

Uma Contribuição à Diálise Peritoneal Domiciliar Explorando a IoT para Coleta e Disponibilização de Informações

Rogério Albandes¹, Alexandre Souza¹, Leandro Pieper², Franklin Barcellos², Ana Marilza Pernas¹, Adenauer Yamin¹

¹Universidade Federal de Pelotas
Pelotas – RS – Brasil

²Universidade Católica de Pelotas
Pelotas – RS – Brasil

{rcalbandes, marilza, adenauer}@inf.ufpel.edu.br
{leandro.pieper, franklin.barcellos}@ucpel.edu.br

Abstract. The approach discussed in this paper, referred to as IoT PD-RPM, is applied to the remote monitoring of patients undergoing peritoneal dialysis, a treatment whose adherence can be enhanced through technological support by leveraging IoT for data acquisition and interoperability with the medical community. A solution is also proposed that integrates database auditing and rule-based alerts to ensure compliance with LGPD regulations. To achieve this, the proposed approach combines a platform for vital sign acquisition, a customizable rules environment for situational analysis and notifications to the medical team, and a remote visualization interface.

Resumo. A abordagem discutida neste artigo, denominada IoT PD-RPM, é aplicada ao monitoramento remoto de pacientes em diálise peritoneal, tratamento cuja adesão pode ser ampliada pelo suporte tecnológico, explorando a IoT na aquisição de informações e interoperação com a comunidade médica. Também se propõe uma solução que integra auditoria em bancos de dados e alertas baseados em regras de associação para garantir conformidade com a legislação da LGPD. Para isto, a abordagem proposta combina uma plataforma para aquisição de sinais vitais, um ambiente de regras personalizáveis para análise situacional e notificações à equipe médica, além de uma interface de visualização remota.

1. Introdução

As sociedades em todo o mundo estão enfrentando o problema de gerenciar a crescente população de pacientes com Doença Renal em Estágio Final (*End-Stage Kidney Disease* - ESKD), impulsionadas pelo crescimento populacional, aumento da longevidade, obesidade, diabetes e hipertensão. O *Global Burden of Disease* [GBD 2019] estima que a Doença Renal Crônica (DRC, em inglês, *Chronic Kidney Disease* - CKD) tornar-se-á a 5^a principal causa de morte até 2040, bem acima da atual 16^a posição.

Quando a DRC progride para ESKD, é requerido que se realize a Terapia de Substituição Renal (*Renal Replacement Therapy* - RRT); diálise ou transplante de rim [Levin et al. 2017]. A RRT na forma de hemodiálise (HD), diálise peritoneal (DP)

ou transplante renal pode adicionar muitos anos, com significativa qualidade de vida, aos pacientes com DRC.

É estimado que entre 5 e 10 milhões de pessoas no mundo serão submetidas à RRT até 2030, principalmente em países de baixa renda média. No entanto, o número de pessoas sem acesso à RRT permanecerá substancial. Isso se mostra compreensível, porque a diálise crônica é uma das terapias mais caras para indivíduos e governos. Esses dados mostram uma necessidade premente de desenvolver abordagens inovadoras e econômicas para que a RRT possa ser disponibilizada para as pessoas que podem se beneficiar dela [Liyanage et al. 2015].

No Brasil, a DRC afeta cerca de 10% a 13% da população, o que, com base na projeção de 218 milhões de habitantes em 2025, equivale a 21 a 28 milhões de brasileiros. Nos estágios mais graves da doença é necessária a Terapia Renal Substitutiva (TRS), realizada por hemodiálise ou DP. Em 2023, aproximadamente 150 mil pessoas estavam em tratamento dialítico no país [Sesso et al. 2023a].

O SUS tem um gasto substancial com a TRS. Estimativas recentes indicam que os tratamentos de diálise, incluindo hemodiálise e DP, consomem entre R\$ 3,5 e 4 bilhões anuais [Sesso et al. 2023b].

No momento atual, a DP vem se mostrando uma alternativa potencialmente mais promissora para o tratamento domiciliar de pacientes que necessitam RRT, entretanto uma adoção generalizada da mesma ainda enfrenta uma série de desafios com relação a sua aceitação, tanto por parte dos pacientes, como das equipes médicas envolvidas. Esta situação é decorrência, sobretudo, da redução do acompanhamento dos pacientes pela não ida regular aos ambientes clínicos.

