



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ (UFC)

DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO (DC)

MESTRADO E DOUTORADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO (MDCC)

GRUPO DE REDES DE COMPUTADORES, ENGENHARIA DE SOFTWARE E SISTEMAS (GREat)

**PLATAFORMA DE INTERNET DAS COISAS MÉDICAS PARA MONITORAR E  
MELHORAR A QUALIDADE DE VIDA EM AMBIENTES INTELIGENTES**

Internet of Health Things Platform to Monitor and Improve Quality of Life in Smart  
Environments

**FORTALEZA (CE)**

**2022**

**PLATAFORMA DE INTERNET DAS COISAS MÉDICAS PARA MONITORAR E  
MELHORAR A QUALIDADE DE VIDA EM AMBIENTES INTELIGENTES**

Internet of Health Things Platform to Monitor and Improve Quality of Life in Smart  
Environments

Projeto de pesquisa encaminhado ao Comitê  
de Ética em Pesquisa.

Equipe:

M.Sc. Pedro Almir Martins de Oliveira

Ph.D. Rossana Maria de Castro Andrade

Ph.D. Pedro de Alcântara dos Santos Neto

**FORTALEZA (CE)**

**2022**

## SUMÁRIO

<b>PLATAFORMA DE INTERNET DAS COISAS MÉDICAS PARA MONITORAR E MELHORAR A QUALIDADE DE VIDA EM AMBIENTES INTELIGENTES</b>	<b>1</b>
<b>SUMÁRIO</b>	<b>3</b>
<b>RESUMO</b>	<b>4</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>4</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>5</b>
1.1. Contextualização	5
1.2. Justificativa	6
1.3. Hipóteses e Questões de Pesquisa	7
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>8</b>
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>9</b>
<b>4. METODOLOGIA</b>	<b>12</b>
4.1. Tipo de estudo	13
4.2. População, amostra e critérios de seleção	13
4.3. Procedimentos para coleta de dados	14
4.4. Análise de dados	15
4.5. Questões éticas	16
4.6. Riscos e benefícios	16
<b>5. CRONOGRAMA</b>	<b>17</b>
<b>6. ORÇAMENTO</b>	<b>18</b>
<b>7. REFERÊNCIAS</b>	<b>19</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>22</b>
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)	23
TERMO DE COMPROMISSO PARA UTILIZAÇÃO DE DADOS	25
AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL À REALIZAÇÃO DE PROJETO DE PESQUISA	26
CARTA DE SOLICITAÇÃO DE APRECIÇÃO DE PROJETO AO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ – CEP/UFC/PROPESQ	27
DECLARAÇÃO DE COLETA	28
DECLARAÇÃO DE ORÇAMENTO	29
DECLARAÇÃO DE CONCORDÂNCIA	30

## RESUMO

A Qualidade de Vida (QV) vem sendo estudada por um longo tempo e a Organização Mundial de Saúde (OMS) define QV como a percepção individual de cada ser humano sobre sua vida considerando seu contexto sócio-cultural, objetivos, expectativas e padrões pessoais. Em geral, essa percepção é vinculada a quatro grandes domínios: físico, psicológico, social e ambiental. A relevância para estudar QV reside na busca por estratégias capazes de mensurar o bem-estar de um paciente. Sem essas estratégias, tratamentos e soluções tecnológicas que buscam melhorar a Qualidade de Vida das pessoas estariam restritos às percepções subjetivas dos profissionais de saúde. Assim, existem muitos instrumentos para avaliação formal da QV (em geral, questionários). No entanto, o uso desses instrumentos é complexo, custoso, não-transparente e propenso a erros. Considerando esse problema, este projeto discute a proposta de usar a Internet das Coisas Médicas (IoHT, do inglês Internet of Health Things) para coletar dados de ambiente inteligentes e aplicar técnicas de aprendizagem de máquina a fim de inferir medidas de Qualidade de Vida. Para alcançar esse objetivo, projetou-se uma plataforma IoHT inspirada no loop de adaptação MAPE-K. A revisão de literatura já realizada indica que essa ideia é promissora, principalmente dada a existência de desafios em aberto quanto ao desenvolvimento de sistemas IoHT para QV. Neste projeto, solicitamos ao comitê de ética a apreciação no sentido de possibilitar a coleta de dados de Qualidade de Vida com 30 voluntários utilizando dispositivos vestíveis por um período de quatro meses.

## ABSTRACT

The Quality of Life has been studied for a long time, and the World Health Organization defines it as the individual perception about life regarding four major domains: physical, psychological, social, and environmental. The relevance to study QoL lies in the search for strategies able to measure a patient's well-being. Without these strategies, treatments, and technological solutions that aim to improve people's QoL would be restricted to physicians' implicit and subjective perceptions. Thus, there are many instruments for formal QoL assessment (usually questionnaires). However, the use of these instruments is time-consuming, non-transparent, and error-prone. Considering this problem, in this work, we discuss the proposal to use the Internet of Health Things (IoHT) to collect data from smart environments and apply machine learning techniques to infer QoL measures. To achieve this goal, we designed an IoHT platform inspired by the MAPE-K loop. Our literature review has shown that this idea is promising and that there are many open challenges to be addressed. In this project, we requested the ethics committee for an assessment to collect quality of life data with 30 volunteers using wearable devices for four months.

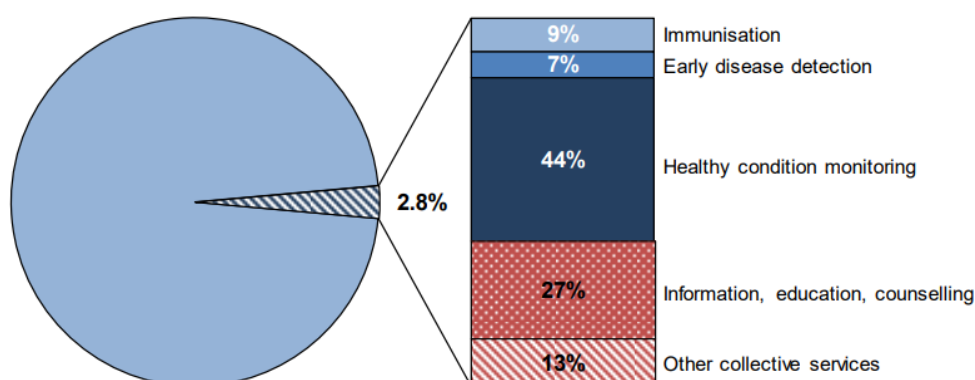
# 1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos últimos anos, o uso de tecnologias aplicadas a cuidados em saúde tem crescido (OLIVEIRA; ANDRADE; SANTOS NETO, 2021). Alguns anos atrás, era praticamente inviável o monitoramento contínuo de um paciente sem a intrusiva necessidade de uma robusta infraestrutura hospitalar (ISLAM *et al.*, 2015). No entanto, avanços tecnológicos, especialmente aqueles relacionados à Internet das Coisas (IoT, do inglês *Internet of Things*), têm possibilitado uma verdadeira revolução na área de saúde. Considerando esse cenário, este projeto busca desenvolver uma solução para o monitoramento e melhoria da Qualidade de Vida (QV) de pacientes. A seguir, detalha-se o contexto da proposta, sua justificativa, objetivos, metodologia e cronograma.

