

# *Salus Ciber Ludens*: jogo aplicado para o autocuidado em diabetes em uma experiência conectante

Luma Wanderley de Oliveira  
Instituto de Informática  
Universidade Federal de Goiás  
Goiânia, Brasil  
luma.lwo@gmail.com

Silvana de Lima Vieira dos Santos  
Faculdade de Enfermagem  
Universidade Federal de Goiás  
Goiânia, Brasil  
silvanalvsantos@ufg.br

Sérgio Teixeira de Carvalho  
Instituto de Informática  
Universidade Federal de Goiás  
Goiânia, Brasil  
sergio@inf.ufg.br

**Resumo**—O *diabetes mellitus* tipo 2 é uma doença crônica em que seu agravamento traz consequências graves, como amputações, e pode até levar à morte. É considerada uma das doenças crônicas mais conhecidas do mundo e vem trazendo um grande impacto para os sistemas de saúde. Esse transtorno está intimamente ligado ao estilo de vida do portador e, por isso, uma das grandes dificuldades é manter a pessoa engajada para uma adesão de longo prazo durante o seu tratamento médico. A utilização de *IoT* vem revolucionando o domínio da saúde, grande parte devido à inteligência que objetos adquirem ao se conectarem à internet, tornando diversas atividades mais autônomas, discretas e automatizadas. Ao combinar essa tecnologia com a capacidade de engajamento e persuasão dos jogos, é possível criar soluções interativas, lúdicas e necessárias para um aprimoramento do cuidado em saúde. Esse trabalho apresenta o *Salus Ciber Ludens*, um jogo aplicado à saúde que utiliza a casa como forma de coletar dados do paciente diabético e atuar nesse ambiente de forma lúdica e que inspire o autocuidado. Como forma de validar esse projeto, foi criado um modelo baseado em eventos discretos, que simula um cenário, mostrando como os elementos se conectam.

**Palavras-chave**—Jogo aplicado, jogo sério, diabetes, *IoT*, internet das coisas

## I. INTRODUÇÃO

O *diabetes mellitus* é um transtorno metabólico que vem se destacando como um problema sério de saúde. Em 2017, a Federação Internacional de Diabetes criou a relação dos 10 países com maior número de pessoas com diabetes (faixa etária de 20 a 79 anos) e uma projeção para 2045, com cerca de 95% de confiança. Dentre esses países, estão a China, ocupando o primeiro lugar, com cerca de 114,4 milhões de pessoas com diabetes, e o Brasil, ocupando o quarto lugar, com cerca de 12,5 milhões de pessoas com essa doença, com uma projeção de 20,3 milhões de doentes em 2045 [1].

As complicações agudas e crônicas do diabetes são responsáveis pela alta morbimortalidade, o que provoca altos custos para os sistemas de saúde. Estudos indicam que o custo dos cuidados relacionados ao diabetes chega a ser três vezes superior ao se comparar aos não diabéticos, devido às ocorrências de complicações crônicas [2].

Normalmente, o diabetes é associado com diversos fatores, como o sedentarismo, transição nutricional, excesso de peso, crescimento e envelhecimento populacional. Seu controle advém de ações conjuntas, principalmente no controle da glicemia e o desenvolvimento do autocuidado. Por isso, um paciente diabético recebe orientações de medidas que comprovadamente melhorem a qualidade de vida, como hábitos alimentares saudáveis, estímulo à atividade física regular, redução do consumo de bebidas alcoólicas e abandono ao tabagismo [2].

Um problema recorrente no tratamento do diabetes, no entanto, é a não adesão dos pacientes aos cuidados recomendados por profissionais da saúde. Considerada uma barreira para a efetividade das ações a não adesão está intimamente relacionada com o engajamento para uma mudança de estilo de vida [3]–[5]. A questão do engajamento é algo recorrente e desafiador não apenas na área da saúde, mas também na educação, negócios, etc.

Uma maneira de aumentar o engajamento é por meio da utilização de jogos. Assim, desenvolveu-se o interesse em combinar as potencialidades de um jogo com temas relacionados a outras áreas. Para esse fim, estes tipos de jogos foram, em um primeiro momento, denominados de jogos sérios, mas gradualmente esse termo vem sendo substituído por jogos aplicados [6].

Ao se tratar de monitoramento de pacientes, há diversos dispositivos capazes de coletar dados de saúde. Por conta do avanço na eletrônica, os dispositivos vêm se tornando cada vez menores, mais potentes e baratos. Com o advento da Internet das Coisas (*IoT*), esses dispositivos ganharam uma nova característica que é o poder de se comunicar utilizando a internet e possibilitar o desenvolvimento de inúmeras aplicações.

Este artigo apresenta um jogo aplicado cujo objetivo é melhorar o engajamento do paciente na adesão ao tratamento do diabetes tipo 2. O jogo está intrinsecamente relacionado à casa do paciente, elemento fundamental desse trabalho, pois, além de ser o ambiente em que o paciente é monitorado, funciona como a interface do jogo.

O artigo está organizado em 5 (cinco) seções. A Seção II

apresenta os elementos teóricos que sustentam o trabalho; a Seção III apresenta o *Salus Ciber Ludens* (SCL) destacando os seus eixos de desenvolvimento envolvendo cuidados de saúde, sensores, atuadores instalados na casa do paciente, além do aplicativo mobile; a Seção IV, por sua vez, mostra uma simulação do funcionamento do jogo com o objetivo de apresentar a arquitetura de comunicação entre os componentes relacionados. Por fim, a Seção V apresenta as conclusões e trabalhos futuros.

II. Background

Esta seção aborda os quatro elementos teóricos que sustentam esse trabalho. O primeiro elemento é o conhecimento da área-fim, o diabetes, seu tratamento e o autocuidado. O segundo elemento é o jogo, como solução para melhorar o engajamento ao tratamento médico. O terceiro elemento é a Internet das Coisas, como meio integrador da solução proposta. Por fim, o quarto elemento é o *Discrete-Events Systems Specification* (DEVS) que é a modelagem escolhida para representar o cenário especificado.

A. Diabetes Mellitus tipo 2

O diabetes tipo 2 se refere a uma resistência à ação da insulina, associada a um defeito na sua secreção. Após o diagnóstico da doença, ela pode evoluir por muitos anos antes de requerer insulina para controle. Geralmente, manifesta-se em adultos com longa história de excesso de peso e com história familiar de diabetes tipo 2. Além disso, é o tipo mais comum de diabetes presente na população, abrangendo cerca de 90% dos casos [2].

O controle glicêmico é fundamental para o tratamento do diabetes. Com o controle metabólico o paciente mantém-se assintomático e previne-se das complicações agudas e crônicas, promovendo a qualidade de vida e reduzindo a mortalidade. O monitoramento da glicemia geralmente ocorre em jejum, pré-prandial (antes das refeições), pós-prandial (após as refeições) e pela hemoglobina glicada (HbA1c) [2]. A Tabela I apresenta as metas glicêmicas recomendadas pela *American Diabetes Association* [7].

