UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

CAMPUS DE QUIXADÁ

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO

MESTRADO ACADÊMICO EM COMPUTAÇÃO

CAMILA STÉFANY DIÓGENES GUERRA

SAAL: CATÁLOGO DO REQUISITO NÃO FUNCIONAL DE SEGURANÇA PARA AMBIENTES DE VIDA ASSISTIDA

QUIXADÁ

2024

CAMILA STÉFANY DIÓGENES GUERRA

SAAL: CATÁLOGO DO REQUISITO NÃO FUNCIONAL DE SEGURANÇA PARA AMBIENTES DE VIDA ASSISTIDA

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico em Computação do Programa de Pós-Graduação em Computação do Campus de Quixadá da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em computação. Área de Concentração: Ciência da Computação

Orientador: Prof. Dr. Paulo Armando Cavalcante Aguilar

Coorientadora: Profa. Dra. Rainara Maia Carvalho

QUIXADÁ

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

G963s Guerra, Camila Stéfany Diógenes.
SAAL: catálogo do requisito não funcional de segurança para ambientes de vida assistida / Camila Stéfany Diógenes Guerra. – 2024.
118 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Quixadá, Programa de Pós-Graduação em Computação, Quixadá, 2024.
Orientação: Prof. Dr. Paulo Armando Cavalcante.
Coorientação: Profa. Dra. Rainara Maia Carvalho.

1. Ambiente de Vida Assistida. 2. Requisitos Não Funcionais. 3. Segurança. 4. Engenharia de Requisitos. 5. Catálogo. I. Título.

CDD 005

CAMILA STÉFANY DIÓGENES GUERRA

SAAL: CATÁLOGO DO REQUISITO NÃO FUNCIONAL DE SEGURANÇA PARA AMBIENTES DE VIDA ASSISTIDA

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico em Computação do Programa de Pós-Graduação em Computação do Campus de Quixadá da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em computação. Área de Concentração: Ciência da Computação

Aprovada em: 29 de Agosto de 2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Paulo Armando Cavalcante Aguilar (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Rainara Maia Carvalho (Coorientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Carla Ilane Moreira Bezerra
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Claudia Alexandra da Cunha Pernencar
Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da
Universidade Nova Lisboa (NOVA FCSH)

Este trabalho é dedicado a todas as pessoas que não conseguiram realizar seus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus, por estar comigo durante todo o caminho até aqui e me capacitar para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador, Professor Dr. Paulo Armando Cavalcante Aguilar, por me guiar durante toda a elaboração deste trabalho. Sou especialmente grata pelos ensinamentos valiosos, pela orientação contínua e pela paciência e atenção dedicadas em cada etapa do processo. Sua disponibilidade para oferecer apoio e esclarecimentos foi fundamental para o sucesso deste projeto.

Expresso minha profunda gratidão à minha co-orientadora Profa. Dra. Rainara Maia Carvalho, por sua co-orientação dedicada e cuidadosa, bem como pelos valiosos conhecimentos que compartilhou ao longo do projeto. Sua colaboração desempenhou um papel decisivo na concretização deste trabalho.

Agradeço às professoras Carla Ilane e Cláudia Pernencar, membros da banca examinadora, pela disponibilidade, dedicação e valiosa contribuição ao longo deste processo.

Aos colegas de mestrado, pelo constante incentivo e pela valiosa troca de conhecimentos ao longo dessa jornada. A colaboração e o apoio de vocês foram essenciais para o meu crescimento acadêmico, enriquecendo a experiência e contribuindo significativamente para o desenvolvimento do projeto.

Agradeço a todos que participaram da avaliação deste trabalho, pois sem a contribuição de cada um de vocês, não teríamos conseguido avaliar nossa abordagem e obter os resultados necessários para esta pesquisa. Em especial ao Dr. Paulo Artur, cuja expertise foi fundamental para o desenvolvimento e aprimoramento deste estudo.

Por fim, agradeço a todos que, de forma direta ou indireta, estiveram ao meu lado ao longo dessa trajetória.

Muito obrigada!

RESUMO

Nos últimos anos, a demanda pelo desenvolvimento de sistemas voltados para Ambientes de Vida Assistida (AAL, do inglês *Ambient Assisted Living*) tem crescido significativamente. Esses ambientes inteligentes têm o objetivo de apoiar as atividades diárias de idosos, pessoas com condições crônicas ou com algum tipo de deficiência. Devido à sua natureza crítica, a Engenharia de Requisitos (ER) desempenha um papel essencial no desenvolvimento das tecnologias assistivas envolvidas, especialmente no que se refere ao Requisito Não Funcional (RNF) de segurança, onde a proteção de dados sensíveis e infraestruturas críticas é fundamental. Dessa forma, este trabalho consiste na elaboração de um catálogo específico para o RNF de Segurança em sistemas AAL. O catálogo visa auxiliar engenheiros de *software* na elicitação e especificação de requisitos relacionados à segurança. Para isso, adotou-se uma abordagem consolidada para catalogar RNFs, utilizando métodos de pesquisa estabelecidos, como *Snowballing* e *Grounded Theory*. A validação do catálogo proposto foi realizada por meio de entrevistas e questionários com especialistas da área, a fim de obter aprendizado a partir do conhecimento de engenheiros de *software* e desenvolvedores. A principal contribuição deste trabalho é o desenvolvimento de um catálogo baseado no modelo estruturado de Gráfico de Interdependência de *Softgoal* (SIG) voltado para o RNF de segurança. O catálogo é composto por duas categorias, 10 subcaracterísticas principais, 7 subcaracterísticas secundárias e 48 recomendações de soluções e estratégias de desenvolvimento relacionadas à segurança em sistemas AAL. Dessa forma, engenheiros de *software* e desenvolvedores podem, ao modelar esse requisito, identificar padrões, compreender suas subcaracterísticas e aplicar as melhores soluções e estratégias de desenvolvimento conhecidas.

Palavras-chave: ambiente de vida assistida; requisitos não funcionais; segurança; engenharia de requisitos; catálogo.

ABSTRACT

In recent years, the demand for the development of systems focused on Ambient Assisted Living (AAL) has grown significantly. These intelligent environments aim to support the daily activities of elderly individuals, people with chronic conditions, or those with disabilities. Due to their critical nature, Requirements Engineering (RE) plays an essential role in developing the involved assistive technologies, especially concerning the Non-Functional Requirement (NFR) of security, where the protection of sensitive data and critical infrastructures is crucial. Thus, this work involves the creation of a specific catalog for the NFR of security in AAL systems. The catalog aims to assist software engineers in eliciting and specifying security-related requirements. To achieve this, a consolidated approach for cataloging NFRs was adopted, utilizing established research methods such as Snowballing and Grounded Theory. The proposed catalog was validated through interviews and questionnaires with area specialists to gain insights from the knowledge of software engineers and developers. The main contribution of this work is the development of a catalog based on the structured model of the Softgoal Interdependency Graph (SIG) focused on the security NFR. The catalog consists of two categories, ten subcharacteristics, and fifty-five recommendations for solutions and development strategies related to security in AAL systems. Thus, software engineers and developers can, when modeling this requirement, identify patterns, understand its subcharacteristics, and apply the best-known solutions and development strategies.

Keywords: assisted living environment; non-functional requirements; security; requirements engineering; catalog.

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RNF	Requisito Não Funcional
SIG	Gráfico de Interdependência de *Softgoal*
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
AVA	Ambiente de Vida Assistida
AAL	*Ambient Assisted Living*
RF	Requisito Funcional
IoT	Internet das Coisas / *Internet of Things*
AVD	Atividade da Vida Diária
ADL	*Activity of Daily Living*
RSSF	Redes de Sensores Sem Fio
RFID	Identificação por Radiofrequência / *Radio Frequency Identification*
HAR	*Human Activity Recognition*
ML	*Machine Learning*
DL	*Deep Learning*
ER	Engenharia de Requisitos
CORRELATE	*Process to Capture, Analyze and Catalog Correlations between Quality Characteristics*
ARRANGE	*An Approach based on the Grounded Theory Method to Refine a Quality Characteristic*
GT	*Grounded Theory*
MSL	Mapeamento Sistemático da Literatura
RSL	Revisão Sistemática da Literatura
SAAL	Catálogo do Requisito Não Funcional de Segurança para Ambientes de Vida Assistida
UbiComp	Sistemas Computação Ubíqua

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO

A tendência do envelhecimento natural da população tem evidenciado uma necessidade crescente de novas soluções baseadas em Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) para oferecer novas oportunidades na prestação de cuidados contínuos, ajudando não apenas idosos, mas também pacientes com condições crônicas e pessoas com deficiência. Essas soluções permitem prolongar o tempo em que esses indivíduos podem viver de forma independente, favorecendo a confiança, autonomia, mobilidade e bem-estar (Rosas *et al.*, 2013).

Para atender a essa demanda, foi desenvolvido o conceito de Ambiente de Vida Assistida (AVA) (do inglês, *Ambient Assisted Living* (AAL)), que foca no uso da tecnologia com produtos e serviços destinados a constituir ambientes inteligentes em benefício desses grupos. Este campo de pesquisa está crescendo rapidamente, com cada vez mais projetos sendo desenvolvidos para fornecer serviços de assistência aos usuários-alvo (Abtoy *et al.*, 2020). Esses projetos inovadores geram diversas questões sobre como abordar os sistemas AAL, especialmente no que se refere aos requisitos funcionais e não funcionais, devido aos diferentes critérios, normas e princípios envolvidos. Além disso, esses sistemas são considerados críticos, pois envolvem o monitoramento do ambiente (como segurança do local, temperatura e umidade) e do indivíduo (como frequência cardíaca, pressão arterial e temperatura corporal). Falhas nesses sistemas podem representar sérios riscos à vida humana (Garcés *et al.*, 2017).

