IoT Diálise Peritoneal : Uma Abordagem Explorando o Monitoramento Remoto de Pacientes

Rogério Albandes[1,2], Alexandre Souza[1], Rodrigo Lambrecht[2], Franklin Barcellos[2], Adenauer Yamin[1,2]

[1]Programa de Pós-Graduação em Computação (PPGC/UFPel)

[2]Mestrado em Engenharia Eletrônica e Computação (MEEC/UCPel)

Abstract. *It is estimated that 5.4 million people will undergo Renal Replacement Therapy by 2030. Peritoneal dialysis seems to be the most widespread form of home treatment for these patients, but it faces problems related to its adherence. Remote monitoring has the potential to increase adherence to treatment. This work aims to design an approach that integrates: (i) a platform for the acquisition of vital signs and other parameters of a patient on peritoneal dialysis; (ii) an environment where customizable rules build Situation Science and, when necessary, send notifications to the medical team; and (iii) a signal and image visualization interface that can be accessed remotely.*

Resumo. *Estima-se que 5,4 milhões de pessoas serão submetidas à Terapia de Reposição Renal até 2030. A diálise peritoneal parece ser a forma mais difundida de tratamento domiciliar destes pacientes, mas enfrenta problemas relacionados à sua aderência. O monitoramento remoto tem a potencialidade de aumentar a aderência ao tratamento. Este trabalho tem por objetivo a concepção de uma abordagem que integra: (i) uma plataforma para aquisição de sinais vitais e outros parâmetros de um paciente em diálise peritoneal; (ii) um ambiente onde regras personalizáveis construa a Ciência de Situação e, quando necessário envie notificações para a equipe médica; e (iii) uma interface de visualização dos sinais e das imagens que possa ser acessada de forma remota.*

1. Introdução

As sociedades em todo o mundo estão enfrentando o problema de gerenciar o aumento do contingente de pacientes com Doença Renal Terminal (*End-Stage Kidney Disease* - ESKD), impulsionada pelo crescimento populacional, envelhecimento, obesidade, diabetes e hipertensão. O *Global Burden of Disease* [of Disease 2020] estima que a doença renal crônica se tornará a 5ª principal causa de óbitos até 2040, bem acima da atual 16ª posição [Foreman et al. 2018].

Quando a doença renal crônica (*Chronic Kidney Disease* - CKD) progride para ESKD, é requerido que se realize a Terapia de Reposição Renal (*Renal Replacement Therapy* - RRT). A RRT inclui diálise (hemodiálise ou diálise peritoneal) e o transplante renal [Levin et al. 2017] - procedimentos que podem adicionar muitos anos significativos à vida dos pacientes.

Estimasse que pelo menos 5,4 milhões de pessoas serão submetidas a RRT até 2030, principalmente em países de baixa renda média. No entanto, o número de pessoas sem acesso a RRT permanecerá substancial. Porque a diálise 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 a maioria das pessoas com potencial de se beneficiar dela.

No momento atual a diálise peritoneal (*Peritoneal Dialysis* - PD) parece ser a forma mais difundida de tratamento em casa de pacientes que necessitam RRT, mas enfrenta uma série de problemas com relação a sua aderência. Os cuidados necessários são complexos e requerem envolvimento pessoal significativo para integrar a adesão à medicação, modificação do estilo de vida e adaptação nutricional na rotina diária [Diamantidis and Becker 2014]. Além disto os pacientes em PD muitas vezes não estão satisfeitos com a comunicação com os prestadores de cuidados de saúde [Nunes et al. 2011].

O *Remote Patient Management* (RPM) para pessoas em PD é uma tecnologia emergente na qual as informações biométricas dos pacientes (incluindo pulso, pressão arterial e outros parâmetros) podem ser monitoradas remotamente, juntamente com informações importantes sobre o tratamento da PD. Como parte de um campo em evolução da telemedicina, o RPM tem o potencial de melhorar os resultados clínicos de pacientes que recebem PD, reduzir a utilização de recursos e melhorar a adesão ao procedimento de PD, além de impactar positivamente a experiência dos pacientes. Relatórios sobre RPM são encorajadores [Wallace et al. 2017]. A premissa perseguida neste trabalho é explorar recursos da Internet das Coisas (IoT), tanto para aquisição de informações sobre os pacientes em PD, como para realizar uma interoperação com a comunidade médica sempre que necessário. Esta interoperação será coordenada por procedimentos automatizados, regidos por mecanismos para Ciência de Situação.

A Ciência de Situação refere-se a um modelo no qual o sistema computacional é capaz de verificar os aspectos nos quais tem interesse e, quando necessário, reagir as suas alterações disparando procedimentos pertinentes. Esta abordagem materializa premissas da IoT, nas quais existe uma comunicação autônoma entre objetos inteligentes, utilizados pelos profissionais de saúde, cooperando para o avanços das suas diferentes atividades [Perera et al. 2014].