TABELA I  
METAS GLICÊMICAS ÓTIMAS PROPOSTAS PELA *American Diabetes Association*.

|                 | Glicemia pré-prandial | Glicemia pós-prandial | HbA1c |
|-----------------|-----------------------|-----------------------|-------|
| Todas as idades | 70 a 130 mg/dL        | 90 a 180 mg/dL        | 7,0%  |

Fonte: [1]

O diabetes tipo 2 exige tratamento não farmacológico, em geral complementado com antidiabético oral e, eventualmente, insulina basal, conforme a evolução da doença [2]. Em termos gerais, o tratamento acontece seguindo o fluxograma apresentado na Fig. 1, o qual destaca os processos iniciais do tratamento.

Como mostrado na Fig. 1, a partir do diagnóstico de diabetes há a verificação da taxa de glicemia. Se a taxa for maior que 300 mg/dL o tratamento já é associado com insulina.

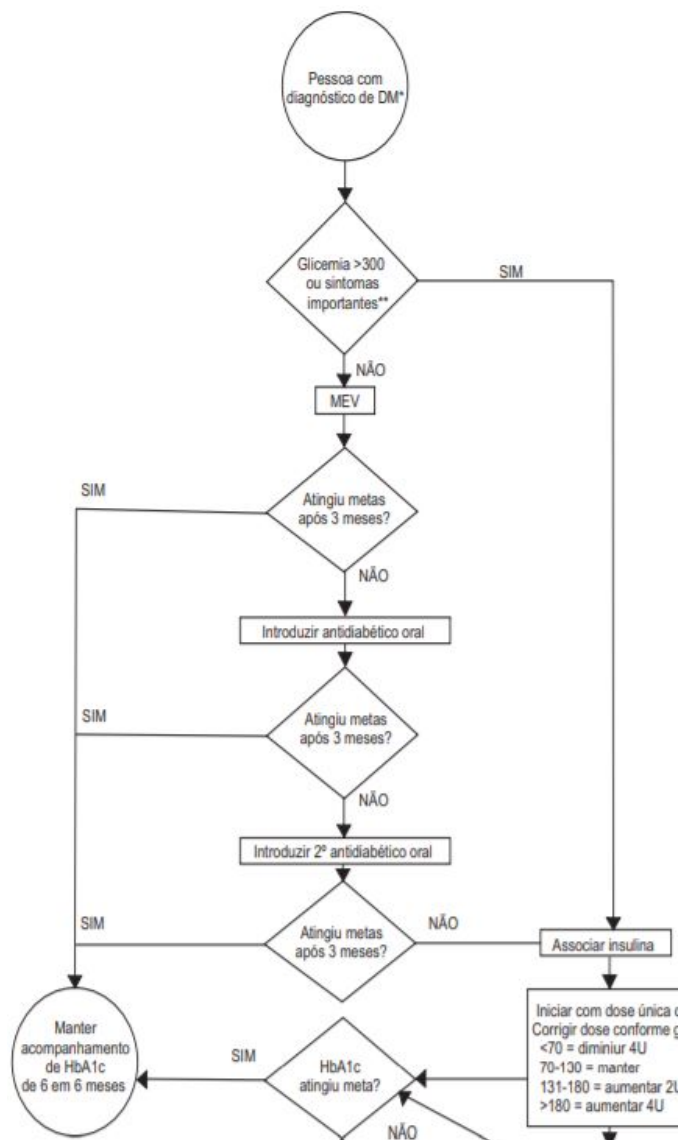


Fig. 1. Fluxograma de tratamento do diabetes tipo 2. Fonte:[2]

Caso contrário, começam as orientações para a Mudança do Estilo de Vida (MEV) que acompanhará o indivíduo pelo resto de sua vida. Após 3 meses do diagnóstico, é verificado se o paciente atingiu as metas glicêmicas; caso não tenha conseguido alcançá-las, é introduzido um medicamento antidiabético oral. Três meses mais tarde é feita nova avaliação das metas. Se o paciente continua não atingindo as metas, é introduzido um segundo medicamento antidiabético oral e, se após três meses continuar sem os resultados esperados, o paciente é indicado para insulino terapia. Caso o paciente atinja as metas em qualquer uma dessas etapas, ele deve manter o acompanhamento de HbA1c de seis em seis meses.

Sobre a MEV, destacam-se a prática regular de atividade física e a terapia nutricional. O exercício físico é muito importante para um paciente diabético, pois regula o controle

glicêmico, diminui os fatores de risco cardíaco, além de contribuir para a perda de peso e melhoria do bem-estar. Independentemente da modalidade, a atividade física deve ser iniciada de forma gradual e obedecendo algumas particularidades, como a intensidade e o período. A alimentação também está diretamente relacionada com fatores que interferem na prevenção e/ou controle do diabetes tipo 2, como excesso de peso, dislipidemia, mau controle glicêmico, consumo excessivo de gordura saturada e pouca ingestão de frutas e vegetais [2].

Por esses motivos, outra forma de verificar a evolução da doença é por meio da avaliação antropométrica, via Índice de Massa Corporal (IMC) e Circunferência Abdominal (CA). Há ainda outras medidas de cuidado, não abordadas nesse trabalho, como saúde bucal e pés diabéticos.

### B. Jogo Aplicado na Saúde

Um jogo é caracterizado por recursos lúdicos capazes de envolver o jogador. De acordo com Kapp [8], um jogo é um sistema no qual jogadores se engajam em um desafio abstrato, definido por regras, interatividade e feedback, e que gera um resultado quantificável frequentemente provocando uma reação emocional. Johann Huizinga, um dos grandes teóricos vanguardistas do estudo de jogos atribui as características formais do jogo como uma atividade livre, conscientemente "não-séria", exterior à vida cotidiana, mas ao mesmo tempo capaz de absorver o jogador de maneira intensa e total [9]. Esse envolvimento é descrito por ele como um círculo mágico onde o jogador está imerso em outro tempo, espaço e regras.

O estado de *flow* é o conceito advindo da área da psicologia que retrata este estado psicoemocional de envolvimento com alguma atividade. As descrições da experiência de *flow* são idênticas ao que os jogadores experimentam quando imersos em jogos, perdendo o controle do tempo e da pressão externa [10].

Os jogos sérios podem ser definidos por jogos criados com objetivos além do entretenimento [11]. No entanto, o termo jogo aplicado vai ser utilizado nesse trabalho, a fim de evitar qualquer conflito advindo do emprego da "seriedade" nos jogos, como demonstra Huizinga [9]:

Mas insistamos uma vez mais: o jogo autêntico e espontâneo também pode ser profundamente sério. O jogador pode entregar-se de corpo e alma ao jogo, e a consciência de tratar-se "apenas" de um jogo pode passar para segundo plano.

