerge a necessidade premente de uma solução inovadora que possa revolucionar a forma como a reabilitação é abordada e entregue (RATNAM; SINGH; PATEL, 2018; UNLUTURK; UTKU, 2021).

O avanço tecnológico e a disseminação da *Internet of Things* (IoT) trouxeram consigo uma série de oportunidades para aprimorar a reabilitação. Sensores vestíveis, dispositivos de monitoramento e aplicativos de saúde estão cada vez mais acessíveis, fornecendo uma riqueza de dados sobre o progresso do paciente. No entanto, o desafio reside em como integrar efetivamente esses dados em um sistema unificado, de modo a fornecer informações valiosas em tempo real para os profissionais de saúde, garantir a adesão dos pacientes e otimizar os recursos disponíveis (ANDRADE et al., 2010; CLARA, 2023).

Nesse cenário, torna-se evidente a necessidade de muitos componentes autônomos em uma arquitetura inovadora. Uma abordagem que se destaca é a arquitetura de microsserviços, conhecida por oferecer modularidade, escalabilidade e facilidade de manutenção. A característica distintiva dessa arquitetura reside na divisão do sistema em elementos autônomos, cada um responsável por uma função específica. Destacando essa demanda por componentes autônomos,

é possível explorar as tendências atuais, sendo os microserviços uma resposta relevante. Ao final, consolidar a ideia de que essa abordagem representa uma solução poderosa para a questão, possibilitando a construção de sistemas de reabilitação com flexibilidade e adaptabilidade, podendo ser personalizados de acordo com as necessidades específicas de cada clínica e paciente (PINOCHET, 2011; PLAZA; DIAZ; PEREZ, 2018).

A introdução de sistemas baseados em microserviços nas clínicas de reabilitação representa um salto significativo em direção à modernização e eficiência no campo da saúde. A capacidade de integrar dados em tempo real, fornecer informações valiosas para profissionais de saúde e pacientes e adaptar-se às necessidades em constante evolução da área da saúde faz com que essa abordagem seja essencial para o sucesso da reabilitação no século XXI (DUNNEBEIL et al., 2013).

Portanto, este documento apresenta a exploração detalhada dessa solução, almejando oferecer uma contribuição valiosa para a área de reabilitação e saúde. Ao adotar uma abordagem baseada em microserviços, depara-se com uma oportunidade única para transformar a reabilitação, tornando-a mais eficaz, personalizada e acessível. Os benefícios são numerosos, incluindo o monitoramento contínuo do progresso do paciente, a otimização dos recursos e a melhoria na qualidade de vida dos pacientes. Antecipa-se que esta ferramenta, desenvolvida com base na arquitetura proposta, desempenhe um papel crucial no aprimoramento das práticas futuras de reabilitação, além de servir como fonte de inspiração para inovações adicionais em prol da saúde e do bem-estar da sociedade (PINOCHET, 2011).

1.1 Problema

As clínicas de reabilitação enfrentam vários desafios no acompanhamento e gerenciamento dos pacientes (TUMMERS et al., 2021). Um dos principais desafios é garantir a continuidade do tratamento e a adesão do paciente ao plano de reabilitação. Isso pode ser difícil devido a vários fatores, como a falta de motivação do paciente, dificuldades financeiras, problemas de transporte ou falta de apoio familiar (ANDRADE et al., 2010). É fundamental ter um sistema que gerencie as informações das sessões de reabilitação para ajudar a monitorar o progresso do paciente, identificar áreas de melhoria e fornecer incentivos para manter a motivação ao longo do tratamento (PINOCHET, 2011; PLAZA; DIAZ; PEREZ, 2018).

Outro desafio é garantir que os profissionais de saúde envolvidos no tratamento tenham acesso às informações relevantes sobre o progresso do paciente e possam tomar decisões informadas sobre o plano de tratamento. Isso pode ser difícil em situações em que há falta de comunicação entre os profissionais ou quando os registros médicos não são mantidos adequadamente. Um sistema de informação centralizado e abrangente pode facilitar o compartilhamento de informações entre os membros da equipe de saúde, possibilitando uma visão holística do paciente e promovendo uma abordagem colaborativa no tratamento (TUMMERS et al., 2021).

Além disso, as clínicas de reabilitação podem enfrentar desafios relacionados à disponibilidade de recursos, como equipamentos e profissionais qualificados, bem como à necessidade de se adaptarem a mudanças nas políticas de saúde e às demandas dos pacientes. Em situações de desafio, como períodos de alta demanda ou mudanças repentinas nas necessidades dos pacientes, um painel de controle pode desempenhar um papel crucial para otimizar o uso dos recursos disponíveis, fornecer informações em tempo real sobre a capacidade e disponibilidade dos profissionais e facilitar a adaptação às mudanças de forma ágil e eficiente (PINOCHET, 2011; DUNNEBEIL et al., 2013).

Para lidar com essas demandas, é essencial contar com sistemas de informação adequados, tais como um painel de controle, que possibilitam o monitoramento dos pacientes e a análise dos dados relacionados ao processo de reabilitação. Neste contexto, uma arquitetura de microserviços pode ser uma solução ideal, fornecendo uma abordagem modular, escalável e de fácil manutenção. Um painel de controle em clínicas de reabilitação baseado em microserviços pode integrar diferentes componentes, como registros eletrônicos de saúde, agendamento de sessões, acompanhamento do progresso do paciente e comunicação entre profissionais de saúde e isso possibilita uma visão mais abrangente do tratamento, facilitando a tomada de decisões informadas, melhorando a eficácia do tratamento e aumentando a satisfação do paciente.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Principal

O objetivo central desta dissertação é conceber uma arquitetura de software destinada a viabilizar o acompanhamento e análise de dados dos pacientes na área de reabilitação. Adicionalmente, o projeto visa demonstrar uma implementação específica dessa arquitetura.

1.2.2 Objetivos Específicos

A partir do objetivo geral, são definidos os seguintes objetivos específicos:

- realizar uma análise aprofundada dos requisitos necessários para garantir que a arquitetura atenda plenamente às demandas da área de reabilitação;
- identificar e mapear as interações entre os diversos agentes e componentes que compõem a arquitetura, visando garantir a eficácia da comunicação e da cooperação entre eles;
- projetar a arquitetura de modo a assegurar sua flexibilidade para acomodar mudanças e sua escalabilidade para lidar com uma crescente demanda, sem comprometer o desempenho;
- desenvolver um sistema funcional que utilize a arquitetura proposta, demonstrando sua aplicabilidade prática no contexto da reabilitação;

- realizar uma avaliação abrangente da eficiência da arquitetura, com foco na melhoria do acompanhamento dos pacientes e na otimização dos processos de reabilitação.

1.3 Organização do Documento

Além deste capítulo introdutório, o documento está estruturado nos seguintes capítulos:

Capítulo 2: Apresenta o conceito de reabilitação;

Capítulo 3: Explora o tema da arquitetura;

Capítulo 4: Discute os trabalhos relacionados;

Capítulo 5: Detalha a arquitetura proposta;

Capítulo 6: Introduz a aplicação desta arquitetura em um sistema específico;

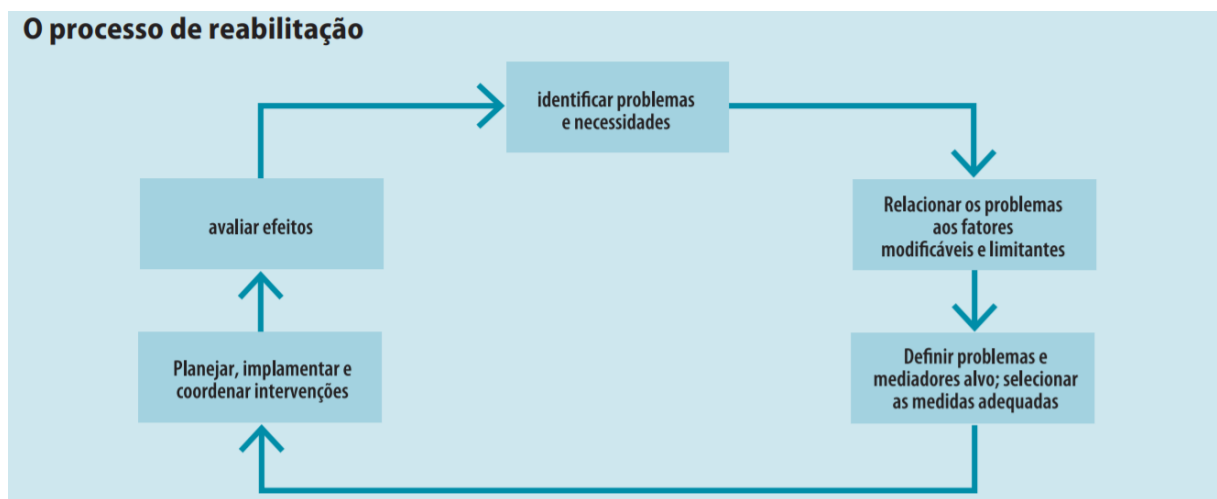
Capítulo 7: Conclui o documento, abordando as conclusões e delineando os trabalhos futuros.

2 Reabilitação

A reabilitação desempenha um papel fundamental no campo da saúde, complementando a promoção da boa saúde, a prevenção de doenças, os tratamentos e os cuidados paliativos. Ela desempenha um papel essencial ao auxiliar as pessoas em suas atividades diárias e ao possibilitar que elas assumam vários papéis significativos na vida, como cuidar da família. A reabilitação visa a superar dificuldades relacionadas a funções como pensar, ver, ouvir, comunicar, comer ou se mover. Eventualmente, qualquer indivíduo pode necessitar de reabilitação, seja devido a lesões, cirurgias ou à redução da funcionalidade de membros devido ao envelhecimento (WHO, 2021).

Conforme o relatório da Organização Mundial da Saúde (OMS), "a reabilitação envolve a identificação dos problemas e necessidades do indivíduo, a correlação dos transtornos com os fatores individuais e ambientais relevantes, o estabelecimento de metas de reabilitação, o planejamento e a implementação de intervenções, bem como a avaliação de seus efeitos" (MUNDIAL, 2011). Este ciclo de reabilitação é ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Processo de reabilitação



Fonte: Versão modificada por MUNDIAL (2011) do Ciclo de reabilitação de Steiner et al. (2002)

Os conceitos a seguir são definidos por (WHO, 2021):

A reabilitação é compreendida como um conjunto de intervenções destinadas a otimizar a funcionalidade e reduzir a incapacidade em indivíduos com problemas de saúde, considerando sua interação com o ambiente. Essas intervenções variam desde exercícios para promover a comunicação após uma lesão cerebral até o treinamento no uso de bengalas para pessoas com perda de visão. Sua aplicabilidade é notável em diversos cenários, especialmente após lesões debilitantes, como acidentes de trânsito graves ou quedas em casa.

A natureza abrangente da reabilitação frequentemente envolve a colaboração entre diversos profissionais de saúde, incluindo fisioterapeutas, terapeutas ocupacionais, fonoaudiólogos, ortopedistas e outros especialistas. O objetivo é atender às necessidades individuais de cada paciente, reconhecendo a complexidade e singularidade de cada caso.

A reabilitação não apenas reduz e controla, mas também previne problemas decorrentes de doenças, lesões e enfermidades. Essa abordagem complementa outras intervenções médicas e cirúrgicas, destacando sua importância como parte integrante do processo de recuperação. Na reabilitação voltada à recuperação de funções físicas, como caminhar, carregar compras do supermercado, pegar e colocar objetos pesados em armários, a reabilitação física se destaca.

A reabilitação física desempenha um papel vital na recuperação e no bem-estar dos pacientes. Seu principal objetivo é aliviar a dor e melhorar a qualidade de vida, a mobilidade e a independência funcional dos indivíduos que enfrentam desafios de saúde. Ela abrange uma ampla gama de situações, incluindo a recuperação após lesões esportivas, acidentes vasculares cerebrais (AVCs), cirurgias ortopédicas, adaptação a membros artificiais e a prevenção de possíveis doenças e deficiências, como a perda de equilíbrio (BERNSTEIN, 2021).

A reabilitação física é uma disciplina dinâmica que envolve fisioterapeutas, terapeutas ocupacionais, médicos e outros profissionais de saúde trabalhando em conjunto para atender às necessidades específicas de cada paciente. Ela se concentra na restauração das funções corporais comprometidas devido a doenças, lesões ou outras condições. Além disso, a reabilitação física proporciona aos indivíduos os meios para se reintegrarem ao ambiente físico, cultural, familiar e social, incluindo o ambiente de trabalho (SOCIAL, 2015).

A importância da reabilitação física vai além da simples recuperação de funções. Ela desempenha um papel vital na melhoria da qualidade de vida dos pacientes, possibilitando que eles realizem tarefas do dia a dia, como caminhar, subir escadas, carregar objetos pesados e manter seu equilíbrio. Ao fazer isso, a reabilitação física contribui para a independência dos pacientes e ajuda a restaurar a sua capacidade de participar ativamente na sociedade (WHO, 2021; BERNSTEIN, 2021; SOCIAL, 2015).

Além disso, a reabilitação física é uma área em constante evolução, à medida que novas tecnologias e abordagens terapêuticas são incorporadas para melhorar os resultados. O uso de equipamentos e dispositivos de reabilitação avançados, como exoesqueletos e tecnologia de *biofeedback*, tem se tornado mais comum na prática da reabilitação física (OWENS et al., 2020). Essas tecnologias auxiliam na realização de exercícios, na monitorização do progresso do paciente e na coleta de dados objetivos para otimizar o tratamento.

3 Arquitetura de Software

Este capítulo visa abordar os conceitos essenciais relacionados à arquitetura de software, suas definições e, principalmente, sua relevância na reabilitação. A compreensão profunda das implicações da arquitetura de software nesse contexto é crucial para o desenvolvimento de sistemas de alta qualidade, capazes de promover a reabilitação de pacientes com eficácia, segurança e escalabilidade.

A arquitetura de software é um elemento fundamental no desenvolvimento de sistemas de informação de qualquer natureza, mas ganha uma relevância maior quando indivíduos da área de aplicação podem não ter muita experiência com Computação, como é o caso da área de reabilitação. Como disciplina essencial no campo da engenharia de software, a arquitetura define a estrutura organizacional e funcional de um sistema, influenciando seu design, desempenho e capacidade de evolução. No contexto da reabilitação, a arquitetura de software desempenha um papel central ao proporcionar o apoio tecnológico necessário para a criação de soluções eficazes que atendam às demandas complexas desse setor.

3.1 Definição

A arquitetura de software é a estrutura organizacional fundamental de um sistema de software, compreendendo a disposição e a interconexão dos seus componentes, bem como as diretrizes que orientam o design e a implementação. Em outras palavras, a arquitetura é o que sustenta o desenvolvimento do software, fornecendo a base conceitual para a construção de um sistema. A correta definição da arquitetura é de suma importância, uma vez que influencia diretamente o comportamento, a funcionalidade e a qualidade do sistema resultante (BASS; CLEMENTS; KAZMAN, 2012).

A arquitetura de software é uma disciplina que visa criar uma estrutura coerente e organizada para o sistema, dividindo-o em módulos lógicos que possuem responsabilidades bem definidas. Essa divisão possibilita uma compreensão mais clara e aprimorada do sistema, facilitando a manutenção, a expansão e a colaboração entre os desenvolvedores. A arquitetura é, portanto, um fator crítico para o sucesso do desenvolvimento de sistemas de reabilitação, uma vez que sua complexidade exige organização e planejamento meticulosos (SHAW; GARLAN, 2014).

3.2 Importância da arquitetura de software no controle do processo da reabilitação

A arquitetura de software desempenha um papel de destaque na área da reabilitação, uma vez que os sistemas desenvolvidos para essa finalidade enfrentam desafios específicos. A reabilitação é uma disciplina da área da saúde que visa recuperar a funcionalidade de indivíduos após lesões, cirurgias ou doenças. Essa recuperação envolve uma ampla gama de atividades, como fisioterapia, terapia ocupacional, reabilitação cognitiva, entre outras.

A relevância da arquitetura de software na reabilitação pode ser compreendida a partir de diversos aspectos. Primeiramente, os sistemas de reabilitação requerem flexibilidade e escalabilidade para lidar com diferentes perfis de pacientes, condições médicas e terapias. A arquitetura é responsável por fornecer a estrutura que possibilita a adaptação do sistema a essas variações, garantindo que as necessidades individuais dos pacientes sejam atendidas com eficácia (MARQUES; OLIVEIRA; NOVAIS, 2016).

Além disso, a reabilitação envolve a coleta e o monitoramento de dados clínicos dos pacientes, que devem ser armazenados e processados de maneira segura e eficiente. A arquitetura desempenha um papel crítico na organização e na integração desses dados, possibilitando o monitoramento do progresso do paciente, a avaliação de resultados terapêuticos e a colaboração entre profissionais de saúde (MARSCHOLLEK et al., 2012).

Outro ponto de relevância é a necessidade de interconexão entre diferentes dispositivos e sistemas utilizados na reabilitação. Desde equipamentos de fisioterapia até aplicativos de monitoramento, a arquitetura deve garantir a integração e a comunicação eficaz entre esses elementos, criando uma infraestrutura tecnológica coesa (MARQUES; OLIVEIRA; NOVAIS, 2016).

Em resumo, a importância da arquitetura de software na reabilitação reside na sua capacidade de possibilitar a criação de sistemas flexíveis, escaláveis, seguros e interoperáveis. Esses sistemas são fundamentais para atender às demandas complexas desse campo e contribuem para a eficácia dos processos de reabilitação, sem necessariamente impactar diretamente o paciente.

3.3 Tipos de Arquitetura

Nesta seção, serão explorados vários tipos de arquitetura de software, enfocando suas características distintas e considerações relevantes.

3.3.1 Arquitetura Monolítica

A arquitetura monolítica é um modelo tradicional em que todo o sistema é desenvolvido como um único bloco de software (SANTOS, 2021). Todas as funcionalidades estão integradas em um único código-fonte e implantadas em um único ambiente de execução.

Este modelo é caracterizado pela simplicidade na implementação e pela facilidade de manutenção, a qual pode diminuir à medida que a complexidade do sistema aumenta. Isso ocorre devido à dificuldade de isolamento de componentes e à possibilidade de efeitos colaterais indesejados ao realizar alterações. No entanto, enfrenta desafios em termos de rigidez e escalabilidade, tornando-se mais adequado para sistemas de reabilitação de menor complexidade (SHAW; GARLAN, 2014).

3.3.2 Arquitetura de Camadas

A arquitetura de camadas divide o sistema em estratos distintos, com cada camada sendo responsável por uma parcela específica da funcionalidade (VALENTE, 2020). Essa abordagem promove a modularidade e a organização do código.

