**Universidade Federal de Goiás**

**Instituto de Informática**

**Engenharia de Software**

**Disciplina: Padrões de Arquitetura de Software**

**Trabalho Final da Disciplina**

**Projeto: Transferência do Cuidado de Pacientes 3.0**

**Objetivo**

Projetar e implementar uma arquitetura de um sistema que viabilize a transferência de pacientes entre unidades hospitalares no contexto da web 3.0. Deverá atender aos atributos de qualidade de usabilidade (facilidade de aprender e de uso) e segurança.

**Descrição do trabalho**

Espera-se que os alunos entreguem 1) a arquitetura implantada e 2) a documentação arquitetural correspondente.

A arquitetura pode ser implantada localmente (máquina própria). O modelo de comunicação e a linguagem não são requisitos impostos (ou seja, os alunos podem escolher ambos, tais como, Python, Java, etc., RMI, etc.).

A avaliação do trabalho consistirá em 40% para análise da arquitetura implantada e

60% para a documentação.

A documentação deve incluir no formato da ISO 42010:

- As 4+1 visões documentadas em UML da arquitetura;

- Enumerar quais padrões foram utilizados;

- Documentação das decisões arquiteturais; e

- Um desenho da arquitetura que ilustra a ideia da solução

O trabalho deve ser realizado em grupos de até 4 integrantes, deve ser disponibilizado para visualização por usuários externos (avaliadores do sistema em produção), deve ser entregue via Plataforma Turing (código e documentação) e github até o dia 27 de fevereiro de 2023. As apresentações dos trabalhos ocorrerão no dia 27 de fevereiro de 2023, com tempo estimado de 15 minutos de apresentação de cada projeto, com mais 8 minutos de arguição.

**Contexto do problema**

Transferência do Cuidado de Pacientes, como alvo de investigação e de desenvolvimento por meio do uso da Web 3.0. Nesse processo, um paciente recebe um primeiro atendimento, que pode, em alguns casos, ser emergencial, por uma equipe de saúde, quando são feitos exames e avaliada a sua condição de saúde. Em seguida, o cuidado do paciente é transferido para outra equipe de profissionais na mesma ou em outra unidade de atendimento.

A transferência do cuidado é definida como a mudança das responsabilidades do cuidado de um paciente ou de um grupo de pacientes, para um profissional ou para um grupo de profissionais de forma definitiva ou temporária. Isso pode ocorrer com o movimento de pacientes entre locais de atendimento de saúde, prestadores ou diferentes níveis de atendimento dentro do mesmo local, à medida que suas condições e necessidades de atendimento mudam. Esse processo é essencial entre todas as esferas da saúde, ou seja, no atendimento ambulatorial, urgência/emergência e ambiente hospitalar. A chave para uma boa transferência de cuidados é uma boa comunicação [Methangkool 2019]. Nesse sentido, alguns pontos devem ser garantidos, tais como as informações clínicas necessárias para assumir o atendimento, um resumo dos problemas médicos ativos e o plano de tratamento do paciente no momento da transferência. Quando essa comunicação é realizada de forma completa, segura e ininterrupta, ela garante a qualidade na assistência e impacta no aumento da segurança do paciente. De fato, transições de cuidado mal executadas estão associadas a custos mais elevados, aumento de hospitalizações evitáveis, re-hospitalização e piores resultados de saúde. Transições deficientes que resultam na perda de informações clínicas críticas do paciente aumentam o risco de erros médicos, representando uma ameaça à segurança do paciente.

Sistemas automatizados, tais como prontuários eletrônicos, promovem mais robustez à comunicação no atendimento em saúde e ajudam a evitar possíveis erros de fluxo de trabalho e erros humanos envolvidos na transmissão de dados. No entanto, muitos pontos que ainda impactam negativamente o fluxo de trabalho em um hospital estão diretamente relacionados com as interfaces de interação utilizadas durante o atendimento, bem como a tecnologia de comunicação de rede que apoia os processos hospitalares. A documentação clínica, por exemplo, ainda é totalmente dependente de interfaces como monitores e teclados, os quais podem reduzir a atenção do profissional de saúde durante o atendimento do paciente. Avanços recentes em algoritmos de reconhecimento de fala e processamento de linguagem natural podem mudar essa situação, permitindo o registro de dados clínicos através de comando de voz, aumentando o foco no paciente. Adicionalmente, tecnologias emergentes de monitoramento de sinais vitais à distância também podem ser usadas para enriquecer e complementar a documentação clínica do paciente de forma automatizada.