## 1.1. Contextualização

A sociedade global tem experienciado dois fenômenos que requerem uma série de adaptações nos sistemas de saúde: o envelhecimento populacional (UN, 2019) e o aumento de cidadãos residindo em grandes cidades (UN, 2018). As Nações Unidas (ONU) projetam que em 2050 haverá 1,5 bilhão de pessoas idosas (aquelas com idade igual ou superior a 65 anos) e que 68% da população mundial estará residindo em áreas urbanas. Tais processos de modificação da nossa sociedade, em especial o envelhecimento populacional, são positivos uma vez que indicam o progresso dos estudos científicos e das políticas para promoção da longevidade. No entanto, é inegável que esse novo cenário impõe desafios aos sistemas de saúde e assistência médica a fim de melhorar sua relação custo-benefício (MANO *et al.*, 2019). Assim, cada vez mais serão necessárias soluções focadas em cuidados preventivos e não apenas em ações a serem realizadas quando o paciente adoece (MARVASTI; STAFFORD, 2012).

A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) apontou, em relatório publicado no ano de 2017, que apenas 2,8% do montante de gastos com saúde é investido em ações preventivas e que apenas 7% desse percentual é focado na detecção antecipada de doenças (GMEINDER; MORGAN; MUELLER, 2017). Além disso, em 2020, a Organização Mundial da Saúde (OMS) mostrou que esse percentual de 2,8% cresceu para 5% apenas (VRIJBURG;HERNÁNDEZ-PEÑA, 2020). A Figura 1 reforça o potencial de crescimento quanto a soluções voltadas para a saúde preventiva.



**Figura 1.** Percentual de gastos em saúde aplicados em estratégias preventivas (GMEINDER; MORGAN; E MUELLER, 2017).

Dessa forma, uma das abordagens que pode ampliar a efetividade dos sistemas de saúde é o monitoramento contínuo da Qualidade de Vida das pessoas objetivando antecipar o surgimento de problemas de saúde em âmbito físico, psicológico, social e/ou ambiental (OLIVEIRA; ANDRADE; SANTOS NETO, 2021). As medições obtidas nesse tipo de acompanhamento possuem uma relação direta com o estado de saúde dos pacientes, além de fornecerem dados valiosos para a prática médica (ESTRADA-GALINANES; WAC, 2018).

A Qualidade de Vida pode ser definida - de acordo com a OMS - como a percepção individual de cada ser humano sobre sua vida considerando seu contexto sócio-cultural, objetivos, expectativas e padrões pessoais (WHOQOL GROUP, 1994). A partir dessa definição, muitos mecanismos de avaliação formal têm sido propostos (WARE e GANDEK, 1998). Esses mecanismos buscam substituir a percepção subjetiva do médico ou profissional de saúde coletando feedbacks por meio de perguntas objetivas aos pacientes (FALLOWFIELD, 2009). Na literatura, um dos mecanismos mais citados é o questionário WHOQOL-BREF devido a sua confiabilidade e validade cross-cultural (SKEVINGTON; LOTFY; O'CONNELL, 2004). O WHOQOL-BREF foi avaliado em 23 países (incluindo o Brasil) e está disponível em 19 idiomas. Sua composição engloba 26 questões relativas a quatro diferentes domínios (físico, psicológico, social e ambiental), e o resultado final é um escore objetivo que varia de 0 a 100.

No entanto, apesar dos benefícios alcançados com a utilização dessas estratégias para mensurar Qualidade de Vida, a aplicação contínua desse tipo de questionário é complexa, custosa, não-transparente e propensa a erros (OLIVEIRA *et al.*, 2022). Ela é complexa porque existem ao menos 150 diferentes questionários para contextos cada vez mais específicos (GILL; FEINSTEIN, 1994) e ainda permanece na literatura a ausência de uma convergência forte em relação a definição de QV (KARIMI; BRAZIER, 2016). É custosa e não transparente porque a aplicação de tais estratégias necessita da participação ativa dos pacientes ou de profissionais de saúde (BOWLING, 2005). Além disso, é propensa a erros, pois a auto-avaliação pode inserir vieses nos resultados (CRANE *et al.*, 2016).

## 1.2. Justificativa

O contexto previamente descrito destaca a necessidade de soluções voltadas à melhoria da efetividade dos sistemas de saúde, além do *gap* pesquisa relativo à ausência de mecanismos ubíquos para monitoramento contínuo da Qualidade de Vida das pessoas. Nesse cenário, tem despontado o uso de tecnologias como a Internet das Coisas (IoT) ou, no caso da aplicação de IoT em saúde, a Internet das Coisas Médicas (IoHT, do inglês *Internet of Health Things*) (RODRIGUES *et al.*, 2018). A IoHT permite o uso de dados coletados por objetos inteligentes (e.g., smartphones, wearables e outros sensores presentes no ambiente) para traçar um perfil de saúde dos usuários e/ou detectar situações anômalas como quedas em idosos (ALMEIDA *et al.*, 2016).

No entanto, revisões da literatura apontaram para a ausência de mecanismos que usem dados IoHT para inferir a QV dos pacientes, além de sugerir adaptações no ambiente a fim de melhorar esse indicador de saúde (OLIVEIRA *et al.*, 2022). Essa ausência deve-se a diversos fatores, dentre eles os desafios inerentes à IoHT (heterogeneidade, alta volatilidade, mobilidade, ausência de modelos semânticos e alto custo de desenvolvimento quando as soluções envolvem Inteligência Artificial), além da dificuldade de coletar dados de forma segura (OLIVEIRA; ANDRADE; SANTOS NETO, 2021).

Dessa forma, dados os benefícios inerentes às soluções voltadas ao monitoramento contínuo de QV e os desafios presentes na literatura para o desenvolvimento desse tipo de solução, justifica-se a realização deste estudo a fim de criar uma solução de Internet das Coisas Médicas capaz inferir a Qualidade de Vida dos usuários usando técnicas de aprendizagem de máquina e dados coletados em ambientes inteligentes. Como objetivo secundário pretende-se entregar uma plataforma IoHT para dar suporte ao desenvolvimento de aplicações auto-adaptativas focadas no monitoramento da QV.

Esta investigação é parte de um projeto maior submetido ao programa STIC-AmSud<sup>1</sup>, cujo objetivo é prover uma plataforma IoT para ambientes de vivência assistida (AAL, do inglês *Ambient Assisted Living*) capaz de oferecer suporte à melhoria da Qualidade de Vida, especialmente para pessoas com doenças crônicas, idosos ou pessoas que necessitem de um rigoroso acompanhamento médico.