Além disso, o desenvolvimento de sistemas AAL é considerado complexo, dado que (Garcés *et al.*, 2017): (i) esses sistemas frequentemente incluem diferentes tecnologias, como atuadores, sensores, tecnologias de comunicação e sistemas de *software* de domínios relacionados, por exemplo, e-Saúde ou casas inteligentes; (ii) precisam ser personalizáveis, adaptáveis e antecipatórios; e (iii) não devem ser invasivos, devendo ser elaborados para se adaptar a diferentes situações, como o uso em casa ou no trabalho.

As tecnologias para AAL visam melhorar a qualidade de vida e o bem-estar de seus usuários. Nessa perspectiva, garantir os requisitos e as características de qualidade deve ser uma preocupação fundamental durante o desenvolvimento de sistemas AAL, visto que as soluções devem ser flexíveis, respeitando a diversidade do grupo de usuários, moldando-se a cada pessoa e suas preferências, além de diminuir os medos decorrentes da inexperiência de uso ou da ausência de domínio (Garcés *et al.*, 2017). No entanto, apesar do crescente esforço para melhorar a qualidade dos sistemas AAL, ainda há muito a ser feito no que diz respeito à identificação e descrição de requisitos, além de características de qualidade mais abrangentes para avaliar esses sistemas, considerando aspectos importantes, como o contexto de aplicação, propriedades adaptativas e a variedade de *stakeholders* (Abtoy *et al.*, 2020).

De acordo com Bourque *et al.* (2002), os requisitos de um sistema são as descrições dos serviços que o sistema deverá fornecer e das suas restrições operacionais. Esses requisitos estão divididos em Requisito Funcional (RF) e Requisitos Não Funcionais (RNF). Os RFs apontam os serviços que um sistema deve fornecer; no contexto de sistemas AAL, exemplos incluem monitoramento de glicemia, monitoramento do estado de saúde, monitoramento de exercícios e alertas. Já os RNFs indicam as condições e limitações nas quais esses serviços ou funções devem operar, sendo também considerados como características de qualidade. No contexto de sistemas AAL, exemplos de RNFs são disponibilidade, integridade, confidencialidade e privacidade (Garcés *et al.*, 2019).

Os RNFs desempenham um papel fundamental no desenvolvimento de sistemas AAL. A negligência ou elicitação inadequada desses requisitos pode resultar na criação de um sistema inconsistente e de baixa qualidade (O'Grady *et al.*, 2010). Para especificar esses requisitos de maneira detalhada e clara, a fim de fornecer suporte adequado aos desenvolvedores, Chung *et al.* (2000) sugerem a utilização de um conjunto de conhecimentos que inclui técnicas de desenvolvimento acumuladas a partir de experiências anteriores. Esse conhecimento pode ser organizado em catálogos, que se dividem

em três tipos (Chung *et al.*, 2000): (i) subcaracterísticas; (ii) soluções; e (iii) correlações.

No estudo de Carvalho (2019), foi desenvolvido o processo CORRELATE (*Process to Capture, Analysis and CatalOg CoRRElations between QuaLity ChAracTEristics*) para capturar, analisar e catalogar RNFs relacionados a características de qualidade. O processo, dividido em quatro etapas, envolve selecionar a característica de qualidade, refiná-la em subcaracterísticas, identificar estratégias de desenvolvimento para essas subcaracterísticas e analisar os impactos dessas estratégias em outras características de qualidade.

Durante a pesquisa, foi realizada uma análise da literatura sobre o domínio de sistemas AAL, que revelou uma escassez de estudos sobre a elicitação e especificação de diversos RNFs. Entre eles, o RNF de segurança se destacou devido à sua relevância e aos critérios específicos definidos no processo CORRELATE, tornando-se a característica escolhida para ser catalogada neste trabalho.

Nesse contexto, o objetivo geral deste trabalho é desenvolver o SAAL, um Catálogo de RNFs focado na segurança, para apoiar o desenvolvimento de sistemas AAL utilizando o processo CORRELATE. O intuito é fornecer suporte tanto a engenheiros de *software* quanto a desenvolvedores, independentemente de sua experiência, na tomada de decisões durante a modelagem de RNFs para sistemas AAL, bem como na escolha das estratégias de desenvolvimento mais adequadas.

Para alcançar o objetivo geral, este trabalho estabelece os seguintes objetivos específicos:

a) Realizar uma revisão da literatura para analisar como o RNF de segurança é caracterizado em sistemas AAL;
b) Documentar as subcaracterísticas e as formas de implementação de maneira estruturada, visando criar uma base de conhecimento sólida para o catálogo;
c) Elaborar o catálogo SAAL com base nas informações coletadas na literatura;
d) Validar o catálogo SAAL com a colaboração de especialistas;

e) Estabelecer recomendações para auxiliar engenheiros de *software* e desenvolvedores na escolha das melhores estratégias de desenvolvimento relacionadas à segurança em sistemas AAL.

O restante deste trabalho está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta a fundamentação teórica sobre os principais conceitos abordados neste estudo. Os trabalhos relacionados e os métodos utilizados no mapeamento da revisão de literatura para esta proposta são discutidos na Seção 3. A Seção 4 descreve a metodologia e todo o processo de construção e validação do catálogo SAAL. Na Seção 5, são sintetizados os resultados preliminares e finais obtidos. Por fim, a Seção 6 apresenta as conclusões e considerações finais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção, são apresentados os conceitos fundamentais que contextualizam este trabalho, abordando aspectos relacionados a AAL, à engenharia de requisitos para AAL, aos catálogos de RNFs, e ao processo de construção desses catálogos.

2.1 Ambient Assisted Living (AAL)

Ambient Assisted Living (AAL) é um conceito que utiliza a tecnologia para garantir o bem-estar e a independência de pessoas idosas ou com algum tipo de limitação, seja física e/ou mental. Tipicamente, diferentes tipos de sensores e atuadores são integrados nas casas e até nas roupas dos usuários, permitindo o monitoramento remoto de suas condições de vida. Nesse contexto, diversas perspectivas podem ser abordadas, uma vez que AAL engloba aspectos lógicos, estratégicos, econômicos, sociais e morais (Rosas *et al.*, 2013).

Segundo Becker (2008), os objetivos principais das soluções AAL são: (i) aumentar a qualidade de vida das pessoas que necessitam de cuidados, (ii) diminuir a necessidade de assistência externa, (iii) reduzir os custos relacionados à saúde e cuidados, tanto para o usuário quanto para a sociedade, e (iv) evitar a estigmatização. Os serviços no domínio AAL visam proporcionar uma vida mais independente às pessoas com necessidades específicas. Para isso, esses serviços devem considerar uma série de desafios, como as diferentes necessidades de acordo com as condições de saúde, a limitação de recursos (humanos ou financeiros), a baixa tolerância a problemas técnicos, o desejo de manter o controle sobre suas vidas, a evitação da estigmatização e a preservação da privacidade.

Além disso, os sistemas AAL são considerados auto-adaptáveis, ou seja, são sistemas de *software* com a capacidade de se adaptar ao comportamento do usuário em tempo de execução, em resposta às mudanças observadas pelo sistema. Essas

adaptações podem ocorrer em diferentes níveis e com diferentes finalidades (Garcés *et al.*, 2016). De modo geral, esses sistemas coletam dados de monitoramento de seus usuários, armazenam-nos de forma segura, realizam análises e, assim, criam sistemas de intervenção que podem ser aplicados tanto em cenários de monitoramento gerais quanto específicos (Cicirelli *et al.*, 2021).

Para projetar e desenvolver um sistema no domínio de AAL, é necessário considerar determinados aspectos que podem ser sintetizados em quatro perguntas (Cicirelli *et al.*, 2021):

- **Quem?**: refere-se aos usuários-alvo, ou seja, pessoas com diferentes restrições que necessitam de monitoramento pelo sistema.
- **Onde?**: os campos de aplicação abrangem ambientes assistidos, que variam em termos de soluções tecnológicas e metodológicas.
- **O quê?**: os sistemas AAL possuem diferentes contextos de monitoramento, cada um com um domínio específico, baseado em diferentes parâmetros e operando de forma independente.
- **Como?**: há uma variedade de tecnologias disponíveis para o desenvolvimento de sistemas AAL, que vão desde dispositivos básicos de Internet das Coisas / *Internet of Things* (IoT) até redes complexas de sensores.

2.1.1 Quem: Público Alvo

Os sistemas AAL são destinados principalmente a pessoas idosas, pacientes com condições crônicas ou pessoas com limitações físicas, com foco em TIC, visando promover uma vida mais independente e confortável em seu ambiente de vida (Garcés *et al.*, 2016). Nos últimos anos, diversas aplicações digitais foram desenvolvidas para facilitar a vida dessas pessoas e possibilitar o controle diário sobre seu estado de saúde, como: identificação de quedas, inatividade prolongada, perigos ambientais, controle de diabetes, hipertensão e medicamentos (Cicirelli *et al.*, 2021).