Um jogo aplicado possui quatro aspectos que o define, sendo eles: 1) intenção de projeto; 2) intenção de uso; 3) temática relevante; e 4) efeitos na vida real [6]. Esses aspectos demonstram a preocupação de causa e efeito na realidade, o que nem sempre são encontrados em jogos clássicos.

Um jogo aplicado na saúde muito representativo foi o *Re-mission*, que teve seu uso acompanhado por uma pesquisa rigorosa que confirmou o aumento no conhecimento sobre câncer, aumento da autoestima dos pacientes e aumento da adesão ao tratamento por parte dos jogadores. Além disso, o estudo de Debra Lieberman [12] comprovou que os jogos

afetam positivamente a mudança de comportamento, principalmente pelas seguintes características: 1) seus personagens funcionavam como modelos comportamentais; 2) permitiam regimes de autocuidado ajustáveis, similares às rotinas do paciente; 3) promoviam constante prática do autocuidado e atividades de prevenção com as consequências visíveis em jogo; 4) davam suporte e *feedback* das opções dos jogadores; 5) mantinham um registro do status da saúde dos pacientes e das suas atividades em jogo; 6) estimulavam os pacientes a conversar com a família sobre sua condição [6].

Partindo dessa discussão teórica sobre jogo, outro fator muito relevante é como ele é desenvolvido. Há várias fases no processo de desenvolvimento: conceito, pré-produção, protótipo, produção, alfa, beta, ouro e pós-produção [13]. O escopo desse trabalho se concentra na etapa de conceituação, que abrange: a premissa, a motivação do jogador, seu diferencial, o público-alvo, o gênero do jogo, a classificação etária, a plataforma de destino e os objetivos a serem alcançados quanto à experiência do jogador [13].

### C. Internet of Things

O termo *Internet of Things* (IoT) pode ser entendido como uma conexão de objetos físicos ("coisas") ao mundo digital, por meio da internet [14]. Esses objetos, que podem ser portas, telefones, caixas, livros, etc. possuem uma representatividade virtual e se comunicam com o objetivo de trocarem informações e interagirem entre si.

Ao se comparar os números, em 2017 havia cerca de 8,6 bilhões de dispositivos conectados à internet, com estimativa de que até 2022 haverá 12,3 bilhões de dispositivos conectados no mundo [15]. Para suprir essa demanda de conexão, cada vez mais confiáveis, escaláveis e com baixo consumo de energia, algumas tecnologias vêm sendo evoluídas, com destaque para a expansão da rede móvel 4G que já vem sendo amplamente utilizada na IoT, as conexões do tipo *Low Power Wide Area* (como NB-IoT e Lora), e outras que vêm sendo desenvolvidas para massificar o uso da IoT, como, por exemplo, a rede 5G [16]. Esse cenário heterogêneo acaba por se tornar um obstáculo para a disseminação da IoT, ao mesmo tempo que gera uma quantidade massiva de dados na rede.

Com o propósito de facilitar a conexão de pessoas, sensores e sistemas, a utilização de plataformas de medição de dados [17] vem se tornando popular. Algumas plataformas genéricas e prontas para uso tem sido utilizadas para diversas soluções, inclusive em iniciativas de cidades inteligentes, como, por exemplo, *Axeda*, *Xively* e *Thingspeak* que são plataformas proprietárias que oferecem esses serviços [18].

Quanto à aplicação da IoT, existem várias arquiteturas de domínios específicos para a IoT, tais como: RFID, arquitetura orientada a serviços, redes de sensores *wireless*, *health-care*, *smartcity*, logística, *big data*, computação em nuvem, computação social e segurança, etc [19].

No domínio da saúde, podem ser citadas algumas possíveis soluções. Considerando a assistência domiciliar à saúde (*Home Health Care*), há propostas como a *iHome Health-IoT* [20] que utiliza uma solução para medicação inteligente conectando

com sensores e dispositivos que se comunicam por meio de WAN, GPRS e/ou 3G. Também existem soluções baseadas em IoT para monitorar o estado de saúde de uma pessoa em casa, onde são utilizadas arquiteturas de árvore orientadas por modelo e arquiteturas de modelo de domínio com propósitos gerais [21], [22]. Outro exemplo é o *Home Health Hub (H<sup>3</sup>IoT)* [23], uma solução baseada em IoT para disseminar os cuidados de saúde para idosos em domicílio que segue a arquitetura apresentada na Fig. 2. É uma abordagem com 5 camadas: camada de detecção fisiológica, camada de comunicação local, camada de processamento de informações, camada de aplicação de Internet e camada de aplicação do usuário [19].

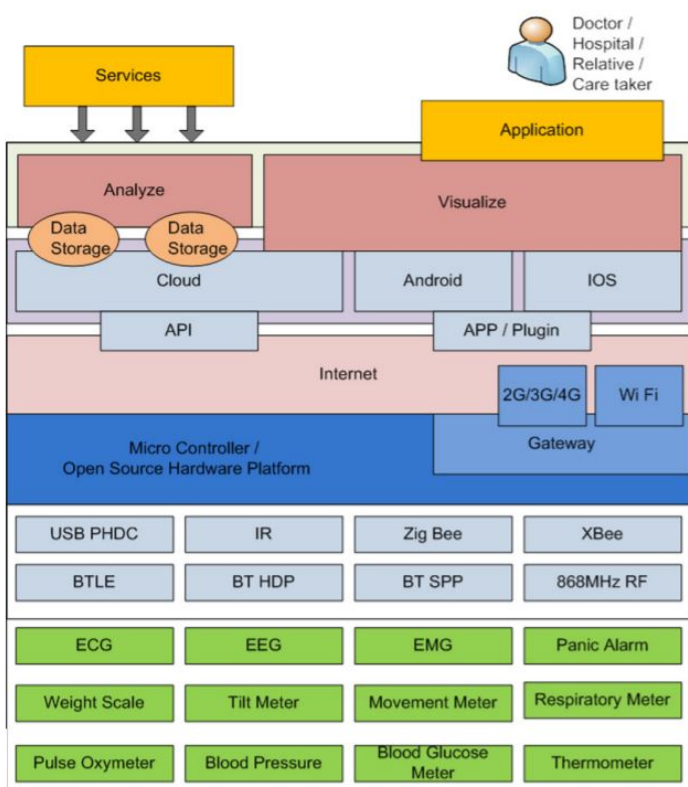


Fig. 2. Arquitetura H<sup>3</sup>IoT. Fonte: [23]

D. Sistemas de Eventos Discretos

O uso de simulação é uma forma de prever o comportamento de sistemas complexos que não poderíamos testar de outra forma [24]. Um ambiente de simulação baseado no formalismo de modelagem de sistemas de eventos discretos (*Discrete-Event System Specification - DEVS*) [25] emprega eventos que representam processos contínuos e discretos. A principal vantagem de uma simulação de eventos discretos está em seu cálculo mais rápido.

A estrutura conceitual do DEVS possui quatro elementos.

- 1) O sistema real ou proposto, fonte de dados para simulações.