De acordo com [Sezer et al. 2018], para a construção de sistemas cientes de situação em ambientes distribuídos, como é o caso da presente proposta, alguns desafios devem ser tratados: (i) aquisição do contexto a partir de fontes heterogêneas e distribuídas; (ii) processamento dos dados contextuais adquiridos; e (iii) as respectivas ações direcionadas aos dispositivos e pessoas envolvidas.

Considerando este cenário, este trabalho tem por objetivo a concepção de uma abordagem, denominada *IoT Diálise Peritoneal : Uma Abordagem Explorando o Monitoramento Remoto de Pacientes* (*IoT PD-RPM*) , que integra: (i) uma plataforma para aquisição de sinais vitais e outros parâmetros de um paciente submetido a PD, bem como imagens do saco de efluentes; (ii) um ambiente para processamento contextual, que através de regras personalizáveis construa a Ciência de Situação dos pacientes e, quando necessário envie notificações para os profissionais de saúde envolvidos; e (iii) uma interface de visualização textual e gráfica dos sinais e das imagens que possa ser acessada de forma remota.

Para tanto, na concepção da abordagem *IoT PD-RPM* será explorada a arquite-

tura de software do *middleware* EXEHDA, particularmente do seu subsistema dedicado a processamento contextual, o qual será empregado na inferência da situação dos pacientes.

A expectativa com a *IoT PD-RPM* é permitir que os médicos possam remotamente antecipar diagnósticos e a consequente prescrição de procedimentos. Além disto tranquilizar o paciente quanto ao fato de que seu tratamento, apesar de ser feito distante de uma clínica, está possuindo acompanhamento e sendo monitorado.

Entende-se que a pesquisa associada ao desenvolvimento da *IoT PD-RPM*, tem potencial para aumentar a probabilidade de aceitação do tratamento, como parte de uma rotina diária muitas vezes complicada, contribuindo com a aderência à opção por tratamento com PD.

Este artigo está organizado em sete seções. A segunda Seção apresenta conceitos julgados interessantes quando da revisão de literatura em relação à proposta. Na terceira Seção são discutidos os trabalhos relacionados. Na quarta Seção é introduzido o *middleware* EXEHDA destacando suas principais funcionalidades envolvidas para a obtenção da Ciência de Situação. A quinta Seção apresenta a abordagem *IoT PD-RPM* tratando suas principais características. Na sexta Seção é discutida a prototipação e os testes realizados da abordagem *IoT PD-RPM*. Por fim, a sétima e última Seção apresenta as considerações finais e os trabalhos futuros.

2. Escopo da Abordagem Desenvolvida

Nesta seção são apresentados conceitos, julgados relevantes, quando da revisão da literatura em relação à proposta desenvolvida.

Remote Patient Management (RPM)

Novos métodos para o gerenciamento da doença renal em estágio terminal em casa estão disponíveis há vários anos, no entanto, a aceitação da PD domiciliar tem sido abaixo da expectativa por vários motivos. A não adesão é um fator importante que determina os resultados da PD, uma vez que os pacientes em diálise domiciliar estão sujeitos a sentir-se isolados e podem sentir-se ansiosos por falta de supervisão clínica de rotina. Quando os pacientes se sentem desconectados de seus profissionais de saúde, a conformidade com os conselhos médicos, bem como a confiança no autocuidado diminuem [Liu et al. 2017].

O monitoramento de pacientes em PD potencializa a adesão à terapia e é essencial para permitir a solução de problemas quando os resultados clínicos parecem estar fora do intervalo previsto, com base na prescrição da terapia [Rosner and Ronco 2012]. O RPM permite que os médicos monitorem e detectem de perto os problemas precoces e iniciem intervenções imediatas para evitar hospitalizações [John and Jha 2019]. Desta forma o RPM oferece uma oportunidade para aumentar a captação e a sobrevivência técnica das modalidades de diálise domiciliar, melhorando a satisfação e os resultados do paciente, podendo levar à economia de custos [Wallace et al. 2017].

Cor do Efluente de Diálise Peritoneal

O efluente da diálise peritoneal é normalmente transparente. Uma mudança na aparência indica uma complicação da técnica e requer um manejo rápido e preciso. Isso também pode revelar um problema não diretamente relacionado à técnica de diálise em si, mas a outra situação patológica que passaria despercebida em pacientes que não estão realizando trocas de diálise peritoneal [Dossin and Goffin 2019].

Sinais Vitais

Os sinais vitais são sinais médicos que indicam o status das funções vitais (sustentadoras da vida) do corpo humano. Essas medidas são tomadas para ajudar a avaliar a saúde física geral de uma pessoa, fornecer pistas para possíveis doenças e mostrar progresso em direção à recuperação. Dentre os sinais vitais podemos destacar: Pulso, Pressão Arterial e Oximetria de Pulso.