Este trabalho busca explorar os recursos da IoT tanto na aquisição de informações sobre pacientes em DP, quanto na interoperação com a comunidade médica. Essa abordagem se alinha à infraestrutura computacional da IoT, pela qual objetos inteligentes podem vir a se comunicar autonomamente com base em regras, auxiliando profissionais de saúde no acompanhamento de pacientes e aprimorando suas atividades diárias [Perera et al. 2014].

No entanto, a aplicação da IoT na área da saúde exige rigorosa conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), uma vez que envolve dados sensíveis dos pacientes. Garantir a privacidade e a segurança dessas informações é essencial para a adoção responsável dessas tecnologias, prevenindo riscos e assegurando a confiança dos usuários.

Considerando isto, este artigo tem como objetivo apresentar a concepção da abordagem IoT PD-RPM, a qual integra: (i) uma plataforma para aquisição de sinais vitais de pacientes em DP; (ii) um ambiente de processamento contextual que, por meio de regras personalizáveis, constrói a Ciência de Situação e notifica profissionais de saúde quando necessário; (iii) uma interface remota para visualização textual e gráfica dos sinais; (iv) um modelo computacional baseado na análise de Históricos de Contextos para monitoramento de pacientes em DP; e (v) um módulo de Segurança e Auditoria de Banco de Dados para garantir a IoT PD-RPM *compliance* à LGPD. Os esforços de estudo e pesquisa registrados neste artigo traduzem os trabalhos desenvolvidos pelos autores nos últimos anos no tema.

Este artigo está estruturado em cinco seções. A segunda seção discute os trabalhos relacionados, fornecendo o contexto para a pesquisa. Na terceira seção é apresentada a abordagem IoT PD-RPM, sendo destacadas suas principais características. A quarta seção aborda os testes realizados, bem como a avaliação da abordagem IoT PD-RPM. Por fim, a quinta e última seção apresenta as considerações finais e possibilidades para trabalhos futuros.

2. Trabalhos Relacionados

Esta seção tem como objetivo apresentar a caracterização detalhada de cinco estudos relacionados, analisando tanto suas expectativas de aplicação quanto as técnicas empregadas em sua concepção.

A revisão sistemática de literatura (RSL) conduzida neste trabalho visa examinar as abordagens propostas nos últimos cinco anos para o monitoramento remoto de pacientes em diálise peritoneal. No processo de levantamento da literatura, foram identificadas diversas iniciativas voltadas para esse tipo de acompanhamento. Dentre elas, cinco estudos foram selecionados para análise mais aprofundada, considerando sua relevância e contribuição para a área. Além disso, tendo em vista a crescente preocupação com a privacidade e a proteção de dados sensíveis, este estudo também analisa como essas abordagens lidam com os princípios estabelecidos pela LGPD.

Foram consideradas as seguintes questões de pesquisa para desenvolvimento da RSL: (i) De que forma os sinais vitais são coletados — por meio de sensores e/ou inserção manual de dados? (ii) Como os dados coletados são armazenados e em qual plataforma? (iii) De que maneira os históricos de contexto são utilizados para fornecer serviços e/ou informações relevantes ao usuário? (iv) A arquitetura proposta faz uso de um *middleware*? (v) Há a previsão de emissão de alertas com base em parâmetros pré-definidos e/ou escores médicos? e (vi) Quais medidas são adotadas para garantir a conformidade com a LGPD?

Os procedimentos metodológicos considerados no desenvolvimento da RSL, bem como a discussão das questões de pesquisa estão disponíveis neste repositório¹.

O trabalho *An Internet of Things Application on Continuous Remote Patient Monitoring and Diagnosis* (A1) [Mia et al. 2021] propõe um sistema IoT para monitoramento remoto e diagnóstico médico, permitindo a detecção de emergências e a previsão de doenças. Um dispositivo vestível não invasivo monitora sinais vitais em tempo real, incluindo temperatura, pressão arterial, frequência cardíaca, saturação de oxigênio, glicose e ECG, além de analisar compostos orgânicos voláteis na respiração.

Os dados são transmitidos via WiFi para um banco de dados web e analisados no ThinkSpeak via Matlab. O sistema conta com um painel de monitoramento e um aplicativo móvel com Acesso Baseado em Funções. Os resultados indicam otimização de recursos médicos e melhorias futuras incluem sensores mais precisos e compactos.

O projeto An IoT-Aware System for Remote Monitoring of Patients with Chronic Heart Failure (A2) [Sergi et al. 2023] desenvolve um sistema IoT para monitoramento de pacientes com insuficiência cardíaca crônica, integrando dispositivos vestíveis e sensores para rastrear sinais vitais e detectar precocemente alterações. A inteligência de borda

¹ <https://tinyurl.com/5n8f4928>

permite processamento local, reduzindo a necessidade de transmissão contínua de dados.