- 2) O modelo abstrato da realidade, conjunto de instruções para a geração de dados parametrizáveis no sistema real.
- 3) O simulador que executa as instruções do modelo para gerar seu comportamento.
- 4) O quadro experimental, conjunto de condições que representam os objetivos que devem ser satisfeitos na simulação.

Formalmente, uma simulação em DEVS baseia-se em dois modelos: atômicos (unidades básicas); e, acoplados, que formam um todo (integrando as unidades básicas). Os modelos atômicos são compostos de tipos de dados, eventos, portas de entrada e saída e uma máquina de estados para o comportamento. Possuem a seguinte estrutura formal [24]:

$$M = \langle X, S, Y, \delta_{int}, \delta_{ext}, \lambda, ta \rangle$$

Onde X é o conjunto de eventos de entrada, S é o conjunto de estados sequenciais, Y é o conjunto de eventos de saída. A função de transição interna é representada por  $\delta_{int}$  e a função de transição externa é representada por  $\delta_{ext}$ ,  $\lambda$  é a função de saída (como um estado gera um evento de saída) e  $ta$  é a função de tempo de avanço, que determina o tempo de vida do estado.

Um ambiente de desenvolvimento para esse tipo de simulação é o MS4ME [25], baseado no *Eclipse* e *Java*, que, além de oferecer suporte ao DEVS e DEVSNL, também permite utilizar uma animação do comportamento do sistema. Por meio dessa ferramenta foi possível realizar a simulação do jogo aplicado e observar comportamentos do sistema.

E. Trabalhos Relacionados

Existem estudos, tanto conceituais quanto aplicados, que apresentam como jogos podem ser integrados em ambiente IoT. Alguns trabalhos propõem esquemas de projeto e/ou implantação de *frameworks* (Fig. 3) de convergência de tecnologia da informação para jogos como um serviço IoT [26], [27]. *InLife* [28] é outro projeto que utiliza a tecnologia IoT, nesse caso para a educação especial e inclusão social com base em jogos aplicados.

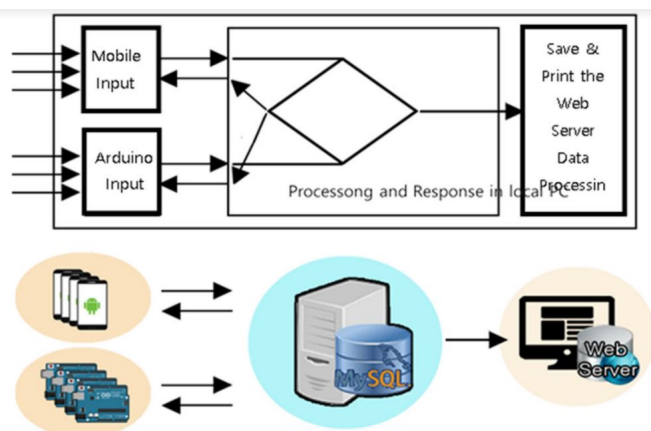


Fig. 3. Framework relacionando IoT e game. Fonte: [26]

Outros trabalhos estudam os impactos e o valor potencial da interação entre IoT e os jogos aplicados, como, por exemplo, analisando o papel dos jogos aplicados tanto consumindo informações heterogêneas (por meio de IoT), como também fornecendo informações significativas relativas ao progresso e ao estado de saúde física e cognitiva do usuário [29].

Nesses trabalhos, observa-se a preocupação com a arquitetura do sistema e pouco se discute sobre o desenvolvimento do jogo. Entretanto, ao considerar essa integração entre jogos aplicados e IoT, ambos os paradigmas devem ser exaltados ao máximo para conseguir extrair o melhor dos dois mundos. A experiência do usuário deve ser a melhor possível tanto no que se refere à funcionalidade quanto à ludificação.

### III. *Salus Ciber Ludens*

O projeto *Salus Ciber Ludens* (SCL) é a integração de um jogo aplicado na saúde com o monitoramento do paciente em casa. Seu objetivo é melhorar o engajamento do usuário na adesão ao tratamento do diabetes tipo 2. Essa seção descreve o processo de desenvolvimento desse projeto, destacando os eixos que os envolvem (Fig. 4): cuidados de saúde, sensores e atuadores da casa e aplicativo mobile.

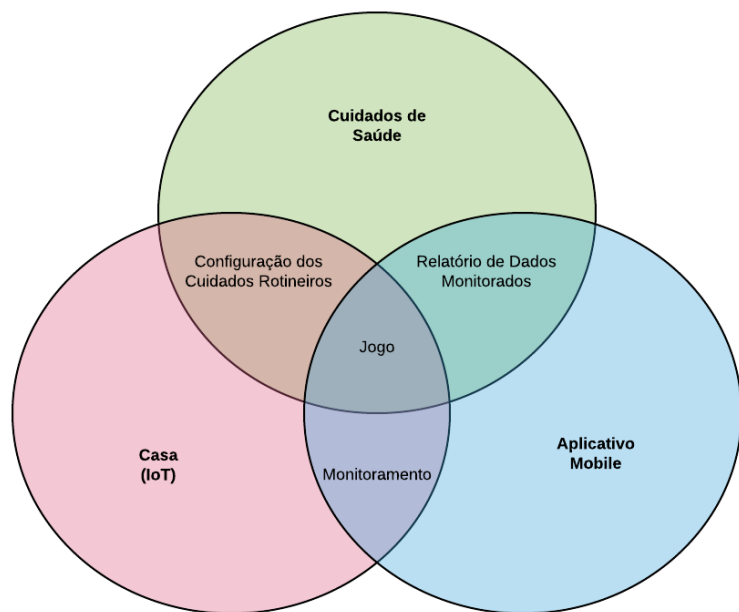


Fig. 4. Eixos que compõem o SCL

Para um melhor entendimento da área-fim, uma equipe da saúde fez orientações sobre o diabetes tipo 2, destacando o perfil do paciente e suas percepções sobre a doença. Foi decidido que devido ao processo bem definido do tratamento do diabetes tipo 2 (Fig. 1), a pessoa ideal para interagir com o sistema seria o paciente recém-diagnosticado com a doença.