As vantagens dessa arquitetura incluem a clara separação de responsabilidades, o que facilita a manutenção e a escalabilidade. No entanto, a complexidade pode aumentar em sistemas extensos, exigindo uma definição precisa das camadas. A arquitetura de camadas é apropriada para sistemas de reabilitação que requerem uma divisão nítida de funções (GARLAN; MONROE; WILE, 1994).

3.3.3 Arquitetura Cliente-Servidor

O modelo cliente-servidor é amplamente empregado na área de reabilitação, possibilitando que os dispositivos dos pacientes (clientes) se comuniquem com servidores responsáveis por armazenar e processar dados de saúde. Isso viabiliza o monitoramento remoto dos pacientes e a coleta de dados para análise (VALENTE, 2020).

Essa arquitetura apresenta vantagens notáveis, como a facilitação do monitoramento remoto, a centralização do armazenamento de dados de saúde e a capacidade de acesso a partir de diferentes dispositivos. No entanto, a sobrecarga dos servidores devido ao grande volume de dados e a dependência de uma conexão estável à Internet são desafios significativos (VASUDEVA; KUMAR, 2015).

3.3.4 Arquitetura Orientada a Serviços (SOA)

A arquitetura orientada a serviços (SOA) é construída em torno da ideia de serviços independentes, acessíveis por diferentes componentes do sistema. Cada serviço desempenha

uma função específica e se comunica com outros serviços por meio de interfaces bem definidas (IBM Cloud Team, 2021).

As vantagens da SOA englobam a reutilização de serviços, a facilidade de integração com sistemas externos e a flexibilidade na composição de serviços. Contudo, a complexidade na gestão dos serviços e a necessidade de um design cuidadoso das interfaces de serviço são aspectos desafiadores (SHAW; GARLAN, 2014).

3.3.5 Arquitetura em Microserviços

A abordagem de microserviços divide o sistema em componentes independentes, conhecidos como microserviços, que se comunicam entre si. Isso possibilita maior flexibilidade e escalabilidade, tornando-a ideal para sistemas de reabilitação que precisam se adaptar a diferentes necessidades de pacientes e clínicas (VALENTE, 2020).

As vantagens essenciais dessa arquitetura incluem modularidade e escalabilidade, que também facilitam a integração de novos componentes e reduzem o impacto de falhas em um único microserviço. No entanto, a complexidade na gestão de múltiplos microserviços e a necessidade de uma infraestrutura de comunicação eficiente são desafios a serem considerados (SHAW; GARLAN, 2014).

3.3.6 Arquitetura Baseada em Eventos

A arquitetura baseada em eventos é projetada em torno da geração, detecção e resposta a eventos em tempo real. Essa abordagem é particularmente útil em sistemas de reabilitação que demandam notificações imediatas e respostas a mudanças de estado (CAMPOS, 2022).

As vantagens desse modelo incluem a capacidade de reagir rapidamente a eventos em tempo real e escalabilidade para lidar com um grande volume de eventos. No entanto, a implementação pode ser complexa, e sistemas de mensagens robustos são necessários (SHAW; GARLAN, 2014).

3.3.7 Arquitetura Orientada a Componentes

A arquitetura orientada a componentes concentra-se na construção de sistemas a partir de componentes reutilizáveis e independentes. Cada componente desempenha uma função específica e se integra a outros componentes por meio de interfaces (IBM, 2023).

Vantagens dessa arquitetura englobam a reutilização de componentes, facilidade na manutenção e promoção da modularidade. No entanto, é crucial realizar um design cuidadoso das interfaces de componente, e a gestão de dependências entre componentes pode ser complexa (SHAW; GARLAN, 2014).

3.3.8 Arquitetura Baseada em Padrões

A arquitetura baseada em padrões é uma abordagem que utiliza soluções de design predefinidas para criar sistemas. Esses padrões são soluções comprovadas para problemas comuns de arquitetura de software (VALENTE, 2020).

A utilização de soluções comprovadas e a promoção da consistência e qualidade do código são vantagens fundamentais desse modelo. No entanto, pode limitar a criatividade no design e a flexibilidade na adaptação a requisitos específicos (SHAW; GARLAN, 2014).

3.4 Considerações Finais

A escolha da arquitetura de software adequada é vital para o sucesso dos sistemas de reabilitação. Cada tipo de arquitetura apresenta suas próprias características, vantagens e desvantagens, e a seleção deve ser baseada nas necessidades específicas do sistema. Seja uma arquitetura monolítica, de camadas, cliente-servidor, SOA, microserviços, baseada em eventos, orientada a componentes ou baseada em padrões, a arquitetura desempenha um papel vital na criação de sistemas eficazes.

Considerando as diversas arquiteturas de software discutidas, a escolha da arquitetura de microserviços para sistemas de reabilitação se fundamenta em princípios que visam atender às demandas específicas e complexas desse domínio. A flexibilidade inerente aos microserviços proporciona resposta ágil e adaptativa às variadas condições médicas, terapias e perfis de pacientes presentes na reabilitação (VALENTE, 2020).

A modularidade e escalabilidade oferecidas pelos microserviços são essenciais para acomodar as diferentes necessidades dos pacientes, garantindo que as intervenções terapêuticas sejam direcionadas de forma eficaz. A capacidade de lidar com mudanças nos requisitos de forma isolada em cada microserviço contribui para a manutenção de sistema dinâmico e personalizado (SHAW; GARLAN, 2014).

A gestão eficiente de dados clínicos é outro ponto crucial na reabilitação. A arquitetura de microserviços facilita organização e integração desses dados, promovendo monitoramento do progresso do paciente e colaboração entre profissionais de saúde. Essa característica torna-se especialmente relevante quando consideramos importância da análise de resultados terapêuticos e necessidade de compartilhamento de informações entre diferentes partes do sistema de saúde (MARSCHOLLEK et al., 2012).

Interconexão entre dispositivos e sistemas diversificados utilizados na reabilitação é demanda complexa que arquitetura de microserviços aborda de maneira eficaz. Flexibilidade na integração de diferentes componentes, desde equipamentos de fisioterapia até aplicativos de monitoramento, contribui para infraestrutura tecnológica coesa, garantindo interoperabilidade necessária para sucesso das práticas de reabilitação (MARQUES; OLIVEIRA; NOVAIS, 2016).

Embora sejam reconhecidos desafios relacionados à gestão de múltiplos microsserviços e necessidade de infraestrutura de comunicação eficiente, tais considerações são superadas pelos benefícios significativos proporcionados por essa arquitetura na abordagem de sistemas complexos e dinâmicos. A escolha dos microsserviços reflete, assim, estratégia arquitetônica alinhada às demandas específicas da reabilitação, buscando equilibrar eficiência, flexibilidade e capacidade de adaptação para promover práticas terapêuticas mais eficazes e personalizadas.

4 Trabalhos Relacionados

Neste capítulo, apresentaremos uma revisão detalhada dos trabalhos relacionados à arquitetura proposta para sistemas de reabilitação. A organização segue uma abordagem sequencial, no qual cada subseção destaca e analisa os artigos mais relevantes encontrados na literatura. Essa estrutura visa proporcionar uma compreensão gradual do contexto existente, culminando na apresentação da arquitetura proposta e sua distinção em relação aos trabalhos anteriores.

4.1 ePHoRt: Towards a Reference Architecture for Tele-Rehabilitation Systems

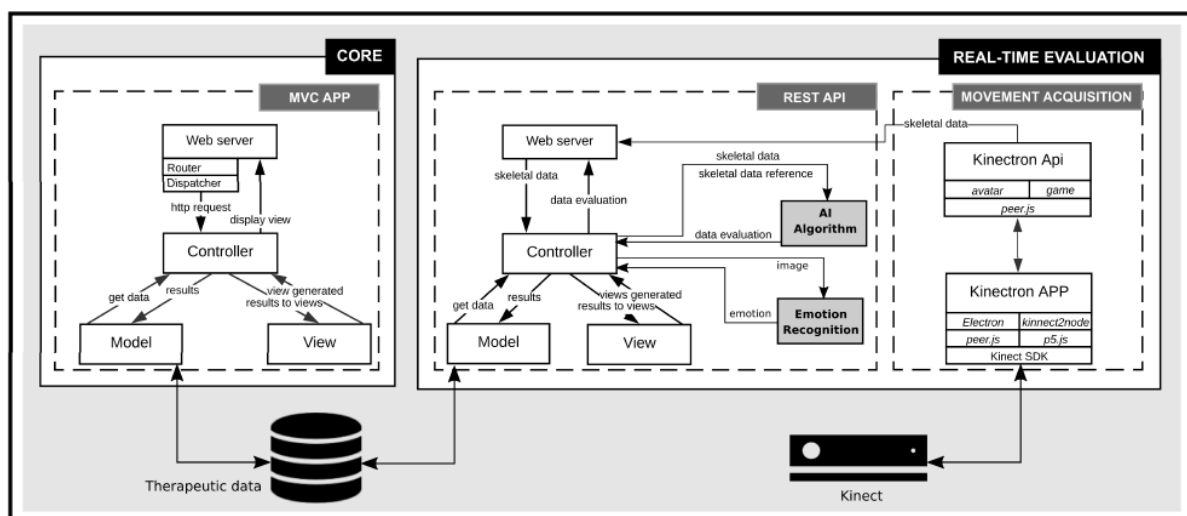
O *e-Platform for Home Rehabilitation* (ePHoRt) (MEDINA et al., 2019), plataforma web para monitoramento remoto do paciente pós-substituição do quadril, utiliza aprendizado e "jogo sério" na execução e avaliação terapêutica. Sua arquitetura modular destaca Gerenciamento de Programas Terapêuticos, focado na eficiência, e Avaliação em Tempo Real, usando aquisição de movimento e IA para avaliar qualidade e dor. Consiste em um modelo referencial para telereabilitação, promovendo segurança e escalabilidade.

Durante a reabilitação, os pacientes realizam três tarefas: aprendizagem de recomendações, execução de exercícios e comunicação. A plataforma capacita autonomia, fornecendo recursos multimodais para orientação. Cada sessão é personalizada, com *feedback* gráfico indicando correções. Antes dos exercícios, um questionário preliminar é preenchido pelo paciente, informa sobre cirurgias e dor, auxiliando na autonomia. Um avatar em ambiente virtual replica movimentos em tempo real, tornando o processo envolvente. Algoritmos de Inteligência Artificial (IA) avaliam qualidade e apresentam resultados gráficos, facilitando a compreensão do paciente.

A arquitetura de software da plataforma ePHoRt é centralizada no "Core", seguindo o padrão Modelo-Visão-Controlador (MVC) em um servidor web. O "Core" gerencia dados terapêuticos, programas terapêuticos e etapas terapêuticas. A "Avaliação em Tempo Real" segue o MVC, conectando-se ao "Core" para avaliações em tempo real com algoritmos de IA e reconhecimento de emoções. O módulo de "Aquisição de Movimento" utiliza a *Application Programming Interface* (API) do Kinectron para coletar dados de movimento dos pacientes, integrando-se aos outros módulos. A plataforma possibilita flexibilidade na acomodação de diferentes métodos de aquisição de movimento. Os módulos "Core", "Real-Time Evaluation" e "Aquisição de Movimento" estão interligados, com o "Core" gerenciando programas terapêuticos, o "Real-Time Evaluation" avaliando exercícios com IA, e a "Aquisição de Movimento" fornecendo

dados para a avaliação em tempo real. Essa arquitetura é ilustrada na Figura 2.

Figura 2 – Arquitetura ePHoRt

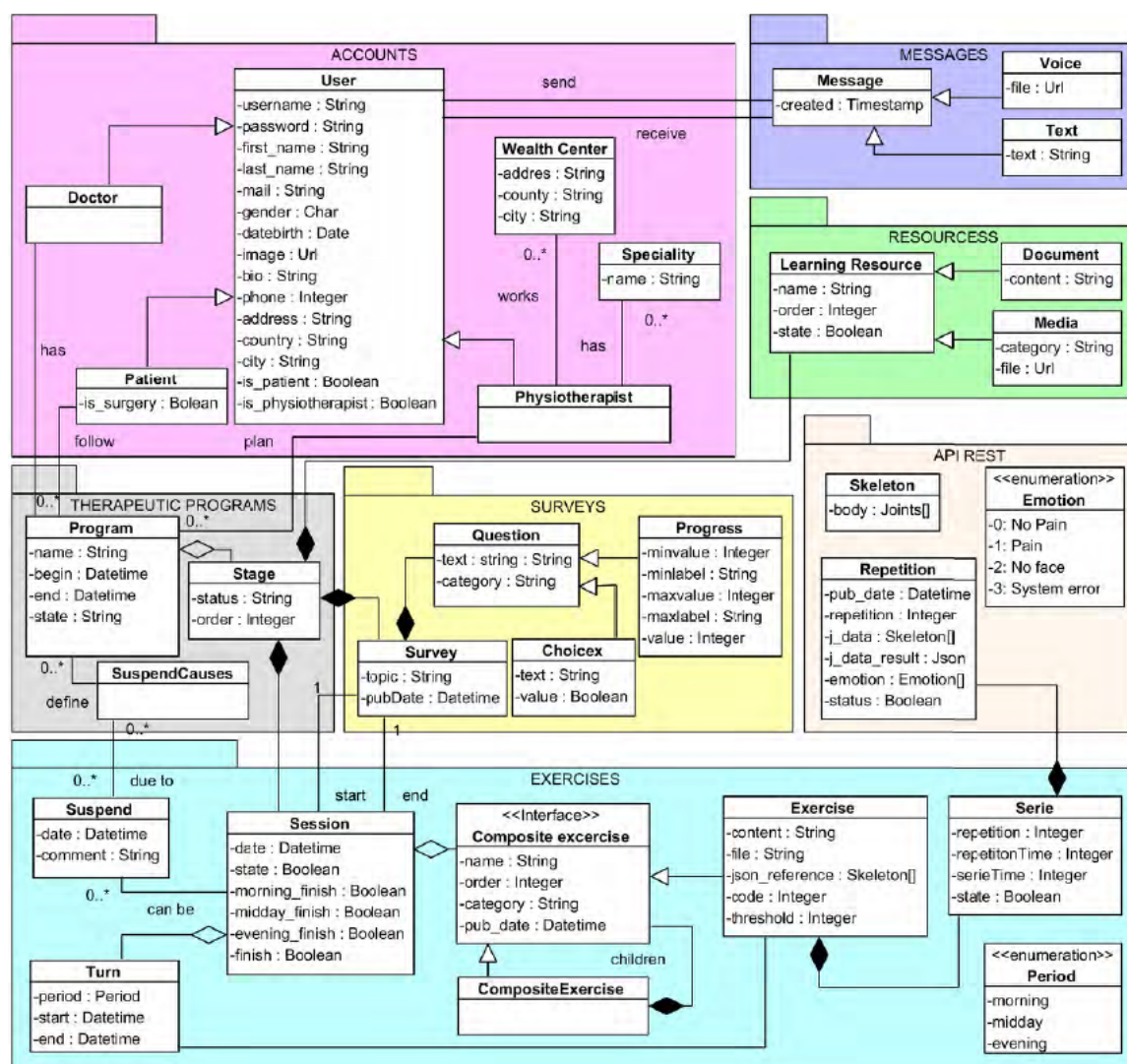


Fonte: Medina et al. (2019)

O modelo de metadados, representado na Figura 3, é organizado em sete pacotes para facilitar compreensão e utilização e pode ser. Esses sete pacotes são:

- **Pacote de Contas:** Contém informações do usuário, com três papéis possíveis: administrador, paciente e fisioterapeuta;
- **Pacote de Programas Terapêuticos:** Possibilita aos fisioterapeutas planejar programas terapêuticos considerando várias etapas;
- **Pacote de Pesquisas:** Recupera respostas estáticas de pesquisas dos pacientes para determinar a continuidade dos planos de reabilitação;
- **Pacote de Recursos:** Descreve a estrutura dos recursos de aprendizado, como vídeos, áudios ou documentos de texto, criados pelos fisioterapeutas;
- **Pacote de Exercícios:** Gerencia conjuntos de exercícios com objetos de sessão, cada um com etapas ativa e inativa;
- **Pacote de API REST:** Trabalha com exercícios, contendo módulos para avaliar movimentos e emoções dos pacientes. Isso é realizado por serviços de processamento de dados do esqueleto e imagens em tempo real;
- **Pacote de Mensagens:** Descreve componentes para garantir comunicação entre pacientes e fisioterapeutas.

Figura 3 – Modelo dos dados ePHoRt



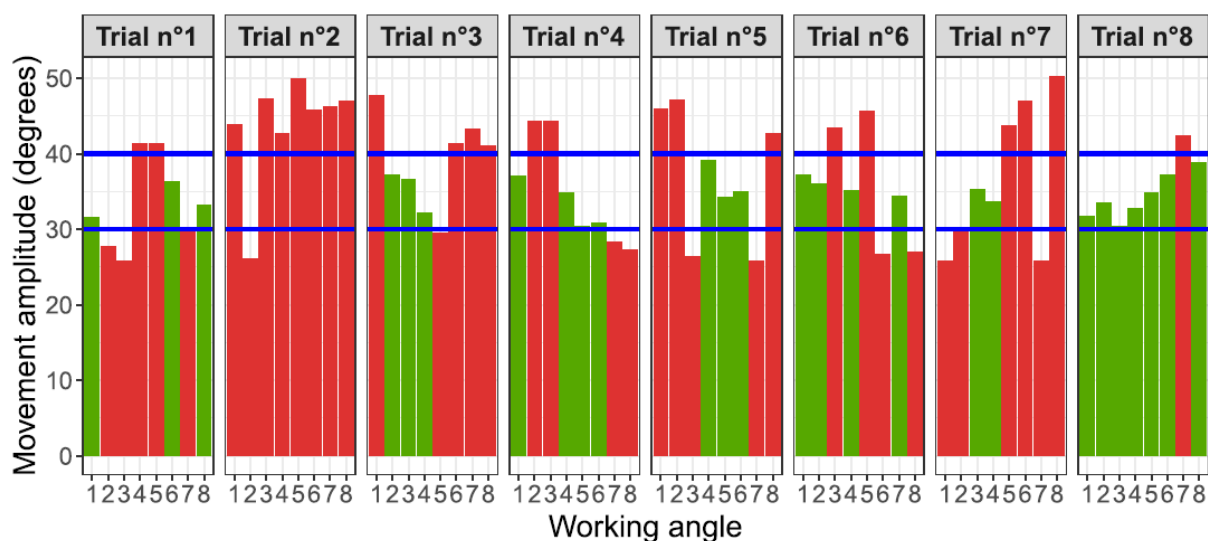
Fonte: Medina et al. (2019)

Por fim, para avaliar a progressão do paciente ao longo das sessões, comparam-se os ângulos em cada sessão e o nível de dor percebido. No caso dos ângulos, eles devem permanecer dentro de limites predefinidos pelo fisioterapeuta para serem considerados corretos, representados pelas barras verdes na Figura 4. A Figura 5 ilustra o avanço do tratamento, evidenciando a evolução na percepção da dor pelo usuário.