Empregando IA para análise e intervenção precoce, o sistema minimiza readmissões hospitalares. Um nó de borda de baixo custo avalia dados, detecta anomalias e aciona alertas. A plataforma em nuvem centraliza informações, utilizando IA/ML para identificar padrões e notificar pacientes e profissionais de saúde.

O estudo *An IoT-Based Duplex Mode Remote Health Monitoring System* (A3) [Polasi et al. 2023] investiga o Monitoramento Remoto de Pacientes com Redes de Sensores Sem Fio conectadas via Redes de Área Corporal, medindo parâmetros como temperatura, frequência cardíaca e pressão arterial. Sensores Wi-Fi transmitem dados para a nuvem, enquanto um sensor rastreia movimento e aciona alertas via GPS em caso de inatividade.

A tecnologia LoRa permite comunicação de longo alcance e exibição de dados em LCD, ativando alertas sonoros. Diferente de estudos anteriores, esta abordagem integra múltiplos sensores e LoRa para cobrir distâncias superiores a 15 km, beneficiando pacientes em áreas rurais e reduzindo visitas hospitalares.

O artigo *MedPlus - a Cross-Platform Application that Allows Remote Patient Monitoring* (A4) [Gîștescu et al. 2021] apresenta uma aplicação web para melhorar a comunicação entre paciente e médico via monitoramento contínuo da saúde. Integrada ao Google Fit², a solução coleta dados de *smartwatches* e balanças, garantindo privacidade via OAuth³. A análise ocorre a cada 24 horas para reduzir falsos positivos antes da revisão médica.

O sistema utiliza o *Anomaly Detector* da Microsoft Azure⁴ para identificar anomalias e alertar profissionais de saúde. Um módulo de análise correlaciona dados e gera relatórios de incidentes, auxiliando no diagnóstico e tratamento, proporcionando uma visão detalhada do paciente.

O artigo *Cloud-Based Remote Patient Monitoring System with Abnormality Detection and Alert Notification* (A5) [Sahu et al. 2022]- apresenta um sistema para monitoramento contínuo de parâmetros fisiológicos com precisão médica, integrando aplicativo móvel e plataforma em nuvem. A Rede de Sensores Corporais (BSN) utiliza sensores não invasivos para medir e transmitir dados via Bluetooth de baixa energia (BLE) para um gateway móvel, que se comunica com a nuvem via Wi-Fi ou Ethernet.

Os dados são armazenados no Amazon S3 do AWS⁵, com APIs REST para transferência. Em emergências, o sistema gera alertas para usuários e supervisores. O aplicativo Android permite análise global e futuras melhorias incluem um sistema de suporte à decisão baseado no histórico do paciente.

A revisão dos cinco artigos mostrou que apenas dois permitem entrada manual de dados, todos utilizam plataformas em nuvem e apenas um contempla a Análise de Histórico de Contexto. Nenhum incorpora *middleware* ou aborda a adequação à LGPD. A Tabela 1 sintetiza essa análise comparativa, alinhando os trabalhos às Questões de Pesquisa e a concepção da IoT PD-RPM.

² <https://developers.google.com/fit/>

³ <https://oauth.net/2/>

⁴ <https://tinyurl.com/nubw23tw>

⁵ <https://aws.amazon.com/>

Tabela 1. Análise Comparativa Entre os Trabalhos Relacionados

	Entrada de Dados	Plataforma	Análise Histórico	Middleware	Alertas Notificações	Diálise Peritoneal	Auditoria Banco de Dados	LGPD Adequação
A0	Manual e Sensor	Nuvem	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
A1	Sensor	Nuvem	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não
A2	Manual e Sensor	Nuvem	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não
A3	Sensor	Nuvem	Não	Não	Sim	Não	Não	Não
A4	Sensor	Nuvem	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não
A5	Manual e Sensor	Nuvem	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não

3. Concepção da Arquitetura da Abordagem Proposta

A arquitetura de software concebida para abordagem IoT PD-RPM está apresentada na Figura 1. A especificação da arquitetura da IoT PD-RPM obedeceu o padrão *Technical Architecture Modeling* (TAM) [SAP 2025]. Na continuidade desta seção são tratadas as funcionalidades dos diferentes módulos, sendo discutidos seus perfis operacionais.

3.1. Visão Geral do EXEHDA

EXEHDA é um *middleware* baseado em serviços, projetado para criar e gerenciar um ambiente de computação altamente distribuído, além de viabilizar a execução de aplicações sensíveis ao contexto. O *middleware* tem sido explorado em pesquisas que abordam desafios relacionados à IoT [Souza et al. 2018].