Após a decisão do público-alvo, foram definidos os parâmetros ou marcações de saúde que devem ser monitorados. É válido mencionar que os pacientes diagnosticados pos-

suem um plano de cuidados específico. Nesse sentido, foram utilizadas as diretrizes da Sociedade Brasileira de Diabetes [1] como referência para estabelecer as metas padrões da doença, mas o próprio paciente pode, também, configurar os valores das metas. Nessa primeira fase do projeto, não foram incluídas as marcações de alimentação, pela complexidade envolvida na mudança de hábitos alimentares. A seguir, estão relacionadas as principais marcações a serem monitoradas:

- 1) *Tags* de Glicemia
  - Taxa de glicemia pré-prandial
  - Taxa de glicemia pós-prandial
  - Taxa de HbA1c
  - Alarmes
- 2) *Tags* de Atividade Física
  - Tempo
  - Intensidade
  - Frequência cardíaca
  - Número de passos
  - IMC (Peso e Altura)
  - Circunferência abdominal
  - Alarmes
- 3) *Tags* de Medicação - Insulinoterapia
  - Nome
  - Dosagem
  - Alarmes
- 4) *Tags* Complicatórias
  - Taxa de pressão arterial

Para se obter os valores das *tags* a serem rastreadas, há a utilização de sensores e outros dispositivos inteligentes, ou seja, que possuem a possibilidade de comunicação entre sistemas. Dentre os sensores utilizados para coletar as informações do paciente e do ambiente, estão inclusos:

- Glicosímetro: medição de taxa de glicose;
- Esfigmomanômetro: medição de pressão arterial;
- Balança: medição de peso;
- Pedômetro: medição de número de passos;
- Medidor cardíaco;
- Sensor de presença;
- *Beacons*: localização.

Além dos sensores, há também os atuadores instalados na casa do paciente. Dentre eles:

- *Speaker*: áudio;
- Lâmpada RGB: luz;
- Fita led: luz;
- Cofre: abre e fecha dependendo das condições.

O Aplicativo *Mobile* é o ambiente em que o usuário faz as configurações dos dispositivos e acessa relatórios de saúde, além do acesso ao jogo propriamente dito.

O jogo é o software que une todos os eixos e é responsável por engajar o usuário ao autocuidado. Em termos gerais, o jogador interage com o jogo por dois modos: 1) pelo celular; 2) pelos sensores e atuadores instalados pela casa.

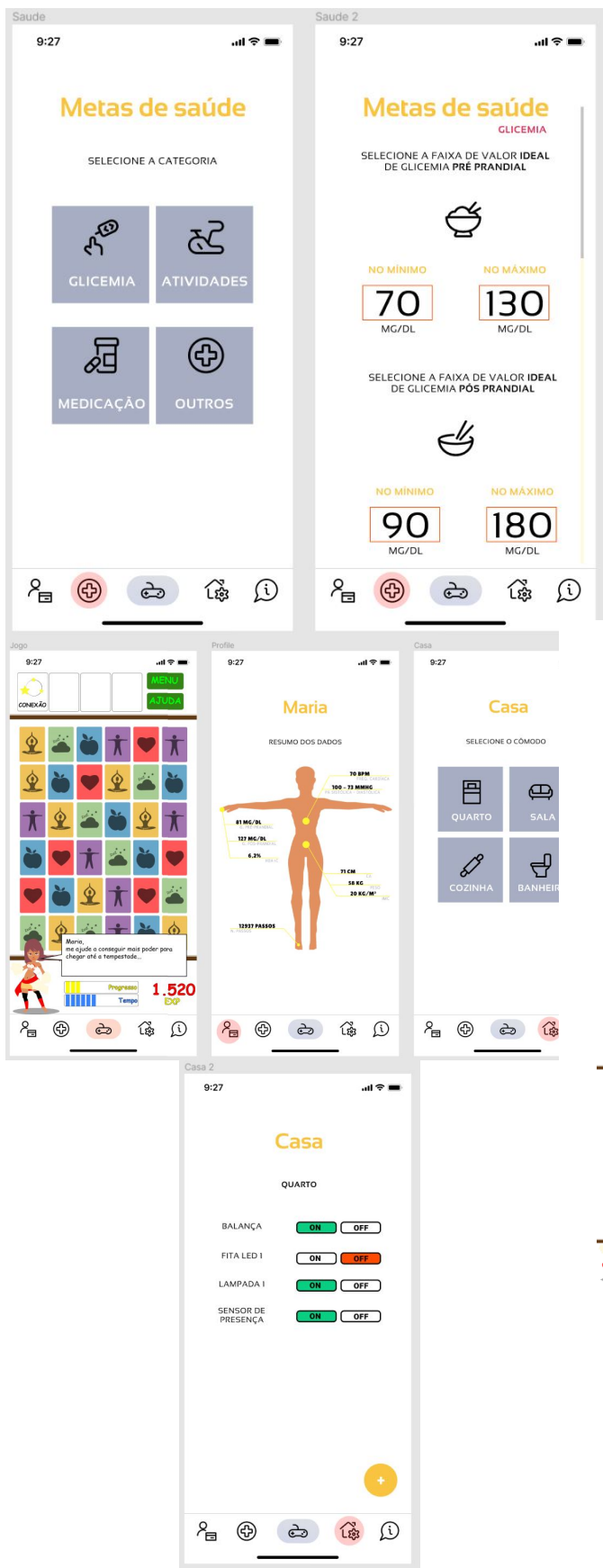


Fig. 5. Interfaces do aplicativo

A. Aplicativo

O aplicativo do SCL reúne todas as informações do jogo e do monitoramento à saúde. A Fig. 5 apresenta algumas telas do aplicativo.

São cinco seções principais no aplicativo, sendo o jogo a tela inicial que será descrita na Seção III.b.

Na seção "Metas de saúde" o usuário configura os valores ideais de glicemia, peso, IMC, CA, pressão arterial, dentre outros marcadores de saúde; também adiciona informações de medicamentos, insulinas e atividades físicas.

Na seção "Pessoal" o usuário acessa os últimos valores registrados de saúde. Na seção "Casa" o usuário visualiza, configura e adiciona os dispositivos (sensores e atuadores) da casa. Por fim, a seção "Informação" traz uma ajuda sobre como jogar e utilizar o aplicativo.

A Fig. 6 apresenta o fluxo de interação do usuário. Inicia-se posicionando e ligando os dispositivos no local adequado. Na sequência, o usuário acessa o aplicativo e configura as tags de acordo com seus cuidados de rotina. Então, pelo próprio aplicativo, ele acessa o jogo e interage das duas formas descritas anteriormente.

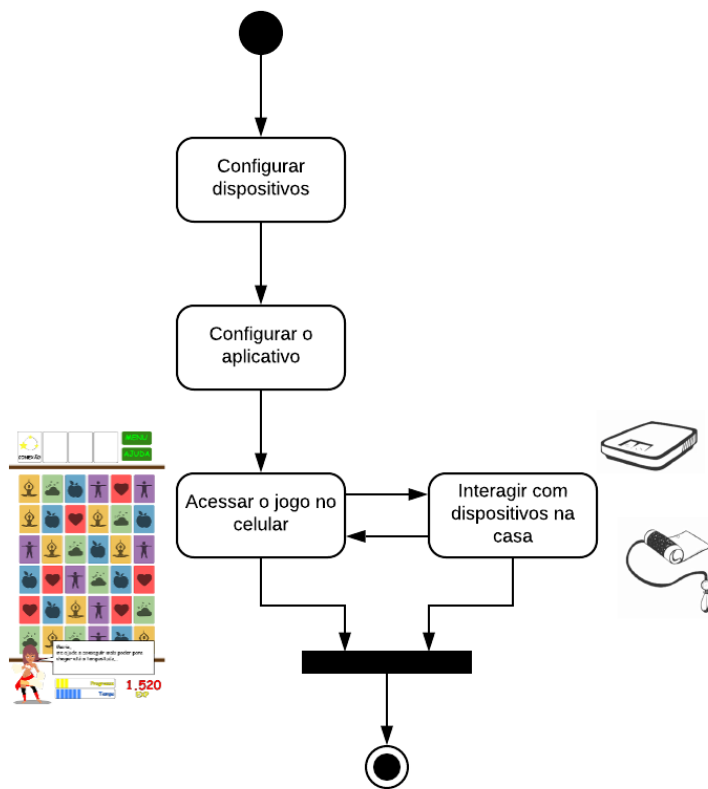


Fig. 6. Fluxo de interação

B. Conceituação do Jogo

Essa seção apresenta o conceito geral do jogo. Por apresentar três eixos, o jogo precisa ter uma camada que unifica