Além disso, os sistemas AAL envolvem diversas partes interessadas, ou seja, pessoas, organizações ou sistemas (ou partes deles) que são influenciados pela funcionalidade do sistema e que possuem uma autoridade direta ou indireta sobre os requisitos do sistema. No contexto de sistemas AAL, podem ser consideradas quatro categorias de *stakeholders* (Garcés *et al.*, 2016): (i) primários, que são os usuários diretos dos sistemas AAL, como pessoas idosas e pessoas com limitações físicas; (ii) secundários, que são os profissionais de saúde que apoiam os sistemas AAL, como cuidadores particulares, médicos e enfermeiros; (iii) terciários, que são os desenvolvedores e fornecedores de sistemas AAL, como organizações de pesquisa, empresas de telemedicina ou provedores de infraestrutura de TI; e (iv) quaternários, que são os apoiadores dos sistemas AAL, como formuladores de políticas ou seguradoras sociais (públicas e privadas).

2.1.2 Onde: Ambientes assistidos

Quando se trata de onde os sistemas AAL devem ser implantados, há uma crescente preocupação com os usuários-alvo e o ambiente em que estão inseridos, buscando oferecer interfaces amigáveis para os diferentes tipos de equipamentos, que podem estar dentro ou fora de seu ambiente doméstico, considerando suas limitações (Garcés *et al.*, 2017).

Muitos estudos sobre sistemas AAL focam exclusivamente em ambientes internos. Um dos principais contextos de aplicação está relacionado a serviços médicos, como dispositivos que realizam o monitoramento de saúde via comunicação móvel. Cada vez mais, surgem sistemas que realizam monitoramento contínuo de dados biológicos, comportamentais e/ou ambientais, realizando intervenções e avaliando seus resultados (Cicirelli *et al.*, 2021).

Existem diferentes tipos de ambientes internos, como domicílios, hospitais, casas de repouso e outros. Há diferenças significativas entre ambientes domiciliares, onde pode haver desde residências com apenas uma pessoa, até aquelas com várias

pessoas se deslocando em espaços comuns, praticando atividades sozinhas ou em grupo (Alkhomsan *et al.*, 2017).

No entanto, os ambientes de vida dos usuários não se limitam apenas às suas residências, mas também incluem vários locais ao seu redor, como ruas, escolas, lojas, restaurantes e outros tipos de ambientes. Como os usuários podem passar várias horas do dia fora de casa, novas preocupações surgem, especialmente porque em ambientes externos, os usuários estão expostos a riscos como quedas, calor ou frio excessivo. Assim, o objetivo dos sistemas AAL em ambientes externos é fornecer suporte aos usuários em diferentes aspectos, como verificação de rotas, reconhecimento de comportamentos anormais, avaliação de atividades de movimento, entre outros (Alkhomsan *et al.*, 2017).

Com a crescente preocupação em monitorar ambientes externos, diversos projetos têm sido desenvolvidos para abordar essas questões, como os trabalhos de (Mancini *et al.*, 2015), (Wan *et al.*, 2015) e (Andrushevich *et al.*, 2017). Esses estudos buscam expandir os sistemas inicialmente destinados a ambientes internos para contextos externos e públicos, visando oferecer diferentes serviços para melhorar o bem-estar dos usuários (Cicirelli *et al.*, 2021).

2.1.3 O que: Contextos de monitoramento

Há diferentes formas de analisar o estado de saúde de uma pessoa, como, por exemplo: verificar seus movimentos, reconhecer suas ações, avaliar os períodos de descanso e monitorar a ingestão de alimentos. É importante salientar que atividades envolvendo mais de uma pessoa também podem ser monitoradas. Assim, é possível realizar uma análise comportamental capaz de identificar irregularidades ao comparar o comportamento real com o esperado (Parvin *et al.*, 2018).

Para cumprir seus objetivos, os sistemas AAL devem ser projetados para oferecer diferentes serviços de monitoramento e controlar diversas variáveis, como saúde, ambiente, localização, sons e ruídos, entre outros. Cada uma dessas variáveis tem um

propósito baseado em diferentes parâmetros, que podem operar em conjunto ou de forma independente.

Quando se trata de monitoramento ambiental, podem ser considerados diferentes tipos de ambientes, sejam eles internos ou externos, pois isso se refere ao local onde o sistema deve atuar para identificar e prever situações que possam colocar os usuários em risco em seu ambiente de vida. Por exemplo, em ambientes domésticos, onde os usuários interagem com objetos físicos, os sistemas AAL precisam conhecer dados sobre o mundo ao redor dos usuários que monitoram para executar ações, além de ter consciência do contexto e perceber os elementos que constituem o ambiente (Machado *et al.*, 2017).

Os sensores instalados nos mais diversos tipos de ambientes representam uma grande oportunidade para o monitoramento das atividades e comportamentos de idosos ou pessoas que necessitam de assistência. Quando devidamente tratadas, as informações coletadas podem ser comunicadas a cuidadores, familiares ou serviços de atendimento para intervenção imediata em caso de problemas (Cicirelli *et al.*, 2021; Marcelino *et al.*, 2018).

O monitoramento de Atividade da Vida Diária (AVD) ou, em inglês, *Activity of Daily Living* (ADL), é um termo usado para descrever as atividades de rotina diária de uma pessoa, abrangendo as habilidades mais importantes para que ela possa cuidar de si mesma de forma independente, como comer, tomar banho, dormir, ler e se locomover. No contexto do monitoramento de casas inteligentes, as AVDs referem-se ao autocuidado e às tarefas domésticas realizadas pelas pessoas como parte de sua rotina (Ni *et al.*, 2016).

A capacidade de realizar AVDs sem assistência externa pode ser vista como um indicativo do estado funcional e do nível de independência de uma pessoa, pois a incapacidade de realizar tais atividades pode levar a condições inseguras e a uma baixa qualidade de vida, resultando em dependência de outras pessoas e/ou dispositivos mecânicos. Mensurar as AVDs de uma pessoa é importante, pois esses dados são relevantes

para decisões como admissão em asilos, indicação da necessidade de hospitalização e determinação da necessidade de assistência diária (Oliveira *et al.*, 2015).

O monitoramento de sons da vida diária envolve o reconhecimento de áudio, uma abordagem promissora para aumentar a segurança, contribuindo para o reconhecimento de atividades e a detecção de situações de perigo. No entanto, esse tipo de monitoramento ainda é pouco empregado. Tecnologias de áudio podem capturar informações relevantes sobre sons do ambiente, permitindo avaliar como uma pessoa lida com seus afazeres domésticos em uma residência, por exemplo: sons de objetos caindo, máquina de lavar em funcionamento, rádio ou televisão ligados, pessoas conversando, entre outros (Vacher *et al.*, 2010).

No entanto, a análise de sons em AAL envolve muitos desafios, o que impacta na baixa adoção desse tipo de monitoramento em ambientes reais. O processamento de sons pode ser utilizado, por exemplo, para quantificar o uso de água, identificar torneiras esquecidas abertas ou determinar os diferentes usos do banheiro a fim de reconhecer padrões da vida diária. Entretanto, para obter esses dados, diversas questões precisam ser tratadas, desde o tratamento de ruído e a separação de fontes sonoras até a adaptação do modelo ao usuário e ao seu ambiente (Ibarz *et al.*, 2008).

Quando se trata do monitoramento de saúde, a missão é monitorar o estado de saúde do paciente com o objetivo de garantir uma vida ativa e independente, por meio de informações identificadas pelo sistema AAL, buscando anomalias ou comportamentos fora do padrão. Esses sistemas podem ser desenvolvidos para monitorar doenças crônicas, como Alzheimer, doenças cardiovasculares, diabetes e hipertensão. O monitoramento e a captura de dados podem ser realizados tanto dentro de casa quanto ao ar livre, muitas vezes sem que o usuário perceba (Garcés *et al.*, 2016).

Os sistemas relacionados à saúde podem ser aplicados em diferentes contextos, como atendimento médico a pacientes pediátricos e idosos, supervisão de doenças crônicas, gerenciamento de saúde, entre outros. Além disso, os usuários podem receber

automaticamente informações sobre sua saúde, monitorar seu próprio estado de saúde, melhorar sua nutrição e níveis de exercício, e aprender hábitos saudáveis durante sua rotina diária (Islam *et al.*, 2015).

2.1.4 Como: Tecnologias

Diferentes tecnologias podem ser utilizadas para o desenvolvimento de sistemas AAL, variando desde dispositivos mais simples até redes de sensores sem fio (Redes de Sensores Sem Fio (RSSF)) mais complexas, compostas por sensores ambientais, dispositivos inteligentes, câmeras de vídeo, entre outros. A diversidade de tecnologias envolve, consequentemente, uma maior complexidade dos dados, uma vez que estes podem variar significativamente em termos de tamanho, heterogeneidade e frequência. O gerenciamento de dados abrange várias questões, como protocolos de comunicação, controles de segurança, consumo de energia, detecção de falhas, interoperabilidade entre dispositivos distintos, e muito mais (Haghi *et al.*, 2019).

Nos trabalhos de Dohr *et al.* (2010) e Cubo *et al.* (2014), são discutidos o conceito e o uso de IoT para o desenvolvimento de AAL. IoT é definida como um novo paradigma e uma tendência de mercado, baseada na interconexão dos objetos que fazem parte da vida cotidiana. Seu principal objetivo é conectar coisas e pessoas para fornecer informações a qualquer hora e em qualquer lugar (Cubo *et al.*, 2014; Ahmad *et al.*, 2015). Esses dispositivos, objetos ou "coisas"(como eletrodomésticos, sensores sem fio e objetos com *tags* Identificação por Radiofrequência / *Radio Frequency Identification* (RFID)) são identificáveis, reconhecíveis, endereçáveis e até mesmo controláveis via *Internet* (Ahmad *et al.*, 2015).