### 1.3. Hipóteses e Questões de Pesquisa

A principal hipótese levantada neste projeto de pesquisa é a de que ( $H_0$ ) os dados coletados de ambientes IoHT podem ser utilizados para inferir a Qualidade de Vida dos usuários com o uso de técnicas de aprendizagem de máquina. Além disso, considerando que atualmente as abordagens habituais para mensurar QV são complexas, custosas, não-transparente e propensa a erros, levanta-se a hipótese que ( $H_1$ ) a Internet das Coisas Médicas (IoHT) é capaz de reduzir a complexidade, custo e erros relacionados ao monitoramento de Qualidade de Vida, além de tornar esse processo ubíquo para o usuário.

De acordo com WOHLIN; AURUM (2015), a formulação das questões de pesquisa é uma etapa crítica, uma vez que ela determina o processo de investigação a ser adotado. Dessa forma, adotou-se as guidelines propostas por THUAN *et al.* (2019) a fim de definir três questões de pesquisa capazes de auxiliar na validação das hipóteses de pesquisa:

- I. Qual o conhecimento prévio disponível sobre a Internet das Coisas Médicas (IoHT) aplicada à Qualidade de Vida?
- II. Quais os requisitos essenciais para o projeto de sistemas focados no monitoramento e melhoria da Qualidade de Vida das pessoas?
- III. Como implementar uma plataforma para coletar dados de ambientes inteligentes e aplicar algoritmos de aprendizagem de máquina a fim de inferir medidas de Qualidade de Vida?

Juntas, essas questões de pesquisa irão guiar este projeto na obtenção do conhecimento necessário about IoHT para QV, além de compreender os requisitos críticos para a criação de uma solução capaz de inferir a Qualidade de Vida de seus usuários usando dados coletados por dispositivos IoHT.

---

<sup>1</sup> STIC-AmSud: <https://www.sticmathamsud.org/stic/archivos/proyectos>

## 2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste projeto é desenvolver uma solução de Internet das Coisas Médicas (IoHT) capaz de coletar dados de ambientes inteligentes e aplicar técnicas de aprendizagem de máquina a fim de inferir a Qualidade de Vida dos usuários. Além disso, essa solução deve permitir a definição de estratégias para adaptação do ambiente no qual o usuário se encontra, buscando intervir positivamente nas medidas de QV.

A partir desse objetivo geral, definiu-se os seguintes objetivos específicos:

- Realizar um mapeamento sistemático da literatura a fim de obter uma visão geral dos desafios relacionados à aplicação de Internet das Coisas Médicas (IoHT) em área de Qualidade de Vida
- Identificar e comparar estratégias de mensuração de Qualidade de Vida para entender quais as mais adequadas a serem utilizadas como referência pelo mecanismo de inferência
- Conduzir uma revisão sobre os problemas de saúde que podem ser preditos usando medições de Qualidade de Vida
- Analisar a correlação entre os dados coletados em ambientes inteligentes e os domínios de QV a fim de propor uma representação semântica para essas informações
- Criar um modelo de aprendizagem de máquina para inferir Qualidade de Vida usando dados IoHT
- Projetar e desenvolver uma plataforma para auxiliar no desenvolvimento de sistemas auto-adaptativos voltados ao monitoramento e melhoria da Qualidade de Vida dos usuários
- Avaliar a ferramenta proposta a fim de aferir o impacto causado no desenvolvimento de soluções IoHT e a aplicabilidade em cenário real quanto à inferência de medidas de Qualidade de Vida



### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

Antes de qualquer definição formal, ter uma melhor Qualidade de Vida é, provavelmente, um dos grandes desejos da humanidade. Naturalmente, esse desejo tem motivado a condução de estudos científicos focados na melhoria da QV das pessoas (BAKER; XIANG; ATKINSON, 2017), principalmente porque há uma relação direta entre essa medida e o estado de saúde do paciente (GUYATT; FEENY; PATRICK, 1993). Outro fator que tem impulsionado estudos nessa linha de pesquisa é o envelhecimento populacional e os novos desafios socio-econômicos impostos por ele (UN, 2019).

No entanto, apesar de ser discutido por um longo período (SPITZER, 1987), o termo Qualidade de Vida pode ser observado a partir de muitas perspectivas (KARIMI; BRAZIER, 2016). A QV pode estar relacionada à ausência de doenças crônicas, à percepção de solidão, ao bem-estar físico, dentre outros fatores. Neste trabalho, adotou-se como referência a definição proposta pela OMS, a qual considera QV como uma percepção individual relativa ao contexto sócio-cultural, objetivos e expectativas, além dos padrões pessoais de cada um (WHOQOL GROUP, 1994).

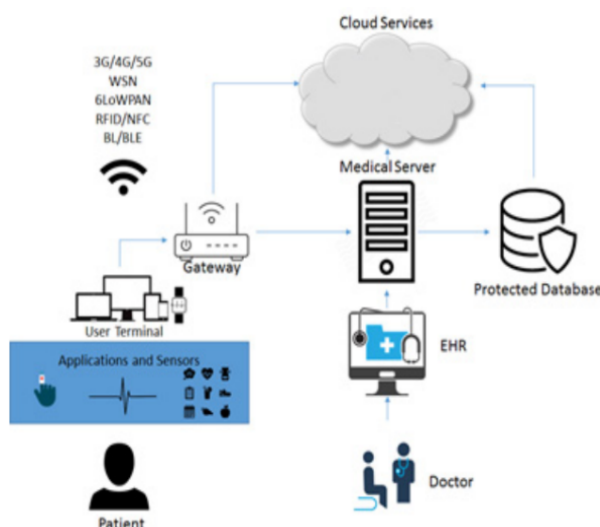
Com base nessa definição, a OMS propôs vários instrumentos para avaliação da QV a partir de respostas coletadas dos próprios pacientes. Dentre eles, um dos mais citados é o WHOQOL-BREF (SKEVINGTON; LOTFY; O'CONNELL, 2004). O WHOQOL-BREF foi proposto a fim de sintetizar outros questionários mais amplos da OMS. Ele mensura a QV dos pacientes observando quatro principais domínios: físico, psicológico, social e ambiental.

O domínio físico avalia habilidades motoras tais como atividades diárias, dependência de medicamentos, mobilidade, qualidade do sono e capacidade de trabalho. O domínio psicológico está relacionado à imagem corporal, sentimentos positivos e negativos, autoestima, espiritualidade, dentre outras facetas. O domínio social observa as relações pessoais, o suporte social e a vida sexual. Por fim, o domínio ambiental busca avaliar aspectos ambientais tais como liberdade, segurança, participação em atividades de lazer, poluição, barulho, trânsito e clima.

Infelizmente, apesar dos benefícios de uma medição ininterrupta da Qualidade de Vida dos pacientes, a aplicação contínua desse tipo de questionário é uma atividade desafiadora, principalmente quanto ao engajamento dos participantes (SANCHEZ *et al.*, 2015). Por conta desse cenário, diversos estudos têm sido conduzidos em busca de soluções cada vez mais transparentes e ubíquas capazes de usar dados dos usuários para inferir medidas de QV.