todos os elementos e entrega valor à experiência do jogador. Para isso, foi utilizada a narrativa que torna lúdico o processo de autocuidado.

1) Premissa:

”Ajude Levi a proteger sua vila em sua jornada até a grande tempestade, nesse jogo de quebra-cabeça voltado para o engajamento ao autocuidado do diabetes. Desbrave desafios reais, descubra segredos e desvende o mistério da tempestade.”

2) Motivação do jogador:

Durante a trajetória, o jogador se depara com quebra-cabeças do estilo *tile-matching*. A condição de vitória é chegar até a tempestade e conseguir controlá-la (uma metáfora que está intimamente relacionada com a evolução do cuidado ao diabetes). Realizar as atividades de autocuidado influenciam no jogo mobile (alterando a dificuldade do jogo, tarefas obrigatórias e alertas), além de provocar eventos nos atuadores espalhados pela casa. Por exemplo, se o jogador precisa realizar uma medição de glicemia, o *speaker* irá reproduzir a voz de Levi que indicará ao jogador que é o horário de utilizar o glicosímetro e que ao cumprir essa atividade, a personagem se sentirá mais capaz de prosseguir em sua jornada. Então, quando o jogador entra no jogo mobile, a personagem o notifica da sua boa ação e libera poderes (animações especiais) no quebra-cabeça, além de aumentar a experiência de Levi, dentre outras ações.

3) Diferencial:

O SCL é um jogo aplicado à saúde que usa a casa como uma forma de jogar. Então, além de participar da jornada de Levi, o jogador também está sendo engajado a cuidar de sua própria saúde.

4) Público-alvo:

Paciente recém-diagnosticado com diabetes mellitus tipo 2 e que foi indicado pela equipe médica para utilizar o jogo. Em questão da faixa etária, livre para qualquer público.

5) Gênero:

Quebra-cabeça do tipo *tile-matching*.

6) Plataforma de destino:

Jogo destinado para dispositivos mobile por questões de acessibilidade e disponibilidade. É necessário ter conexão com a internet para que os dispositivos IoT e o aplicativo se comuniquem.

Na Fig. 7 é apresentada a interface do jogo mobile. O jogador deve selecionar (arrastando o dedo) as runas (elementos coloridos) na tela, de tal forma que a combinação de 3 ou mais runas idênticas acumulam pontos. As runas simbolizam as possíveis combinações das forças de Levi, de modo que ela vai ganhando pontos e desbloqueando animações diferentes. A runa amarela representa o cuidado ao estado mental, a runa verde, a importância do sono, a runa azul, o cuidado com a alimentação, a runa lilás representa a importância com o corpo físico e a runa vermelha, a saúde como um todo.

O progresso nesse jogo se relaciona com o estado de saúde

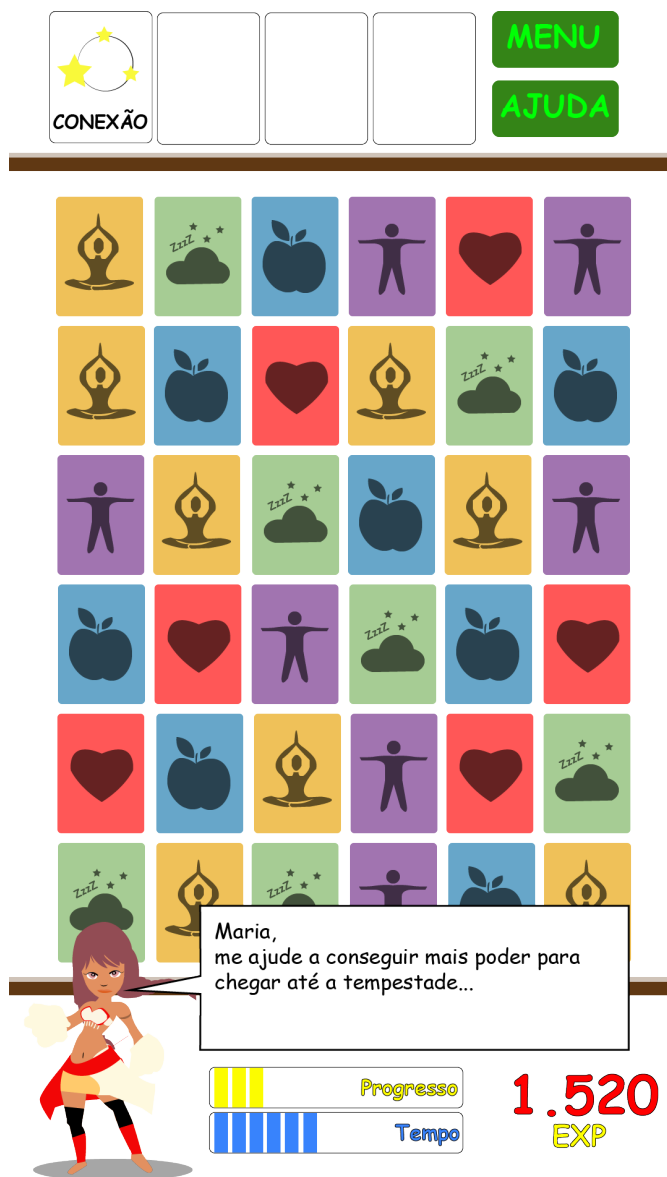


Fig. 7. Interface do modo de jogo mobile

do jogador. Dessa forma, a personagem Levi sempre fica visível na tela e, por vezes, apresenta mensagens ao jogador. Essas mensagens podem variar desde desafios no jogo *tile-matching* até desafios para autocuidado. Além disso, Levi também realiza a parte de *feedback* do estado de saúde do jogador, motivando-o sempre ao bom comportamento.

### C. Dispositivos IoT

A arquitetura escolhida para o desenvolvimento do sistema é baseada na arquitetura  $H^3IoT$  [23], apresentada na Seção II-C.