À medida que as tecnologias de suporte para AAL no domínio IoT se tornaram mais atraentes e populares, os sistemas relacionados a elas foram amplamente implantados e colocados em ação. O rápido progresso dessas tecnologias tornou possível a descoberta e implantação de dispositivos multifuncionais, como objetos inteligentes,

sensores vestíveis, *smartphones* e *smartwatches*, que passaram a ser integrados a sensores não invasivos para construir sistemas de monitoramento de pessoas em aplicações internas e externas (Xu; Pombo, 2019).

Os sensores no domínio AAL são utilizados para monitorar o ambiente, a saúde e o bem-estar dos usuários. À medida que esses sensores são combinados com dispositivos de comunicação, geralmente sem fio, torna-se possível monitorar os usuários de forma remota. Existem muitos tipos de sensores para AAL, cada um com suas especificidades e subtipos, que podem ser classificados em diferentes categorias (Rosas *et al.*, 2013). Devido à grande diversidade de tecnologias em sensores, surgem várias preocupações em relação à integração e interoperabilidade, pois os dispositivos eletrônicos disponíveis no mercado muitas vezes não possuem interfaces padronizadas para integração (Kutz *et al.*, 2011).

Os atuadores no domínio AAL podem realizar intervenções de acordo com o contexto em que estão inseridos, atendendo às necessidades dos usuários-alvo. Dependendo da finalidade de cada tipo de atuador AAL, estes também podem ser classificados em diferentes categorias, de maneira semelhante aos sensores AAL. Quando esses atuadores estão equipados com algum tipo de rede de comunicação, geralmente sem fio, tais intervenções podem ser realizadas de forma remota. No entanto, esse aspecto tem gerado preocupações, uma vez que o controle remoto de informações e dados sensíveis pode expor os usuários a situações perigosas (Rosas *et al.*, 2013).

Muitos sistemas AAL exigem apenas a coleta de dados e a aplicação de técnicas simples de análise, como métodos baseados em limiares ou em distâncias. Essas técnicas podem ser eficientes para disparar alertas quando situações de perigo são identificadas, oferecendo suporte valioso em diversos contextos de AAL. Isso se deve ao fato de que essas técnicas requerem apenas uma fase de estimativa de parâmetros obtida por meio de análises estatísticas dos dados coletados. Quando diversos sensores heterogêneos são utilizados, muitos tipos de recursos podem ser considerados, potencializando o uso

de funcionalidades mais complexas, o que pode também trazer alguns desafios (Machot *et al.*, 2017).

Segundo Patel e Shah (2019), o reconhecimento de atividade humana (*Human Activity Recognition* (HAR), em inglês) é uma tarefa crítica para o fornecimento de serviços em ambientes de vida assistida, cujo objetivo é classificar as ações de uma pessoa a partir de uma série de parâmetros capturados por sensores. As áreas de *Machine Learning* (ML) e *Deep Learning* (DL) estão ganhando popularidade para atingir esse objetivo.

ML é o estudo científico de algoritmos e modelos estatísticos que os sistemas utilizam para executar uma tarefa específica sem a necessidade de uma programação explícita para isso. Seus algoritmos podem construir modelos por meio da fase de treinamento em um estilo de aprendizado supervisionado e, posteriormente, classificar os dados treinados (Mahesh, 2020).

O modelo de ML usado para reconhecimento de atividades depende dos sensores disponíveis no ambiente. Os dados normalmente são obtidos de duas fontes principais: sensores ambientais e sensores embarcados. São considerados sensores ambientais aqueles como sensores de temperatura e câmeras posicionadas em pontos específicos; já os sensores embarcados são integrados em dispositivos pessoais como *smartphones* e *smartwatches*, ou em roupas ou outros equipamentos específicos (Demrozi *et al.*, 2020).

Metodologias de DL fornecem uma ampla gama de técnicas, como *Convolutional Neural Networks* (CNN) e *Long Short-Term Memory Networks* (LSTMs), que passaram a ser aplicadas com sucesso em diversos contextos nos últimos anos, especialmente na área da saúde. Essas metodologias têm demonstrado grande capacidade para determinar a relação entre doenças e seus fatores de risco. Além disso, oferecem diferentes oportunidades para lidar com grandes volumes de dados, proporcionando suporte para melhores tomadas de decisão e resolvendo o problema da seleção de recursos

(Aggarwal *et al.*, 2018; Qureshi *et al.*, 2021).

2.2 Engenharia de requisitos aplicada a AAL

Kotonya e Sommerville (1998) definem a Engenharia de Requisitos (ER) como um processo para identificar, documentar e gerenciar os requisitos necessários para um sistema computacional. O principal objetivo desse processo é desenvolver um conjunto de requisitos de sistema que seja o mais completo, consistente e relevante possível, refletindo de maneira precisa o que o cliente realmente necessita. Embora seja difícil alcançar esse ideal plenamente, a adoção de uma abordagem sistemática baseada nos princípios da engenharia resulta em requisitos de maior qualidade do que os obtidos por meio de abordagens informais, que ainda são frequentemente utilizadas (Kotonya; Sommerville, 1998).

A aceitação das soluções AAL está diretamente relacionada à qualidade das funcionalidades oferecidas, particularmente no que diz respeito à interação inteligente com os usuários. Dessa forma, o desenvolvimento dessas soluções deve levar em consideração as necessidades dos usuários para que, assim, seja possível auxiliá-los em suas atividades diárias, promovendo uma vida mais confortável e ajudando-os a atuar nas principais áreas da vida (Queirós; Rocha, 2018).

Para projetar sistemas AAL, é necessário considerar várias características e normas. Cada sistema possui seus próprios requisitos, e muitos fatores exercem influência direta sobre esses requisitos, como cuidado, extensibilidade, reutilização, escalabilidade e adaptabilidade (AlRomi *et al.*, 2015).

De forma geral, os sistemas AAL devem ser personalizáveis, pois precisam se adaptar a determinados recursos e reagir às mudanças dinâmicas nos dispositivos. Além disso, devem ter a capacidade de antecipar ao máximo os desejos e necessidades dos usuários. Contudo, muitas funcionalidades devem ser exploradas durante a concepção de um sistema, de acordo com sua finalidade, que, de maneira geral, deve ser capaz de

sentir, raciocinar e agir sobre o ambiente em que está inserido (Abtoy *et al.*, 2020).

Os cenários abordados em sistemas AAL possuem um alto nível de complexidade, sendo uma das principais características a heterogeneidade inerente à população de usuários-alvo, seus costumes e suas limitações. Devido à sua natureza crítica, o desenvolvimento da tecnologia constitui uma parte importante do ciclo de vida da Engenharia de *Software*, chamada de ER (O'Grady *et al.*, 2010).

A ER foca no que um sistema deve fazer e nas restrições dentro das quais ele deve operar, abordando as possíveis adaptações e métodos para implementá-las. Especificamente, as questões a serem abordadas incluem: quais aspectos do ambiente são significativos para a adaptação? Quais requisitos podem mudar ou evoluir em tempo de execução, e quais devem ser preservados? Além disso, a ER deve lidar com a incerteza, considerando que as expectativas baseadas no ambiente podem variar frequentemente ao longo do tempo (Ahmad *et al.*, 2015).

Identificar os requisitos é uma das atividades mais importantes da ER. Ela envolve a coleta e análise de informações fornecidas pelos *stakeholders* de um projeto, identificando suas particularidades, permissões, restrições e quaisquer outras informações relevantes. Essas informações são essenciais para garantir que o sistema realmente satisfaça as necessidades dos usuários-alvo (Vazquez; Simões, 2016).

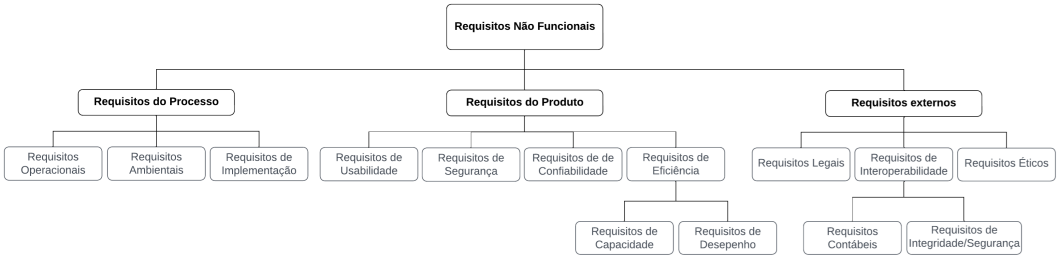
2.2.1 Requisitos Não Funcionais (RNF)

Quando se trata de requisitos, duas categorias gerais são consideradas na ER (Bourque *et al.*, 2002):

- **Requisitos Funcionais (RFs)**: representam as funções principais e específicas que um *software* deve realizar de acordo com os comandos do usuário;
- **Requisitos Não Funcionais (RNFs)**: abrangem o escopo dos requisitos funcionais, com o intuito de proporcionar maior controle sobre o sistema, definindo as propriedades e restrições do sistema.