Medical Information Mart for Intensive Care (MIMIC)

O MIMIC, atualmente na versão III, é um banco de dados relacional contendo dados referentes a pacientes que permaneceram dentro das unidades de terapia intensiva do *Beth Israel Deaconess Medical Center* (Boston, Massachusetts, Estados Unidos), que compreende mais de 58.000 internações hospitalares de 38.645 adultos e 7.875 recém-nascidos [Johnson et al. 2016].

Os dados abrangem de junho de 2001 a outubro de 2012, incluindo sinais vitais, medicamentos, medições laboratoriais, observações e anotações elaboradas por prestadores de cuidados, equilíbrio de fluidos, códigos de procedimentos, códigos de diagnóstico, relatórios de imagens, tempo de internação hospitalar, dados de sobrevivência etc.

3. Trabalhos Relacionados

Durante o esforço de pesquisa foram identificados diversas abordagens relacionadas ao monitoramento remoto de pacientes, dentre as quais foram selecionados cinco trabalhos. Para sua seleção o trabalho deveria contemplar os seguintes aspectos: (i) monitorar sinais vitais; (ii) oferecer suporte para operações remotas tanto de sensoriamento como de atuação (envio de alertas, etc.); e (iii) considerar o emprego de Ciência de Situação.

O trabalho de [Jaiswal et al. 2018] apresenta um modelo que automatiza a coleta, entrega e processamento de dados vitais dos pacientes com a ajuda de um dispositivo de borda e do *container Docker* [Turnbull 2014]. Segundo o autor, o monitoramento de saúde e os aplicativos de resposta a emergências baseados em IoT exigem uma latência e um atraso menor quando da troca de informações. As informações são trocadas entre o servidor de borda, a nuvem e o dispositivo do usuário, o que afeta diretamente o desempenho. Para alcançar o objetivo proposto no trabalho, é utilizado o *Raspberry PI* como dispositivo de borda, para otimizar o processo de análise dos dados dos sensores.

No artigo de [Dridi et al. 2017], é proposta a plataforma SM-IoT, uma plataforma baseada em IoT para cuidados de saúde inteligentes e personalizados, dedicada aos pacientes, bem como aos cuidadores. O objetivo desta plataforma é melhorar o monitoramento remoto do paciente e promover os serviços de saúde. A plataforma SM-IoT é capaz de coletar dados de fontes de informação heterogêneas, integrá-los usando uma web semântica flexível, armazená-los na nuvem para análise posterior, visualizar esses dados com interfaces amigáveis e facilitar seu compartilhamento levando em conta seu aspecto de privacidade.

A proposta de [Ahmed 2017] apresenta um *framework* genérico de *Health-IoT* que contém um Sistema de Apoio à Decisão Clínica (*Clinical Decision Support Systems*-CDSS), para fornecer um sistema de monitoramento de saúde auto-adequado e personalizado para idosos em ambiente doméstico. O *framework* é focado principalmente nos

sensores de suporte, nos meios de comunicação, na comunicação segura e confiável de dados, no armazenamento baseado em nuvem e nos acessos remotos dos dados.

Em [Maia et al. 2015] é apresentada a *EcoHealth* (Ecossistema de Dispositivos de *Health Care*), uma plataforma de *middleware* que integra sensores corporais heterogêneos para permitir o monitoramento remoto de pacientes e a melhoria de diagnósticos médicos. O seu objetivo principal é integrar informações obtidas a partir de tais sensores heterogêneos para fins de monitoramento, processamento, visualização e armazenamento desses dados, bem como de notificação e atuação referentes a condições atuais de pacientes e seus sinais vitais.

Dentre os principais diferencias da *IoT PD-RPM* temos o emprego do *Medical Individual Rules Pattern* (MIRP), que é um conjunto de regras definido pelo médico, individualizado para cada paciente, não sendo contemplado nos trabalhos relacionados.

Outro diferencial da *IoT PD-RPM* diz respeito ao uso de um *middleware*, o qual somente é empregado pelo trabalho relacionado [Maia et al. 2015]. Para o tratamento do desafio de prover suporte a Ciência de Situação às aplicações na IoT, vem se destacando o emprego de *middlewares*, os quais são inseridos entre as infraestruturas computacionais e as aplicações [Pires et al. 2014]. Os *middlewares*, por meio de interfaces de alto nível, permitem a interoperabilidade de diferentes dispositivos da IoT, disponibilizando dentre outras funcionalidades, um meio padronizado para o acesso aos recursos disponíveis nos mesmos.

4. Middleware EXEHDA

O EXEHDA consiste de um *middleware* baseado em serviços, o qual visa criar e gerenciar um ambiente computacional largamente distribuído, bem como promover a execução de aplicações ciente de situação sobre ele. O *middleware* vem sendo explorado em frentes de pesquisa que tratam desafios da IoT [Souza et al. 2018].