A Fig. 8 apresenta a arquitetura proposta. Seis camadas se organizam para compor o sistema e funcionam da seguinte forma:

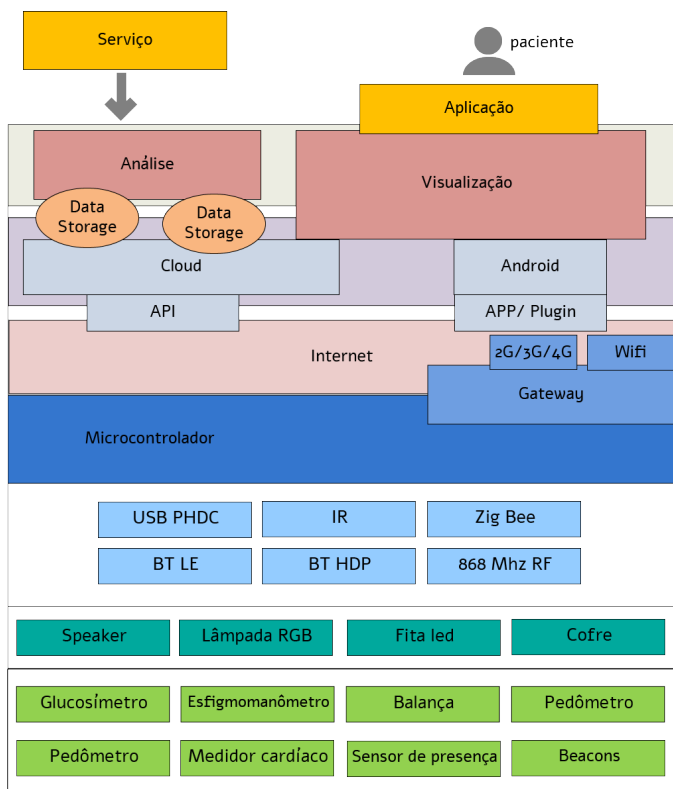


Fig. 8. Arquitetura proposta para o SCL

- Camada de sensoriamento: responsável por coletar informações do usuário. Estão presentes nessa camada todos os sensores (dispositivos) tanto para detecção fisiológica quanto outros dados.
- Camada de atuação: responsável por atuar no ambiente a fim de trazer *feedback* para o usuário.
- Camada de comunicação local: responsável pela comunicação através de protocolos *bluetooth*, *infravermelho*, *Zigbee*, *USB PHDC* e *rádio-frequência*.
- Camada de processamento de informações: responsável por processar os dados.
- Camada de Internet: responsável pela comunicação com a internet.
- Camada de aplicação do usuário: responsável pela aplicação mobile.

IV. SIMULAÇÃO

Para verificar o comportamento do sistema, foi desenvolvido um modelo baseado em DEVS, conforme visto na Seção II-D. O foco dessa simulação é verificar o mapeamento dos dados coletados do usuário, a trajetória desses dados e a ação de *feedback* do jogo.

Com esse objetivo a simulação é composta por cinco modelos acoplados: *Broker*, que representa a camada de Internet; *Sistema*, que representa a camada de aplicação do usuário na questão de apresentação das informações de saúde; o *Jogo*, que representa a camada de aplicação do usuário em

questão do jogo propriamente dito; *Atuadores*, que representa a camada de atuação; e, *Sensores*, que representa a camada de sensoriamento. A Fig. 9 apresenta os modelos acoplados e os modelos atômicos que os compõem.

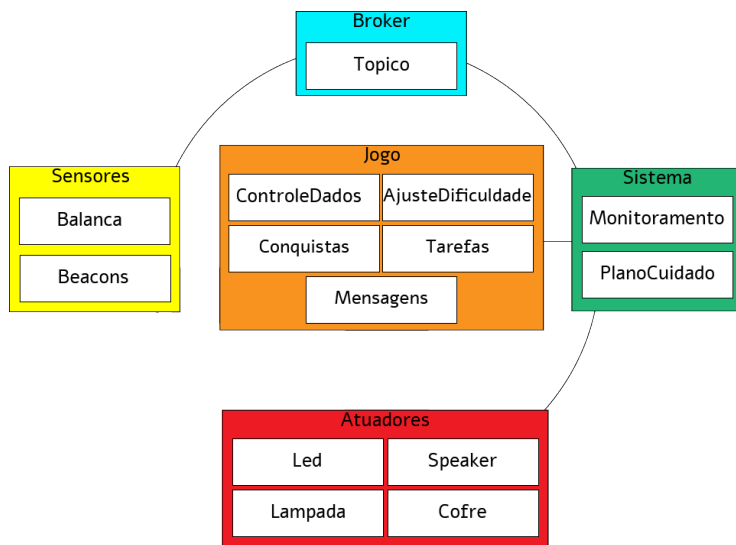


Fig. 9. Modelo do Sistema SCL

Detalhando a simulação, os modelos atômicos que representam os sensores geram automaticamente algum valor no formato do tipo de dado adequado para sua grandeza de medição e dentro de um intervalo previsto de range. A balança, por exemplo, só entra no estado de gerar um novo valor, após um período da simulação que corresponderia a uma semana no mundo real.

No modo animação, os modelos atômicos e acoplados são gerados e representados como retângulos. A trajetória dos dados (quem gera e quem recebe o dado) é representada por setas e os estados de cada elemento da simulação são mostrados a todo o tempo da animação. Por fim, os dados são representados pelos elementos na cor verde.

O cenário modelado no simulador descreve a situação em que um jogador está utilizando, a princípio, apenas uma balança, que utiliza semanalmente e os *beacons* que retornam a sua localização dentro de casa, em tempo real. Esses sensores acessam à nuvem, utilizando a arquitetura *publisher/subscriber*, onde cada sensor é um publicador de conteúdo na nuvem (que guarda sua última medição), os outros elementos do sistema são os assinantes que cadastram seu interesse no tópico correspondente, recebendo notificações quando há atualização no tópico. O sistema (que representa a aplicação mobile) é responsável pelas assinaturas na nuvem e utiliza esses dados para monitoramento dos dados do jogador, além de ser responsável por configurar os cuidados de saúde do jogador e enviar comandos para os atuadores espalhados pela casa. O jogo é responsável por ler as informações dos sensores através do aplicativo, de configurar toda a jogabilidade do jogo e mandar comandos para que o sistema se comunique com os atuadores.



Na simulação, o jogador deve se manter na faixa de peso entre 70Kg e 85 Kg. Caso saia dessa faixa, o jogo apresenta uma mensagem para ele e acrescenta uma tarefa relacionada à redução ou aumento de peso de maneira saudável. Quanto à jogabilidade no celular, um temporizador é apresentado no jogo, de forma a dificultar o jogo e transmitir a sensação de pressão do tempo. Conforme o usuário vai realizando as tarefas, o *speaker* toca a voz de Levi que encoraja o jogador a continuar o autocuidado através da narrativa de sua jornada até a tempestade. Quando o jogador consegue estabilizar seu peso, por um determinado período, um objeto cofre se abre automaticamente, liberando para que o jogador pegue sua recompensa (que ele mesmo colocou nesse cofre anteriormente).