Kotonya e Sommerville (1998) consideram que os RNFs podem ser ainda mais críticos do que os RFs, uma vez que, caso não sejam atendidos, o sistema pode se tornar inútil. Os RNFs podem impactar a arquitetura do sistema como um todo, não se limitando a um componente específico. Eles podem ser classificados em três categorias: requisitos do processo, requisitos do produto e requisitos externos. O objetivo deste estudo é abordar os RNFs do produto. A classificação detalhada está ilustrada na Figura 1 e descrita na sequência.

Figura 1 – Classificação de Requisitos Não Funcionais



Fonte: adaptado de (Kotonya; Sommerville, 1998).

- **Requisitos do processo**: estão relacionados aos padrões e procedimentos organizacionais que devem ser seguidos pela empresa desenvolvedora, de acordo com suas políticas internas;
- **Requisitos do produto**: manifestam o comportamento do produto, atribuindo permissões ou negando acesso a determinados tipos de usuários;
- **Requisitos externos**: requisitos legais e éticos que visam garantir que o sistema opere dentro da lei, como certificações de segurança para bancos.

Embora o termo RNF seja utilizado há muitos anos e, apesar das várias definições na literatura sobre o assunto, é evidente que não há um consenso sobre essa definição. Chung *et al.* (2000) descrevem os RNFs como um conceito subjetivo, pois podem ser interpretados de maneiras diversas por diferentes indivíduos. Além disso, são considerados relativos devido à variação na interpretação e na importância conforme o tipo de sistema. Os RNFs também são reconhecidos como interativos, uma vez que

satisfazer um requisito pode afetar positiva ou negativamente a realização de outros.

Vários outros autores definem os RNFs com base em dois atributos principais: qualidade e restrição. Por exemplo, Galster e Bucherer (2008) consideram que os RNFs não se referem diretamente às funcionalidades de um sistema, mas sim definem as qualidades gerais do sistema em desenvolvimento e impõem restrições internas e externas, podendo exigir sacrifícios nos requisitos funcionais. Este conceito é semelhante ao apresentado por Chung *et al.* (2000), Bourque *et al.* (2002) e diversos outros autores, que acreditam que o termo "características de qualidade"pode ser utilizado como sinônimo de RNFs, pois essas características descrevem as expectativas que vão além do simples funcionamento correto do sistema.

Seguindo essas afirmações, este trabalho foca no estudo dos RNFs considerados como características de qualidade.

2.3 Catálogos de Requisitos Não-Funcionais

Um catálogo é um repositório que reúne conhecimento com base em experiências anteriores (Chung *et al.*, 2000). Durante a implementação dos RNFs, eles podem conflitar ou cooperar entre si. Conflitos entre RNFs podem impactar negativamente o alcance de outros RNFs, enquanto a cooperação entre RNFs pode facilitar o cumprimento de outros RNFs (Chung *et al.*, 2000).

Os catálogos de RNFs podem incluir três tipos de informações sobre o requisito em questão: subcaracterísticas, soluções (estratégias e tecnologias para auxiliar durante a codificação) e correlações. Subcaracterísticas são definidas como conceitos específicos e terminologias que representam conhecimento detalhado sobre um RNF, frequentemente documentados e organizados de forma hierárquica. Correlações, por sua vez, podem ser definidas por diferentes eixos, mostrando conexões entre diversos níveis de RNFs (Chung *et al.*, 2000).

Chung *et al.* (2000) propôs uma abordagem mais formal para caracterizar

catálogos, denominada *Softgoal Interdependency Graph* (SIG), amplamente utilizada na literatura para representar todas as informações e vantagens sobre RNFs, tais como características de qualidade, subcaracterísticas, estratégias e correlações.

2.3.1 Gráficos de Interdependência de Softgoals (SIG)

Os principais conceitos do *NFR Framework* são apresentados graficamente nos SIGs. Os *softgoals*, que, embora não possuam uma definição clara, são considerados de natureza "suave"e são representados como nuvens nos gráficos. Em Chung *et al.* (2000), são definidos três tipos de *softgoals*:

- ***Softgoals RNF***: representam requisitos não funcionais e são exibidos na parte superior do gráfico.
- ***Softgoals* de Operacionalização**: representam abordagens para a implementação de soluções que atendem aos *softgoals* RNF ou a outros *softgoals* relacionados à operacionalização. Eles representam estratégias de design ou implementação, fornecendo soluções mais tangíveis para o sistema.
- ***Softgoals* Declarativos**: representam formas de justificativa na maneira de aprovar ou negar a priorização, refinamento e seleção de componentes.

Na Figura 2, é possível observar os três tipos de *softgoals* descritos acima. Os *Softgoals* RNF são representados por uma nuvem com bordas contínuas e mais finas, em comparação com a nuvem que representa os *Softgoals* de Operacionalização. Por sua vez, a nuvem que representa os *Softgoals* Declarativos também possui linha fina, porém tracejada.

Figura 2 – Tipos de *softgoals*

Fonte: adaptado de (Chung *et al.*, 2000).

Esses *softgoals* são conectados por *links* de interdependência, geralmente representados por linhas ou setas, que podem ser utilizados pelo *framework* de duas formas: para refinamento ou para contribuição. Essas interdependências mostram, por exemplo, como os *softgoals* "pai"são refinados em um ou mais *softgoals* "descendentes"mais específicos e ilustram o impacto que um exerce sobre os outros (Chung *et al.*, 2000).

Para realizar os refinamentos, os autores Chung *et al.* (2000) propõem três formas distintas:

- **Decomposições**: ocorrem quando um *softgoal* é refinado em outros *softgoals* do mesmo tipo. Por exemplo, se um *Softgoal* de Operacionalização é refinado, o *softgoal* resultante da decomposição também será um *Softgoal* de Operacionalização.
- **Operacionalizações**: ocorrem quando um *Softgoal* RNF é refinado em um *Softgoal* de Operacionalização, que representa técnicas de desenvolvimento que podem satisfazer os RNFs.
- **Argumentações**: ocorrem quando um *softgoal* é refinado em *Softgoals* Declarativos, fornecendo razões que auxiliam na tomada de decisões durante o desenvolvimento.

O processo de *design* e o processo de avaliação são interativos durante a criação de um SIG. O desenvolvedor controla quais *softgoals* são definidos, como são refinados e até que ponto devem ser refinados. Embora a avaliação possa contar com o suporte de *algoritmos* para facilitar o processo, o desenvolvedor mantém o controle sobre as decisões (Chung *et al.*, 2000).

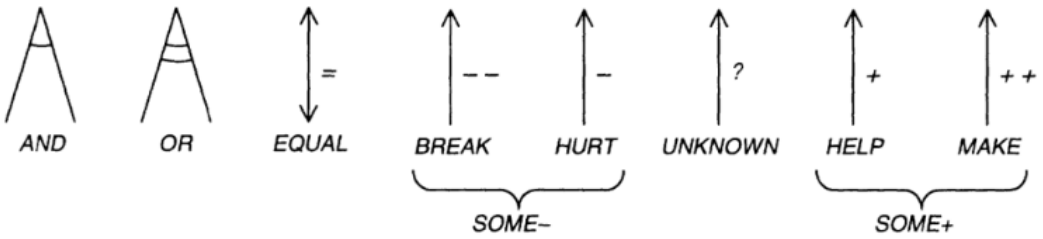
Chung *et al.* (2000) observaram que, durante o processo de refinamento, era comum identificar que alguns *softgoals* se relacionavam entre si, permitindo gerar diferentes contribuições, de maneira parcial ou total, positiva ou negativamente, para satisfazer o *softgoal* pai. Para classificar cada tipo de contribuição, foram definidos os seguintes termos (Chung *et al.*, 2000):

- ***AND***: significa que para satisfazer o *softgoal* pai, todos os *softgoals* descendentes dele devem ser satisfeitos.
- ***OR***: indica que para satisfazer o *softgoal* pai, pelo menos um *softgoal* descendente dele deve ser satisfeito.
- ***EQUAL***: determina uma relação de igualdade, na qual o *softgoal* descendente só será satisfeito se o *softgoal* pai for satisfeito. Caso o *softgoal* pai seja negado o *softgoal* descendente também será negado.
- ***BREAK*** **(— —)**: sinaliza que um *softgoal* certamente nega a realização de outro *softgoal*.
- ***HURT*** **(—)**: significa que há uma contribuição parcialmente negativa de um *softgoal* para outro *softgoal*.
- ***UNKNOWN*** **(?)**: indica falta de conhecimento sobre a relação entre dois *softgoals*, seja uma contribuição positiva ou negativa.
- ***HELP*** **(+)**: significam que há uma contribuição parcialmente positiva entre *softgoals*.
- ***MAKE*** **(++)**: significa que um *softgoal* contribui positivamente na realização de outro *softgoal*.
- ***SOME***: sinaliza que há uma contribuição entre os *softgoals*, cujo sinal é conhecido, mas não é possível determinar seu impacto exato. Em casos de incerteza, utilize *SOME-* para indicar uma contribuição negativa, como *HURT* ou *BREAK*, e *SOME+* para indicar uma contribuição positiva, como *HELP* ou *MAKE*.

A representação gráfica de cada tipo de contribuição descrito acima pode ser vista na Figura 3, que ilustra cada tipo com seus respectivos símbolos de contribuição.