4.2 Dynamic Software Architecture Design for Virtual Rehabilitation System for Manual Motor Dexterity

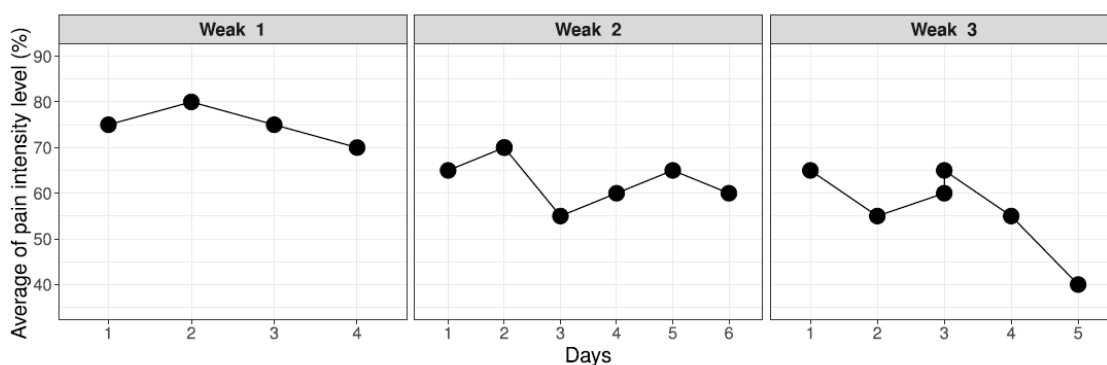
O trabalho de Quintero et al. (2000) apresenta uma arquitetura dinâmica destinada a aprimorar as habilidades motoras em um Sistema de Reabilitação Virtual (SRV), sendo

Figura 4 – Ângulos de cada sessão do paciente



Fonte: (MEDINA et al., 2019)

Figura 5 – Evolução de dor do paciente



Fonte: Medina et al. (2019)

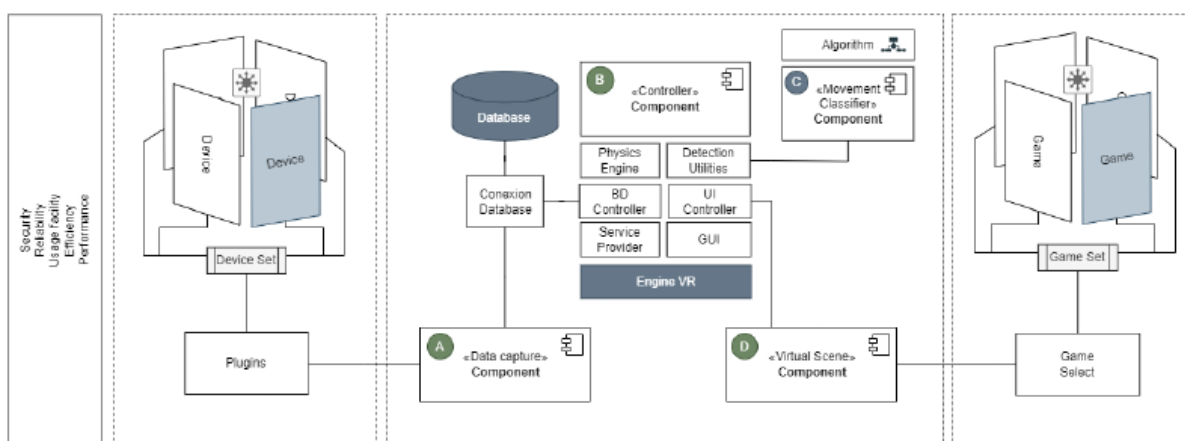
concebida para ser utilizada de forma independente do software e hardware. Os autores afirmam que as arquiteturas frequentemente carecem de detalhes descritivos ou enfrentam desafios na manutenção e evolução ao longo do tempo. Dentro desse contexto, os componentes arquiteturais podem variar consideravelmente, desempenhando funções similares e sendo adicionados ou removidos conforme as características dos pacientes e o orçamento disponível para o sistema.

A arquitetura em questão, ilustrada na Figura 6, foi concebida seguindo uma série de passos estruturados:

- **Passo 1:** Identificação dos requisitos de qualidade do sistema;

- **Passo 2:** Identificação dos requisitos arquitetonicamente significativos;
- **Passo 3:** Identificação dos componentes de arquitetura;
- **Passo 4:** Classificação de componentes: Identificação de componentes estáticos e/ou dinâmicos;
- **Passo 5:** Projeto dos componentes de arquitetura;
- **Passo 6:** Documentação da arquitetura e validação das decisões de design;
- **Passo 7:** Análise e avaliação da arquitetura de software.

Figura 6 – Arquitetura dinâmica construída



Fonte: Quintero et al. (2000)

A arquitetura é organizada em quatro blocos horizontais:

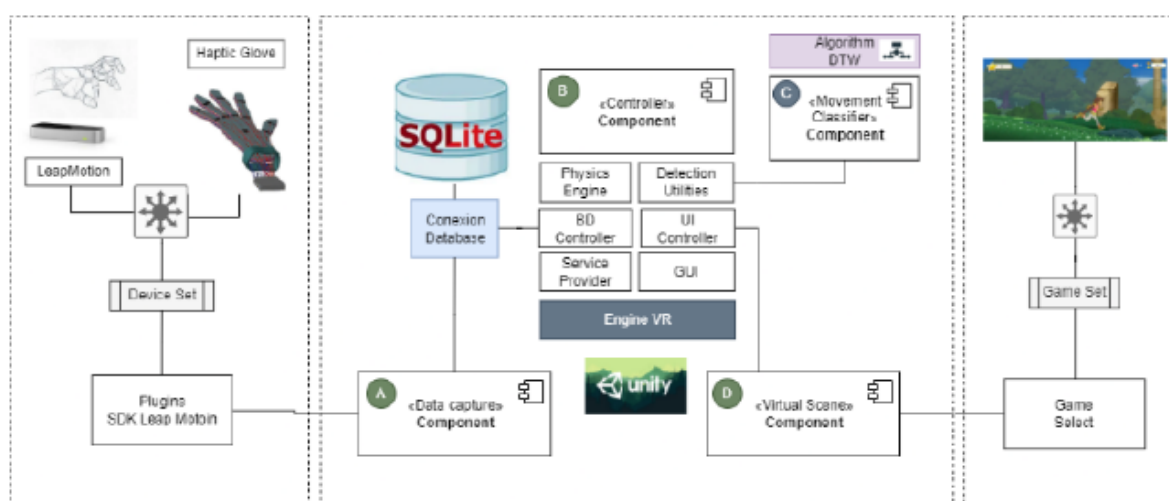
1. Segurança, Confiabilidade, Facilidade de Uso, Eficiência, Desempenho: Considerações gerais relacionadas à segurança, confiabilidade, facilidade de uso, eficiência e desempenho do sistema.
2. Dispositivo de Entrada: Lida com a entrada de dados no sistema por meio de dispositivos físicos ou virtuais para interação do usuário.
3. Captura de Dados, Banco de Dados, Controlador, Cenário Virtual, Classificador de Movimento: Bloco central da arquitetura, envolvendo captura de dados, armazenamento em banco de dados, controle, representação do ambiente virtual e classificação de movimento. A Captura de Dados e o Cenário Virtual são dinâmicos, sujeitos a substituições ou complementações, enquanto o Controlador e o Classificador de Movimento são estáticos, responsáveis pelo controle dos eixos do sistema.

4. Jogo (Saída/Apresentação): Relacionado à saída ou apresentação final do sistema, possivelmente representando o componente de aplicação final, como um jogo em um contexto de reabilitação virtual.

Assim, a arquitetura segue uma organização em camadas ou blocos funcionais, desde a entrada de dados até a saída/apresentação final em um sistema de reabilitação virtual.

A validação desse projeto foi realizada por meio da implementação de um sistema baseado na arquitetura proposta, conforme apresentado na Figura 7. Esta imagem revela as tecnologias empregadas em cada parte da arquitetura.

Figura 7 – Sistema Aplicado na arquitetura dinâmica



Fonte: Quintero et al. (2000)

Como parte do processo de validação, uma análise comparativa da experiência do usuário foi conduzida por meio de um questionário. Adicionalmente, contemplou-se a implementação de aspectos administrativos, incluindo o gerenciamento de sessões e módulos de feedback.

4.3 GEAR Analytics

O sistema Game Assisted Rehabilitation system (GEAR) (RAHMAN et al., 2016), uma solução de Reabilitação Assistida por Jogo Móvel, foi desenvolvido para aumentar a participação e aderência dos pacientes aos exercícios prescritos em seus regimes de tratamento, especialmente para aqueles que enfrentam desafios como o "ombro congelado". Integrando elementos vestíveis e jogos móveis, o GEAR coleta dados cruciais para a eficácia do tratamento, como a medição precisa dos ângulos das articulações do ombro por meio de sensores no bracelete vestível. Além disso, esses dados alimentam um jogo interativo com três níveis, replicando movimentos fisioterapêuticos, no qual os pacientes são recompensados por sua precisão. Todos os dados são armazenados em um banco de dados na nuvem, possibilitando

o acesso aos registros de desempenho dos pacientes e o acompanhamento contínuo de seu progresso ao longo do tempo.

Esse sistema realiza análises em três níveis distintos para uma compreensão abrangente dos dados coletados. No Nível Micro, são examinados os dados individuais, destacando os movimentos de exercício de cada paciente. Essa análise inclui a utilização de séries temporais para representar a acurácia e o tempo dedicado a cada movimento, oferecendo uma compreensão detalhada do desempenho individual. No Nível Meso, a análise se volta para os dados de grupo, abrangendo informações sobre várias sessões de tratamento e diferentes grupos de lesões suportados pelo GEAR. Essa abordagem possibilita verificar o progresso geral dos pacientes a cada sessão e oferece uma visão demográfica dos grupos. Por fim, no Nível Macro, todos os dados de todos os pacientes são submetidos a análise, proporcionando uma visão global do desempenho geral do tratamento e avaliando quão bem ele está sendo aceito pelos pacientes.

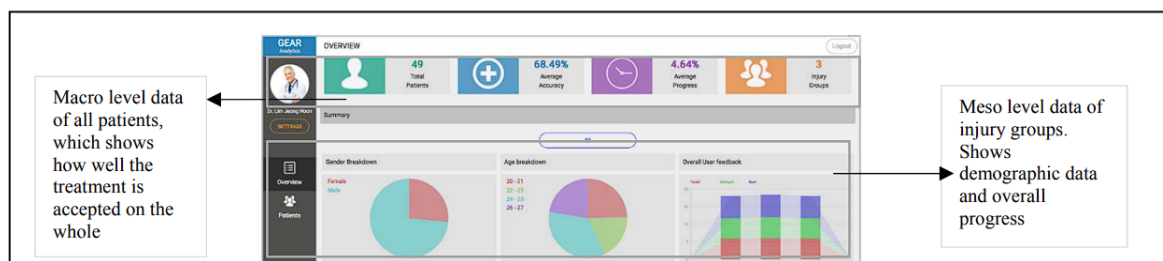
Por fim, a análise é realizada utilizando cinco categorias distintas: análise estatística, análise temporal, análise geoespacial, análise tópica e análise de rede. Cada tipo de análise serve a um propósito específico na avaliação dos dados dos pacientes. Essas análises são demonstradas nas Figuras 8 e 9.

Figura 8 – Gear analytics dashboard com os dados meso e micro.



Fonte: Rahman et al. (2016)

Figura 9 – Gear analytics dashboard com os dados meso e macro



Fonte: Rahman et al. (2016)

4.4 Usability Evaluation and Implementation of a Health Information Technology Dashboard of Evidence-Based Quality Indicators

Em (SCHALL et al., 2016), os autores apresentam o desenvolvimento e avaliação de um painel eletrônico funcional para Registros de Saúde Eletrônicos (*Electronic Health Record* - EHR) em um ambiente hospitalar, com o objetivo de aprimorar a eficiência e a qualidade do atendimento clínico. Este painel fornece informações sobre indicadores de qualidade e riscos dos pacientes, possibilitando uma tomada de decisão mais precisa e ágil por profissionais de saúde interprofissionais, incluindo enfermeiros e médicos.

O desenvolvimento desse painel foi resultado de uma colaboração abrangente entre diferentes grupos de profissionais de saúde, como enfermeiros, médicos e especialistas em qualidade hospitalar que trabalharam juntos para definir critérios de design, especificações de indicadores de qualidade e detalhes sobre como os dados dos pacientes seriam apresentados. Essa abordagem colaborativa assegurou que o painel fosse projetado para ser altamente personalizável, atendendo às necessidades específicas de diferentes membros da equipe de saúde. Essas especificações estão ilustradas na Figura 10.

Os resultados da avaliação do painel foram notáveis. A maioria das tarefas foi concluída mais rapidamente e com uma precisão aprimorada pelos participantes quando eles utilizaram o painel em comparação com o sistema EHR convencional. Isso sugere que a simplicidade e a ausência de informações desnecessárias na interface do painel contribuíram para decisões mais rápidas e precisas. A pontuação média na Escala de Usabilidade de Sistemas (*System Usability Scale* – SUS) foi de 87,5, indicando alta usabilidade, e a satisfação dos usuários com o sistema foi geralmente elevada. O painel é representado na Figura 11.

No entanto, o estudo também apresenta algumas limitações. O sistema EHR convencional usado como referência não foi personalizado para cada participante, o que pode ter afetado o desempenho. Além disso, o treinamento dos participantes foi limitado a apenas 10

Figura 10 – Indicadores de qualidade e suas pontuações limites

Indicator	Threshold/Rating System ^a
Pain rating	Acceptable = green
	Unacceptable = red
Fall risk	<7 = green
	≥ 7 = red
Pressure ulcer risk	>18 = green
	≤18 = red
Delirium risk	<3 = green
	≥3 = red
Barthel Index/Functional status	51–90 = green
	0–50 = red
Restraint in use	Present = red
Urinary catheter days	No. of days
Central-line days	No. of days
LACE ^b score (ie, readmission risk)	<9 = green
	≥9 = red
Readmit (ie, days since last admission)	Within 90 d = yellow
	Within 30 d = red
Actual length of stay	No. of days
Expected length of stay	No. of days

Fonte: Schall et al. (2016)

minutos, o que pode ter influenciado seu desempenho. O escopo do estudo foi relativamente pequeno, o que limita a generalização dos resultados.

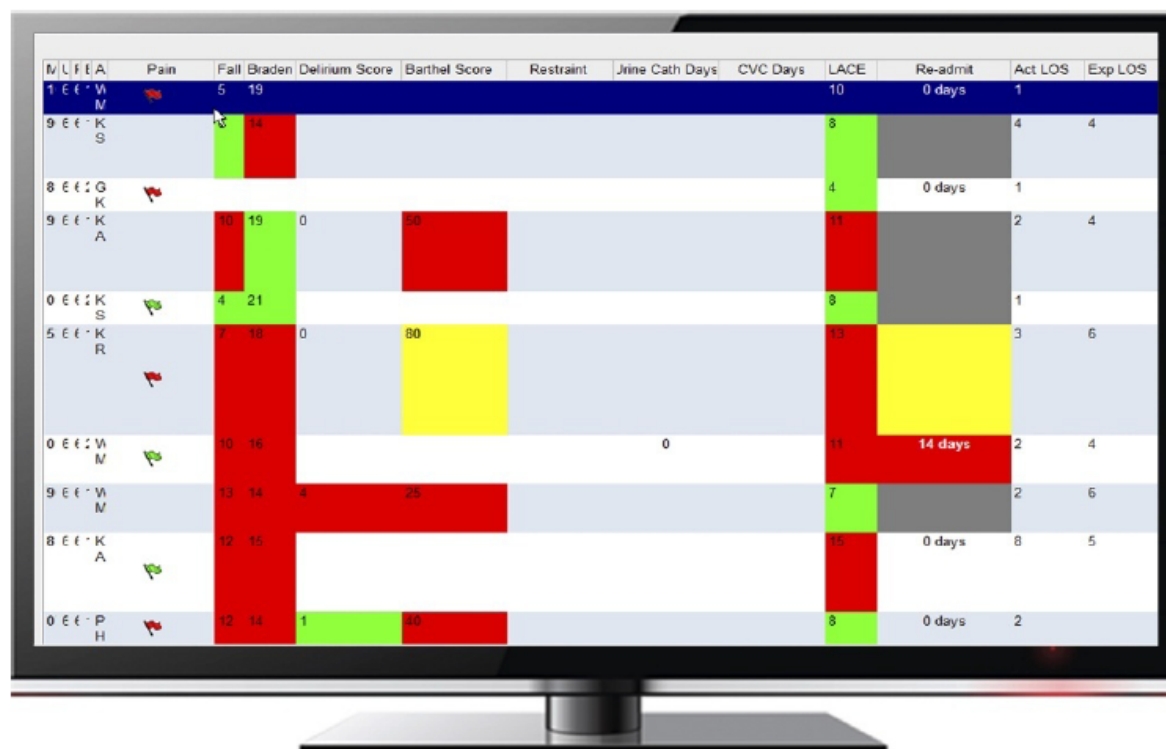
Em resumo, o painel eletrônico funcional para EHR demonstrou ser uma ferramenta promissora para aprimorar a eficiência e a precisão da tomada de decisões clínicas em ambientes hospitalares complexos. No entanto, desafios de integração e oportunidades de aprimoramento ainda precisam ser abordados à medida que a implementação continua e se expande. O estudo fornece uma base valiosa para futuros desenvolvimentos e implementações de painéis eletrônicos funcionais em ambientes de saúde.

4.5 A Telerehabilitation System for the Selection, Evaluation and Remote Management of Therapies

Anton et al. (2018) destacam a importância crescente de sistemas de telereabilitação que oferecem suporte a sessões de fisioterapia em qualquer lugar, destacando a capacidade desses sistemas não apenas de reduzir os custos de saúde, mas também de melhorar a qualidade de vida dos usuários que necessitam de reabilitação. A contribuição principal do artigo em questão é apresentar, de maneira abrangente, todas as características oferecidas pelo *Kinect-based Telerehabilitation System* (KiReS) .