## V. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou o projeto SCL que utiliza os aspectos de inteligência e praticidade da tecnologia IoT e a capacidade de engajamento de jogos, através de seus componentes lúdicos para engajar o jogador a praticar o autocuidado para o tratamento do diabetes tipo 2. Além de apresentar o conceito do jogo, também foram discutidos os aspectos de arquitetura de comunicação dos elementos e a modelagem do sistema, baseado em eventos discretos.

Como trabalho futuro, será realizada uma nova validação conceitual com profissionais da saúde para que o projeto possa ser testado e aplicado por especialistas da área.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## REFERÊNCIAS

- [1] G. Eason, B. Noble, and I. N. Sneddon, "On certain integrals of lipschitz-hankel type involving products of bessel functions," *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*, vol. 247, no. 935, pp. 529–551, 1955.
- [2] Brasil, M. da Saúde, S. de Atenção à Saúde, and D. de Atenção Básica, "Estratégias para o cuidado da pessoa com doença crônica: diabetes mellitus," *Cadernos de Atenção Básica*, no. 36, 2013.
- [3] R. P. Santos, P. M. Horta, C. S. Souza, C. A. d. Santos, H. B. S. d. Oliveira, L. M. R. d. Almeida, and L. C. d. Santos, "Aconselhamento sobre alimentação e atividade física: prática e adesão de usuários da atenção primária," *Revista Gaúcha de Enfermagem*, vol. 33, no. 4, pp. 14–21, 2012.
- [4] E. Heinrich, N. C. Schaper, and N. K. de Vries, "Self-management interventions for type 2 diabetes: a systematic review," *European Diabetes Nursing*, vol. 7, no. 2, pp. 71–76, 2010.
- [5] D. C. Malta, O. L. d. Morais Neto, and J. B. d. Silva Junior, "Apresentação do plano de ações estratégicas para o enfrentamento das doenças crônicas não transmissíveis no Brasil, 2011 a 2022," 2011.
- [6] M. Vasconcellos, F. Carvalho, and I. Araujo, *O jogo como prática de saúde*. 2018.
- [7] A. D. Association *et al.*, "Standards of medical care in diabetes-2013 diabetes care 2013; 36 (suppl 1): S11-s66," *Back to cited text*, no. 10, 2012.
- [8] K. M. Kapp, *The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education*. John Wiley & Sons, 2012.
- [9] J. Huizinga, *Homo ludens*. Editora Perspectiva SA, 2020.
- [10] J. Chen, "Flow in games (and everything else) in communications of the acm. 2007."
- [11] M. S. d. Vasconcellos *et al.*, *Comunicação e saúde em jogo: os vídeo games como estratégia de promoção da saúde*. PhD thesis, 2013.
- [12] D. A. Lieberman, "Management of chronic pediatric diseases with interactive health games: Theory and research findings," *The Journal of ambulatory care management*, vol. 24, no. 1, pp. 26–38, 2001.
- [13] J. Novak, "Desenvolvimento de games," *São Paulo: Cengage Learning*, pp. 354–355, 2010.
- [14] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, "The internet of things: A survey," *Computer networks*, vol. 54, no. 15, pp. 2787–2805, 2010.
- [15] G. M. D. T. Forecast, "Cisco visual networking index: global mobile data traffic forecast update, 2017–2022," *Update*, vol. 2017, p. 2022, 2019.
- [16] S. Li, L. Da Xu, and S. Zhao, "5g internet of things: A survey," *Journal of Industrial Information Integration*, vol. 10, pp. 1–9, 2018.
- [17] E. Silva, M. Oliveira, E. Oliveira, K. da Gama, and B. Lóscio, "Um survey sobre plataformas de mediação de dados para internet das coisas," in *Anais do XLII Seminário Integrado de Software e Hardware*, pp. 95–106, SBC, 2015.
- [18] V. Zdraveski, K. Mishev, D. Trajanov, and L. Kocarev, "Iso-standardized smart city platform architecture and dashboard," *IEEE Pervasive Computing*, vol. 16, no. 2, pp. 35–43, 2017.
- [19] P. P. Ray, "A survey on internet of things architectures," *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*, vol. 30, no. 3, pp. 291–319, 2018.
- [20] G. Yang, L. Xie, M. Mäntysalo, X. Zhou, Z. Pang, L. Da Xu, S. Kao-Walter, Q. Chen, and L.-R. Zheng, "A health-iot platform based on the integration of intelligent packaging, unobtrusive bio-sensor, and intelligent medicine box," *IEEE transactions on industrial informatics*, vol. 10, no. 4, pp. 2180–2191, 2014.
- [21] S. D. T. Kelly, N. K. Suryadevara, and S. C. Mukhopadhyay, "Towards the implementation of iot for environmental condition monitoring in homes," *IEEE sensors journal*, vol. 13, no. 10, pp. 3846–3853, 2013.
- [22] M. Talal, A. Zaidan, B. Zaidan, A. Albahri, A. Alamooodi, O. Albahri, M. Alsalem, C. Lim, K. L. Tan, W. Shir, *et al.*, "Smart home-based iot for real-time and secure remote health monitoring of triage and priority system using body sensors: Multi-driven systematic review," *Journal of medical systems*, vol. 43, no. 3, p. 42, 2019.
- [23] P. P. Ray, "Home health hub internet of things (h 3 iot): An architectural framework for monitoring health of elderly people," in *2014 International Conference on Science Engineering and Management Research (ICSEMR)*, pp. 1–3, IEEE, 2014.
- [24] B. P. Zeigler, Y. Moon, D. Kim, and G. Ball, "The devs environment for high-performance modeling and simulation," *IEEE Computational Science and Engineering*, vol. 4, no. 3, pp. 61–71, 1997.
- [25] B. P. Zeigler, A. Muzy, and E. Kofman, *Theory of modeling and simulation: discrete event & iterative system computational foundations*. Academic press, 2018.
- [26] H.-Y. Kim, "A design and implementation of a framework for games in iot," *The Journal of Supercomputing*, vol. 74, no. 12, pp. 6516–6528, 2018.
- [27] J. Henry, S. Tang, M. Hanneghan, and C. Carter, "A framework for the integration of serious games and the internet of things (iot)," in *2018 IEEE 6th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*, pp. 1–8, IEEE, 2018.
- [28] P. Kosmidis, K. Demestichas, E. Adamopoulou, N. Koutsouris, Y. Oikonomidis, and V. De Luca, "Inlife: Combining real life with serious games using iot," in *2018 IEEE Conference on Computational Intelligence and Games (CIG)*, pp. 1–7, IEEE, 2018.
- [29] E. I. Konstantinidis, A. S. Billis, I. T. Paraskevopoulos, and P. D. Bamidis, "The interplay between iot and serious games towards personalised healthcare," in *2017 9th international conference on virtual worlds and games for serious applications (VS-Games)*, pp. 249–252, IEEE, 2017.