O EXEHDA possui uma organização composta por um conjunto de células de execução, conforme pode ser observado na Figura 1. Cada célula, no que diz respeito ao provimento de Ciência de Situação, é composta por um Servidor de Contexto (SC), e por diversos Servidores de Borda (SB) e/ou Gateways.

Os Gateways coletam informações contextuais, provenientes de sensores físicos ou lógicos e têm a finalidade de tratar a heterogeneidade dos diversos tipos de sensores, em aspectos tanto de hardware como de protocolo, transferirem estas informações coletadas de forma normalizada aos Servidores de Borda. No EXEHDA os Gateways são implementados sobre um hardware embarcado específico para a finalidade de interoperar com sensores e atuadores.

No EXEHDA o processamento das informações contextuais é distribuído, ficando uma parte com o Servidor de Borda, e outra com o Servidor de Contexto (vide Figura 1).

Os dados recebidos pelos diversos Servidores de Borda são transmitidos ao Servidor de Contexto que os gerencia e realiza as etapas de armazenamento e processamento contextual. O Servidor de Contexto pode combinar os dados provenientes dos Servidores de Borda com informações históricas, que ficam registradas no Repositório de Informações Contextuais. Uma discussão mais ampla das diferentes funcionalidades tanto do Gateway, quanto dos Servidores de Borda está disponível em [Souza et al. 2018], por sua

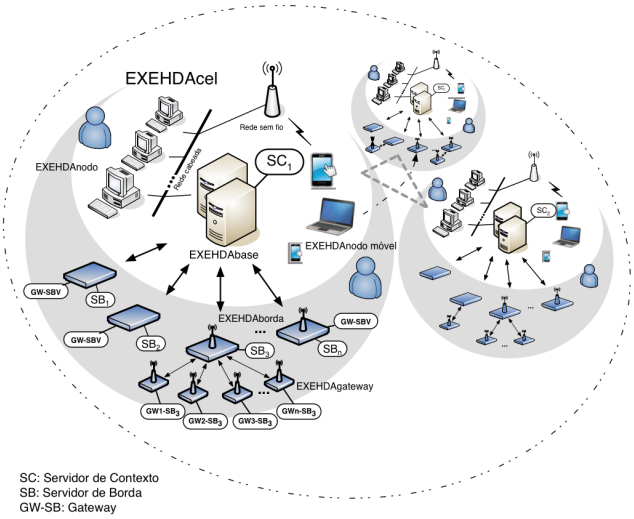

Figura 1. Ambiente para IoT gerenciado pelo EXEHDA

vez, uma avaliação das diferentes potencialidades do Servidor de Contexto pode ser encontrada em [Lopes et al. 2014].

5. *IoT PD-RPM* : Concepção e Funcionalidades

A arquitetura de software concebida para a abordagem *IoT PD-RPM* está apresentada na Figura 2. Na continuidade desta seção são tratadas as funcionalidades dos diferentes módulos, sendo discutidos seus perfis operacionais.

5.1. Bloco de Interoperação com o Ambiente

O Bloco de Interoperação do Ambiente é constituído pelo Módulo API Entrada, Módulo de Dispositivos e Módulo de Comunicação. Este bloco da *IoT PD-RPM* opera sobre um *Gateway* Nativo do *middleware* EXEHDA.

O Módulo API Entrada contempla uma RESTful API que permite a entrada de parâmetros oriundos de uma interface web e/ou aplicativo mobile e de imagens geradas a partir do System-on-a-chip (SOC) ESP32-CAM.

O Módulo de Dispositivos é responsável por receber informações de sensores de sinais vitais, por meio das *General Purpose Input/Output* (GPIOS) de um SOC ESP32-CAM, possuindo um programa em MicroPython [MicroPython] que coleta os dados vindos dos sensores. Por sua vez, o Módulo de Comunicação é responsável por transferir/receber informações e comandos do Bloco de Persistência.

5.2. Bloco de Processamento de Borda

Dois módulos formam o Bloco de Processamento de Borda, que é instanciado sobre o Servidor de Borda do EXEHDA. Módulo de Comunicação, o qual é responsável por interoperar com o Bloco de Interface do Usuário, esta funcionalidade é instanciada no Módulo de Interoperação do Servidor de Borda do EXEHDA. Já o Módulo de Persistência, tem por objetivo realizar uma persistência temporária caso a conexão Internet com o Bloco de Interface do Usuário seja perdida. Esta funcionalidade é instanciada sobre o Módulo Persistência Local do Servidor de Borda do EXEHDA.