Dentre as tecnologias investigadas, a Internet das Coisas (IoT) desponta devido a possibilidade de prover interação e cooperação entre objetos físicos (chamados de “coisas”) a fim de alcançar um objetivo comum (ATZORI; IERA; MORABITO, 2012). Quando o objetivo dessa interação é voltada para cuidados em saúde, emerge uma nova área de estudos chamada Internet das Coisas Médicas (IoHT). A IoHT tem potencial para reduzir custos, aumentando a Qualidade de Vida dos usuários, além de prover uma experiência ubíqua para as soluções (ISLAM *et al.*, 2015). Atualmente, há diversas aplicações IoHT voltadas para cuidados em saúde. Por exemplo, monitoramento de sinais vitais (DESHKAR; THANSEEH; MENON, 2017), ambientes assistidos para idosos (DOHR *et al.*, 2010), detecção de quedas (ALMEIDA *et al.*, 2016), dentre outros.

Em geral, os sistemas loHT possuem a seguinte estrutura: um vasto conjunto de sensores são utilizados para coletar dados do paciente. Então, os dados são transmitidos para estruturas mais robustas na rede (e.g. gateways) por meio de protocolos como o Bluetooth Low Energy (BLE) e o 6LoWPAN. Depois, os dados são enviados para servidores em nuvem ou serviços EHR (Registro Eletrônico de Saúde). Finalmente, os dados são processados usando algoritmos de aprendizagem de máquina para detecção de anomalias ou ficam disponíveis para análise de especialistas em saúde. A Figura 2 - retirada do trabalho proposto por RODRIGUES *et al.* (2018) - exemplifica esse *workflow*.

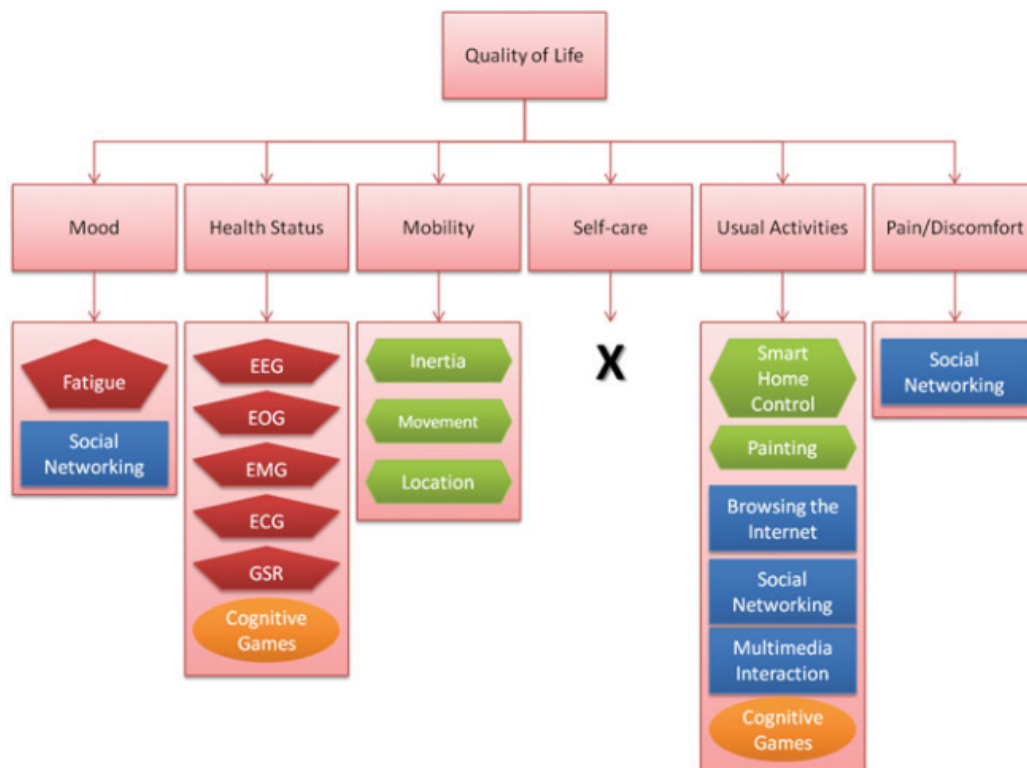


**Figura 2.** Arquitetura geral de sistemas loHT (RODRIGUES *et al.*, 2018).

No entanto, apesar dos recentes avanços obtidos em loHT para QV, ainda persistem desafios tais como a heterogeneidade de dispositivos, ausência de interoperabilidade, alta volatilidade, ausência de modelos semânticos para dados de Qualidade de Vida, alto custo de desenvolvimento quando as soluções envolvem inteligência artificial, segurança e privacidade de dados (OLIVEIRA; ANDRADE; SANTOS NETO, 2021).

Neste projeto, decidiu-se pela investigação de modelos para inferência de QV a partir da observação dessa oportunidade de pesquisa (HUCKVALE; VENKATESH; CHRISTENSEN, 2019). Além disso, alguns estudos já apontam indícios quanto à relação entre QV e dados loHT. Por exemplo, Bade *et al.* (2018) e Oliveira *et al.* (2021) provaram que há uma correlação entre dados de atividades físicas e QV de pessoas com câncer. De forma similar, Kim *et al.* (2019) apontou essa correlação para pacientes hospitalizados com problemas de coluna.

Além disso, outros pesquisadores buscaram desenvolver investigações relacionadas à proposta deste projeto. Vargiu *et al.* (2014) propõe uma metodologia sensível ao contexto para tele-monitoramento de QV em pessoas com deficiências. Nessa proposta, eles adaptaram o questionário EQ-5D-5L para avaliar visualmente humor, estado de saúde, mobilidade, autocuidado, atividades usuais e dor/desconforto. Apesar dos bons resultados obtidos com os algoritmos C4.5 e kNN, a proposta só foi avaliada com dados sintéticos. A Figura 3 apresenta as relações entre os dados de contexto e aspectos de Qualidade de Vida considerados pelos autores.



**Figura 3.** Dados de contexto e aspectos QV usados por Vargiu *et al.* (2014).

O trabalho proposto por De Masi *et al.* (2016) propõe uma plataforma para condução de estudos interdisciplinares relacionados à QV. Enquanto os autores focaram no suporte a investigações de QV usando dados coletados de dispositivos móveis, este projeto volta-se para aplicações auto-adaptativas focadas no monitoramento e melhoria da QV dos usuários. No entanto, o trabalho de De Masi *et al.* (2016) traz bons insights sobre o tema.