O ambiente de execução do EXEHDA é organizado como um conjunto de células autônomas e interconectadas. Cada célula, no que se refere ao fornecimento de *Situation Awareness*, é composta por um *Context Server* (CS) e múltiplos *Edge Servers* (ES) e/ou *Gateways*. Os *Gateways* coletam dados contextuais de sensores físicos ou lógicos, padronizando hardware e protocolos heterogêneos para os *Edge Servers*. No EXEHDA, esses *Gateways* são executados em hardware embarcado para interoperar com sensores e atuadores. O processamento dos dados contextuais é distribuído entre o *Edge Server* e o *Context Server*.

Os *Edge Servers* transmitem dados para o *Context Server*, responsável pelo armazenamento e processamento. O *Context Server* integra esses dados com registros históricos do Repositório de Informações Contextuais.

3.2. Environment Interoperation Block

O *Environment Interoperation Block* compreende o Módulo API-MQTT e o *Communication Module*, responsáveis pela aquisição de sinais vitais e parâmetros do paciente em DP domiciliar. Esse bloco da IoT PD-RPM opera sobre um *Gateway* do *middleware* EXEHDA.

API-MQTT Module

O *API-MQTT Module* inclui uma *RESTful API* para entrada de parâmetros via interface web, aplicativo mobile e imagens do *System-On-a-Chip* (SOC) ESP32-CAM.

Além disso, assina tópicos de um *broker* MQTT, recebendo dados do monitor LifeTouch.10 da Lifemed. Esses dados são capturados pelas *General Purpose Input/Output* (GPIO) de um SOC ESP32-CAM, utilizando um programa em MicroPython [MicroPython 2024] para transmissão ao *broker* MQTT.

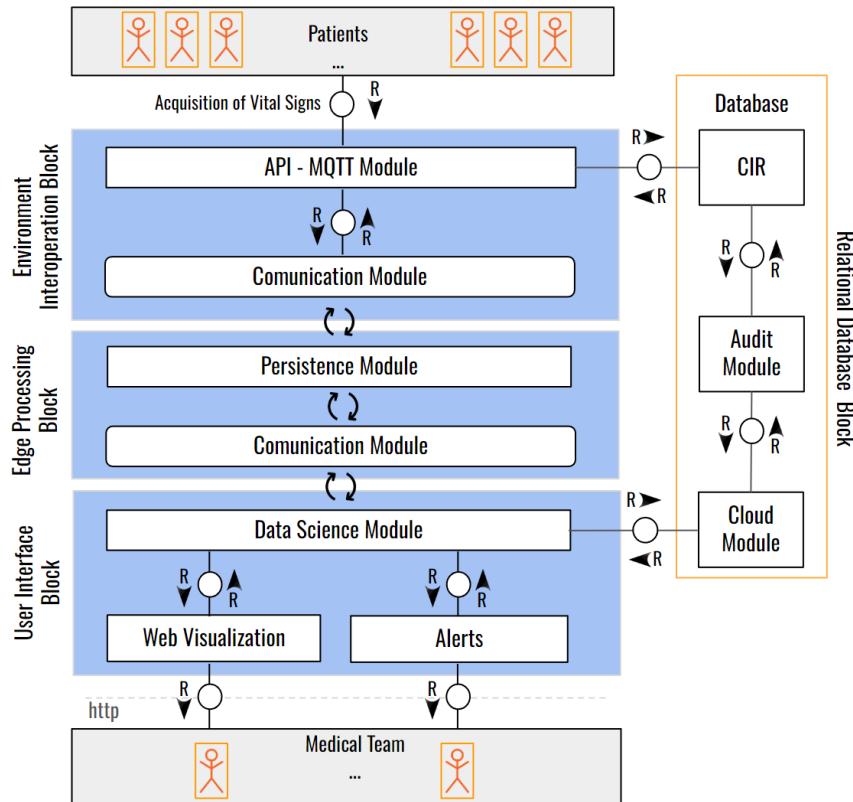


Figura 1. Visão Geral da Arquitetura da Abordagem Proposta

Communication Module

Este módulo interopera os blocos *Environment Interoperation Block* e *Edge Processing Block*, permitindo a transferência de informações e comandos com o *Persistence Module*.

3.3. Edge Processing Block

O *Edge Processing Block*, instanciado no Servidor de Borda do EXEHDA, é composto pelos módulos *Persistence Module* e *Communication Module*.