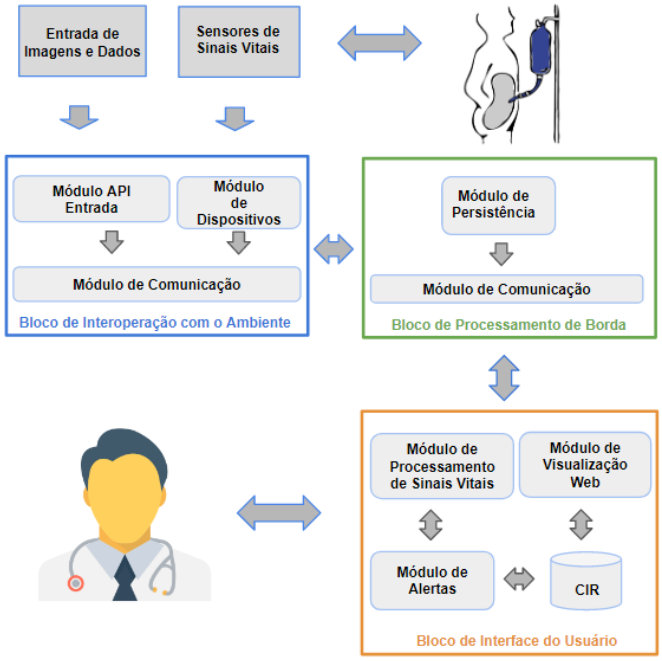

Figura 2. Arquitetura de Software da Abordagem *IoT PD-RPM*

5.3. Bloco de Interface do Usuário

O Bloco de Interface do Usuário é constituído pelo Módulo de Processamento dos Sinais Vitais, Modulo de Visualização Web, Módulo de Alertas e o Repositório de Informações Contextuais, operando sobre um Servidor de Contexto do middleware EXEHDA.

Módulo de Processamento dos Sinais Vitais

O processamento se dá no Módulo de Processamento dos Sinais Vitais, onde os dados são recebidos e uniformizados segundo o padrão interno do *IoT PD-RPM*. Após padronizados estes dados passarão pelo conjunto de regras que irão definir o status de cada sinal. Após, é realizado o processamento do *Medical Individual Rules Pattern* (MIRP), que é um conjunto de regras definido pelo médico, individualizado para cada paciente.

Neste módulo são tratadas todas as regras referentes ao disparo de alertas, baseado nos sinais vitais coletados. Integram o conjunto de regras: (i) regras definidas pelo usuário, que irão atender suas especificidades baseadas em sua experiência profissional ou particularidades de sua especialidade; (ii) regras baseadas em padrões internacionais.

O médico, usuário da *IoT PD-RPM* pode configurar seus templates de regras utilizando suas definições, as regras de padrões estabelecidos ou ainda um conjunto híbrido de regras - o que torna flexível a configuração de seus alertas personalizados. A configuração de regras personalizadas possui uma interface intuitiva, chamada de Cadastro de Templates, onde o médico define quais sinais vitais irá utilizar, seus valores, operadores relacionais (igual, diferente, maior, menor, maior ou igual, menor ou igual) e os operadores lógicos (and e or) para concatenar os diferentes sinais vitais. Com isto o médico cria um template para cada situação de sua especialidade. Este template recebe um nome e ficará armazenado para uso posterior em qualquer paciente.

Módulo de Alertas

Na abordagem *IoT PD-RPM*, o papel dos alertas é preponderante, considerando as características da atividade dos profissionais da saúde quanto à mobilidade e períodos prolongados, sem a possibilidade de atender a ligações telefônicas. Alertas serão emitidos à equipe responsável pelo paciente seguindo regras por eles estabelecidas e/ou indicadores, internacionalmente aceitos. A proposta explora 2 serviços de mensagens que utilizam a Internet como meio: Pushover e Telegram; e um outro, denominado *SMSGateway*, que utiliza o serviço de *Short Message Service* (SMS) da rede GSM (*Global System for Mobile Communications*) de telefonia celular.

Módulo de Visualização Web

O Módulo de Visualização Web 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.

O Módulo de Visualização Web foi dividido em componentes menores, conforme Figura 3. São eles: Autenticação, Logs, Armazenagem, Web Front-end, Conector Nuvem, Administração e Configuração e CIR.

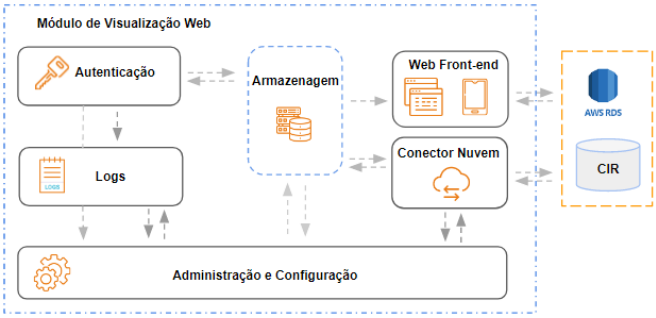

Figura 3. Arquitetura do Módulo de Visualização Web

Autenticação: Este componente é responsável pela autenticação dos usuários da *IoT PD-RPM*. O acesso ao sistema se dá de 3 formas: (i) Utilizando senha armazenada no banco de dados; (ii) via o protocolo SMTP de um servidor de e-mail; e (iii) utilizando o protocolo *Lightweight Directory Access Protocol* (LDAP) para obtenção de credenciais de um domínio do *Active Directory*.