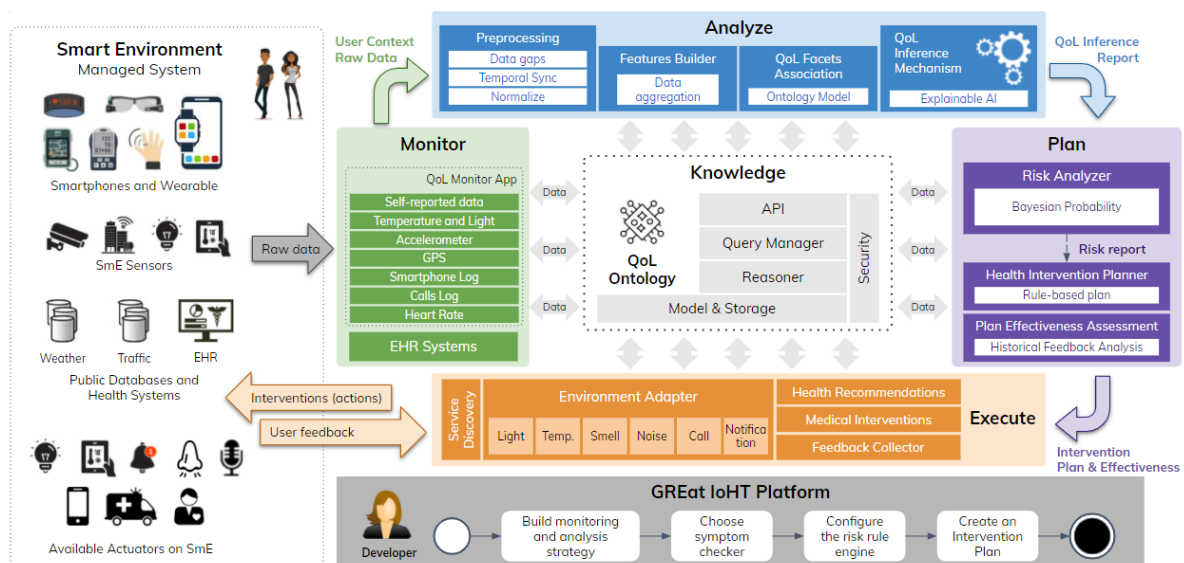
Finalmente, destaca-se que ainda há oportunidades quanto ao desenvolvimento de soluções que possibilitem a coleta de dados de saúde, o processamento desses dados usando algoritmos inteligentes, o planejamento de intervenções de saúde em caso de situações de risco e a adaptação do ambiente visando uma melhoria de Qualidade de Vida.

## 4. METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo baseia-se no método *Design Science Research* (DSR) (HEVNER; CHATTERJEE, 2010). Esse método é recomendado para pesquisas nas quais há a necessidade de criação de artefatos de software para solucionar o problema alvo. Dessa forma, definiu-se quatro grandes fases para este estudo:

- Fase **teórica** responsável por investigar os conceitos sobre a aplicação de Internet das Coisas Médicas (IoHT) na área de Qualidade de Vida (QV).
- Fase de **design e desenvolvimento** para projeto e criação dos artefatos necessários para superar os desafios identificados na fase teórica.
- Fase de **avaliação** para a condução de provas de conceito e estudos empíricos:
  - Prova de conceito (PoC): focada em obter dados IoHT em conjunto com a resposta de questionários QV de um conjunto de participantes a fim de gerar um dataset privado e anonimizado para estudos com aprendizagem de máquina. Além disso, serão avaliadas técnicas de aprendizagem de máquina para entender quais as mais adequadas para inferir QV usando a IoHT.
  - Experimento controlado: avaliação a ser realizada com desenvolvedores de software para observar o impacto da plataforma proposta no desenvolvimento de sistemas IoHT para QV. Nesse caso, as métricas a serem observadas serão: a eficiência, medida pelo tempo de desenvolvimento; eficácia, medida pela quantidade de erros encontrados; e a percepção de qualidade, medida pela percepção subjetiva dos desenvolvedores quanto ao uso da plataforma.
  - Estudo de caso: essa última etapa de avaliação visa observar o comportamento da solução final para inferência de Qualidade de Vida em cenário real.
- Fase de **sumarização** responsável por sistematizar os resultados obtidos, além de comunicar esses resultados por meio da publicação de artigos.

Por se tratar de um processo iterativo, o DSR pressupõe caminhos de retorno entre as fases. Atualmente, há um projeto inicial para a arquitetura da plataforma (Figura 4) e uma aplicação, chamada QoL Monitor, a ser utilizada na prova de conceito (PoC).



**Figura 4.** Versão inicial da arquitetura da plataforma IoHT proposta neste estudo.

#### 4.1. Tipo de estudo

Conforme descrito anteriormente, este projeto tem por principal objetivo o desenvolvimento de uma solução tecnológica capaz de coletar dados dos usuários e usar tais dados a fim de inferir a Qualidade de Vida dos mesmos. Essa solução deve ser utilizada pelos usuários no intuito de detectar problemas de saúde de forma antecipada. Além disso, espera-se, ao final do projeto, entregar uma plataforma capaz de suportar o desenvolvimento desse tipo de solução, integrando os profissionais de saúde nesse processo.

No entanto, para alcançar esse objetivo, faz-se necessário o acompanhamento de um conjunto de participantes a fim de obter dados capazes de caracterizar a Qualidade de Vida desses indivíduos. Esses dados são essenciais para a modelagem dos algoritmos inteligentes. Assim, propõe-se, como primeira etapa investigativa, a condução de um **estudo longitudinal** para analisar as variações na Qualidade de Vida dos participantes ao longo de quatro meses. Vale ressaltar que o desenho completo deste estudo envolve ainda investigações na literatura, proposição da solução final, avaliação da solução com desenvolvedores de software (especialistas nesse domínio de IoHT), validação da solução com profissionais de saúde (especialistas em Qualidade de Vida) e a divulgação dos resultados em veículos científicos adequados.

#### 4.2. População, amostra e critérios de seleção

Um recurso essencial para o desenvolvimento de modelos inteligentes usando aprendizagem de máquina é a obtenção de dados capazes de caracterizar o processo alvo do estudo. Dessa forma, a prova de conceito (PoC) visa acompanhar um conjunto de trinta (30) participantes, durante quatro (4) meses, por meio de dados coletados por wearables comerciais, além das respostas semanais para o questionário de Qualidade de Vida.

A população apta para participar são adultos (idade entre 18 e 65 anos), desde com conhecimento prévio no uso de *smartphones* e/ou *smartwatches*. Essa última restrição é mandatória para garantir a assertividade dos dados coletados. A Figura 5 sintetiza o fluxo de coleta de dados. Diariamente serão extraídos os dados coletados pelo *smartphone* e *wearable* do participante. Semanalmente ele será notificado a fim de responder o questionário de QV e as respostas serão enviadas ao servidor. Vale ressaltar que todos os dados são anonimizados antes do envio e que a aplicação usa o modelo de criptografia duplo com cifras simétricas (algoritmo AES-256) e cifras assimétricas (algoritmo RSA).