O *framework* também aborda os rótulos para *softgoals*, que são utilizados durante o processo de avaliação para medir o nível de satisfação dos RNFs. Dessa forma, a fase de avaliação analisa se cada *softgoal* ou interdependência no SIG foi atendido de forma satisfatória. Para isso, são atribuídos rótulos aos *softgoals*, que podem

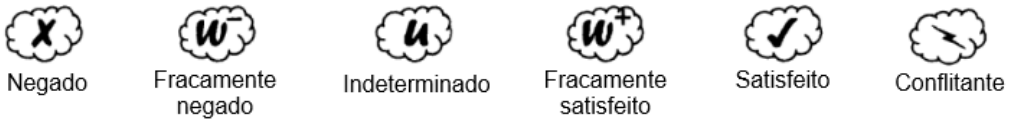
Figura 3 – Tipos de contribuições para *softgoals*



Fonte: adaptado de (Chung *et al.*, 2000).

ser: negado, fracamente negado, indeterminado, fracamente satisfeito, satisfeito ou conflitante, conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4 – Tipos de rótulos para *softgoals*

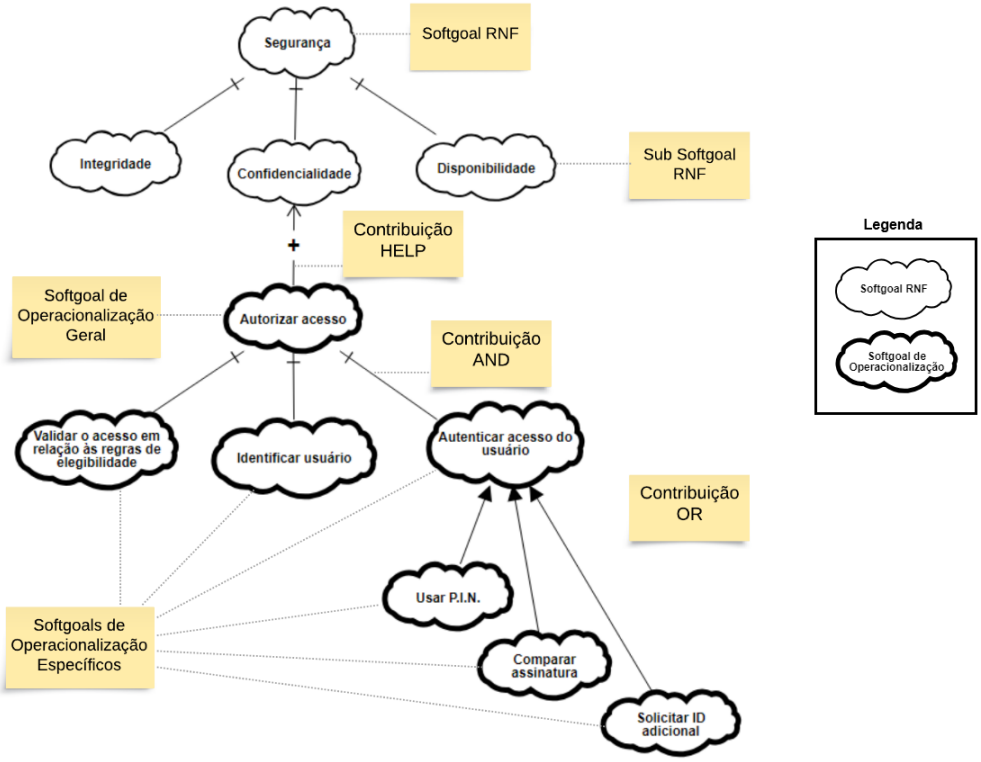


Fonte: adaptado de (Chung *et al.*, 2000).

Observando a Figura 5, é possível ver um exemplo de SIG que contém muitos dos elementos abordados nesta seção. Note que o principal *Softgoal* RNF é a Segurança, que é refinado em três *Softgoals* RNF específicos: Integridade, Confidencialidade e Disponibilidade, representados por nuvens com borda fina. Os *Softgoals* RNF podem ser decompostos em *Softgoals* de Operacionalização, representados no SIG por nuvens com bordas mais grossas.

Por exemplo, a Figura 5 mostra que o *Softgoal* de Operacionalização chamado "Autorizar acesso"contribui para a satisfação do *Softgoal* RNF de Confidencialidade. Um *Softgoal* de Operacionalização pode ser refinado em objetivos mais específicos; assim, o *Softgoal* de Operacionalização "Autorizar acesso"é refinado em três *Softgoals* de Operacionalização: "Validar o acesso em relação às regras de elegibilidade", "Identificar usuários"e "Autenticar acesso do usuário". Da mesma forma, o *Softgoal* de Operacionalização "Autenticar acesso do usuário"pode ser alcançado por meio dos objetivos: "Usar

Figura 5 – Exemplo de SIG



Fonte: adaptado de (Carvalho, 2019).

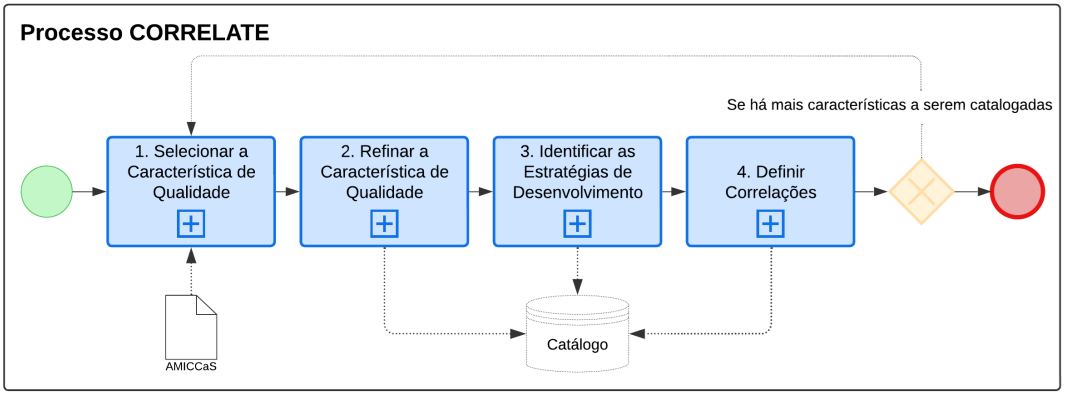
P.I.N.", "Comparar assinatura"ou "Solicitar ID adicional".

2.4 Processo para Construção de Catálogos

O processo proposto para este trabalho foi baseado na análise do estudo de Carvalho (2019), que propõe um processo sistemático e reutilizável para auxiliar pesquisadores e desenvolvedores a estabelecer correlações entre características de qualidade. Esse processo é chamado de *Process to Capture, Analyze and Catalog Correlations between Quality Characteristics* (CORRELATE) e tem como objetivo elaborar um catálogo que inclui interações específicas, considerando estratégias de desenvolvimento de um RNF em relação a um ou mais RNFs, levando em conta que o termo "RNF"pode ser utilizado como sinônimo de característica de qualidade.

Esse processo é composto por quatro etapas principais: (i) seleção da característica de qualidade; (ii) refinamento da característica de qualidade; (iii) identificação das estratégias de desenvolvimento; e (iv) definição das correlações. Na Figura 6, pode-se observar uma visão geral desse processo, destacando as interações entre essas etapas na definição de um catálogo de correlações.

Figura 6 – Visão geral do processo CORRELATE



Fonte: adaptado de (Carvalho, 2019).

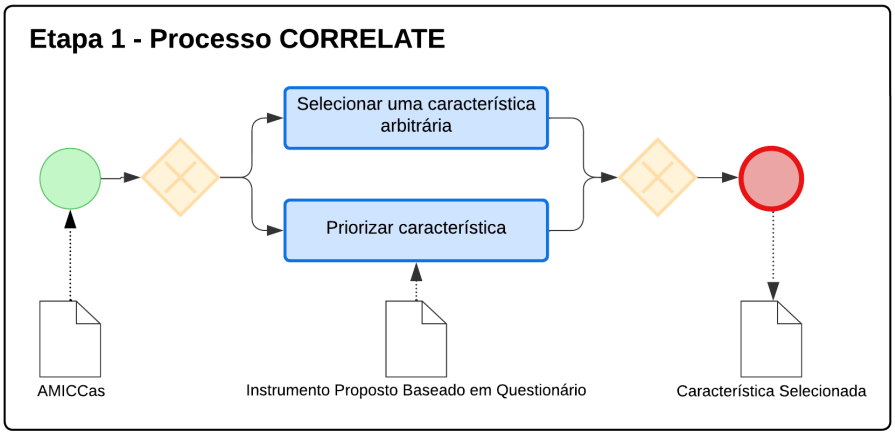
Visando identificar as subcaracterísticas e estratégias de desenvolvimento, este trabalho foca exclusivamente nas etapas 1, 2 e 3, que são detalhadas a seguir.

2.4.1 Etapa 1 - Selecionar a característica de qualidade

Para iniciar o processo, o usuário deve selecionar a característica que será catalogada. Em Carvalho (2019), a entrada para esta etapa é feita com o conjunto chamado AMICCaS (Atenção, Mobilidade, Invisibilidade, Consciência de Contexto, Calma e Sincronicidade), que compila um conjunto de características de qualidade específicas para sistemas UbiComp e IoT, que são o foco do trabalho. Uma das características deve ser escolhida para iniciar o processo de definição do catálogo. Duas possibilidades de escolha são mencionadas: priorização da característica com base em critérios específicos ou seleção arbitrária da característica, conforme ilustrado na Figura 7. Essa seleção deve

considerar técnicas como revisão de literatura, questionários e entrevistas com especialistas, garantindo que a escolha seja fundamentada em critérios como, por exemplo, a escassez de informações na literatura sobre um determinado RNF.