Outro desafio enfrentado nos ambientes hospitalares é a falta de uma tecnologia de comunicação que permita a transmissão de um grande volume de dados de forma flexível, confiável e com baixa latência, especialmente entre as unidades hospitalares. Nesse contexto, a implantação da tecnologia 5G no país abre oportunidades para mudar essa situação.

A tecnologia 5G permite taxas de dados 100 vezes maiores que as disponíveis em redes 4G, sendo capaz de conectar um número de dispositivos por km2 até 100 vezes maior que o 4G LTE [Gupta 2015]. Além disso, o 5G pode apresentar uma latência fim-a-fim, de apenas 5 ms, que é uma fração da latência típica em redes sem fio atuais [Agyapong 2014]. Adicionalmente, o 5G introduz o conceito de fatiamento de rede (*network slicing*) e faz amplo uso da computação de borda (*edge computing*). O primeiro conceito possibilita a coexistência de diversas redes lógicas customizadas para diferentes aplicações sobre a mesma infraestrutura física [Foukas 2017], enquanto o segundo oferece recursos de computação e armazenamento mais próximos do usuário final [Taleb 2017]. Como consequência, o 5G proporciona enorme flexibilidade para o crescimento das comunicações de dados em tempo real para uma variedade de serviços públicos e privados.

O presente projeto tem como foco investigar e contribuir para a elucidação dos requisitos, impactos e implicações das novas aplicações e serviços da Web 3.0 sobre infraestruturas de comunicação avançadas, com destaque para redes 5G, dada sua prevalência no futuro próximo e as inovações que habilitam. Como parte desse estudo, e com foco no domínio vertical da Saúde, o projeto irá desenvolver, como prova de conceito, uma aplicação com interações imersivas avançadas para auxiliar os profissionais de saúde envolvidos no atendimento e na transferência do cuidado de pacientes entre unidades hospitalares, usando redes 5G. As redes 5G são essenciais nesse cenário, pois permitem configurações personalizadas da rede para demandas que requerem segurança, confiabilidade, baixas latências e altas taxas de transmissão de dados. O principal requisito no desenvolvimento desta aplicação é mitigar os problemas de comunicação e registro de documentos clínicos entre diferentes unidades hospitalares de forma segura e consistente, mas também com interfaces intuitivas e eficientes. Para tanto, o projeto visa construir uma solução baseada em Metaverso, Inteligência Artificial (IA) e monitoramento de sinais vitais a distância para agilizar e qualificar o atendimento e a transferência do cuidado. Ao entrar em uma unidade de saúde, o paciente interage com um profissional de saúde equipado com óculos de realidade aumentada (AR) e virtual (VR). Os óculos de AR/VR auxiliam o profissional de saúde na identificação rápida do paciente, através de reconhecimento facial ou comandos de voz habilitados por meio do uso de IA, eliminando a necessidade de interfaces mais rígidas/restritivas, como teclado e mouse. Nessa fase, já é possível observar a demanda por uma rede 5G, pois, do ponto de vista do paciente, a única diferença entre o atendimento convencional e o atendimento avançado, com auxílio de tecnologias do Metaverso e IA, é a celeridade e precisão no processo.

Para atingir esse propósito, a velocidade de transmissão do vídeo e áudio capturados pelo óculos de AR/VR (além de outros sensores, como câmeras térmicas e sensores de ondas milimétricas) demandam alta vazão e baixos atrasos para sincronização adequada das informações. Além disso, para conseguir processar e responder de forma a não afetar a interatividade da comunicação interpessoal, os algoritmos de IA para visão computacional e processamento de linguagem natural dependem de computação de borda. Nessa triagem inicial, o paciente é identificado ou cadastrado (caso seja a primeira visita) e seu prontuário eletrônico é devidamente atualizado (ou criado) e associado ao seu avatar no metaverso. Assim, o presente projeto introduz o conceito de *P-Avatar*, i.e., um avatar no Metaverso enriquecido com as informações médicas conhecidas do paciente. Um *P-Avatar* é criado e atualizado pelos profissionais da saúde com auxílio de IA e enriquecido com informações obtidas por sensores.