Persistence Module

Este módulo assegura a persistência temporária dos dados quando a conexão com o *Environment Interoperation Block* é perdida. Caso a publicação não ocorra, os dados são armazenados localmente e enviados ao Servidor de Contexto assim que a conexão for restabelecida, conforme configuração do administrador do *middleware*.

Communication Module

Este módulo interopera os blocos *Edge Processing Block* e *Data Science Module*, além de gerenciar requisições aos *Gateways* do EXEHDA para coleta de sinais vitais dos pacientes. Também é responsável pela publicação dos dados contextuais no Servidor de Contexto, utilizando como parâmetros o *id* do *Gateway*, o *id* do sensor e o valor coletado.

3.4. User Interface Block

O *User Interface Block* é constituído pelo *Data Science Module*, *Web Visualization Module* e o *Alerts Module*, operando sobre um Servidor de Contexto do *middleware* EXEHDA.

Data Science Module

Este módulo padroniza dados, aplica regras para classificar sinais vitais e processa o *Medical Individual Rules Pattern* (MIRP), um conjunto de regras médicas personalizadas. Também analisa séries históricas e interpreta contextos na DP, conforme diretrizes do Centro de Referência em Nefrologia de Pelotas [Lima 2022].

O *Data Science Module* gerencia alertas com base em (i) regras definidas pelo usuário e (ii) padrões internacionais. O médico pode configurar *templates* de regras personalizadas, combinando padrões estabelecidos ou critérios híbridos. Possui uma interface do Cadastro de Templates que permite definir sinais vitais, valores e operadores para alertas armazenados para uso futuro.

Web Visualization Module

O *Web Visualization Module* é responsável por toda interface visual da IoT PD-RPM. Suas funções vão das rotinas de login até as visualizações de *dashboards* de pacientes e telas que mostram dados importantes e pode ser acessada de forma remota.

Alerts Module

Na abordagem IoT PD-RPM, os alertas são essenciais devido à mobilidade dos profissionais de saúde e longos períodos sem disponibilidade para atender chamadas. As notificações seguem regras definidas pela equipe ou padrões internacionais.

O sistema utiliza as plataformas *Pushover*⁶ e *Telegram*⁷ para mensagens via Internet e *SMSGateway* para SMS via GSM. Esse módulo gerencia os contatos da equipe médica e pacientes, enviando alertas conforme inferências do *Data Science Module*, priorizando urgências e tempos de resposta.

3.5. Relational Database Block

O *Relational Database Block* é composto pelo *Contextual Information Repository* (CIR), pelo *Audit Module* e pelo *Cloud Module*.

Contextual Information Repository

Este módulo armazena dados para o Módulo Visualização Web, incluindo informações contextuais dos usuários, *templates*, imagens, interfaces de visualização,

⁶ <https://pushover.net> ⁷ <https://telegram.org>

alertas e parâmetros de configuração. Os dados são mantidos em um Banco de Dados Relacional MySQL⁸, instanciado em uma Relational Database Service na AWS.

Cloud Conector Module

O módulo *Cloud Conector* conecta-se ao AWS IoT⁹, uma suíte de serviços para aplicações IoT. A IoT PD-RPM publica dados do *Environment Interoperation Block* na AWS IoT. Esse componente utiliza serviços da AWS para processar dados, realizar análises e gerar gráficos para *dashboards* que aprimoram a visualização do usuário.

Audit Module

O *Audit Module* garante a integridade do banco de dados da IoT PD-RPM ao compará-lo com padrões pré-definidos baseados em regras de associação. Sua auditoria contribui para a conformidade da abordagem com a LGPD. O *Audit Module* foi fracionado em componentes menores, conforme a Figura 2, sendo eles: *Audit Agent*, *Patterns Database* e *Data Analysis*.