O sistema KiReS é fundamentado em tecnologia Kinect e introduz duas funcionalidades

Figura 11 – Painel dos pacientes



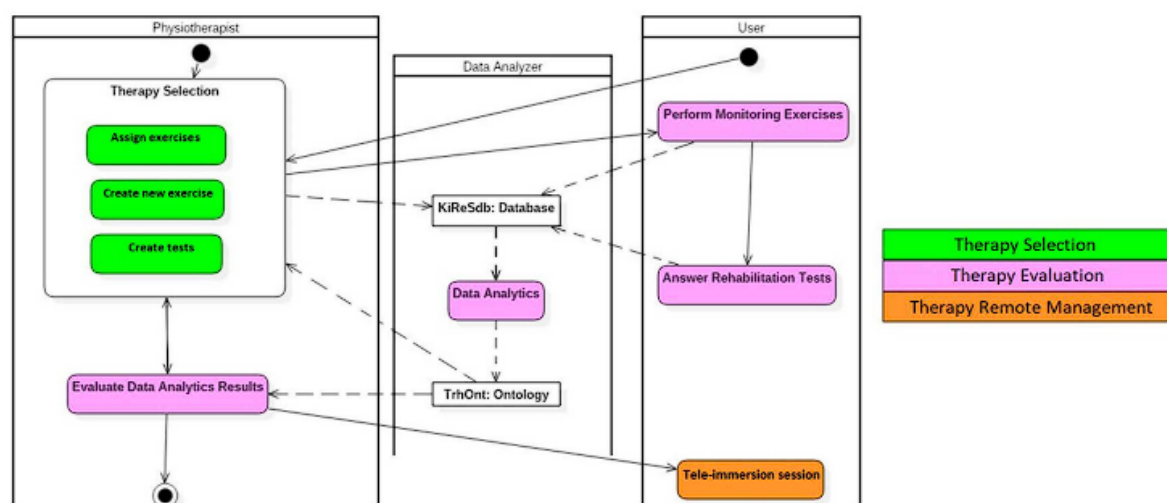
Fonte: Schall et al. (2016)

distintas. A primeira é a funcionalidade de extração de conhecimento, que utiliza uma ontologia chamada TRHONT. Essa ontologia armazena informações sobre o histórico de fisioterapia dos pacientes e protocolos de tratamento, facilitando a seleção de exercícios adequados para a reabilitação. Com aproximadamente 2300 classes e 100 propriedades, a TRHONT desempenha um papel crucial na personalização das terapias com base nas necessidades específicas dos pacientes.

A segunda funcionalidade é a teleimersão, que proporciona uma experiência de telereabilitação conveniente, eficaz e amigável. Essa funcionalidade possibilita uma comunicação multimídia em tempo real entre fisioterapeutas e pacientes, criando um ambiente virtual interativo. De acordo com os autores, essa abordagem de teleimersão não apenas melhora a eficácia das sessões de telereabilitação, mas também promove a participação ativa dos pacientes, tornando o processo mais envolvente e motivador.

O fluxo de trabalho do KiReS é detalhado em uma diagrama de atividades UML, destacando as interações entre os dois principais atores humanos (fisioterapeutas e pacientes) e o analisador de dados. As atividades incluem a atribuição de exercícios, monitoramento em tempo real da execução desses exercícios, avaliação dos resultados por meio de análise de dados e, dependendo da evolução do paciente, a possibilidade de estabelecer sessões de telereabilitação em tempo real. Esse fluxo pode ser visto na Figura 12.

Figura 12 – Fluxo de trabalho do Kires



Fonte: Anton et al. (2018)

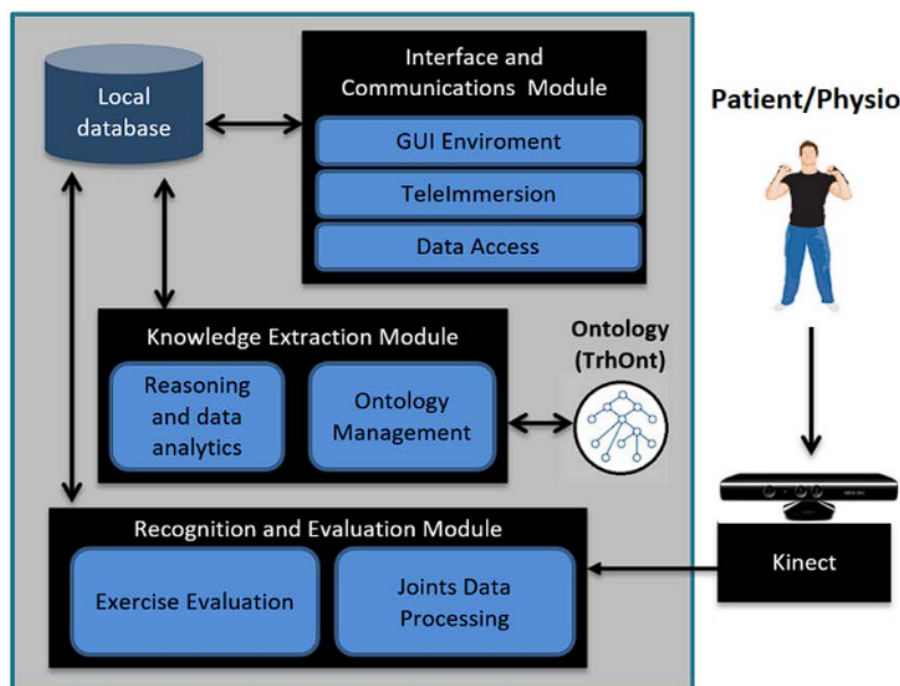
A arquitetura do KiReS é composta por três módulos principais: Interface e Módulo de Comunicações, Módulo de Reconhecimento e Avaliação e Módulo de Extração de Conhecimento, além de ter o banco de dados separado. Ela é reconhecida como uma arquitetura de banco de dados centralizada, no qual a interação entre os módulos é mediada pelo banco de dados. Cada módulo desempenha um papel específico, desde fornecer interfaces amigáveis até a análise e extração de conhecimento a partir dos dados gerados durante as sessões de fisioterapia. Ela está ilustrada na Figura 13.

Além disso, são detalhados os métodos específicos do KiReS, como "Perform Monitoring Exercises" e "Data Analytics". O primeiro utiliza uma interface imersiva de usuário, apresentando avatares de 3 dimensões (3D) que guiam os pacientes durante os exercícios. O algoritmo de reconhecimento de exercícios monitora a execução correta, proporcionando feedback em tempo real. O segundo método, "Data Analytics", fornece informações valiosas aos fisioterapeutas e pacientes, possibilitando a personalização das terapias com base em análises detalhadas dos dados coletados durante as sessões de fisioterapia.

O método de "Therapy Remote Management" destaca a importância da teleimersão, possibilitando sessões de telereabilitação em tempo real entre fisioterapeutas e pacientes. Utilizando o framework KinectRTC, baseado em WebRTC e na primeira versão do Kinect, essa abordagem possibilita uma comunicação segura e estável, transmitindo vídeo, áudio e dados do Kinect em tempo real entre dois locais remotos.

Essa integração eficaz de diversas funcionalidades e métodos no sistema KiReS reflete uma abordagem abrangente e inovadora para a telereabilitação, promovendo a eficácia, personalização e participação ativa dos pacientes em seus processos de reabilitação.

Figura 13 – Arquitetura do sistema Kires



Fonte: Anton et al. (2018)

4.6 Computer-Based Interaction and Rehabilitation Information System for Robot-Aided Therapy

Lee, Abdullah e Basir (2004) desenvolveram um inovador Sistema de Informações para Interação e Reabilitação, focado na terapia assistida por robôs. Este sistema é uma ferramenta computacional que armazena informações dos pacientes e auxilia profissionais de fisioterapia na tomada de decisões clínicas. A pesquisa explora os benefícios desses sistemas, destacando sua utilidade na avaliação do estado atual dos pacientes e na prescrição de terapias personalizadas.

O autor conduziu uma análise abrangente, utilizando questionários para identificar os requisitos essenciais para tais sistemas. Por exemplo, estabeleceu parâmetros para o controle do movimento, incluindo o alcance de movimento, o período de treino e/ou tempo de descanso. Além disso, identificou informações cruciais dos pacientes, como nome, endereço, telefone, data de nascimento, tipo de lesão, gênero, histórico médico, causa da lesão e alcance inicial de movimento.

O sistema também aborda a necessidade de acompanhar detalhes específicos dos exercícios, como data, tipo de exercício, número de repetições, velocidade e alcance do movimento, e a força de resistência aplicada. Importante ressaltar que o acesso às informações não se restringe aos profissionais de saúde, sendo também disponibilizado aos pacientes.

Além disso, o autor destaca requisitos cruciais para a análise e apresentação de dados. Esses incluem a entrega em tempo real, cálculos rápidos em menos de um segundo e resultados

precisos. O Sistema de Informações de Interação e Reabilitação baseia-se em três tarefas principais: o gerenciamento do paciente, o acompanhamento dos exercícios e a geração de relatórios.

Essas análises do campo de reabilitação levaram à criação do diagrama ilustrado na Figura 14. Ele é composto por:

1. **Admin (*adm*):**

- Representa os administradores do sistema.
- Cada administrador é caracterizado por um nome, um nome de usuário, uma senha e um identificador único (*id_admin*).

2. **Medical Professional:**

- Refere-se aos profissionais médicos que interagem com o sistema.
- Cada profissional médico possui um identificador (*medprofIF*), um nome, uma senha e um nome de usuário.
- Está associado a um administrador através de um identificador único, indicando talvez uma relação hierárquica.
- Pode realizar solicitações de biofeedback e acessar informações relacionadas aos exercícios dos pacientes.
- Tem a responsabilidade de inserir dados no banco de dados, sugerindo um papel ativo na gestão de informações.

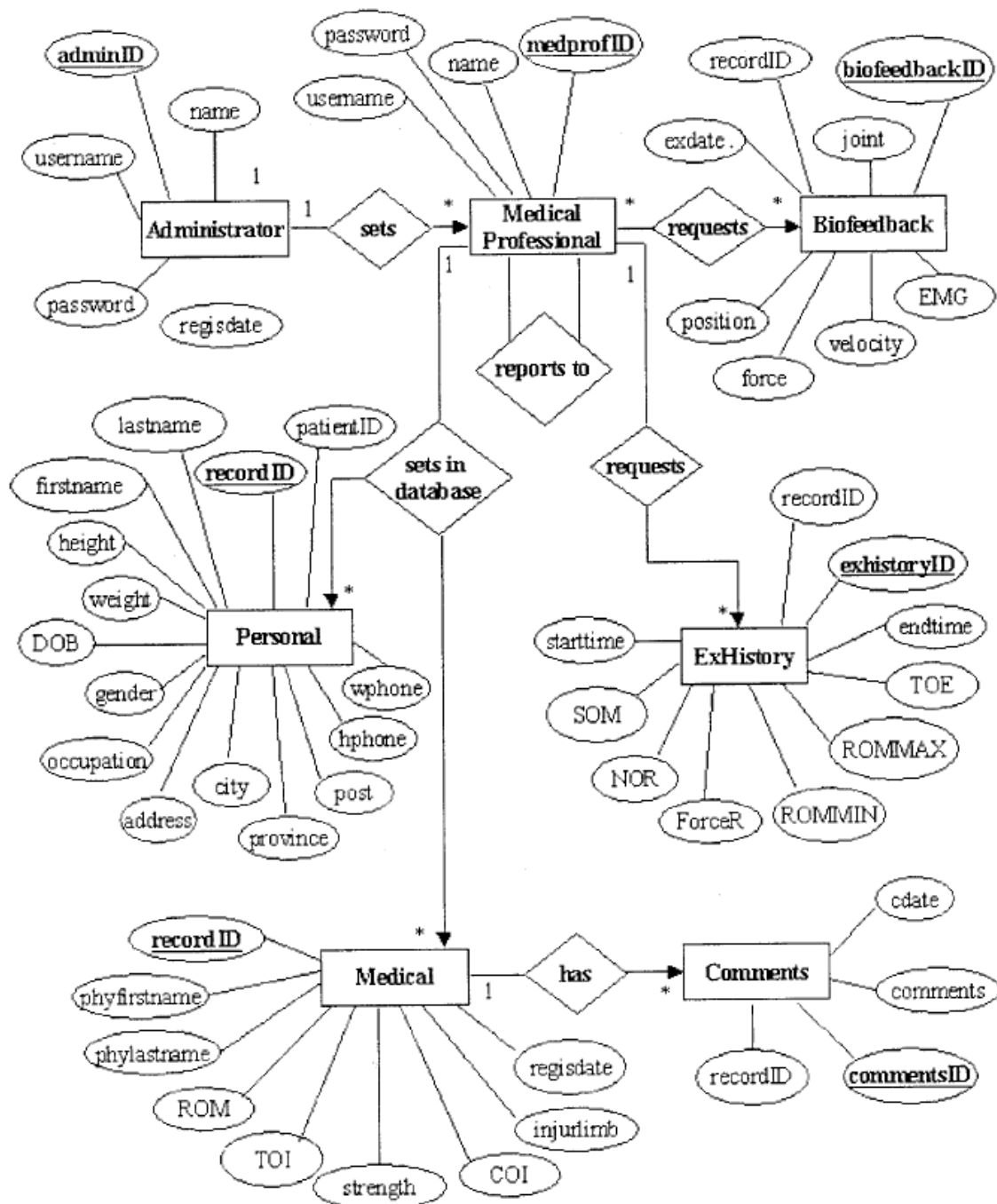
3. **Medical:**

- Representa as informações médicas associadas aos pacientes.
- Cada registro médico possui um identificador único (*recordID*), informações como Range of Motion (ROM), Tempo de Lesão (TOI), força, Causa da Lesão (COI), membro afetado, data, entre outros.
- Está associado a um profissional médico, indicando a responsabilidade desse profissional pelos registros associados.
- Inclui comentários da sessão, que podem ser observações ou informações adicionais relacionadas a cada registro médico.

4.7 Considerações Finais

Ao examinar os seis artigos sobre reabilitação, destaca-se uma gama diversificada de abordagens, tecnologias e inovações, refletindo o atual cenário de pesquisa nesse campo crucial

Figura 14 – Modelo Entidade- Relacionamento do Banco de Dados do sistema de (LEE; ABDULLAH; BASIR, 2004)



Fonte: Lee, Abdullah e Basir (2004)

da saúde. Cada trabalho contribui para a expansão do conhecimento e aprimoramento das práticas de reabilitação, oferecendo perspectivas valiosas e soluções inovadoras.

Medina et al. (2019) propõem uma abordagem centrada no uso de aprendizado e "jogo sério" para tele-reabilitação pós-substituição do quadril. A arquitetura inovadora, baseada no Modelo-Visão-Controlador (MVC), incorpora módulos interligados que utilizam avatares

em ambientes virtuais para replicar movimentos em tempo real. Destaca-se a organização do modelo de dados em sete pacotes, facilitando sua compreensão e utilização, evidenciando a atenção à estrutura organizacional dos dados.

Em seu trabalho, Quintero et al. (2000) propõem uma arquitetura dinâmica para aprimorar habilidades motoras em um Sistema de Reabilitação Virtual. Os passos estruturados para identificação de requisitos, classificação de componentes e projeto da arquitetura demonstram uma abordagem sistemática. A ênfase na dinamicidade da arquitetura, especialmente nos componentes de Captura de Dados e Cenário Virtual, destaca uma consideração cuidadosa para lidar com a evolução ao longo do tempo.

Rahman et al. (2016) introduzem o Sistema Game Assisted Rehabilitation (GEAR), integrando elementos vestíveis e jogos móveis para proporcionar uma reabilitação assistida por jogos. A análise de dados em três níveis - Micro, Meso e Macro - oferece uma compreensão abrangente do desempenho individual, progresso de grupos e avaliação global do tratamento. A diversidade de análises, incluindo estatística, temporal, geoespacial, tópica e de rede, destaca a riqueza das informações consideradas.

Ao concentrar-se no desenvolvimento de um painel eletrônico para Registros de Saúde Eletrônicos, Schall et al. (2016) destacam a colaboração abrangente entre profissionais de saúde para personalização do painel. A ênfase na usabilidade, com tarefas concluídas mais rapidamente e alta usabilidade, posiciona o painel como uma ferramenta eficaz. No entanto, as limitações, como o sistema EHR convencional não personalizado, fornecem *insights* para futuras melhorias.

O Sistema KiReS, introduzido por Anton et al. (2018), baseado em tecnologia Kinect, destaca-se ao integrar duas funcionalidades distintas: a extração de conhecimento por meio da ontologia TRHONT e a teleimersão para uma experiência de telereabilitação interativa. O fluxo de trabalho detalhado em um diagrama UML e a arquitetura composta por três módulos principais evidenciam uma abordagem abrangente. A inovação reside na promoção da eficácia, personalização e participação ativa dos pacientes.

Por fim, o trabalho de Lee, Abdullah e Basir (2004) concentra-se em um Sistema de Informações para Interação e Reabilitação voltado para terapia assistida por robôs. A identificação detalhada de requisitos para controle de movimento, informações do paciente e exercícios destaca uma consideração metódica. O modelo Entidade-Relacionamento detalhado proporciona uma compreensão do banco de dados. A inovação está na análise detalhada para terapia assistida por robôs.

Cada artigo aborda um aspecto único da reabilitação, refletindo a diversidade de desafios e oportunidades no campo. A análise crítica destacou pontos fortes, como inovações tecnológicas, abordagens sistêmicas e considerações detalhadas de requisitos. No entanto, todas as pesquisas apresentaram limitações, apontando para áreas de melhoria e direções futuras. Em

conjunto, esses trabalhos contribuem para a evolução contínua da pesquisa em reabilitação, proporcionando uma visão abrangente do estado atual e inspirando avanços futuros.

4.8 Influência dos Trabalhos na Arquitetura proposta e implementada

A arquitetura foi profundamente influenciada por diversos aspectos abordados nos trabalhos analisados. Destacam-se as seguintes influências:

1. **(MEDINA et al., 2019):** O modelo EPHORT teve uma influência significativa na estruturação das classes da implementação, fornecendo uma base sólida para a representação dos dados.
2. **(QUINTERO et al., 2000):** A abordagem para visualizar a evolução da dor do paciente e os ângulos dos movimentos, utilizando *thresholds* (similar ao proposto por Schall et al. (2016)), foi incorporada na representação visual do paciente na arquitetura.
3. **Perspectiva de Componentes Dinâmicos de Quintero et al. (2000):** A ideia de que vários componentes podem ser dinâmicos, priorizando a função sobre a implementação específica, foi adotada, ressaltando a flexibilidade e adaptabilidade dos componentes na arquitetura. A validação prática da arquitetura, conforme proposto por Quintero et al. (2000), também foi considerada essencial.
4. **Análise de Dados em Três Níveis de Rahman et al. (2016) (Gear):** A introdução da análise de dados em três níveis (micro, meso e macro) por Rahman et al. (2016) foi integrada na arquitetura. Essa abordagem possibilita uma análise abrangente dos movimentos individuais, progresso do grupo e avaliação global do tratamento e do processo.
5. **Importância da Comunicação Simplificada de Anton et al. (2018):** Anton et al. (2018) influenciaram a arquitetura ao destacar a importância da comunicação entre o paciente e o profissional. A visão de que os componentes não precisam interagir de maneira complexa entre si para realizar o processo foi refletida na arquitetura, optando por uma comunicação simplificada com poucas interfaces.
6. **Direcionamento de Lee, Abdullah e Basir (2004) para Dados Essenciais:** As informações fornecidas foram essenciais no desenvolvimento da arquitetura, orientando sobre quais dados são essenciais para cada classe, especialmente para pacientes, sessões e exercícios. A abordagem detalhada desse estudo contribuiu significativamente para a definição de requisitos específicos, garantindo uma representação abrangente e eficaz dos dados no contexto da reabilitação.