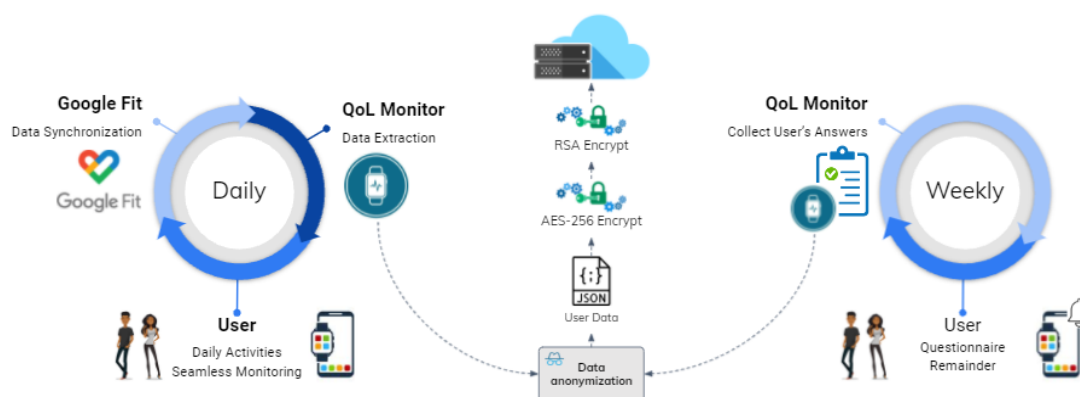


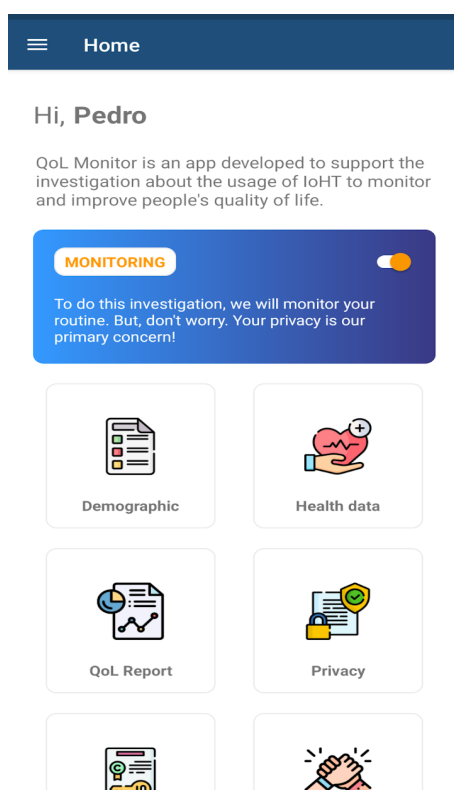
Figura 5. Fluxo de coleta de dados.

Em resumo:

- **População:** adultos com idade entre 18 e 65 anos
- **Amostra:** 30 participantes
- **Crêterios de inclusão:** fazer parte da população definida
- **Crêterios de exclusão:**
  - Ausência de conhecimento prévio sobre uso de smartphones e/ou wearables
  - Presença de alguma condição de saúde que impeça o monitoramento de dados usando smartphones e wearables
  - Negar-se a utilizar o wearable de forma contínua
  - Negar-se a assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

### 4.3. Procedimentos para coleta de dados

A coleta ocorrerá entre os meses de Abril e Julho de 2022 e terá como principal instrumento uma aplicação *Android* chamada QoL Monitor (Figura 6). Decidiu-se pela construção desse *app* para garantir a segurança e privacidade dos dados, além de prover liberdade na detecção dos objetos inteligentes disponíveis para coleta de dados.

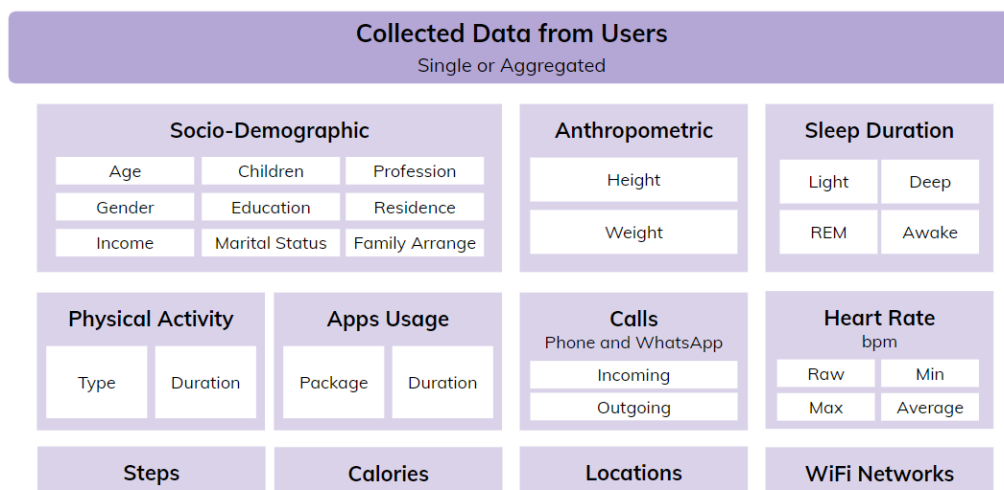


**Figura 6.** Dashboard da aplicação QoL Monitor.

Dessa forma, o procedimento de coleta ocorrerá da seguinte forma:

1. Instalação do QoL Monitor, ambientação no *app*, configuração do *wearable* disponibilizado, além do aceite dos termos de privacidade embutidos na aplicação.
2. Caracterização sociodemográfica: g nero, idade, estado civil, nível educacional, profissão, renda, zona de moradia, arranjo familiar e quantidade de filhos.

3. Início do monitoramento de dados IoHT dentro da aplicação. Diariamente serão coletados os seguintes dados: altura, peso, IMC, quantidade de passos, calorias gastas, dados de GPS, dados de sono, frequência cardíaca, atividades físicas, tempo de uso de apps no smartphone e número de ligações recebidas/feitas.
4. Ao final da semana, será requisitado que o participante responda o questionário de WHOQOL-BREF considerando a percepção da semana que passou.
5. Os procedimentos 3 e 4 serão repetidos iterativamente (conforme Figura 5) durante os quatro meses do estudo. O envio e registro dos dados obedecerá critérios rigorosos para garantia da privacidade dos participantes, como anonimização dos dados, além do envio de dados usando criptografia simétrica e assimétrica.



**Figura 6.** Dados coletados pela aplicação QoL Monitor.

A Figura 6 sumariza os dados que serão coletados pelo aplicativo. No entanto, algumas ressalvas são importantes. O dado referente à localização é apenas o número de pontos pelo qual o usuário passou que distam 50 metros. A aplicação não irá registrar nenhum ponto específico para garantir a privacidade dos participantes. O mesmo vale para os dados de ligações, nos quais o registro é apenas o número de ligações recebidas e feitas; e para o dado de redes WiFi, no qual o registro é apenas o número de diferentes redes que o usuário se conectou ao longo do dia.