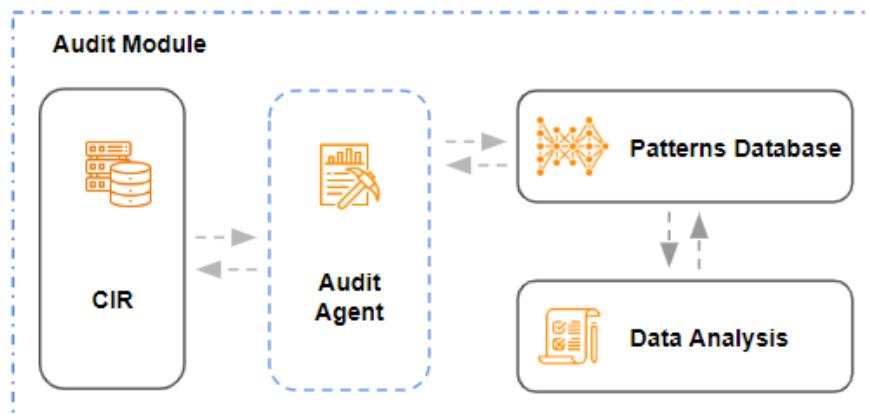


Figura 2. Visão do *Audit Module* da Arquitetura da Abordagem Proposta

Audit Agent Module

Este módulo automatiza auditorias no banco de dados do *middleware* EXEHDA, operando de forma independente de novas *features* e manutenções da IoT PD-RPM. Auditorias são acionadas por *triggers* nos métodos de inclusão, alteração e exclusão de tabelas.

O *Audit Agent* armazena todas as transações de usuários e sensores, registrando-as automaticamente no banco de dados via *triggers* em formato JSON [Org 2022], garantindo um histórico detalhado para auditoria.

Data Analysis

O componente *Data Analysis* utiliza mineração de dados baseada no algoritmo Apriori para extrair regras de associação e identificar padrões em tabelas de auditoria do

⁸ <https://www.mysql.com> ⁹ <https://aws.amazon.com/pt/iot/>

Audit Agent. Essas regras ajudam a detectar comportamentos anômalos e aprimorar a segurança da IoT PD-RPM, acionando alertas para eventos fora dos padrões esperados.

As regras estabelecem associações entre (i) usuários e horários de login, (ii) senhas incorretas, (iii) sensores e valores publicados e (iv) sensores e intervalos de publicação. Os padrões gerados são armazenados nas tabelas de *patterns* da IoT PD-RPM para monitoramento contínuo.

Patterns Database

As regras extraídas pelo *Data Analysis* são armazenadas no *Patterns Database*, criando um histórico das transações de usuários e sensores. Periodicamente, essas regras são analisadas e alertas são emitidos conforme os valores de confiança associados.

4. Avaliação da Abordagem Proposta

Este capítulo apresenta uma visão geral das avaliações realizadas na IoT PD-RPM. O desenvolvimento de sistemas complexos exige testes qualitativos para avaliar o impacto das suas funcionalidades, usabilidade e estabilidade operacional.

Foram aplicados testes funcionais em três níveis para validar a estrutura da IoT PD-RPM, seguindo boas práticas de desenvolvimento de software. Os testes unitário, de integração e de sistema avaliaram respectivamente a correta execução de unidades de código, a interação entre módulos e a conformidade da solução em cenários reais, garantindo estabilidade, confiabilidade e adequação aos requisitos estabelecidos [Aniche and van Deursen 2022].

Para avaliar a aceitação pelos profissionais de saúde, utilizou-se o *Technology Acceptance Model* (TAM) [Gupta et al. 2022]. O modelo, amplamente validado, analisa fatores que influenciam a adoção de novas tecnologias, destacando a Utilidade Percebida (*Perceived Usefulness* - PU), relacionada ao impacto no desempenho profissional, e a Facilidade de Uso Percebida (*Perceived Ease of Use* - PEOU), ligada à simplicidade de uso. Foi elaborado um questionário considerando os seguintes níveis de afirmação da escala de Likert: Discordo plenamente; Discordo parcialmente; Indiferente; Concordo parcialmente; Concordo plenamente, conforme indicado na Tabela 2.

Este questionário de avaliação da IoT PD-RPM foi aplicado junto ao Centro de Referência em Nefrologia do Hospital Universitário São Francisco de Paula em Pelotas-RS. Nesse trabalho, com a equipe de profissionais de saúde ligada ao tratamento de pacientes renais crônicos submetidos a DP domiciliar em Pelotas-RS e região, foi realizada uma Avaliação Preliminar da IoT PD-RPM, a partir de uma apresentação das suas funcionalidades.

A avaliação foi conduzida com um grupo de 16 profissionais da área de saúde que tratam de pacientes renais crônicos, número considerado suficiente para a pesquisa, visto que o quantitativo de profissionais atuantes na nefrologia é reduzido. As respostas obtidas foram analisadas e sintetizadas em uma tabela, disponível em repositório online¹⁰. Essa tabela apresenta os resultados detalhados do questionário aplicado, no qual os níveis de concordância, expressos por meio da escala de Likert, foram quantificados com

¹⁰ <https://tinyurl.com/44hm9tv3>

os seguintes valores numéricos: Discordo plenamente = 0; Discordo parcialmente = 0,25; Indiferente = 0,50; Concordo parcialmente = 0,75; e Concordo plenamente = 1.