O *P-Avatar* consiste, essencialmente, em um gêmeo digital [Fuller2020] do paciente, capaz de representar seus dados pessoais e dados de seu prontuário, bem como informações extraídas de resultados de exames recentes e de sensores corporais em tempo real. No futuro, o *P-Avatar* poderá ser configurado com diferentes modelos de gêmeos digitais do paciente em diferentes momentos, a depender do tipo de tratamento ou condição de saúde que está sendo considerada em cada momento. O conceito de *P-Avatar* poderá também evoluir para incorporar a totalidade do *loop* de controle habilitado por gêmeos digitais, não apenas representando informações extraídas das diversas fontes de dados, mas também: (a) fornecendo uma interface no metaverso para controlar atuadores ligados ao paciente para a dispensação de medicamentos e outras formas de tratamento de modo remoto; e (b) permitir a simulação de intervenções de tratamento e a avaliação de seus resultados antes de efetivamente aplicá-las ao paciente.

O *P-Avatar* será conectado com protocolos existentes de atendimento em saúde. Hoje no Brasil, o Protocolo de Manchester é o mais utilizado no acolhimento hospitalar. Esse protocolo identifica o grau de urgência do atendimento, estimando a gravidade do estado de saúde do paciente [Azerevedo 2015]. Através de uma série de avaliações clínicas, os pacientes são categorizados por cores que representam o tempo máximo previsto de atendimento. Esse tempo pode variar de zero minutos (cor vermelha) até 240 minutos (cor azul). A aplicação do Protocolo Manchester em um ambiente hospitalar que utiliza a solução proposta pelo projeto trará benefícios sensíveis tanto para os profissionais de saúde quanto para o paciente. Por exemplo, a estimação do estado de saúde do paciente poderá ser auxiliada pela IA através de um assistente (*bot*) conselheiro, o qual será visível apenas pelos profissionais de saúde.

Esse *bot* acessa informações do paciente e as correlaciona com a base de conhecimento disponível, oferecendo sugestões, mas também aprendendo com erros e acertos a cada novo atendimento que acompanha. O paciente, por sua vez, poderá acessar uma versão didática e simplificada do seu P-Avatar, utilizando um *smartphone* convencional. Essa versão do *P-Avatar* permite que o paciente aprenda sobre sua categoria, interagindo (por texto ou voz) com um outro *bot*,cujo objetivo é oferecer um atendimento personalizado para o paciente. Além de educar o paciente sobre o processo de atendimento, o atendimento personalizado oferecido pelo *bot* pode amenizar o estresse típico de visitas a estabelecimentos de saúde. Cabe ressaltar que é um problema comum nos acolhimentos dos serviços de emergência a falta de esclarecimento sobre o processo de classificação, o que acarreta frequentemente em um descontentamento da população em relação aos serviços. Com a possibilidade do acesso a sua classificação de risco, juntamente com um conteúdo informativo/educativo, o paciente, que é sempre o centro do cuidado, torna-se um participante ativo em todas as decisões de cuidados que envolvem a sua saúde.

Da mesma forma como essa tecnologia tem impacto positivo na classificação de risco, a qual frequentemente é a porta de entrada no ambiente hospitalar, esse benefício segue durante a internação, se esta for necessária, auxiliando a transição entre setores e profissionais e também na alta do paciente, deixando assim um compilado de dados clínicos apresentados de forma completa e visual. O *P-Avatar* de cada paciente estará disponível dentro do Metaverso para os profissionais de saúde envolvidos no atendimento. Dessa forma, eles podem usar o ambiente virtual para consultar informações ou modificá-las conforme necessário.

Há várias vantagens no uso do *P-Avatar*, pois ele combina as funcionalidades do Metaverso com a IA. Ou seja, o profissional da saúde pode visualizar as informações de maneira simples, rica e integrada. Além disso, o profissional pode usar gestos ou comandos de voz para navegar dentro do Metaverso, acessando e modificando informações de um *P-Avatar*. Como o *P-Avatar* está dentro do Metaverso, múltiplos profissionais da saúde, potencialmente em locais físicos diferentes, podem interagir com esse *P-Avatar* (e também entre si) de maneira simples e intuitiva, apenas utilizando um óculos de AR/VR. A equipe é sempre assistida por um *bot* de IA que, além de acessar e alimentar o sistema de acordo com as solicitações dos profissionais, também os guia dentro do Metaverso e oferece sugestões e alertas conforme necessário. De fato, o *bot* pode funcionar também como um profissional de saúde virtual auxiliar, o qual não é capaz de tomar decisões, mas pode emitir opiniões, sempre que requisitado, com base na capacidade da IA de analisar grandes volumes de dados (tanto sobre o paciente quanto dados disponíveis na literatura especializada) e gerar inferências com alta acurácia.