Dessa forma, cada trabalho desempenhou um papel crucial na concepção e desenvolvimento da arquitetura, refletindo uma abordagem abrangente, capaz de englobar os trabalhos anteriores, e inovadora para a reabilitação, incorporando as melhores práticas e contribuições de cada pesquisa analisada, conforme será apresentado no próximo capítulo.

5 Arquitetura de Microsserviços para reabilitação

Este capítulo inicia com uma análise aprofundada dos requisitos para a arquitetura de microsserviços para a área de reabilitação, destacando tanto os funcionais quanto os não funcionais, fundamentais para o direcionamento preciso do desenvolvimento. Em seguida, apresentam-se os componentes essenciais da arquitetura de microsserviços, cada um desempenhando um papel crucial no funcionamento do sistema. Uma ênfase especial é dada à modularidade, escalabilidade, facilidade de manutenção, flexibilidade e segurança incorporadas nesse design. A integração e o fluxo de dados são discutidos para fornecer uma visão abrangente de como as informações são processadas e gerenciadas. Além disso, são apresentados diagramas de casos de uso e interação, proporcionando uma compreensão detalhada das funcionalidades disponíveis para profissionais de saúde e pacientes. Ao final, são destacados os benefícios dessa arquitetura, como modularidade, escalabilidade, facilidade de manutenção, flexibilidade e segurança, delineando como esses elementos contribuem para uma solução robusta e adaptável.

5.1 Análise de Requisitos

Durante a fase de análise de requisitos para o desenvolvimento da arquitetura, conduziu-se uma análise minuciosa das necessidades dos profissionais de saúde, pacientes e clínicas. Neste processo, contou-se com a valiosa colaboração de um profissional da área da saúde, cuja expertise abrange estudos aprofundados do movimento humano, interação gestual com interfaces virtuais e, principalmente, em reabilitação, além de ter se destacado em projetos voltados para prevenção e recuperação. A análise abrangeu a identificação de requisitos funcionais e não funcionais, fundamentais para guiar o desenvolvimento da arquitetura, visando atender às demandas de qualquer clínica. A seguir, destacam-se os requisitos identificados:

5.1.1 Requisitos Funcionais

1. Gerenciamento de pacientes

- Possibilitar o registro e a manutenção dos dados dos pacientes, incluindo informações pessoais, histórico médico, sintomas e anotações;
- Promover a associação de sessões de reabilitação a cada paciente, garantindo o acompanhamento individualizado do tratamento;
- Proporcionar o cadastro de movimentos realizados pelos pacientes durante as sessões, registrando informações relevantes para análise posterior.

2. Acompanhamento de sessões de reabilitação

- Registrar e monitorar as sessões de reabilitação realizadas por cada paciente;
- Armazenar o número da sessão e o nível de dor relatado pelo paciente, possibilitando o acompanhamento do progresso do tratamento.

3. Análise de movimentos

- Possibilitar o registro e a descrição dos movimentos realizados pelos pacientes durante as sessões de reabilitação;
- Armazenar dados de ROM de cada movimento, fornecendo informações relevantes para a avaliação do progresso e adaptação do tratamento.

4. Comunicação entre profissionais de saúde

- Possibilitar que os profissionais de saúde registrem e gerenciem os pacientes, associando-os às sessões de reabilitação;
- Possibilitar a visualização dos dados dos pacientes pelos profissionais de saúde, facilitando o compartilhamento de informações relevantes;
- Integrar o sistema de reconhecimento de movimentos para análise e descrição dos movimentos realizados durante as sessões.

5. Visualização de dados

- Fornecer uma interface que possibilite aos profissionais de saúde visualizar os dados dos pacientes, incluindo informações pessoais, histórico de sessões e movimentos realizados;
- Possibilitar a geração de relatórios com base nas informações armazenadas, auxiliando na análise e tomada de decisões.

5.1.2 Requisitos Não Funcionais

1. Desempenho

- Garantir uma resposta rápida do sistema, com tempos de carregamento e processamento adequados;
- Capacidade de lidar com um grande volume de dados e usuários simultaneamente, mantendo o desempenho satisfatório.

2. Escalabilidade

- Possibilitar a expansão do sistema para atender ao crescimento do número de pacientes e clínicas;
- Capacidade de adicionar novos serviços e funcionalidades conforme necessário, mantendo o desempenho.

3. Usabilidade

- Oferecer uma interface intuitiva e de fácil utilização para facilitar a interação dos profissionais de saúde com o sistema;
- Garantir uma navegação simples e fluxos de trabalho otimizados, agilizando as tarefas dos usuários.

4. Confiabilidade

- Assegurar que o sistema esteja disponível e funcional durante todo o período de operação;
- Minimizar falhas e erros, implementando mecanismos de backup e recuperação de dados para garantir a confiabilidade.

5. Segurança

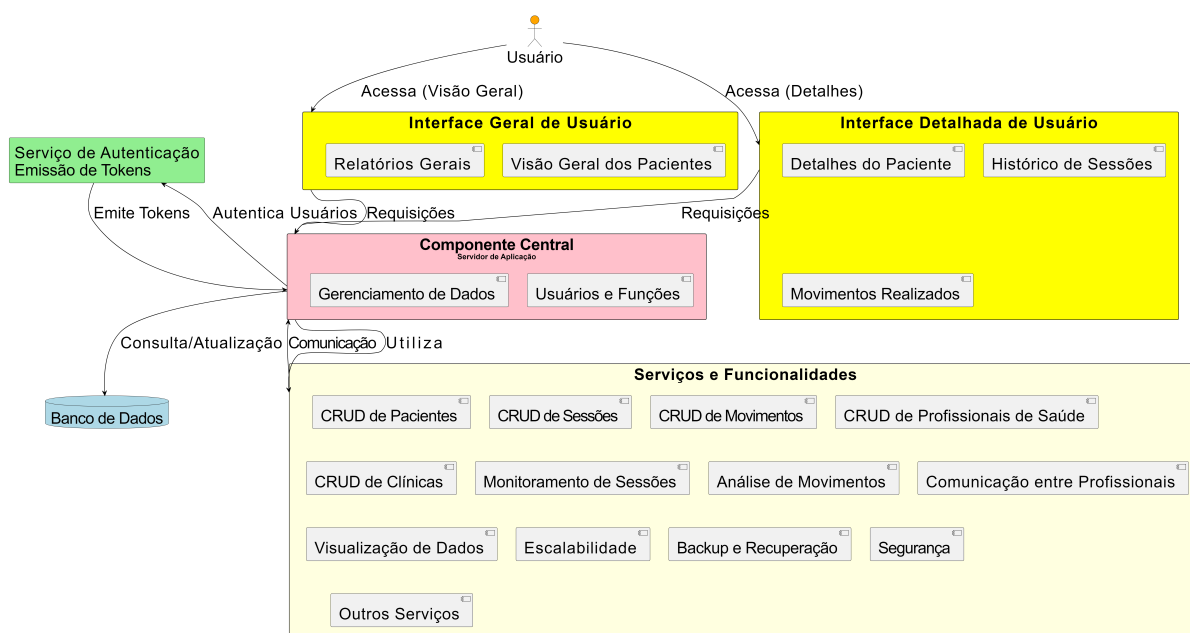
- Implementar medidas de segurança robustas para proteger os dados dos pacientes contra acessos não autorizados;
- Garantir a confidencialidade e a integridade dos dados, utilizando criptografia e controle de acesso adequados.

A compreensão detalhada dos requisitos funcionais e não funcionais orientou o desenvolvimento de funcionalidades relevantes na arquitetura. Dadas as demandas e o contexto específico, optou-se pela implementação de uma arquitetura de microsserviços, reconhecida por sua eficácia (PLAZA; DIAZ; PEREZ, 2018; TUMMERS et al., 2021; OH et al., 2015; BLOBEL et al., 2022; BORCHERT; SCHAPRANOW, 2020). Os microsserviços proporcionam uma estrutura modular, escalável e fácil de manter.

Para atender aos objetivos de monitoramento do paciente, visualização do estado do paciente, avaliação clínica, gerenciamento de dados e segurança através da autenticação (TUMMERS et al., 2021), a arquitetura foi projetada com base no padrão de microsserviços e é ilustrada na Figura 15.

Nas seções a seguir, cada componente será detalhadamente explorado, destacando sua função e contribuição para o funcionamento integrado do sistema.

Figura 15 – Arquitetura para o Sistema de Painel de Controle em Clínicas de Reabilitação.



Fonte: Próprio autor

5.2 Interface Geral de Usuário

A Interface Geral de Usuário desempenha um papel crucial na experiência do usuário, fornecendo uma apresentação visual intuitiva do sistema e facilitando a interação com diferentes grupos, como administradores, profissionais de saúde e pacientes. Por meio de páginas intuitivas, essa interface simplifica o acesso às funcionalidades do sistema, tornando a navegação mais eficiente e amigável. Ao oferecer uma experiência de usuário bem projetada, a interface contribui significativamente para a eficácia operacional da clínica de reabilitação.

Além disso, a interface é adaptada para atender às necessidades específicas de cada grupo de usuários. Para administradores, ela pode fornecer ferramentas de gerenciamento robustas, enquanto para profissionais de saúde, oferece recursos detalhados para análise e tomada de decisões informadas. Pacientes se beneficiam de uma visualização amigável de seu próprio progresso, promovendo a participação ativa no processo de reabilitação.

5.3 Interface Detalhada de Usuário

A Interface Detalhada de Usuário oferece uma visualização mais aprofundada das informações relacionadas aos pacientes, histórico de sessões, movimentos realizados, entre outros. Projetada para atender às necessidades específicas dos usuários, especialmente profissionais de saúde, essa interface fornece detalhes abrangentes para análise e decisões mais precisas. Com recursos avançados de visualização, como gráficos e relatórios detalhados, os profissionais de saúde podem extrair *insights* valiosos para otimizar o tratamento.

Essa camada vai além da simples apresentação de dados, possibilitando uma interação mais rica. Por exemplo, profissionais de saúde podem registrar anotações detalhadas sobre o progresso do paciente, facilitando a comunicação e a colaboração na equipe de saúde. Essa interface é uma ferramenta poderosa para personalizar o atendimento, garantindo que cada paciente receba a atenção e o tratamento adequados às suas necessidades específicas.

5.4 Banco de Dados

O Banco de Dados é o núcleo central que armazena de forma persistente todos os dados essenciais do sistema. Ele desempenha um papel crítico na integridade e disponibilidade das informações ao longo do tempo. Ao armazenar informações de pacientes, históricos de sessões, movimentos e outros dados cruciais, o banco de dados garante que o sistema tenha acesso rápido e confiável a essas informações sempre que necessário.

A estrutura do banco de dados é projetada para suportar eficientemente consultas complexas, garantindo que os profissionais de saúde possam recuperar dados específicos para análise detalhada. Além disso, medidas robustas de segurança são implementadas para proteger a confidencialidade e a integridade dos dados do paciente. A escalabilidade do banco de dados é uma consideração fundamental para garantir que o sistema possa lidar com o crescimento do número de pacientes e a expansão das clínicas de reabilitação.

5.5 Serviço de Autenticação e Emissão de Tokens

O Serviço de Autenticação e Emissão de Tokens desempenha um papel crítico na segurança do sistema. Responsável por autenticar usuários e emitir tokens de acesso, esse serviço garante que apenas usuários autorizados tenham permissão para acessar informações sensíveis. Ao implementar protocolos de autenticação robustos, o sistema protege a confidencialidade dos dados do paciente e evita acessos não autorizados.

Além da autenticação, o serviço de emissão de tokens contribui para a integridade do sistema, controlando o acesso a diferentes níveis de informações. A emissão de tokens de acesso temporários e renováveis também adiciona uma camada adicional de segurança. Esse serviço é fundamental para garantir a confiança dos usuários e o cumprimento de padrões de segurança rigorosos na gestão de dados de saúde.

5.6 Componente Central (Servidor de Aplicação)

O Componente Central, ou Servidor de Aplicação, desempenha um papel fundamental na arquitetura do sistema, gerenciando a coordenação das operações e o fluxo de dados entre os diferentes microsserviços. Atuando como intermediário, ele garante uma comunicação eficiente,

promovendo a coesão e a eficácia geral do sistema. Esse componente é essencial para otimizar o desempenho do sistema, facilitando a interação harmoniosa entre os diversos elementos da arquitetura.

Além de coordenar as operações, o Servidor de Aplicação também é responsável por escalonar recursos conforme necessário para lidar com diferentes demandas. Sua capacidade de gerenciar eficientemente a distribuição de tarefas entre os microsserviços contribui para a eficácia operacional do sistema como um todo. Dessa forma, o Componente Central desempenha um papel fundamental na garantia de uma experiência de usuário fluida e responsiva.

5.7 Serviços e Funcionalidades

Os Serviços e Funcionalidades abrangem uma ampla gama de operações essenciais para o sistema de reabilitação. O CRUD (Create, Read, Update, Delete) de Pacientes, Sessões, Movimentos e Profissionais de Saúde constitui a base funcional do sistema, possibilitando o gerenciamento eficiente das informações relacionadas aos pacientes.

Além disso, funcionalidades como o Monitoramento de Sessões fornecem métricas valiosas, análises de desempenho e relatórios detalhados durante as sessões de reabilitação. A Análise de Movimentos realiza uma avaliação aprofundada dos movimentos registrados, fornecendo *insights* valiosos para personalizar o tratamento. A comunicação eficiente entre profissionais de saúde é facilitada, possibilitando o registro e gerenciamento colaborativo de pacientes.

A Visualização de Dados oferece uma interface intuitiva para que os profissionais de saúde acessem informações detalhadas sobre os pacientes, promovendo uma tomada de decisão informada. A escalabilidade é considerada, possibilitando a expansão do sistema para atender ao aumento do número de pacientes e clínicas. Mecanismos robustos de Backup e Recuperação garantem a confiabilidade dos dados, enquanto medidas de Segurança são implementadas para proteger contra acessos não autorizados.

5.7.1 Funcionalidades Adicionais

Além desses serviços essenciais, a arquitetura possibilita a integração de funcionalidades complementares para atender às demandas específicas das clínicas de reabilitação. A "Integração de Dispositivos de Medição Física" possibilita a conexão de dispositivos de monitoramento físico para coletar dados precisos durante as sessões de reabilitação. O "Sistema de Recomendação de Tratamento" utiliza algoritmos inteligentes para sugerir planos de tratamento personalizados com base no progresso do paciente e nas melhores práticas médicas.

A "Integração com Sistemas de Saúde Externos" facilita a troca de informações entre a plataforma de reabilitação e outros sistemas de saúde, proporcionando uma visão abrangente

e integrada do histórico médico do paciente. Essas funcionalidades complementares visam enriquecer a experiência do usuário e aprimorar a eficácia global do sistema, garantindo que ele esteja alinhado com as necessidades em constante evolução das clínicas de reabilitação.

5.8 Integração e Fluxo de Dados

Nesta seção, é descrito como os dados fluem entre os componentes da arquitetura, mostrando como o sistema lida com a entrada, processamento e saída de dados. A arquitetura do sistema facilita o fluxo de dados de maneira eficaz, garantindo que a entrada seja processada e a saída seja gerada de acordo com as necessidades do sistema.

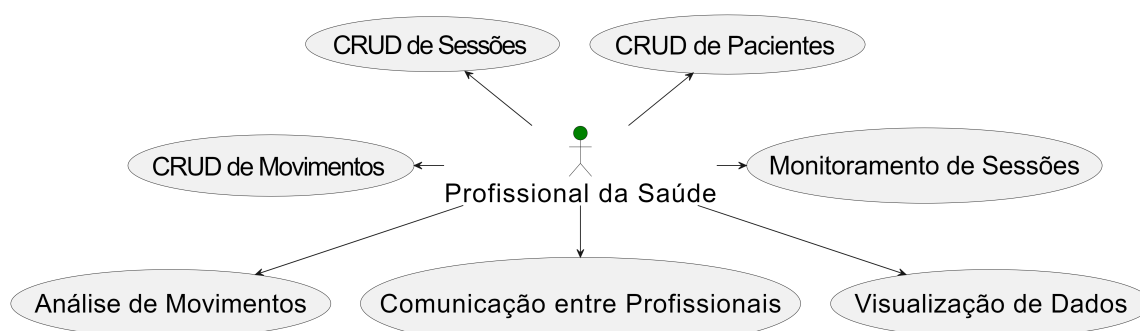
1. Usuário interage com a "Interface de Usuário" acessando as diferentes páginas e funcionalidades do sistema.
2. A "Interface de Usuário" envia requisições ao "Componente Central" para processamento. Essas requisições incluem ações do usuário, como visualizar informações de pacientes, adicionar novos dados ou gerar relatórios.
3. O "Componente Central" é responsável por coordenar as operações e roteia as requisições para os "Serviços e Funcionalidades" apropriados, com base na ação solicitada. Por exemplo, se o usuário deseja visualizar os dados de um paciente, a requisição é encaminhada ao serviço de consulta de dados do paciente.
4. Os "Serviços e Funcionalidades" processam as requisições, realizam operações específicas e interagem com o "Banco de Dados" para recuperar ou atualizar informações. Por exemplo, ao gerar um relatório, o serviço de geração de relatórios acessa dados relevantes no banco de dados.
5. O "Banco de Dados" é usado para armazenar e recuperar informações do sistema. Ele atua como um repositório central de dados, garantindo que as informações estejam disponíveis e atualizadas para todos os componentes.
6. Os resultados das operações realizadas pelos "Serviços e Funcionalidades" são enviados de volta ao "Componente Central" para processamento adicional, se necessário.
7. O "Componente Central" gera uma resposta que é enviada de volta à "Interface de Usuário" para exibição. Isso pode incluir informações, relatórios ou mensagens de status.

Essa integração possibilita que o sistema lide com eficiência com as necessidades de entrada, processamento e saída de dados, garantindo que os usuários obtenham as informações necessárias de maneira ágil e precisa.

Para uma compreensão mais abrangente da arquitetura do sistema e das interações específicas dos usuários, apresentamos os Diagramas de Casos de Uso. Esses diagramas fornecem uma visão detalhada das funcionalidades disponíveis para os profissionais de saúde e pacientes, destacando as operações cruciais para o gerenciamento eficiente de pacientes, sessões de reabilitação e comunicação entre os usuários.