Tabela 2. Questionário TAM Respondido pelos Médicos

Construto	Afirmativa
Facilidade de uso percebida	1 - Considero os alertas da IoT PD-RPM claros e objetivos.
	2 - A interação com a IoT PD-RPM se mostra facilitada pela estratégia de interfaceamento hierárquico empregada.
	3 - Considero os dados disponibilizados pela IoT PD-RPM oportunos para o acompanhamento de PD.
Utilidade Percebida	4 - A utilização da IoT PD-RPM contribuiu para a realização de diagnósticos dos pacientes no dia-a-dia.
	5 - O emprego da IoT PD-RPM aumentou a aderência do paciente ao tratamento remoto da PD.
	6 - A utilização da IoT PD-RPM contribuiu para uma melhoria da qualidade de vida do paciente.

Fonte: Elaborada pelo autor.

A validade do questionário foi avaliada pelo Coeficiente Alfa de Cronbach, amplamente utilizado para medir a consistência interna de questionários. Esse coeficiente analisa a correlação entre respostas e é calculado com base na variância dos itens e dos avaliadores. Valores entre 0,70 e 0,95 são considerados aceitáveis, sendo que um alfa muito baixo pode indicar baixa inter-relação entre itens, enquanto valores acima de 0,90 sugerem redundância [Streiner 2003]. O questionário aplicado obteve um alfa de 0,876, demonstrando alta confiabilidade na avaliação dos profissionais de saúde segundo a metodologia TAM.

Para avaliar a IoT PD-RPM quanto à segurança e conformidade com a LGPD, utilizou-se a base de dados do *middleware* EXEHDA. No Agente de Auditoria, todas as transações dos usuários foram registradas, com *triggers* armazenando os dados em formato JSON na tabela de auditoria.

Foi analisada a operação contínua do EXEHDA por 90 dias, período em que todas as transações foram monitoradas, resultando no registro de 1.645.323 entradas na tabela de auditoria da IoT PD-RPM, representando as atividades dos usuários e suas interações.

A aplicação da técnica de aprendizado de regras de associação [Johnson and Thompson 2020] gerou diversas regras, mas apenas aquelas envolvendo usuários foram consideradas para avaliar a IoT PD-RPM. O objetivo foi identificar acessos ao EXEHDA que não seguissem as regras estabelecidas, permitindo detectar possíveis desvios comportamentais.

As regras de associação possibilitaram inferir relações entre eventos monitorados, revelando padrões que podem indicar falhas de segurança. Para alertar o administrador da IoT PD-RPM, definiu-se que transações com nível de confiança de 30% ou menos seriam consideradas anômalas em relação ao perfil típico de usuário.

5. Considerações Finais

A necessidade de um procedimento de monitoramento remoto para pacientes em tratamentos de amplo espectro, como a DP, revelou-se indispensável neste trabalho, tanto para os pacientes quanto para os médicos, para promover a aderência da DP em regime domiciliar. Esse monitoramento, por sua natureza, gera dados sensíveis, cuja manipulação e registro pelos profissionais de saúde exigem proteção legal, atendendo as especificações da LGPD.

Nesta perspectiva de lidar com dados sensíveis, com a concepção da IoT PD-RPM se tornou possível a adequação do *middleware* EXEHDA à LGPD, mediante auditoria no seu RIC. Dentre os serviços providos pela IoT PD-RPM, temos o processamento desta auditoria propriamente dito, o envio de alertas e a disponibilização de uma interface gráfica para gerenciamento dos eventos gerados pelas regras processadas pelo algoritmo Apriori.

Os resultados obtidos junto aos usuários na avaliação da Utilidade e Facilidade de Uso percebidas (TAM), mostram-se promissores e apontam para o prosseguimento das pesquisas da IoT PD-RPM. Na concepção da IoT PD-RPM está sendo explorada a arquitetura de software do EXEHDA, com objetivo de validação, porém a IoT PD-RPM tem potencial para ser utilizada em qualquer *middleware*, baseado em serviços, voltado a IoT.

Dentre os trabalhos futuros previstos temos a avaliação de diferentes algoritmos de regras de associação, o desenvolvimento de uma interface para a gestão do tratamento dos dados pessoais e a construção de um aplicativo nativo para smartphones para visualização e o gerenciamento dos eventos de segurança gerados pela IoT PD-RPM.