Logs: No componente Log são gravados os logs de todos os eventos ocorridos na *IoT PD-RPM*. Já que a *IoT PD-RPM* armazena dados sensíveis, envolvendo seres humanos [Kruse et al. 2001], torna-se necessário um método para rastrear as atividades dos usuários com objetivo de auditoria, caso seja necessário.

Conector Nuvem: O módulo Conector Nuvem faz a conexão ao serviço de nuvem da Amazon chamado AWS IOT [1]. O AWS IOT é uma suíte de serviços em nuvem voltado à aplicações IoT. A *IoT PD-RPM* publica os dados vindos do "Bloco de Interoperação com o Ambiente" na AWS IOT. O componente Conector Nuvem utiliza vários serviços da AWS para tratar os dados, fazer análises e gerar gráficos para *dashboards* utilizadas para uma melhor visualização por parte do usuário.

[1] https://aws.amazon.com/pt/iot/

Web Front-end: O componente Web Front-end é responsável pela interface com o usuário. Neste componente estão todas as telas que farão a interação entre os usuários finais e a *IoT PD-RPM*. Contém um *dashboard* com as informações atualizadas do paciente, gráficos e a foto dos sacos de efluentes. Além disso, inclui a tela de cadastros de *templates*, a tela de cadastros dos pacientes, tela de histórico de sinais vitais, etc.

Administração e Configuração: No componente Administração e Configuração são inseridos todos os parâmetros necessários para o funcionamento da *IoT PD-RPM*. Neste componente são estabelecidas as credenciais dos usuários e seus níveis de acesso.

CIR: É o módulo responsável pela persistência dos dados que são utilizados no Módulo Visualização Web. São armazenados os dados contextuais dos usuários, seus *templates*, imagens, interfaces de visualização e serviço de alertas, bem como os parâmetros de configuração.

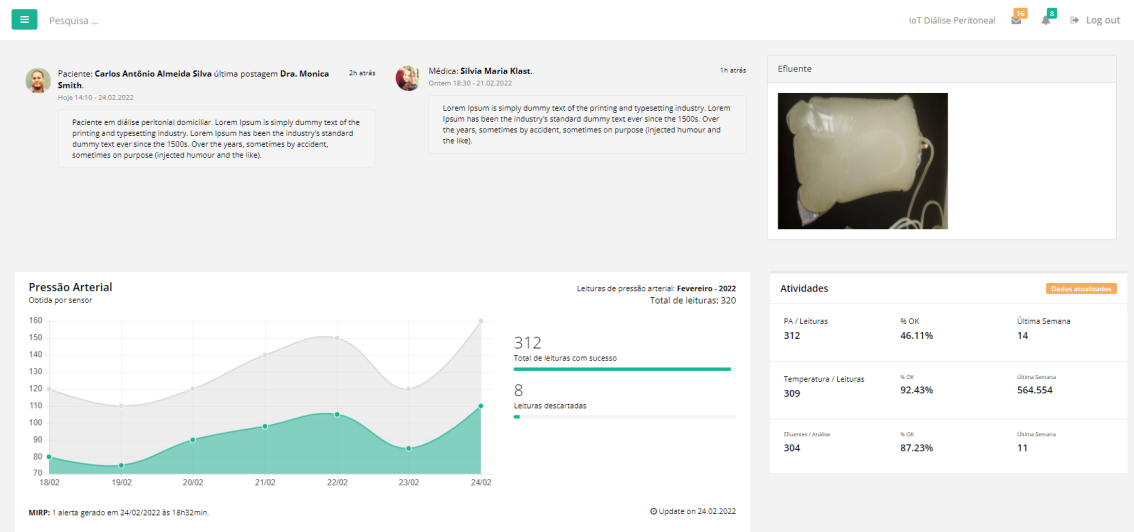

Figura 4. *Dashboard* do Paciente

6. *IoT PD-RPM*: Avaliação

No banco de dados MIMIC-III as coletas são realizadas de 15min em 15min. Objetivando adaptar o banco de dados à realidade da proposta foi considerada apenas uma medição diária.

Com o objetivo de avaliar o funcionamento do Módulo de Processamento dos Sinais Vitais, foi utilizado o MIMIC-III já adaptado à realidade da abordagem, sendo configurados os seguintes alertas: (i) Valores dos sinais vitais fora dos padrões normais e (ii) Alerta configurado pelo médico, baseados nas MIRPS. Foram processados dados de 1.000 pacientes sendo gerados 38 alertas correspondentes a sinais vitais fora do padrão normal e 16 alertas com os parâmetros configurados pelo médico.

Por sua vez, para avaliação junto aos profissionais de saúde foi utilizado o *Technology Acceptance Model* (TAM), um modelo que possui a vantagem de ser específico para tecnologia da informação e tem uma forte base teórica, além do amplo apoio empírico [Okoli 2015].