O uso do Metaverso na saúde traz uma experiência interativa, imersiva e individualizada para cada paciente. Certamente essas são as características desejadas para o cuidado centrado no paciente. Tornar os pacientes mais ativos nas interações com médicos e demais profissionais de saúde é um dos pressupostos da teoria do cuidado centrado no paciente. A inserção da AR/VR com a criação de um *P-Avatar* que possa ser acessado não somente no momento da consulta, mas também posteriormente, fortalece a relação médico-paciente, promove a comunicação sobre discussões clínicas importantes, ajuda os pacientes a engajarem mais em sua saúde e facilita o envolvimento dos pacientes em seus próprios cuidados.

O registro dos atendimentos em áudio e vídeo também pode servir para formação de profissionais de saúde. Registros de áudio de consultas demonstraram que as visões de médicos e pacientes divergem sobre o envolvimento do paciente na tomada de decisão. Com situações reais que possam ser usadas nas escolas de formação desses profissionais, pode ser possível traçar estratégias para reduzir essa discrepância de percepções entre estes dois atores (paciente e médico). As informações coletadas pelos óculos de AR/VR, assim como de outros sensores, passam a estar disponíveis no Metaverso, associadas ao *P-Avatar* de cada paciente, e acessível posteriormente também de forma simples, i.e., através de imersão no ambiente virtual. Dessa forma, é possível ilustrar, com riqueza de detalhes, experiências anteriores, incluindo análises sobre acertos e erros. O registro das informações no Metaverso também facilita o processo de anonimização das informações, uma vez que o P-Avatar pode tanto conter detalhes do paciente real ou ser totalmente descaracterizado para se tornar uma entidade genérica apenas para ilustrar um paciente dentro do Metaverso.

Além do potencial de ser uma experiência interativa, imersiva, recreativa e educativa, adaptada a cada indivíduo, o Metaverso na saúde pode fornecer novas oportunidades para os profissionais de saúde interagirem com os pacientes de maneiras mais íntimas, como caminhar por um modelo tridimensional do corpo humano com os pacientes, discutir diagnósticos e tratamentos. Isso permitirá aos profissionais da saúde simularem o efeito de um tratamento proposto no corpo do paciente antes de ser aplicado, criando uma experiência mais pessoal e informativa em comparação com o que é possível, atualmente, com imagens bidimensionais em uma tela. Entretanto, todo desenvolvimento de saúde digital se embasa na existência de dados clínicos de qualidade. Nesse sentido, pouco mais da metade (51%) dos estabelecimentos privados no setor médico usam prontuário eletrônico e esse número cai para 41% no setor público. O uso de interfaces mais intuitivas, como reconhecimento de fala e processamento de linguagem natural, pode mudar essa situação.

O Metaverso pode ser explorado para a inclusão da pessoa surda no atendimento de saúde. No Brasil, cerca de 5% da população é surda, o equivalente a cerca de 10 milhões de pessoas. A pessoa surda tem como língua natural a língua de sinais (LS). A LS apresenta-se em uma modalidade espaço-visual, por meio de expressões faciais e movimentos gestuais perceptíveis pela visão [Brito 1998]. A LS é um sistema linguístico que independe das línguas orais e satisfaz as necessidades de comunicação do ser humano, por ser dotada de complexidade e expressividade tanto quanto as línguas orais. Por meio dela, o indivíduo surdo consegue expressar qualquer assunto de seu conhecimento. No caso do atendimento médico, o Metaverso pode ser explorado para que o paciente surdo tenha o atendimento na língua de sinais.