#### 4.4. Análise de dados

Após a coleta, os dados serão exportados para uma planilha eletrônica do Google (Google Planilhas) e serão analisados usando a ferramenta Jupyter Notebook<sup>2</sup> e o kit de ferramentas Scikit-learn<sup>3</sup> (em linguagem Python).

Inicialmente, foram pré-selecionados os algoritmos Linear Regression, k-Nearest Neighbors, Decision Tree, Support Vector Machines, Multi-Layer Perceptron e Random Forest. Para as métricas de avaliação, tem-se *Root Mean Squared Error*, *Mean Absolute Error* e *Mean Absolute Percentage Error* (WITTEN; FRANK, 2002). Além disso, pretendemos realizar algumas análises estatísticas usando o software Origin Pro<sup>4</sup>.

<sup>2</sup> Jupyter Notebook: <https://jupyter.org>

<sup>3</sup> Scikit-learn: <https://scikit-learn.org>

<sup>4</sup> Origin Pro: <https://www.originlab.com/origin>

#### **4.5. Questões éticas**

O estudo será submetido à aprovação do Comitê de Ética, respeitando os preceitos éticos contidos nas Resoluções 466/2012<sup>5</sup> e 510/2016<sup>6</sup> do Conselho Nacional de Saúde (CNS). Aos participantes será garantido o sigilo das informações e a sua participação acontecerá mediante a assinatura dos termos de Consentimento e Assentimento Livre e Esclarecido.

#### **4.6. Riscos e benefícios**

A pesquisa não irá expor os participantes a riscos maiores do que os encontrados nas suas atividades cotidianas. Não haverá riscos de danos à saúde física, entretanto, podem surgir desconfortos durante a coleta de dados. Os participantes podem se sentir desconfortáveis ao fornecer os dados para caracterização sociodemográfica ou mesmo os dados de uso de aplicações e GPS. Na ocorrência de danos à saúde psíquica, moral, intelectual, social, cultural ou espiritual os pesquisadores farão o acolhimento necessário e os demais encaminhamentos serão tomados de acordo com a necessidade.

No intuito de mitigar quaisquer ocorrências, os pesquisadores se manterão à disposição para o esclarecimento de dúvidas e ao participante será reafirmado o direito de retirar o consentimento, sem prejuízos. Antes da coleta, os participantes serão esclarecidos sobre os procedimentos da pesquisa e serão reafirmados o sigilo e a confidencialidade das informações fornecidas, com garantia da responsabilidade e ética exigidas.

Quanto aos benefícios, para o participante deste estudo, haverá o benefício de acompanhamento diário de seus dados relacionados à saúde (e.g., qualidade do sono, quantidade de passos, frequência cardíaca, dentre outros) e o acompanhamento semanal dos resultados obtidos com as respostas ao questionário de Qualidade de Vida. Tais observações podem contribuir para mudanças de hábitos em busca de uma vida mais saudável. Além disso, há claros benefícios para a ciência, uma vez que os participantes estarão colaborando para a construção de um conjunto de dados a ser utilizado para modelar algoritmos inteligentes aptos a automatizar parcialmente ou completamente o processo de medição da QV.

---

<sup>5</sup> Resolução 466/12 do CNS: <https://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2012/Reso466.pdf>

<sup>6</sup> Resolução 510/16 do CNS: <http://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2016/Reso510.pdf>



## 5. CRONOGRAMA

Neste documento, descreve-se o projeto para o desenvolvimento de uma solução capaz de inferir a Qualidade de Vida dos usuários por meio de dados coletados em ambientes inteligentes. Naturalmente, para alcançar esse objetivo, muitas etapas deverão ser executadas. Dentre elas, algumas envolvem estudos com seres humanos, por exemplo, a prova de conceito (PoC - identificada na metodologia) cujo objetivo é criar um conjunto inicial de dados para avaliação dos algoritmos inteligentes.

A Tabela 1 detalha o cronograma das atividades, destacando (em azul) as atividades específicas da autorização requerida a este comitê de ética (no âmbito desta primeira submissão). No entanto, ressalta-se que no futuro, outras autorizações serão requeridas a fim de viabilizar a experimentação da plataforma loHT em desenvolvimento (experimento controlado), além de sua aplicação em um cenário real (estudo de caso).

**Tabela 1.** Cronograma de atividades a partir de Setembro/2021 até Junho/2023. Ressaltando que a coleta só iniciará após a aprovação no sistema CEP/CONEP.

[illegible]

## 6. ORÇAMENTO

O desenvolvimento deste projeto demandará a aquisição de equipamentos tecnológicos (*wearables*) a fim de municiar os participantes que por ventura não disponham. Além disso, foram incluídos na Tabela 2 custos relativos à publicação dos resultados em revistas *open-access*. O valor total deste orçamento ficou em R\$ 13.200,00 reais e o custeio deve ser feito a partir de parcerias com instituições de pesquisa, como o Grupo de Redes de Computadores, Engenharia de Software e Sistemas (GREat).

**Tabela 2.** Orçamento do projeto a ser custeado pelo pesquisador e instituições parceiras.

Item	Quantidade	Preço Unitário	Valor
Amazfit bip s	30	R\$ 330,00	R\$ 9.990,00
Revisão de inglês	1	R\$ 300,00	R\$ 300,00
Taxa de publicação	1	R\$ 3.000,00	R\$ 3.000,00
<b>Total</b>			R\$ 13.200,00

## 7. REFERÊNCIAS

- Almeida, Rodrigo LA, Alysson A. Macedo, Ítalo Linhares de Araújo, Paulo Armando Aguiar, and Rossana MC Andrade. **WatchAlert: Uma evolução do aplicativo fAlert para detecção de quedas em smartwatches.** In Anais Estendidos do XXII Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web, pp. 124-127. SBC, 2016.
- Atzori, Luigi, Antonio Iera, and Giacomo Morabito. **The internet of things: A survey.** Computer networks 54, no. 15 (2010): 2787-2805.
- Bade, Brett C., Mary C. Brooks, Sloan B. Nietert, Ansley Ulmer, D. David Thomas, Paul J. Nietert, JoAnn B. Scott, and Gerard A. Silvestri. **Assessing the correlation between physical activity and quality of life in advanced lung cancer.** Integrative cancer therapies 17, no. 1 (2018): 73-79.
- Baker, Stephanie B., Wei Xiang, and Ian Atkinson. **Internet of things for smart healthcare: Technologies, challenges, and opportunities.** IEEE Access 5 (2017): 26521-26544.
- Bowling, Ann. **Just one question: If one question works, why ask several?.** (2005): 342-345.
- Crane, Melanie, Chris Rissel, Stephen Greaves, and Klaus Gebel. **Correcting bias in self-rated quality of life: an application of anchoring vignettes and ordinal regression models to better understand QoL differences across commuting modes.** Quality of life research 25, no. 2 (2016): 257-266.
- De Masi, Alexandre, Matteo Ciman, Mattia Gustarini, and Katarzyna Wac. **mQoL smart lab: quality of life living lab for interdisciplinary experiments.** In Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing: Adjunct, pp. 635-640. 2016.
- Deshkar, Sankalp, R. A. Thanseeh, and Varun G. Menon. **A review on IoT based m-Health systems for diabetes.** International Journal of Computer Science and Telecommunications 8, no. 1 (2017): 13-18.
- Dohr, Angelika, Robert Modre-Opsrian, Mario Drobics, Dieter Hayn, and Günter Schreier. **The internet of things for ambient assisted living.** In 2010 seventh international conference on information technology: new generations, pp. 804-809. Ieee, 2010.
- Estrada-Galinanes, Vero, and Katarzyna Wac. **Visions and challenges in managing and preserving data to measure quality of life.** In 2018 IEEE 3rd International Workshops on Foundations and Applications of Self\* Systems (FAS\* W), pp. 92-99. IEEE, 2018.
- Fallowfield, Lesley. **What is quality of life? What is 2** (2009).
- Gill, Thomas M., and Alvan R. Feinstein. **A critical appraisal of the quality of quality-of-life measurements.** Jama 272, no. 8 (1994): 619-626.
- Gmeinder, Michael, David Morgan, and Michael Mueller. **How much do OECD countries spend on prevention?** (2017).