O modelo sugere que, quando os usuários são apresentados a uma nova tecnologia, vários fatores influenciam sua decisão sobre como e quando eles a usarão, notadamente: (i) *Perceived Usefulness* (PU) - é o grau em que uma pessoa acredita que usar um determinado sistema aumentaria seu desempenho no trabalho; e (ii) *Perceived Ease of Use* (PEOU) - é o grau em que uma pessoa acredita que usar um determinado sistema estaria livre de esforço [Davis et al. 1989]. Desta forma, foi elaborado um questionário cujas questões estão mostradas na tabela 1, empregando a escala Likert [Likert 1932]: Discordo totalmente; Discordo parcialmente; Indiferente; Concordo parcialmente; e Concordo totalmente.

Tabela 1. Questionário TAM Respondido Pelos Médicos Avaliadores

Construto	Afirmativa
Facilidade de uso percebida	1 - Considero a utilização da *IoT PD-RPM* clara e objetiva.
	2 - Interagir com esta proposta não requer muito esforço mental.
	3 - Considero a proposta fácil de ser utilizada.
Utilidade Percebida	4 - A utilização da *IoT PD-RPM* melhoraria minha performance no dia-a-dia.
	5 - A utilização dessa tecnologia aumentaria minha produtividade.
	6 - A utilização dessa tecnologia me tornaria mais eficiente.

Nesta etapa de concepção da *IoT PD-RPM*, o questionário de avaliação desenvolvido foi aplicado a 10 médicos de 3 hospitais da cidade de Pelotas-RS, sendo apresentado aos mesmos uma demonstração da *IoT PD-RPM*, sendo os alertas, gerados a partir do MIMIC-III, o que os aproximou do real funcionamento da proposta. O questionário aplicado é apresentado na Tabela 1.

É fundamental avaliar se o questionário utilizado na pesquisa consegue inferir ou medir aquilo a que realmente se propõe, justamente, para dar relevância à pesquisa. O Coeficiente Alfa de Cronbach é uma medida bastante utilizada de confiabilidade (avaliação da consistência interna dos questionários) para um conjunto de indicadores de construto. O Coeficiente Alfa de Cronbach mede a correlação entre as respostas em um questionário, considerando a análise do perfil das respostas dadas. É calculado a partir do somatório da variância dos itens individuais e da soma da variância de cada avaliador [Taber 2018].

Na literatura encontra-se que os valores aceitáveis de alfa, variam de 0,70 a 0,95. Um baixo valor de alfa pode ser devido a um baixo número de perguntas, baixa interrelação entre itens ou construções heterogêneas. Se alfa for muito alto, pode sugerir que alguns itens sejam redundantes, pois estão testando a mesma pergunta, mas com uma aparência diferente. É recomendado um valor alfa máximo de 0,90 [Streiner 2003]. Considerando os dados obtidos no questionário, se obteve o valor do Alfa de Cronbach igual a 0,876.

Baseado no valor obtido para o Alfa de Cronbach, superior a 0,7, podemos considerar que a avaliação feita pelos profissionais de saúde, seguindo a metodologia da proposta TAM, possui uma considerável confiabilidade, podendo ser entendida como um instrumento representativo da opinião médica.

Os médicos, objetos da pesquisa, ficaram plenamente satisfeitos com o funcionamento da *IoT PD-RPM* não só nos seus aspectos funcionais, mas também com a possibilidade de antecipação de diagnóstico e melhora na aderência ao tratamento.

7. Considerações Finais

IoT PD-RPM adquire os dados dos sinais vitais, as imagens e demais parâmetros significativos para a diálise peritoneal na casa do paciente em tratamento, através de sensores com perfil IoT.

Os dados adquiridos são processados tanto por regras pré-definidas que irão avaliar se os sinais vitais estão em uma faixa de normalidade, como também por regras especificadas pela equipe médica do paciente em questão. Com base no processamento destas regras são gerados alertas para que os médicos sejam notificados de eventos ocorridos com seus pacientes.

Com a *IoT PD-RPM* é possibilitada a antecipação de diagnósticos e procedimentos por parte da equipe médica, bem como proporcionando uma maior segurança ao paciente, o que potencializa sua aderência ao tratamento, bem como reduz o número de idas as clínicas e consultórios. Os resultados obtidos junto à médicos no que diz respeito a avaliação da Utilidade e Facilidade de Uso percebidas (TAM), mostram-se promissores e apontam para o prosseguimento das pesquisas da *IoT PD-RPM*, enquanto uma abordagem que emprega o *middleware* EXEHDA no provimento de abordagens para área de saúde.

Dentre os trabalhos futuros previstos tem-se o desenvolvimento de um aplicativo nativo para *smartphones*. Também o processamento digital das imagens do saco de efluentes com o objetivo de análise a partir da cor e o uso da IoT com *machine learning*, considerando que a predição do valor de biomarcadores usando a abordagem de sensores de IoT é muito promissora.