Ao mesmo tempo, dados qualificados podem alimentar sistemas de predição que dêem suporte a tomada de decisão clínica em primeira instância, administrativa, e durante a jornada do paciente. Por exemplo, prevendo internações hospitalares, transferências a unidades de tratamento intensivo ou mesmo alta. Além disso, registros qualificados podem reduzir o custo dos atendimentos, pois evitam a repetição de exames já realizados ou intervenções desnecessárias. Dessa forma, a tecnologia pode reduzir a carga administrativa e os custos associados para os ambientes de cuidados primários e secundários, uma vez que melhora a interlocução entre os diferentes serviços.

A comunicação não efetiva já foi apontada como causa raiz em mais de 60% dos erros médicos. Nesse sentido, o presente projeto também tem impacto na geração de um ambiente de comunicação não apenas mais efetivo e eficiente, como também mais seguro. As redes hospitalares são exemplos de aplicações que se beneficiam do 5G, pois essas redes são um meio efetivo para transmitir informações altamente confidenciais [Ahmad 2018, Wen 2022]. O 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) indicou, no *Release* 16, a segunda fase da implantação das redes 5G, detalhando as redes privadas 5G. Essas redes devem ser projetadas para contextos privados, por exemplo, para conectividade interna de sensores, robôs, trabalhadores remotos, dispositivos IoT, dispositivos vestíveis, etc. Dessa forma, as redes 5G privadas são caracterizadas por serem mais seguras e flexíveis para garantir baixas latências e altas taxas de transmissão de dados. Além disso, para fornecer conectividade de sensores e serviços de saúde integrados ao Metaverso, de modo a enriquecer as informações médicas conhecidas do paciente, os hospitais precisarão implantar novas tecnologias para aprimorar sua infraestrutura de rede privada existente. Essa infraestrutura 5G privada permite que os hospitais priorizem o tráfego de rede e protejam as informações na borda da rede. Por exemplo, em um contexto Europeu, redes 5G privadas estão sendo indicadas para ambientes hospitalares com o objetivo de cumprir o Regulamento Geral de Proteção de Dados.

De fato, nos últimos anos, várias tecnologias relacionadas com a Web 3.0, como inteligência artificial, *big data*, internet das coisas, computação em nuvem e realidade virtual e aumentada trouxeram grandes mudanças no setor de saúde, com forte destaque para a telemedicina. Essas tecnologias são aplicadas atualmente nos principais hospitais e universidades do mundo, mas ainda enfrentam grandes dificuldades em prover uma experiência realista para profissionais da saúde e pacientes. O Metaverso, combinado com IA e o suporte adequado de uma rede de comunicação, como o promovido por uma rede 5G, pode contribuir de forma decisiva para superar esses desafios, enriquecendo o contato entre médicos, pacientes e objetos por meio de interação virtual realista, contribuindo também para o monitoramento personalizado de dados de saúde, análise de dados clínicos de pacientes e eliminação completa de registros físicos e em papel dos pacientes.

**Funcionalidades básicas a serem implementadas**

**Referências**

[1] S. -M. Park and Y. -G. Kim, "A Metaverse: Taxonomy, Components, Applications, and Open Challenges," in IEEE Access, vol. 10, pp. 4209-4251, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3140175.

[2] Duan, H., Li, J., Fan, S., Lin, Z., Wu, X. and Cai, W., “Metaverse for social good: A university campus prototype,” In Proceedings of the 29th ACM International Conference on Multimedia, 2021, pp. 153-161.

[3] Ersin Dincelli, Alper Yayla. Immersive virtual reality in the age of the Metaverse: A hybrid-narrative review based on the technology affordance perspective, The Journal of Strategic Information Systems, 31(2), 2022, <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2022.101717>.

[4] A. Murray, D. Kim, J. Combs [**The promise of a decentralized Internet: What is web 3.0 and HOW can firms prepare?**](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007681322000714?casa_token=LuT0PsyUyrcAAAAA:49URX4hNtG5d2kid8MTijbR77Acq1d0Yr3I1QiFhuXx-jvex6nB8LzTuhY3B3C-ZwW_pcLtu) Business Horizons (2022)

[5] Romero Tori, Claudio Kirner, Robson Siscoutto, [Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada - Parte 1: Introdução e Conceituação](https://drive.google.com/file/d/12BrVCpnLU2kAeg-U6HKaa9K-aGuUIczD/view?usp=share_link).

**Sugestões de API para desenvolvimento de AR/VR**

[6] WebXR, <https://immersiveweb.dev/>