- Guyatt, Gordon H., David H. Feeny, and Donald L. Patrick. **Measuring health-related quality of life**. Annals of internal medicine 118, no. 8 (1993): 622-629.
- Hevner, Alan, and Samir Chatterjee. **Design science research in information systems**. In Design research in information systems, pp. 9-22. Springer, Boston, MA, 2010.
- Huckvale, Kit, Svetha Venkatesh, and Helen Christensen. **Toward clinical digital phenotyping: a timely opportunity to consider purpose, quality, and safety**. NPJ digital medicine 2, no. 1 (2019): 1-11.
- Islam, SM Riazul, Daehan Kwak, MD Humaun Kabir, Mahmud Hossain, and Kyung-Sup Kwak. **The internet of things for health care: a comprehensive survey**. IEEE access 3 (2015): 678-708.
- Karimi, Milad, and John Brazier. **Health, health-related quality of life, and quality of life: what is the difference?**. Pharmacoeconomics 34, no. 7 (2016): 645-649.
- Kim, Dong Hwan, Kyoung Hyup Nam, Byung Kwan Choi, In Ho Han, Tae Jin Jeon, and Se Young Park. **The usefulness of a wearable device in daily physical activity monitoring for the hospitalized patients undergoing lumbar surgery**. Journal of Korean Neurosurgical Society 62, no. 5 (2019): 561.
- Mano, Leandro Y., Vinícius A. Barros, Luiz H. Nunes, Luana O. Sawada, Julio C. Estrella, and Jó Ueyama. **ENLACE: a combination of layer-based architecture and wireless communication for emotion monitoring in healthcare**. Mobile Information Systems 2019 (2019).
- Marvasti, Farshad Fani, and Randall S. Stafford. **From “sick care” to health care: reengineering prevention into the US system**. The New England journal of medicine 367, no. 10 (2012): 889.
- Oliveira, Alexandra, Eliana Silva, Joyce Aguiar, Brígida Mónica Faria, Luís Paulo Reis, Henrique Cardoso, Joaquim Gonçalves, Jorge Oliveira e Sá, Victor Carvalho, and Herlander Marques. **Biometrics and quality of life of lymphoma patients: A longitudinal mixed-model approach**. Expert Systems 38, no. 4 (2021): e12640.
- Oliveira, Pedro Almir M., Rossana MC Andrade, and Pedro A. Santos Neto. **IoT-Health Platform to Monitor and Improve Quality of Life in Smart Environments**. In 2021 IEEE 45th Annual Computers, Software, and Applications Conference (COMPSAC), pp. 1909-1912. IEEE, 2021.
- Oliveira, P.; Andrade, R.; Neto, P. and Oliveira, B. (2022). **Towards an IoHT Platform to Monitor QoL Indicators**. In: Proceedings of the 15th International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies - Volume 5: HEALTHINF, ISBN 978-989-758-552-4, ISSN 2184-4305, pages 438-445.
- Rodrigues, Joel JPC, Dante Borges De Rezende Segundo, Heres Arantes Junqueira, Murilo Henrique Sabino, Rafael Maciel Prince, Jalal Al-Muhtadi, and Victor Hugo C. De Albuquerque. **Enabling technologies for the internet of health things**. IEEE Access 6 (2018): 13129-13141.

- Sanchez, Wendy, Alicia Martinez, Wilfrido Campos, Hugo Estrada, and Vicente Pelechano. **Inferring loneliness levels in older adults from smartphones**. Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments 7, no. 1 (2015): 85-98.
- Skevington, Suzanne M., Mahmoud Lotfy, and Kathryn A. O'Connell. **The World Health Organization's WHOQOL-BREF quality of life assessment**: psychometric properties and results of the international field trial. A report from the WHOQOL group. Quality of life Research 13, no. 2 (2004): 299-310.
- Spitzer, Walter O. **State of science 1986**: quality of life and functional status as target variables for research. Journal of chronic diseases 40, no. 6 (1987): 465-471.
- Thuan, Nguyen Hoang, Andreas Drechsler, and Pedro Antunes. **Construction of design science research questions**. Communications of the Association for Information Systems 44, no. 1 (2019): 20.
- United Nations. **World urbanization prospects 2018**. United Nations Department for Economic and Social Affairs (2018).
- United Nations. **2019 Revision of World Population Prospects**. United Nations Department of Economic and Social Affairs (2019).
- Vargiu, Eloisa, Juan Manuel Fernández, and Felip Miralles. **Context-aware based quality of life telemonitoring**. In Distributed Systems and Applications of Information Filtering and Retrieval, pp. 1-23. Springer, Berlin, Heidelberg, 2014.
- Vrijburg, K. L., and P. Hernández-Peña. **Global spending on health: Weathering the storm 2020**. World Health Organization Working paper 19.4 (2020).
- Ware Jr, John E., and Barbara Gandek. **Overview of the SF-36 health survey and the international quality of life assessment (IQOLA) project**. Journal of clinical epidemiology 51, no. 11 (1998): 903-912.
- Witten, Ian H., and Eibe Frank. **Data mining**: practical machine learning tools and techniques with Java implementations. Acm Sigmod Record 31, no. 1 (2002): 76-77.
- WHOQoL Group. **The development of the World Health Organization quality of life assessment instrument (the WHOQOL)**. In Quality of life assessment: International perspectives, pp. 41-57. Springer, Berlin, Heidelberg, 1994.
- Wohlin, Claes, and Aybüke Aurum. **Towards a decision-making structure for selecting a research design in empirical software engineering**. Empirical Software Engineering 20, no. 6 (2015): 1427-1455.