Referências

- Aniche, M. and van Deursen, A. (2022). Effective system testing strategies for modern software. *IEEE Software*, 39(3):58–66.
- GBD (2019). The institute for health metrics and evaluation. global burden of disease (gbd 2019). Último acesso 15 agosto 2022.
- Gîștescu, A.-E., Proca, T., Miluț, C.-M., and Iftene, A. (2021). Medplus-a cross-platform application that allows remote patient monitoring. *Procedia Computer Science*, 192:3751–3760.
- Gupta, S., Abbas, A. F., and Srivastava, R. (2022). Technology acceptance model (tam): A bibliometric analysis from inception. *Journal of Telecommunications and the Digital Economy*, 10(3):77–106.
- Johnson, L. and Thompson, M. (2020). Enhancing security monitoring with association rule learning: A middleware access case study. *Journal of Data Mining and Cybersecurity*, 14(4):265–278.
- Levin, A., Tonelli, M., Bonventre, J., Coresh, J., Donner, J.-A., Fogo, A. B., Fox, C. S., Gansevoort, R. T., Heerspink, H. J., Jardine, M., et al. (2017). Global kidney health 2017 and beyond: a roadmap for closing gaps in care, research, and policy. *The Lancet*, 390(10105):1888–1917.

- Lima, J. d. C. (2022). *Desafios para a adoção de Inteligência Artificial pelo Sistema Único de Saúde (SUS): ética, transparéncia e interpretabilidade*. PhD thesis, Fiocruz, Rio de Janeiro, Brazil.
- Liyanage, T., Ninomiya, T., Jha, V., Neal, B., Patrice, H. M., Okpechi, I., Zhao, M.-h., Lv, J., Garg, A. X., Knight, J., et al. (2015). Worldwide access to treatment for end-stage kidney disease: a systematic review. *The Lancet*, 385(9981):1975–1982.
- Mia, M. M. H., Mahfuz, N., Habib, M. R., and Hossain, R. (2021). An internet of things application on continuous remote patient monitoring and diagnosis. In *2021 4th international conference on bio-engineering for smart technologies (BioSMART)*, pages 1–6, Piscataway, NJ, USA. IEEE, IEEE.
- MicroPython (2024). Micropython. Último acesso 15 agosto 2024.
- Org, J. (2022). Introdução ao json. Último acesso 15 agosto 2022.
- Perera, C., Zaslavsky, A., Christen, P., and Georgakopoulos, D. (2014). Context aware computing for the internet of things: A survey. *Communications Surveys Tutorials, IEEE*, 16(1):414–454.
- Polasi, P. K., Aishwarya, S., Kruthika, P., and Momin, M. K. (2023). An iot-based duplex mode remote health monitoring system. In *2023 International Conference on Recent Advances in Electrical, Electronics, Ubiquitous Communication, and Computational Intelligence (RAEEUCCI)*, pages 1–5, Piscataway, NJ, USA. IEEE, IEEE.
- Sahu, M. L., Atulkar, M., Ahirwal, M. K., and Ahamad, A. (2022). Cloud-based remote patient monitoring system with abnormality detection and alert notification. *Mobile Networks and Applications*, 27(5):1894–1909.
- SAP (2025). STANDARDIZED Technical Architecture Modeling. Acesso em fevereiro de 2025.
- Sergi, I., Montanaro, T., Shumba, A. T., Bramanti, A., Ciccarelli, M., Carrizzo, A., Visconti, P., De Vittorio, M., and Patrono, L. (2023). An iot-aware system for remote monitoring of patients with chronic heart failure. In *2023 8th International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SpliTech)*, pages 1–5, Piscataway, NJ, USA. IEEE.
- Sesso, R., Lopes, A. A., Thomé, F. S., Lugon, J. R., and Martins, C. T. (2023a). Censo brasileiro de diálise 2022: Análise da prevalência e incidência da doença renal crônica no brasil. *Brazilian Journal of Nephrology*, 44(1):45–56.
- Sesso, R., Lopes, A. A., Thomé, F. S., Lugon, J. R., and Martins, C. T. (2023b). Gastos do sus com doença renal crônica: Uma análise dos custos com terapia renal substitutiva. *Brazilian Journal of Nephrology*, 44(2):112–120.
- Souza, R., Lopes, J., Geyer, C., Cardozo, A., Yamin, A., and Barbosa, J. (2018). An architecture for iot management targeted to context awareness of ubiquitous applications. *Journal of Universal Computer Science*, 24(10):1452–1471.
- Streiner, D. L. (2003). Starting at the beginning: an introduction to coefficient alpha and internal consistency. *Journal of personality assessment*, 80(1):99–103.