O Diagrama de Casos de Uso para o Profissional de Saúde, ilustrado na Figura 16, apresenta as interações do profissional com o Sistema de Saúde.

Figura 16 – Funções do profissional da saúde.



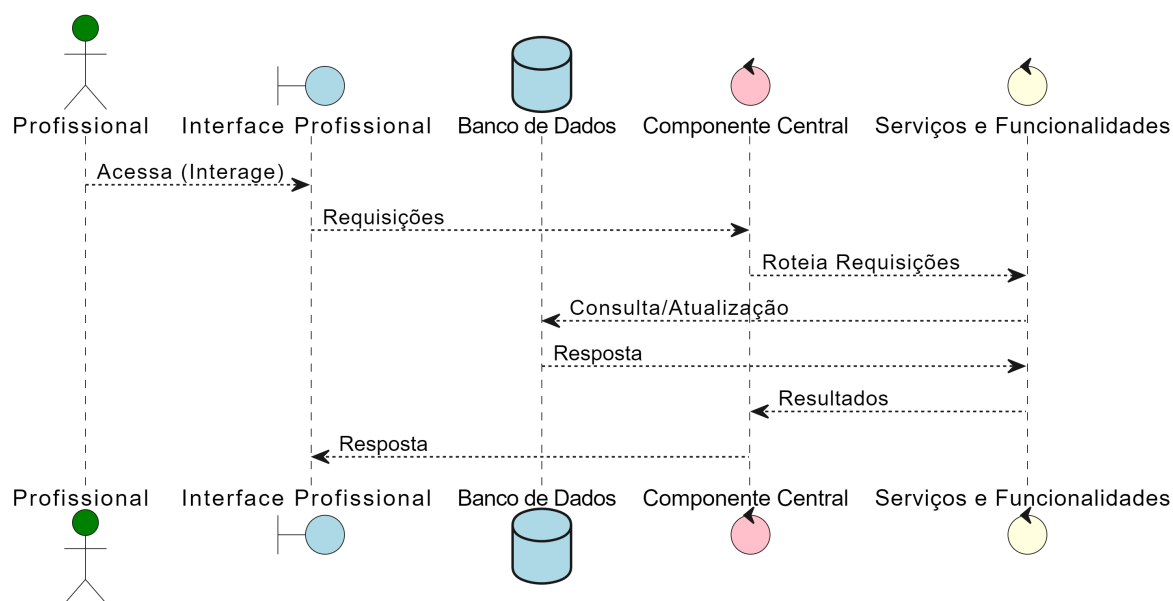
Fonte: Próprio Autor.

O profissional tem acesso a funcionalidades cruciais para o gerenciamento de pacientes e sessões de reabilitação. Algumas das principais funcionalidades incluem:

- **CRUD de Pacientes:** Possibilita ao profissional adicionar, editar e remover informações dos pacientes, abrangendo detalhes pessoais, histórico médico e anotações relevantes.
- **CRUD de Sessões de Reabilitação:** Oferece a capacidade de registrar informações sobre as sessões de reabilitação, incluindo o número da sessão e o nível de dor relatado.
- **CRUD de Movimentos:** Facilita o registro e a descrição dos movimentos realizados pelos pacientes durante as sessões de reabilitação, armazenando dados de ROM de cada movimento.
- **Monitoramento de Sessões:** Possibilita o acompanhamento detalhado das sessões de reabilitação realizadas pelos pacientes.
- **Análise de Movimentos:** Facilita a análise de movimentos registrados durante as sessões de reabilitação.
- **Comunicação entre Profissionais:** Possibilita a comunicação eficiente entre profissionais de saúde, promovendo uma abordagem colaborativa no tratamento dos pacientes.
- **Visualização de Dados:** Proporciona ao profissional a visualização detalhada de dados relacionados aos pacientes e suas sessões de reabilitação.

O Diagrama de Interação para o Profissional de Saúde, representado na Figura 17, descreve como o profissional interage com o sistema. Ele acessa a interface do sistema, envia requisições ao componente central, que, por sua vez, coordena essas operações com os serviços e funcionalidades apropriados. A interação inclui consultas e atualizações no banco de dados, garantindo que as informações sejam precisas e atualizadas.

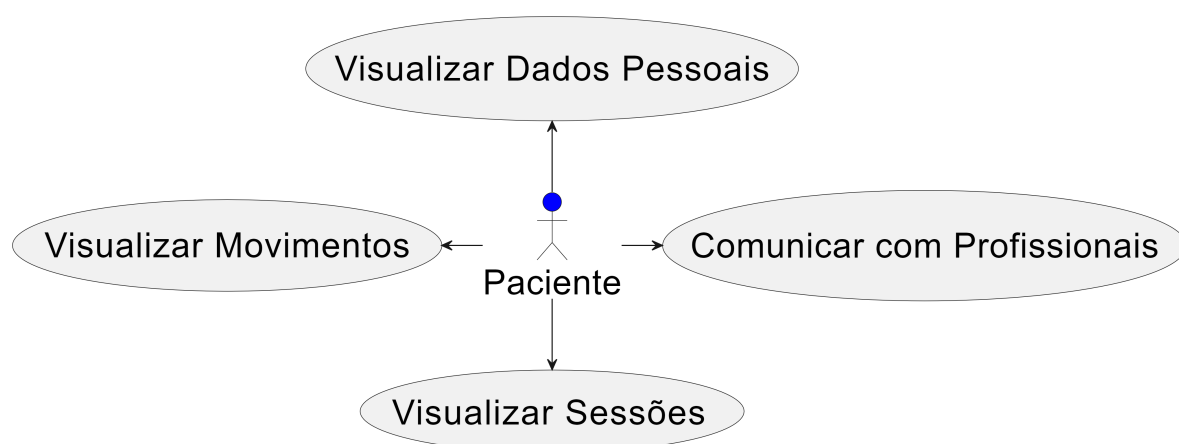
Figura 17 – Interação do Profissional de Saúde.



Fonte: Próprio Autor.

As funcionalidades do paciente são apresentadas de forma detalhada no Diagrama de Casos de Uso para o Paciente, ilustrado na Figura 18.

Figura 18 – Interações do Paciente.



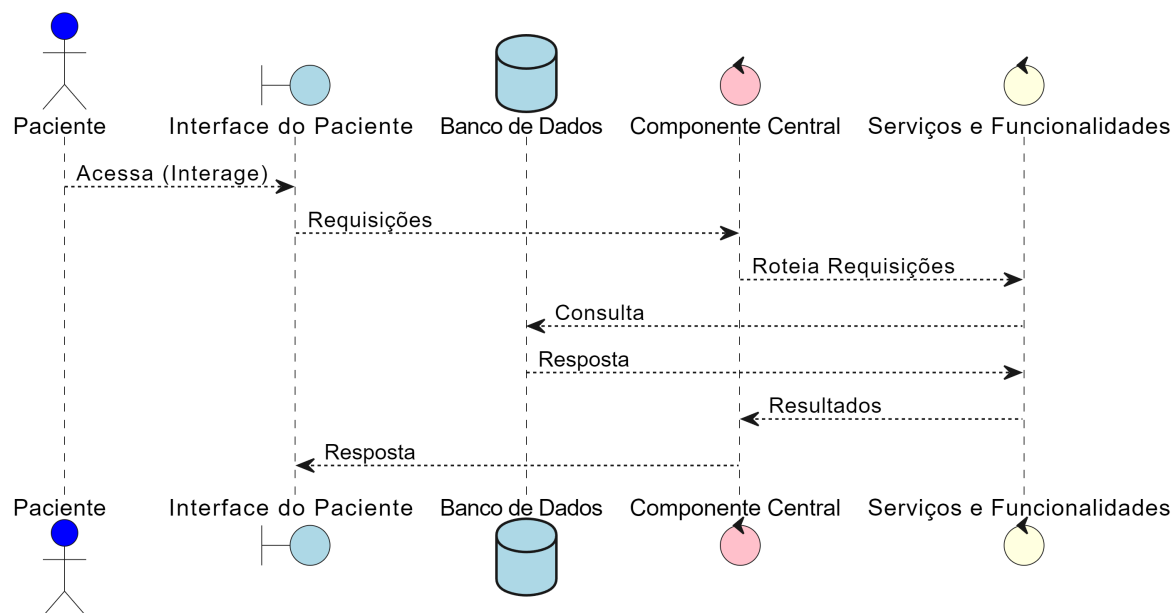
Fonte: Próprio Autor.

Essas funcionalidades são:

- Visualizar Dados Pessoais: Possibilita aos pacientes visualizar suas próprias informações pessoais registradas no sistema.
- Visualizar Sessões: Oferece aos pacientes a capacidade de visualizar informações sobre as sessões de reabilitação em que participaram.
- Visualizar Movimentos: Possibilita aos pacientes visualizar os movimentos registrados durante suas sessões de reabilitação.
- Comunicar com Profissionais: Facilita a comunicação direta entre os pacientes e os profissionais de saúde, promovendo uma interação eficiente e transparente.

A interação dos pacientes com o sistema é realizada da seguinte forma: eles acessam a interface do paciente, enviam requisições ao componente central, que coordena as operações com os serviços e funcionalidades apropriados. As consultas no banco de dados garantem que os pacientes tenham acesso rápido e preciso às suas informações. Essa interação pode ser visualizada na Figura 19.

Figura 19 – Interação do Paciente com o Sistema.



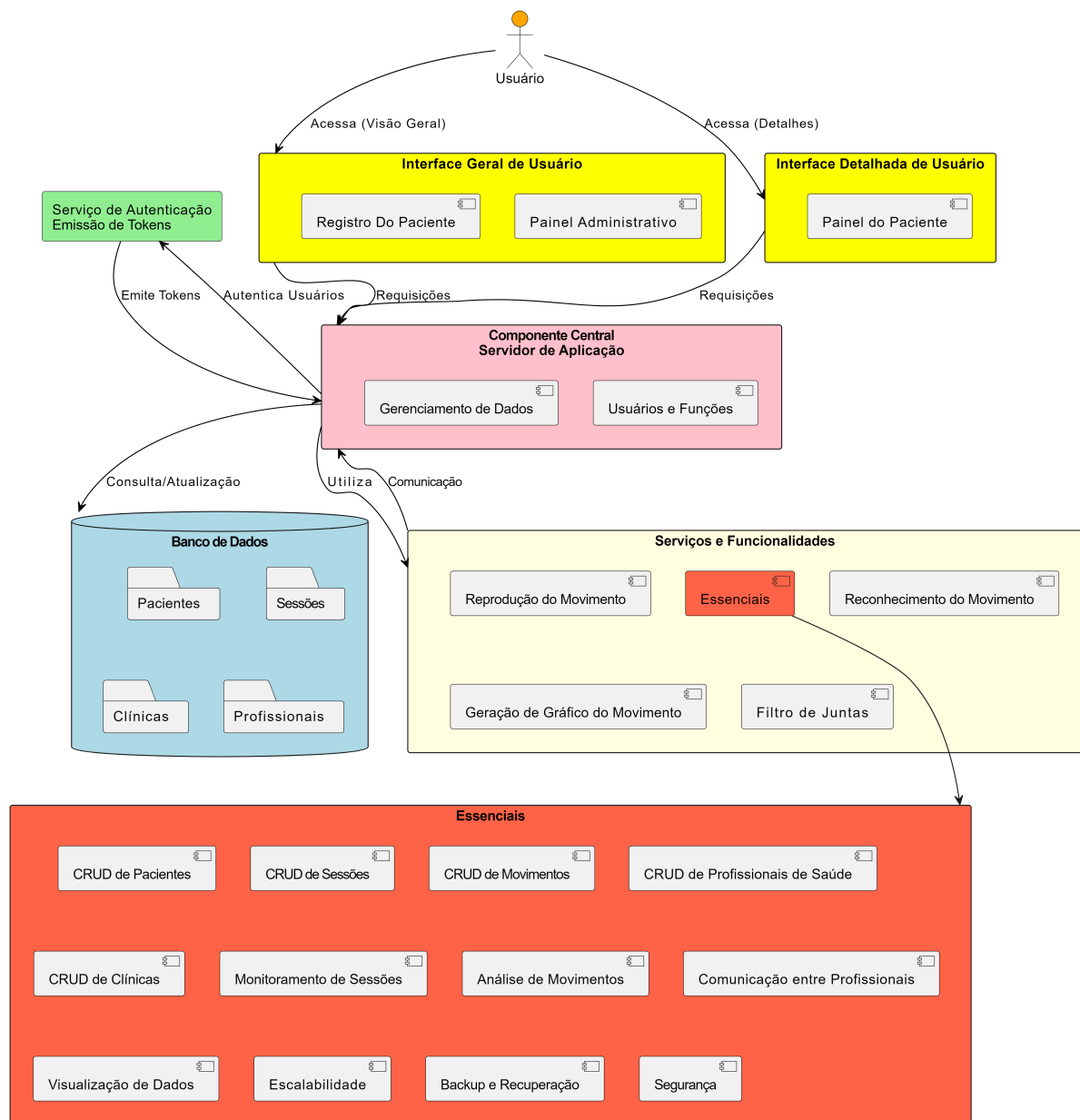
Fonte: Próprio Autor.

Em suma, a arquitetura de microsserviços proporciona uma estrutura sólida e adaptável, possibilitando que diferentes tipos de usuários acessem funcionalidades específicas e oferecendo flexibilidade para expansão e evolução contínua do sistema de acordo com as necessidades dos usuários e do ambiente clínico.

6 Implementação da Arquitetura

Neste capítulo é apresentado o recorte da arquitetura implementado para uma clínica de reabilitação. Esta arquitetura representa o resultado da adaptação e personalização da arquitetura para atender às necessidades específicas deste ambiente clínico. Ela é ilustrada na Figura 20.

Figura 20 – Arquitetura implementada para a Clínica de Reabilitação.



Fonte: Próprio autor.

Esta arquitetura é composta por vários componentes interconectados, cada um desempenhando um papel vital na operação eficiente do sistema. Os principais elementos e suas

funcionalidades estão detalhados a seguir:

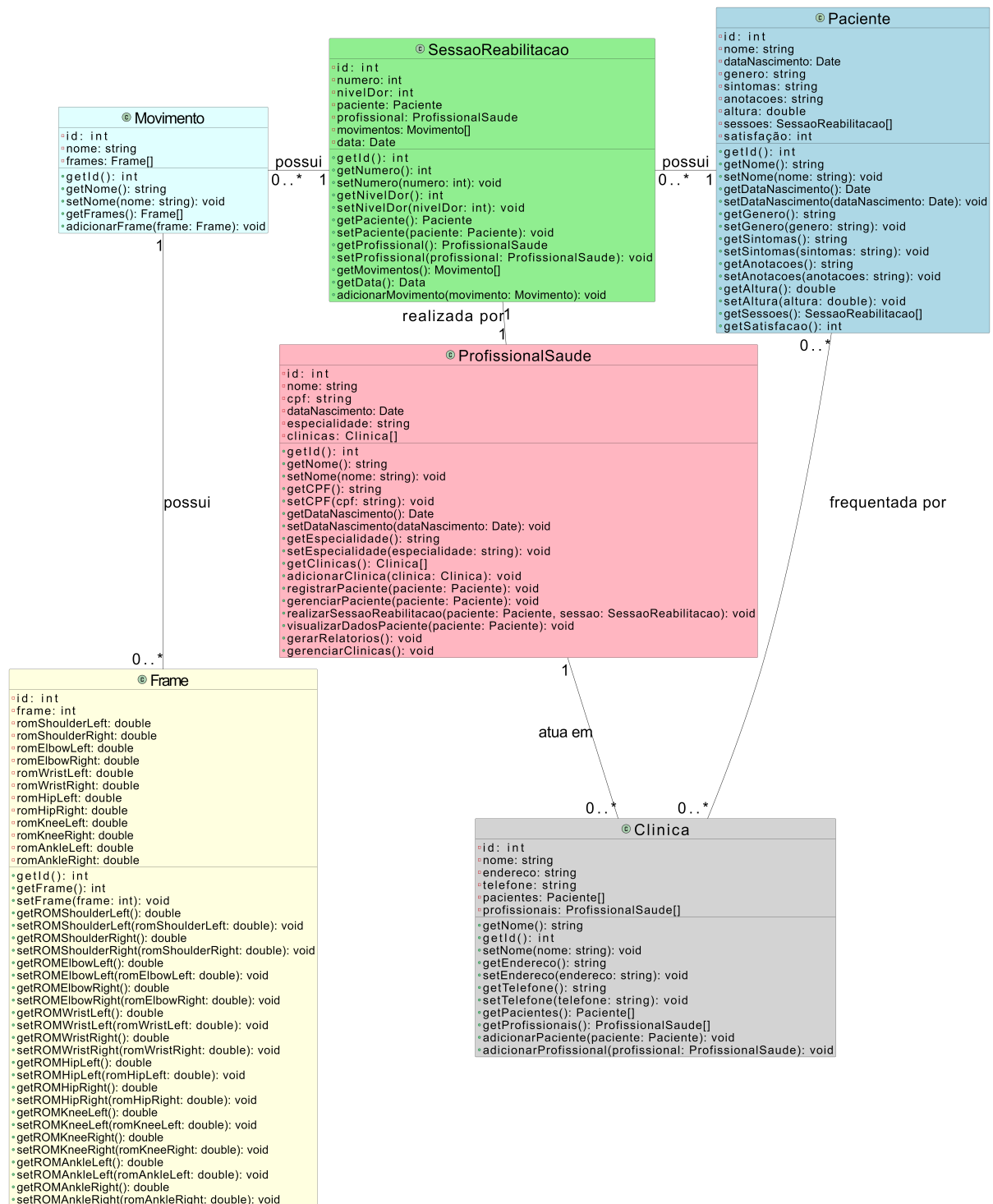
1. Interface de Usuário: A interface do usuário engloba o Painele Administrativo, o Painele do Paciente e o Registro do Paciente. Cada um desses componentes oferece funcionalidades específicas, adaptadas para atender às necessidades variadas de profissionais de saúde e pacientes.
2. Banco de Dados: Dividido em segmentos dedicados a pacientes, profissionais da saúde, sessões de reabilitação e clínicas, o banco de dados é estruturado para armazenar informações cruciais para o acompanhamento e a gestão eficaz dos pacientes.
3. Serviço de Autenticação: Responsável pela salvaguarda do sistema, o serviço de autenticação assegura que apenas usuários autorizados tenham acesso, garantindo a proteção dos dados sensíveis dos pacientes.
4. Componente Central/Servidor de Aplicação: O núcleo do sistema, este componente coordena operações, garantindo uma experiência coesa aos usuários e efetivo gerenciamento de dados.
5. Serviços Essenciais: Este conjunto vital de serviços compreende a base funcional do sistema, incluindo o CRUD de Pacientes, CRUD de Sessões, CRUD de Movimentos, CRUD de Profissionais de Saúde, CRUD de Clínicas, Monitoramento de Sessões, Análise de Movimentos, Comunicação entre Profissionais, Visualização de Dados, Escalabilidade, Backup e Recuperação, e Segurança.
6. Serviços Complementares: Ampliando as funcionalidades principais, os serviços complementares incluem a Reprodução do Movimento, Reconhecimento do Movimento, Geração de Gráficos de Movimento e Filtro de Juntas, proporcionando recursos especializados para atender às demandas específicas dos usuários.