Referências

Ahmed, M. U. (2017). An intelligent healthcare service to monitor vital signs in daily life–a case study on health-iot. *Int. J. Eng. Res. Appl.(IJERA)*, 7(3):43–55.

Davis, F. D., Bagozzi, R. P., and Warshaw, P. R. (1989). User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models. *Management science*, 35(8):982–1003.

Diamantidis, C. J. and Becker, S. (2014). Health information technology (it) to improve the care of patients with chronic kidney disease (ckd). *BMC nephrology*, 15(1):7.

Dossin, T. and Goffin, E. (2019). When the color of peritoneal dialysis effluent can be used as a diagnostic tool. In *Seminars in dialysis*, volume 32, pages 72–79. Wiley Online Library.

Dridi, A., Sassi, S., and Faiz, S. (2017). A smart iot platform for personalized healthcare monitoring using semantic technologies. In *Tools with Artificial Intelligence (ICTAI), 2017 IEEE 29th International Conference on*, pages 1198–1203. IEEE.

Foreman, K. J., Marquez, et al. (2018). Forecasting life expectancy, years of life lost, and all-cause and cause-specific mortality for 250 causes of death: reference and alternative scenarios for 2016–40 for 195 countries and territories. *The Lancet*, 392(10159):2052–2090.

Jaiswal, K., Sobhanayak, et al. (2018). An iot-cloud based smart healthcare monitoring system using container based virtual environment in edge device. In *2018 International Conference on Emerging Trends and Innovations In Engineering And Technological Research (ICETIETR)*, pages 1–7. IEEE.

John, O. and Jha, V. (2019). Remote patient management in peritoneal dialysis: An answer to an unmet clinical need. In *Remote Patient Management in Peritoneal Dialysis*, volume 197, pages 99–112. Karger Publishers.

Johnson, A. E., Pollard, T. J., Shen, L., Li-wei, H. L., Feng, M., Ghassemi, M., Moody, B., Szolovits, P., Celi, L. A., and Mark, R. G. (2016). Mimic-iii, a freely accessible critical care database. *Scientific data*, 3:160035.

Kruse, R. L., Ewigman, B. G., and Tremblay, G. C. (2001). The zipper: a method for using personal identifiers to link data while preserving confidentiality. *Child abuse & neglect*, 25(9):1241–1248.

Levin, A., Tonelli, 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.

Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of psychology*.

Liu, N., Kim, J., Jung, Y., Arisy, A., Nicdao, M. A., Mikaheal, M., Baldacchino, T., Khadra, M., and Sud, K. (2017). Remote monitoring systems for chronic patients on home hemodialysis: field test of a copresence-enhanced design. *JMIR human factors*, 4(3):e21.

Lopes, J. L., de Souza, R. S., Geyer, C., da Costa, C., Barbosa, J., Pernas, A. M., and Yamin, A. (2014). A middleware architecture for dynamic adaptation in ubiquitous computing. *Journal of Universal Compuerter Science*, 20(9):1327–1351.

Maia, P., Baffa, A., Cavalcante, E., Delicato, F. C., Batista, T., and Pires, P. F. (2015). Uma plataforma de middleware para integraçao de dispositivos e desenvolvimento de aplicaç oes em e-health.

MicroPython. Micropython.

Nunes, J. A. W., Wallston, et al. (2011). Associations among perceived and objective disease knowledge and satisfaction with physician communication in patients with chronic kidney disease. *Kidney international*, 80(12):1344–1351.

of Disease, G. B. (2020). Global burden of disease.

Okoli, C. (2015). A guide to conducting a standalone systematic literature review. *Communications of the Association for Information Systems*, 37(1):43.

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.

Pires, P. F., Cavalcante, E., Barros, T., Delicato, F. C., Batista, T., and Costa, B. (2014). A platform for integrating physical devices in the internet of things. *Proceedings of the 12th IEEE International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing*, pages 234–241.

Rosner, M. H. and Ronco, C. (2012). Remote monitoring for continuous peritoneal dialysis. In *Peritoneal Dialysis-State-of-the-Art 2012*, volume 178, pages 68–73. Karger Publishers.

Sezer, O. B., Dogdu, E., and Ozbayoglu, A. M. (2018). Context-aware computing, learning, and big data in internet of things: a survey. *IEEE Internet of Things Journal*, 5(1):1–27.

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.

Taber, K. S. (2018). The use of cronbach's alpha when developing and reporting research instruments in science education. *Research in Science Education*, 48(6):1273–1296.

Turnbull, J. (2014). *The Docker Book: Containerization is the new virtualization*. James Turnbull.

Wallace, E. L., Rosner, et al. (2017). Remote patient management for home dialysis patients. *Kidney international reports*, 2(6):1009–1017.