Figura 7 – Etapa 1 - Atividades do Processo CORRELATE



Fonte: adaptado de (Carvalho, 2019).

Este critério de priorização foi estabelecido para selecionar uma característica importante, conforme descrito na literatura, mas ainda não catalogada, com o objetivo de incluí-la em um catálogo que apoie pesquisadores e desenvolvedores na modelagem de sistemas AAL. Isso envolve identificar claramente suas subcaracterísticas e estratégias de desenvolvimento, a fim de assegurar que o requisito seja efetivamente atendido

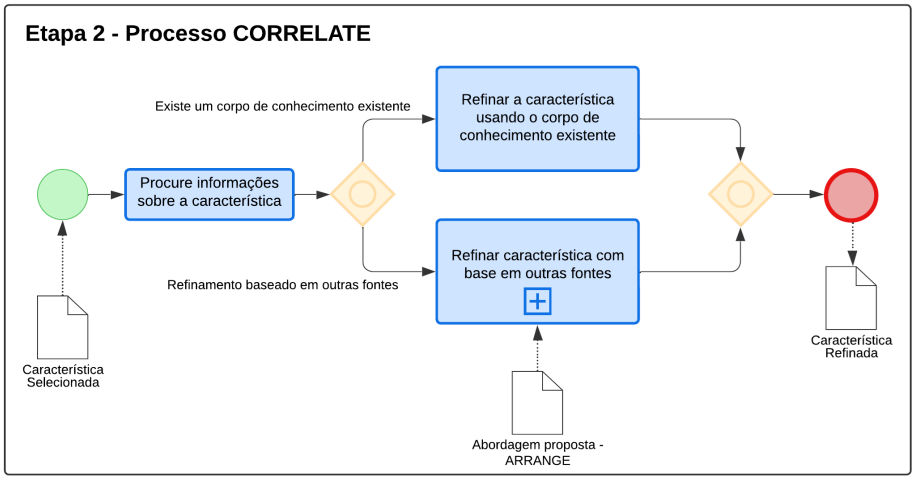
2.4.2 Etapa 2 - Refinar a característica de qualidade

Esta etapa tem como objetivo delimitar conceitos mais específicos relacionados à característica escolhida na fase anterior. A Figura 8 resume o processo de execução desta etapa, onde a característica selecionada anteriormente serve como entrada. Além disso, é crucial buscar informações sobre essa característica em fontes como taxonomias ou modelos existentes, como os padrões ISO[1] (por exemplo, ISO/IEC 25010). Outra

[1] Define as características de qualidade que todos os *softwares* devem ter, para alcançar um alto nível de qualidade no *software* que será entregue.

opção é utilizar outras fontes de dados relevantes sobre essa característica, especialmente quando as informações estão dispersas em diversas fontes. Também é possível integrar um corpo de conhecimento existente com outras fontes, seguindo dois caminhos no subprocesso.

Figura 8 – Etapa 2 - Atividades do Processo CORRELATE



Fonte: adaptado de (Carvalho, 2019).

Carvalho (2019) introduz a abordagem denominada *An Approach based on the Grounded Theory Method to Refine a Quality Characteristic* (ARRANGE) para apoiar a atividade na qual os usuários do processo desejam refinar uma característica com base em outras fontes. Essa abordagem não se limita apenas à coleta de informações, mas também inclui a análise dessas informações, permitindo que os usuários identifiquem um conjunto de subcaracterísticas relacionadas. Além disso, propõe o uso da literatura como principal fonte de conhecimento, uma vez que ela é amplamente utilizada para obter informações sobre subcaracterísticas. A abordagem também sugere a aplicação de métodos qualitativos de análise de dados.

Um exemplo de método qualitativo de análise é a *Grounded Theory* (GT), desenvolvida para construir teoria a partir de dados, agrupando conceitos até chegar a uma categoria central, comparável à construção de uma pirâmide de conhecimento

(Corbin; Strauss, 2014). Embora o método GT não tenha sido originalmente destinado para construir catálogos de RNFs, sua aplicação como forma de extrair e relacionar conceitos dos dados da literatura é compatível com a estrutura de um catálogo de RNFs no formato SIG (RNFs, subcaracterísticas, estratégias de desenvolvimento), que pode ser visto como uma pirâmide de conhecimento (Carvalho, 2019).

2.4.2.1 ARRANGE

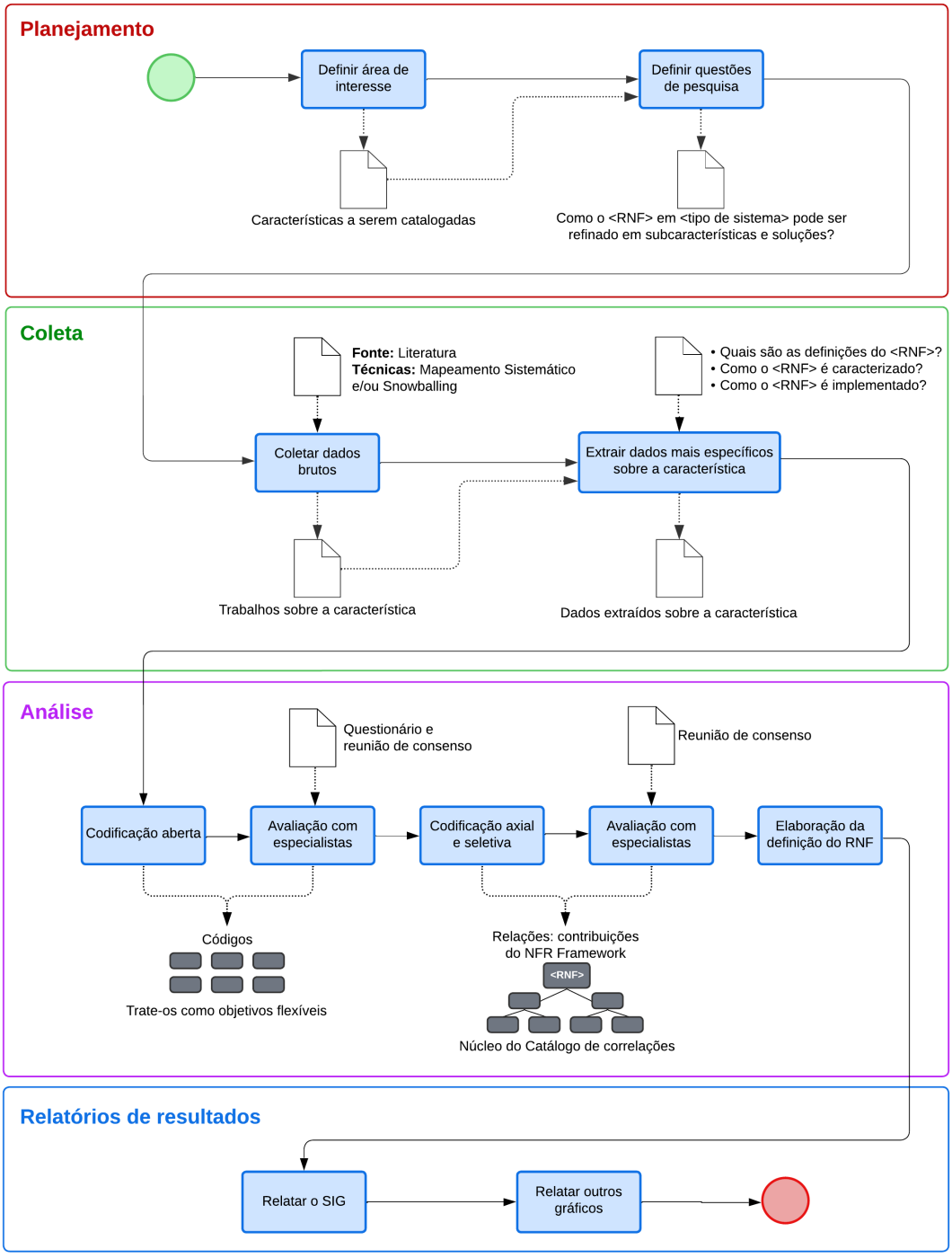
A abordagem ARRANGE é composta por quatro fases essenciais: (i) planejamento; (ii) coleta de dados; (iii) análise de dados; e (iv) relatórios de resultados, conforme ilustrado na Figura 9. Essa metodologia é fundamentada nas conclusões de um Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL), que indicam que o refinamento de um RNF deve envolver a coleta e análise de dados. Para isso, utiliza o método GT, que inclui as etapas de planejamento, coleta de dados, codificação e elaboração de relatórios de resultados.

Embora o ARRANGE siga todas as recomendações propostas no MSL e no método GT, cada etapa foi definida de forma específica para a criação de um catálogo de RNFs. O objetivo é que essa abordagem seja reutilizável para catalogar qualquer tipo de RNF. As etapas da abordagem são explicadas nas próximas subseções.

2.4.2.2 Planejamento e coleta de dados

A fase de planejamento tem como objetivo definir a área de interesse da pesquisa e a questão central que guiará o trabalho. No contexto desta pesquisa, que visa refinar um RNF, a área de interesse deve ser o próprio RNF, como Invisibilidade, Atenção ou Mobilidade. O usuário do processo deve formular a pergunta da seguinte maneira: "Como o <RNF> em <tipo de sistema> pode ser refinado em subcaracterísticas e soluções?"(Carvalho, 2019).