6.1 Estrutura de Dados da Aplicação

A estrutura de dados da aplicação desempenha um papel fundamental na arquitetura desenvolvida para a clínica de reabilitação. Ela é projetada para armazenar e gerenciar informações essenciais relacionadas aos pacientes, sessões de reabilitação, movimentos e profissionais de saúde que utilizam o sistema. Esses componentes formam a base para a operação eficiente da clínica, possibilitando o acompanhamento individualizado dos pacientes, o registro preciso de dados de reabilitação e a colaboração dos profissionais de saúde. Essa estrutura é ilustrada na Figura 21 e as suas classes são explicadas posteriormente.

Paciente: A classe Paciente representa as informações dos pacientes da clínica. Cada paciente pode participar de zero ou mais sessões de reabilitação, registrando detalhes como nome,

Figura 21 – Diagrama de Classes da Arquitetura de Microserviços implementada



Fonte: Próprio autor.

data de nascimento, gênero, sintomas, anotações pessoais e histórico de sessões. Esses dados são cruciais para o acompanhamento e tratamento individualizado de cada paciente.

Sessão de Reabilitação: A classe *SessaoReabilitacao* registra informações específicas sobre cada sessão de reabilitação realizada pelos pacientes. Ela inclui detalhes como o

número da sessão, nível de dor relatado, o paciente associado a essa sessão e uma lista de movimentos realizados durante a sessão. Esses dados são fundamentais para avaliar o progresso do paciente e ajustar o tratamento conforme necessário.

Movimento: A classe Movimento é responsável por armazenar informações sobre os movimentos realizados durante as sessões de reabilitação. Ela inclui o nome do movimento e uma lista de quadros (*frames*) que registram os ângulos das articulações em cada momento. Isso é essencial para analisar e avaliar o desempenho do paciente durante os exercícios de reabilitação.

Frame: A classe Frame contém informações detalhadas sobre cada quadro capturado durante os movimentos realizados nas sessões de reabilitação. Ela armazena dados como o número do quadro e os ângulos das articulações em cada momento. Esses dados possibilitam uma análise precisa dos movimentos e podem ajudar a identificar áreas que requerem atenção especial.

Profissional de Saúde: O Profissional de Saúde é responsável por atuar em uma ou mais clínicas, realizar sessões de reabilitação, registrar e gerenciar pacientes, visualizar informações de pacientes, gerar relatórios e administrar as clínicas. Ele desempenha um papel fundamental na operação do sistema de reabilitação.

Clínica: A classe Clínica representa as informações relacionadas às clínicas de reabilitação, como nome, endereço e telefone. Ela é importante para o gerenciamento e o registro de clínicas em que os profissionais de saúde podem realizar sessões de reabilitação.

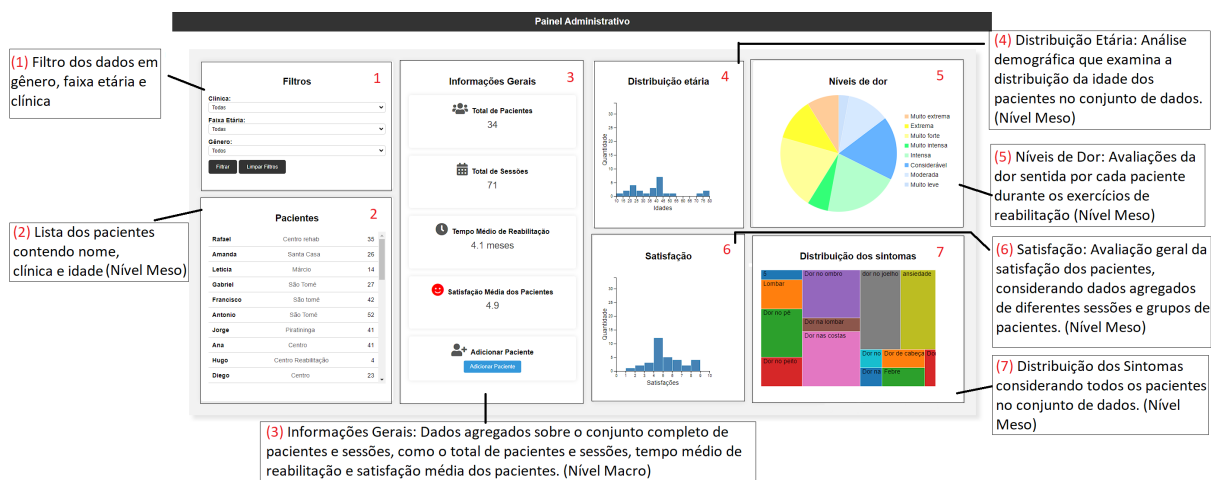
6.2 Painel de Controle para clínicas de reabilitação

Neste contexto, é apresentado o painel de controle para clínicas de reabilitação, que representa o recorte da arquitetura específica para atender às necessidades deste ambiente clínico. A visualização dos dados segue a lógica feita por (RAHMAN et al., 2016), com o painel administrativo contendo análises de macro e meso, e o painel do paciente, análises de meso e micro, proporcionando uma compreensão abrangente do progresso do paciente em diferentes níveis de granularidade.

6.2.1 Painel Administrativo

O Painel Administrativo, representado na Figura 22, desempenha um papel fundamental como a página inicial do sistema. É projetado para atender às necessidades dos profissionais de saúde responsáveis pela gestão dos pacientes na clínica de reabilitação. Este componente oferece um conjunto abrangente de recursos e funcionalidades, possibilitando uma gestão eficiente e personalizada.

Figura 22 – Painel Administrativo da Clínica de Reabilitação.



Fonte: Próprio autor.

Inclui filtros que possibilitam a segmentação e a visualização dos pacientes com base em critérios específicos, como clínica, faixa etária e gênero. Essa capacidade de filtragem simplifica a busca e a seleção de pacientes para análise e tomada de decisões.

O Painel Administrativo também exibe informações gerais, como o número total de pacientes registrados no sistema e o total de sessões de reabilitação realizadas. Esses dados são complementados por estatísticas relevantes, como a média do tempo de reabilitação dos pacientes. Essas informações consolidadas proporcionam uma visão panorâmica do desempenho e da eficácia do programa de reabilitação.

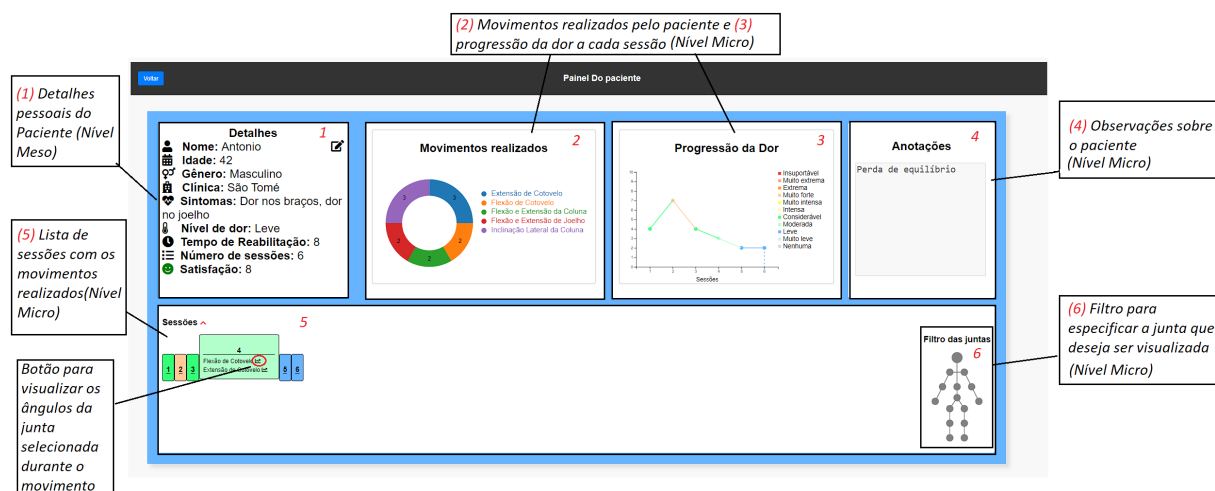
Os profissionais de saúde também se beneficiam dos recursos visuais fornecidos pelos gráficos interativos no Painel Administrativo. Esses gráficos apresentam visualmente a distribuição etária dos pacientes, a satisfação média dos pacientes, a distribuição dos níveis de dor e os sintomas mais comuns relatados. Essas representações gráficas oferecem uma compreensão rápida e intuitiva dos dados, ajudando os profissionais de saúde a identificar tendências e padrões relevantes.

Por fim, o Painel Administrativo possibilita a adição de novos pacientes ao sistema. Essa funcionalidade simplifica e agiliza o processo de registro de novos pacientes, garantindo a inclusão adequada de informações cruciais para um acompanhamento e análise adequados.

6.2.2 Painel do Paciente

O Painel do Paciente foi projetado para fornecer uma visão detalhada e personalizada das informações de cada paciente individualmente e é apresentado na Figura 23. Nesta parte da arquitetura, os profissionais de saúde têm acesso a dados e *insights* específicos sobre cada paciente, possibilitando um acompanhamento personalizado e eficiente.

Figura 23 – Painel do Paciente - Detalhes Personalizados.



Fonte: Próprio autor.

O Painel do Paciente apresenta detalhes pessoais do paciente, como nome, idade, gênero, clínica e sintomas relatados. Essas informações essenciais fornecem um contexto abrangente sobre cada paciente, auxiliando na personalização do atendimento e no ajuste do plano de reabilitação às necessidades individuais.

Gráficos interativos são utilizados no Painel do Paciente para visualizar o progresso do paciente ao longo do tempo. Esses gráficos exibem os movimentos realizados pelo paciente em sessões de reabilitação anteriores, possibilitando uma avaliação objetiva do desempenho e do progresso. Além disso, um gráfico dedicado à progressão da dor possibilita aos profissionais de saúde monitorar e analisar as mudanças nos níveis de dor relatados pelo paciente ao longo do tempo. Esses gráficos são uma ferramenta valiosa para identificar áreas de melhoria e ajustar o plano de reabilitação de acordo. Isso possibilita um acompanhamento individualizado e um tratamento mais eficaz.

A seção de anotações no Painel do Paciente desempenha um papel importante na comunicação entre os profissionais de saúde e na manutenção de um histórico detalhado do tratamento do paciente ao longo do tempo. As informações registradas, como recomendações de tratamento, observações clínicas e atualizações do plano de reabilitação, podem ser compartilhadas entre a equipe de cuidados, garantindo uma abordagem coesa e contínua.

Além disso, o Painel do Paciente apresenta uma lista das sessões de reabilitação conduzidas pelo paciente. Essa lista possibilita aos profissionais de saúde revisar e acessar rapidamente detalhes específicos de cada sessão. Os profissionais também têm a opção de adicionar novas sessões ao sistema, fornecendo uma atualização contínua e precisa do histórico de reabilitação de cada paciente.

6.2.3 Ângulos e informações sobre o movimento

Dado que cada sessão inclui um conjunto específico de exercícios, é possível observar os ângulos da junta selecionada no filtro, identificado como número 6 na Figura 23, juntamente com informações adicionais sobre o movimento. Estas incluem a média dos pontos máximos e mínimos atingidos, a tendência do movimento, a duração da sazonalidade, a média da amplitude sazonal e a variação aleatória.

Adicionalmente, a decomposição sazonal do movimento é apresentada. Esta técnica analítica é empregada para separar os distintos componentes que contribuem para as variações temporais, nomeadamente: tendência, sazonalidade e resíduo. A tendência indica a direção geral do movimento ao longo do tempo, podendo ser crescente, decrescente ou estável. A identificação desta tendência é crucial para compreender as alterações a longo prazo nos dados. Por sua vez, a sazonalidade refere-se a padrões que se repetem em intervalos regulares, como o aumento nas vendas de roupas de inverno durante os meses mais frios. A decomposição sazonal isola esses padrões periódicos na série temporal, facilitando análise e previsão. O resíduo compreende as flutuações irregulares que não seguem um padrão identificável, representando a parte da série temporal não explicada pela tendência ou sazonalidade. Essas características são evidenciadas na Figura 24, a qual apresenta o gráfico do movimento da junta. No caso, a flexão de cotovelo realizada na sessão 3 é destacada, sendo a junta selecionada o cotovelo esquerdo. A figura também exibe a decomposição sazonal desse movimento, juntamente com informações pertinentes sobre o mesmo.

6.2.4 Registro do Paciente

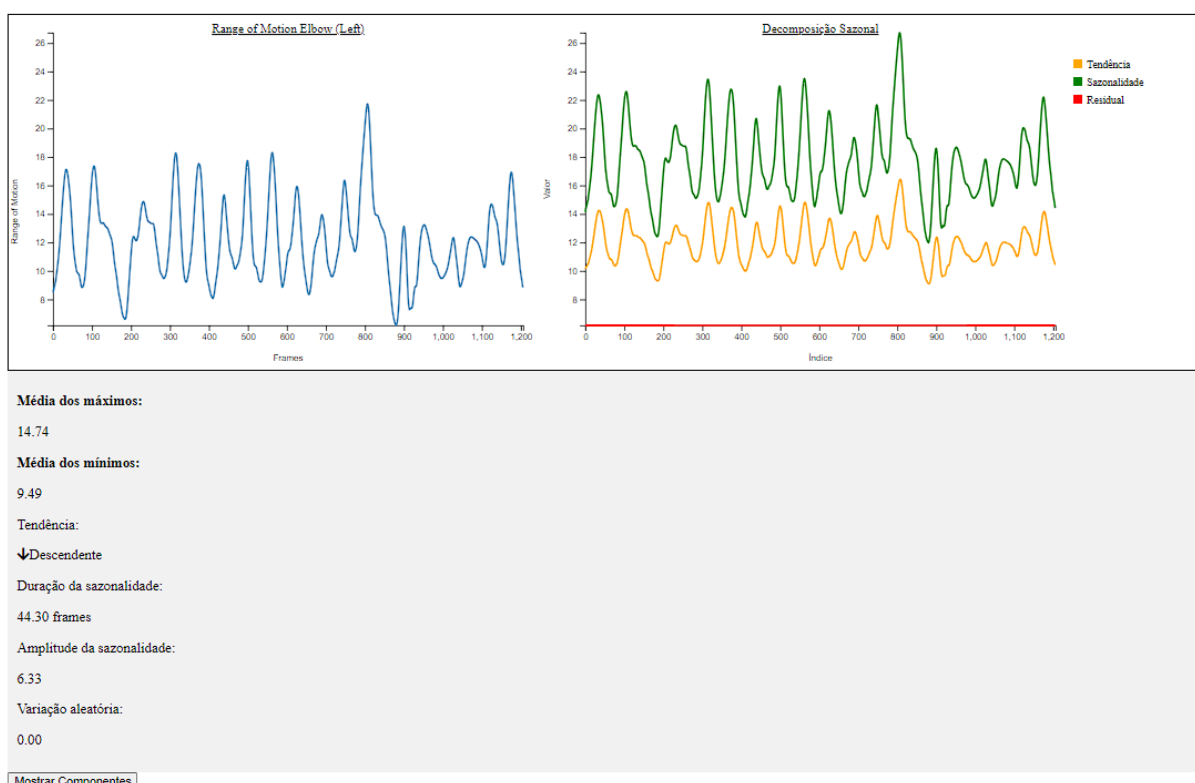
O componente de Adicionar Paciente oferece uma interface intuitiva e simplificada para o registro de novos pacientes no sistema. O formulário de adição de paciente contém campos nos quais são inseridas informações cruciais, como nome, idade, gênero, clínica, sintomas, tempo de reabilitação e nível de satisfação relatado. Esses campos garantem a inclusão de dados essenciais para personalizar o atendimento e possibilitam uma análise aprofundada do progresso do paciente. Essa página é ilustrada na Figura 25.

Além disso, a página de Adicionar Paciente possibilita que os profissionais de saúde incluam anotações relevantes no momento do registro. Essas anotações podem ser usadas para registrar detalhes específicos, como histórico médico relevante, informações sobre lesões prévias ou tratamentos anteriores. Essas informações adicionais auxiliam na avaliação inicial do paciente e no planejamento adequado do tratamento.

Por fim, a página de Adicionar Paciente oferece aos profissionais de saúde a opção de anexar arquivos de sessões do paciente. Isso é especialmente útil para preservar e organizar registros relevantes, como relatórios médicos, resultados de exames e notas de tratamentos anteriores. Essa funcionalidade assegura a integridade e a centralização de todas as informações

Figura 24 – Ângulos e informações sobre o movimento

Sessão 3: Gráficos de Flexão de Cotovelo



Fonte: Próprio autor.

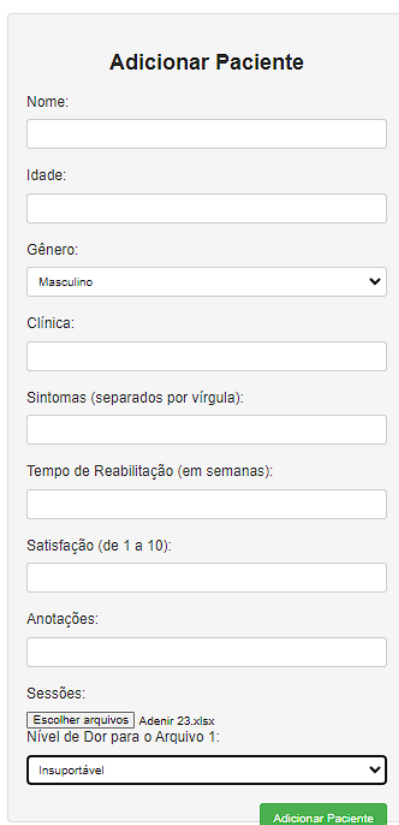
relevantes em um único local, facilitando o acesso e a referência futura pelos profissionais de saúde.

Em resumo, a implementação do sistema de gerenciamento de pacientes para a clínica de reabilitação oferece uma solução abrangente e integrada para auxiliar os profissionais de saúde em seu trabalho diário. Desde o Painel Administrativo, com recursos de filtragem, estatísticas e gráficos interativos, até o Painel do Paciente, com informações detalhadas e gráficos de progresso individual, o sistema fornece uma visão completa do estado de cada paciente e do programa de reabilitação como um todo. Além disso, a página de Adicionar Paciente facilita o registro de novos pacientes e a coleta de informações essenciais, garantindo uma abordagem personalizada e eficaz no cuidado de cada indivíduo.

6.3 Contribuições e validação

A arquitetura de microsserviços proposta para o sistema de reabilitação representa uma significativa inovação, destacando-se pela adaptabilidade às mudanças e capacidade de evoluir continuamente. A abordagem modular permite a incorporação eficiente de novos serviços, como o "Sistema de Recomendação de Tratamento", sem perturbar a estrutura

Figura 25 – Formulário de registro do paciente.



Adicionar Paciente

Nome:

Idade:

Gênero:

Clínica:

Sintomas (separados por vírgula):

Tempo de Reabilitação (em semanas):

Satisfação (de 1 a 10):

Anotações:

Sessões: Adenir 23.xlsx
Nível de Dor para o Arquivo 1:

Adicionar Paciente

Fonte: Próprio autor.

existente. A escalabilidade horizontal capacita o sistema a enfrentar aumentos substanciais na demanda, replicando e distribuindo microserviços conforme necessário. A integração facilitada de tecnologias emergentes, exemplificada pela "Integração de Dispositivos de Medição Física", assegura que o sistema permaneça na vanguarda. A capacidade de atualizar a segurança de forma independente e a contínua evolução da interface do usuário refletem a adaptabilidade da arquitetura às demandas em constante evolução, garantindo um sistema robusto e eficiente ao longo do tempo.

A validação da implementação foi conduzida por meio de interações com o profissional da saúde que desempenhou um papel fundamental na análise dos requisitos. As valiosas sugestões e *feedbacks* foram incorporados para aprimorar a usabilidade e eficácia do sistema. A personalização oferecida pelo Painel do Paciente, permitindo uma visão individualizada do progresso e das necessidades de cada paciente, foi destacada como uma contribuição significativa. Além disso, a capacidade de registrar anotações detalhadas no Painel do Paciente foi ressaltada como uma ferramenta valiosa para a comunicação entre os profissionais de saúde, fortalecendo ainda mais a utilidade prática do sistema.

6.4 Atendimento aos Requisitos Especificados

A arquitetura implementada atendeu aos requisitos específicos detalhados no Capítulo 5.1. Os componentes essenciais, como o Painel Administrativo, o Painel do Paciente e o Registro do Paciente, foram desenvolvidos com foco na modularidade, escalabilidade e segurança. A estrutura de dados da aplicação, representada no diagrama de classes, demonstra a integração eficiente entre os elementos, garantindo a coleta, armazenamento e recuperação eficaz de dados.

6.5 Vantagens e Limitações

A arquitetura desenvolvida para a clínica de reabilitação apresenta vantagens significativas, ao mesmo tempo em que reconhece algumas limitações.

6.5.1 Vantagens

- **Personalização para atender necessidades clínicas:** Uma das principais vantagens é a capacidade de personalização para atender às necessidades específicas das clínicas de reabilitação. A modularidade da arquitetura possibilita adaptações precisas, garantindo que o sistema seja ajustado conforme as demandas clínicas evoluem ao longo do tempo. Essa flexibilidade contribui para a eficácia e relevância contínua do sistema.
- **Integração de recursos visuais para análise de dados:** A arquitetura facilita a integração de recursos visuais para análise de dados, proporcionando uma experiência mais rica para profissionais de saúde. Gráficos, relatórios detalhados e ferramentas de visualização avançadas possibilitam uma análise aprofundada do progresso dos pacientes, auxiliando na tomada de decisões informadas e na otimização do tratamento.
- **Facilidade de registro e acompanhamento de pacientes:** A abordagem de microsserviços oferece facilidade no registro e acompanhamento de pacientes. Através dos serviços dedicados, profissionais de saúde podem acessar e atualizar informações de maneira eficiente, melhorando a qualidade do atendimento e proporcionando uma experiência mais transparente para os pacientes.

6.5.2 Limitações

- **Dependência da precisão dos dados profissionais de saúde:** Uma limitação essencial é a dependência da precisão dos dados fornecidos pelos profissionais de saúde. A qualidade e confiabilidade das informações registradas diretamente influenciam a eficácia do sistema. Portanto, a necessidade de treinamento contínuo e conscientização entre os usuários é crítica para assegurar a integridade dos dados.

- Necessidade de treinamento para utilização eficaz: Outra consideração importante é a necessidade de treinamento adequado para a utilização eficaz do sistema. Dada a complexidade das funcionalidades oferecidas, é essencial garantir que os usuários, especialmente profissionais de saúde, estejam devidamente treinados para explorar todo o potencial do sistema, minimizando possíveis erros de uso.

Além disso, a arquitetura oferece benefícios específicos que impactam positivamente o desempenho e a adaptabilidade do sistema:

- Modularidade: Essa abordagem possibilita a divisão do sistema em componentes independentes, cada um responsável por uma funcionalidade específica. Essa modularidade facilita o desenvolvimento, a manutenção e a evolução do sistema, possibilitando que cada serviço seja gerenciado e atualizado de forma isolada, sem impactar o funcionamento dos demais.
- Escalabilidade: A arquitetura possibilita que cada serviço seja dimensionado individualmente de acordo com a demanda, garantindo que o sistema mantenha o desempenho adequado mesmo em momentos de alta utilização. A escalabilidade sob demanda garante uma experiência de usuário fluida e sem interrupções.
- Facilidade de Manutenção: Visto que cada componente opera de forma isolada, as atualizações, correções e melhorias podem ser realizadas sem afetar o funcionamento global do sistema. Isso reduz a complexidade dos processos de desenvolvimento e manutenção, diminuindo os riscos de erros e minimizando o tempo de inatividade.
- Flexibilidade: A possibilidade de integrar novos serviços conforme necessário permite que o sistema se adeque às particularidades de cada ambiente clínico, possibilitando a personalização da experiência do usuário e a implementação de funcionalidades especializadas.
- Segurança: A implementação de medidas robustas de segurança em cada microsserviço protege os dados dos pacientes contra acessos não autorizados, garantindo a confidencialidade e a integridade das informações.

6.6 Aplicação Prática e Implantação

Para implantar o sistema em uma clínica, seria necessário um processo de integração com os sistemas existentes, treinamento da equipe de saúde e adaptação conforme as necessidades específicas da instituição. A estrutura modular possibilita uma implementação personalizada, ajustada às práticas e fluxos de trabalho da clínica.

O desenvolvimento desta arquitetura representa um avanço significativo no campo de sistemas de gestão para clínicas de reabilitação. A abordagem centrada no paciente, a

modularidade e a integração de tecnologias visuais oferecem um conjunto robusto de ferramentas para os profissionais de saúde. À medida que as vantagens dessa arquitetura se traduzem em benefícios tangíveis, como personalização, integração de dados visuais e facilidade de registro, é fundamental explorar a aplicação prática e a efetiva implantação do sistema.

A validação prática ocorreu por meio de interações com profissionais da saúde, incorporando sugestões e *feedback* para aprimorar a usabilidade e eficácia. A importância da personalização oferecida pelo Painel do Paciente, possibilitando uma visão individualizada do progresso e das necessidades de cada paciente, foi destacada. Além disso, a capacidade de registrar anotações detalhadas no Painel do Paciente foi ressaltada como uma ferramenta valiosa para a comunicação entre os profissionais de saúde.

No atendimento aos requisitos especificados, a arquitetura implementada focou nos componentes essenciais, como o Painel Administrativo, o Painel do Paciente e o Registro do Paciente, desenvolvidos com foco na modularidade, escalabilidade e segurança. A estrutura de dados da aplicação, representada no diagrama de classes, demonstra a integração eficiente entre os elementos, garantindo a coleta, armazenamento e recuperação eficaz de dados.

Em resumo, enquanto a arquitetura apresenta vantagens significativas, é na sua aplicação prática e implantação que seu verdadeiro impacto é percebido. A evolução contínua do sistema, baseada no feedback prático e nas necessidades clínicas emergentes, é essencial para garantir sua relevância e eficácia ao longo do tempo.

7 Conclusões

A arquitetura de microsserviços não apenas absorveu valiosas contribuições dos trabalhos analisados, mas também apresenta vantagens distintas em relação a essas pesquisas. Suas características modulares proporcionam uma personalização eficaz para atender às necessidades específicas das clínicas de reabilitação, possibilitando a adaptação precisa conforme as demandas evoluem ao longo do tempo. A escalabilidade da arquitetura possibilita que cada serviço seja dimensionado individualmente de acordo com a demanda, garantindo desempenho adequado mesmo em momentos de alta utilização.

A integração de recursos visuais para análise mais aprofundada é facilitada pela abordagem de microsserviços, possibilitando uma experiência rica para os profissionais de saúde. A modularidade da arquitetura também contribui para a facilidade de manutenção, com atualizações e melhorias podendo ser realizadas de forma isolada, sem impactar o funcionamento global do sistema. A flexibilidade da arquitetura possibilita a integração de novos serviços conforme necessário, promovendo uma experiência personalizada e adaptável.

No entanto, é crucial reconhecer as limitações, como a dependência da precisão dos dados fornecidos pelos profissionais de saúde. A arquitetura aborda essa limitação com a implementação de medidas robustas de segurança em cada microsserviço, garantindo a confidencialidade e integridade das informações. A necessidade de treinamento para a utilização eficaz do sistema é abordada com ênfase na validação prática, assegurando que os usuários, especialmente profissionais de saúde, estejam devidamente treinados para explorar todo o potencial do sistema.

A validação prática, com a participação ativa e *feedback* positivo dos profissionais de saúde, reforça a eficácia da arquitetura no gerenciamento e acompanhamento dos pacientes. As melhorias na eficiência operacional e no acompanhamento durante o tratamento são evidências tangíveis do impacto positivo do sistema de controle. Para o futuro, a avaliação da escalabilidade em cenários mais amplos, a integração com outros sistemas de saúde e a aplicação de técnicas avançadas, como aprendizado de máquina e inteligência artificial, representam perspectivas promissoras.

A continuidade da pesquisa e a colaboração com outras instituições de saúde interessadas em aprimorar seus processos de reabilitação são passos essenciais para avançar e ampliar a aplicação desta arquitetura inovadora. Em resumo, a arquitetura de microsserviços não apenas representa uma evolução significativa na gestão da reabilitação, mas também oferece vantagens distintas que contribuem para a eficácia, adaptabilidade e personalização no contexto clínico.

Referências

ANDRADE, L. T. d.; ARAÚJO, E. G. d.; ANDRADE, K. d. R. P.; SOARES, D. M.; CHIANCA, T. C. M. Papel da enfermagem na reabilitação física. Revista Brasileira de Enfermagem, Associação Brasileira de Enfermagem, v. 63, n. 6, p. 1056–1060, Nov 2010. ISSN 0034-7167. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0034-71672010000600029>>.

ANTON, D.; BERGES, I.; BERMÚDEZ, J.; GOÑI, A.; ILLARRAMENDI, A. A telerehabilitation system for the selection, evaluation and remote management of therapies. Sensors, v. 18, n. 5, 2018. ISSN 1424-8220. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1424-8220/18/5/1459>>.

BASS, L.; CLEMENTS, P.; KAZMAN, R. Software Architecture in Practice. [S.l.]: Addison-Wesley, 2012.

BERNSTEIN, S. What Is Physical Therapy? 2021. Acessado 16 de novembro de 2021. Disponível em: <<https://www.webmd.com/pain-management/what-is-physical-therapy>>.

BLOBEL, B.; OEMIG, F.; RUOTSALAINEN, P.; LOPEZ, D. M. Transformation of health and social care systems—an interdisciplinary approach toward a foundational architecture. Frontiers in Medicine, v. 9, 2022. ISSN 2296-858X. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmed.2022.802487>>.

BORCHERT, K.; SCHAPRANOW, D. Software architectures for digital health. Data Management for Digital Health, 2020.

BÁSICA, B. M. da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de A. Práticas em reabilitação na AB: o olhar para a funcionalidade na interação com o território. Brasília, 2017. 50 p. : il. Disponível em: <URL_DO_RECURSO_ELETRONICO>.

CAMPOS, C. O que é uma arquitetura baseada em eventos? Programaria, julho 2022. Disponível em: <<https://www.programaria.org/arquitetura-baseada-eventos/>>.

CLARA, H. S. Como a tecnologia está transformando a área da saúde. 2023. Acesso em: 13 de Novembro de 2023. Disponível em: <<https://hospitalsantaclara.com.br/como-a-tecnologia-esta-transformando-a-area-da-saude/>>.

DUNNEBEIL, S.; SUNYAEV, A.; LEIMEISTER, J. M.; KRCMAR, H. Modular architecture of value-added applications for german healthcare telematics. Business and Information Systems Engineering the international journal of Wirtschaftsinformatik, p. 1–14, 02 2013.

GARLAN, D.; MONROE, R. T.; WILE, D. Acme: An architecture description interchange language. In: Proceedings of CASCON'94. [S.l.: s.n.], 1994. p. 169–183.

IBM. Service Component Architecture (SCA). 2023. Acessado em: 2023-01-10. Disponível em: <<https://www.ibm.com/docs/en/cics-ts/6.1?topic=applications-service-component-architecture-sca>>.

IBM Cloud Team. SOA vs. Microservices: What's the Difference? May 14 2021.

LEE, M.; ABDULLAH, H.; BASIR, O. Model-driven interactive system design for therapy robots. Journal of Intelligent and Robotic Systems, v. 39, p. 345–363, 04 2004.

MARQUES, N.; OLIVEIRA, H. P.; NOVAIS, A. A middleware framework for ambient assisted living: Case-study on activity monitoring and fall detection. Journal of Sensors, v. 2016, p. 2978432, 2016.

MARSCHOLLEK, M.; REHWALD, S.; WOLF, A.; GIETZELT, D.; SALDAMLI, G.; SONG, M.; SCHÜTT, H. J.; HEIN, A. Sensors vs. experts—a performance evaluation of sensor-based fall risk assessment in a geriatric setting. Biomedical Engineering/Biomedizinische Technik, v. 57, n. 6, p. 403–411, 2012.

MEDINA, J. L. P.; JIMENES, K.; LECONTE, L.; VILLARREAL, S.; RYBARCZYK, Y.; VANDERDONCKT, J. ephort: Towards a reference architecture for tele-rehabilitation systems. IEEE Access, PP, p. 1–1, 07 2019.

MUNDIAL, O. M. D. S. B. Relatório mundial sobre a deficiência/World Health Organization, The World Bank. [S.l.: s.n.], 2011. Tradução Lexicus Serviços Lingüísticos. - São Paulo: SEDPcD, 2012.

OH, S.; CHA, J.; JI, M.; KANG, H.; KIM, S.; HEO, E.-Y.; HAN, J.; KANG, H.; CHAE, H.; HWANG, H.; YOO, S. Architecture design of healthcare software-as-a-service platform for cloud-based clinical decision support service. Healthcare Informatics Research, v. 21, p. 102, 04 2015.

OWENS, J.; RAUZI, M.; KITTELSON, A.; GRABER, J.; BADE, M.; JOHNSON, J.; NABHAN, D. How new technology is improving physical therapy. Current Reviews in Musculoskeletal Medicine, v. 13, p. 1–12, 04 2020.

PINOCHET, L. H. C. Tendências de tecnologia de informação na gestão da saúde: Doi:10.15343/0104-7809.2011354382394. O Mundo da Saúde, v. 35, n. 4, p. 382–394, out. 2011. Disponível em: <<https://revistamundodasaude.emnuvens.com.br/mundodasaude/article/view/531>>.

PLAZA, A. M.; DIAZ, J.; PEREZ, J. Software architectures for health care cyber-physical systems: A systematic literature review. Journal of Software: Evolution and Process, v. 30, n. 7, p. e1930, 2018. E1930 JSME-16-0265.R3. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/smr.1930>>.

QUINTERO, C.; FUENTE, P.; BARRIO, M.; GUTIÉRREZ, M. E. Arquitectura de software dinámica basada en reflexión. In: . [S.l.: s.n.], 2000. p. 203–216.

RAHMAN, M.; WADHWA, B.; KANKANHALLI, A.; YEOW, R. C.-H.; CHENG, k.; LIM, J.; JAYAKKUMAR, S.; CHUA, C. Gear analytics: A clinician dashboard for a mobile game assisted rehabilitation system. In: . [S.l.: s.n.], 2016.

RATNAM, I.; SINGH, P.; PATEL harsha. Paperless hospital service. International Journal of Advance Research and Innovative Ideas in Education, v. 4, p. 766–769, 2018.

SANTOS, P. Quais as diferenças entre arquitetura monolítica e microsserviços, suas vantagens e desvantagens. AR Phoenix, outubro 2021. Disponível em: <<https://arphoenix.com.br/quais-as-diferencas-entre-arquitetura-monolitica-e-microsservicos-suas-vantagens-e-desvantagens/>>.

SCHALL, M.; CULLEN, L.; PENNATHUR, P.; CHEN, H.; BURRELL, K.; MATTHEWS, G. Usability evaluation and implementation of a health information technology dashboard of evidence-based quality indicators. Computers, informatics, nursing : CIN, v. 35, 12 2016.

SHAW, M.; GARLAN, D. Software Architecture: Perspectives on an Emerging Discipline. [S.l.]: Prentice Hall, 2014.

SOCIAL, I. N. de S. Manual Técnico de Procedimentos da Área de Reabilitação Profissional. Diretrizes para concessão, no âmbito da reabilitação profissional, de órteses, próteses ortopédicas não implantáveis, meios auxiliares de locomoção e acessórios. 2015. Acessado 16 de novembro de 2021. Disponível em: <<http://www.prosafe.com.br/getfile?MONITOR=NO&FL=MDM5NWM1Yml5MjQ2NjNmNTZjY2E0OTI5NzExM2JiOTVmMmM1ZThjMF9mbF8xMjg2LnBkZg.pdf>>.

STEINER, W.; RYSER, L.; HUBER, E. O.; UEBELHART, D.; AESCHLIMANN, A. G.; STUCKI, G. Use of the icf model as a clinical problem-solving tool in physical therapy and rehabilitation medicine. Physical therapy, v. 82 11, p. 1098–107, 2002.

TUMMERS, J.; TOBI, H.; CATAL, C.; TEKINERDOGAN, B. Designing a reference architecture for health information systems. BMC Medical Informatics and Decision Making, v. 21, 07 2021.

UNLUTURK, M.; UTKU, S. Hospital paperless communication technologies. 04 2021.

VALENTE, M. T. Engenharia de Software Moderna: Princípios e Práticas para Desenvolvimento de Software com Produtividade. [S.l.]: Editora: Independente, 2020.

VASUDEVA, V.; KUMAR, S. Design and development of a healthcare monitoring system using iot-based architecture. In: 2015 International Conference on Communications and Signal Processing (ICCSP). [S.l.: s.n.], 2015. p. 228–232.

WHO. Rehabilitation. 2021. Acessado 15 de novembro de 2021. Disponível em: <<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/rehabilitation>>.