Figura 9 – Visão geral do ARRANGE



Fonte: adaptado de (Carvalho, 2019).

A fase de coleta de dados, por sua vez, busca reunir as informações necessárias para responder à questão central da pesquisa. A abordagem ARRANGE recomenda o uso de Revisão Sistemática da Literatura (RSL) ou do procedimento de *Snowballing* (Kitchenham *et al.*, 2007) para realizar essa tarefa de forma sistemática. O *Snowballing* envolve o uso de uma lista de referências de um artigo *(backward snowballing)* ou citações desse artigo *(forward snowballing)* para identificar outros documentos relevantes.

Além disso, para reunir um conjunto de dados sobre um RNF, é essencial extrair informações dos artigos pertinentes. Para orientar a extração de dados, são propostas as seguintes perguntas:

- **Quais são as definições do <RNF>?** Esta pergunta busca agrupar todas as definições disponíveis na literatura sobre o RNF que está sendo catalogado.
- **Como o <RNF> é caracterizado?** Esta pergunta visa reunir as subcaracterísticas existentes do RNF.
- **Como o <RNF> é implementado?** Esta pergunta busca agrupar as diferentes soluções utilizadas para implementar o RNF.

Com todos os dados extraídos dos trabalhos por meio dessas perguntas, será possível realizar a próxima atividade do ARRANGE, que consiste na análise dos dados.

2.4.2.3 Análise de dados

A análise no ARRANGE tem como objetivo extrair um conjunto de subcaracterísticas bem definidas, utilizando todos os dados extraídos na fase anterior (Carvalho, 2019).

Para essa extração, Carvalho (2019) recomenda o uso do método GT, que inclui entre suas atividades a codificação, um processo que pode ser extremamente útil nesta etapa. A codificação envolve a extração de conceitos dos dados brutos e o estabelecimento de relações entre eles até se alcançar um conceito central, que é a base da teoria de Corbin e Strauss (2014).

Neste estudo, a codificação será aplicada aos dados extraídos dos trabalhos selecionados na etapa anterior. Os conceitos extraídos dessa atividade serão as subcaracterísticas, que podem ser relacionadas entre si até alcançar o RNF que está sendo refinado. Ferramentas podem ser utilizadas para auxiliar nesta etapa de codificação. Por exemplo, a ferramenta MAXQDA[2], recomendada por Corbin e Strauss (2014), ou a ferramenta gratuita QDA Miner Lite[3].

Essas ferramentas auxiliam durante todo o processo de codificação, que o método GT realiza em três etapas: codificação aberta, axial e seletiva.

Na codificação aberta, o usuário deve ler atentamente cada trabalho relacionado ao RNF investigado, buscando responder da forma mais detalhada possível os formulários de extração. Cada trabalho deve ter um formulário de extração de dados correspondente a ele. Com todos os formulários preenchidos, o usuário irá definir os códigos, criando um nome conceitual para cada termo identificado. Os códigos podem representar uma única palavra, uma frase ou até mesmo um parágrafo.

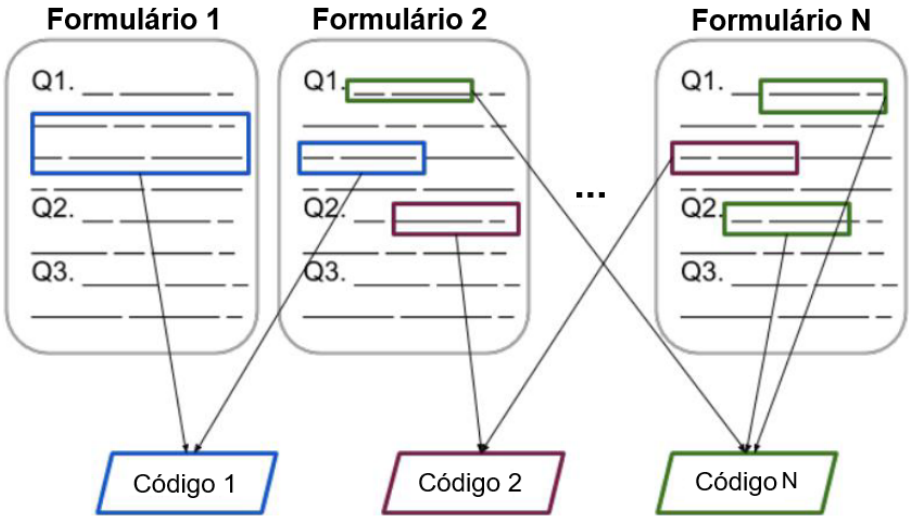
Durante esse processo, o usuário deve comparar as informações que estão sendo lidas e codificadas com as informações lidas anteriormente, a fim de identificar semelhanças e diferenças entre os termos relevantes. Sempre que encontrar um termo semelhante a outro já codificado, o código existente deve ser reutilizado, conforme mostrado na Figura 10. Essa estratégia, denominada "comparação constante", foi definida por Corbin e Strauss (2014) e é comumente aplicada em análises qualitativas.

Ao concluir a codificação aberta, o usuário terá criado um conjunto de códigos que reflete sua compreensão das subcaracterísticas do RNF que está sendo refinado. Para mitigar erros de interpretação e auxiliar na compreensão de conceitos especializados relacionados ao RNF, é crucial avaliar essas codificações. A proposta deste estudo envolve a avaliação das correspondências entre os segmentos e códigos por

[2] MAXQDA é um *software* acadêmico para análise de dados qualitativos e métodos mistos de pesquisa, disponível para sistemas operacionais Windows e Mac.

[3] QDA Miner Lite é um *software* de análise de dados qualitativos fácil de usar para organizar, codificar, anotar, recuperar e analisar coleções de documentos e imagens.

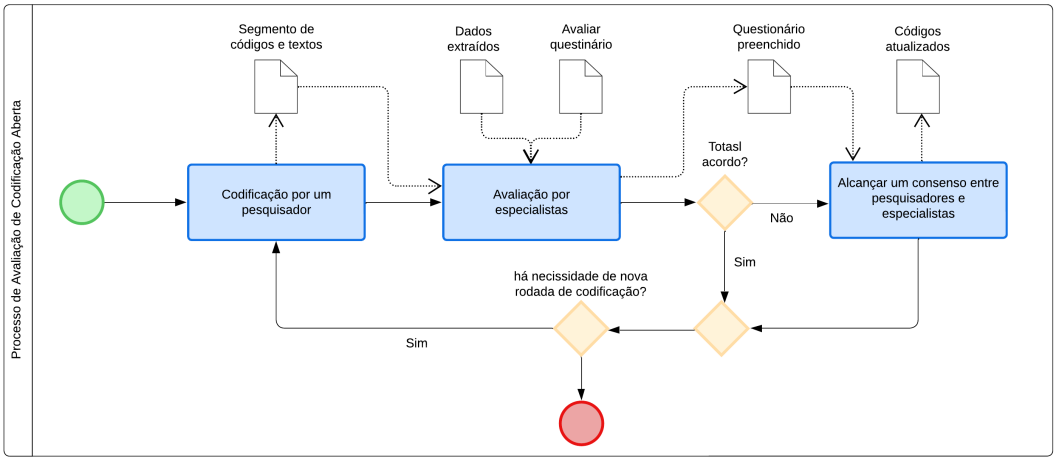
Figura 10 – Visão geral da atividade de codificação aberta



Fonte: adaptado de (Carvalho, 2019).

especialistas na área de RNF. Todo o processo de avaliação pode ser observado na Figura 11.

Figura 11 – Processo de Avaliação da Codificação Aberta



Fonte: adaptado de (Carvalho, 2019).

Após a codificação realizada pelo usuário do processo (primeira etapa), os códigos e segmentos de texto sugeridos serão enviados aos especialistas para avaliação (segunda etapa). Essa avaliação será conduzida por meio de um questionário, no qual

cada correspondência entre o segmento de texto e o código sugerido será avaliada e categorizada como: (i) concordo; (ii) concordo parcialmente; ou (iii) discordo. Posteriormente, será realizada uma análise dos resultados da avaliação. Se não houver consenso total, uma reunião será agendada para discussão e busca de um acordo (terceira etapa). Com o consenso alcançado, obtém-se a lista final de códigos resultantes da codificação aberta.

Tais códigos serão representados como *softgoals* do SIG, incluindo *softgoals* do RNF (como características ou subcaracterísticas) ou como *softgoals* operacionais (como estratégias de desenvolvimento). Além disso, é necessário estabelecer relações entre eles, o que constitui o próximo passo do GT: a codificação axial.

A codificação axial envolve o processo de relacionar conceitos ou agrupá-los em categorias, que são conceitos de alto nível representando grupos de códigos (Corbin; Strauss, 2014). Este estudo propõe estabelecer relações analisando o significado subentendido entre os códigos e utilizando os tipos de contribuições da notação SIG (*AND, OR, MAKE, HELP, BREAK* e *HURT*). Além disso, o usuário do processo pode agrupar categorias para formar novas categorias, criando assim uma estrutura hierárquica.

Quando todos os códigos e categorias podem ser relacionados a uma categoria principal, significa que o usuário do processo está realizando a Codificação Seletiva. Corbin e Strauss (2014) aponta que o modo de conectar os conceitos em torno de uma categoria principal, refinar e aprimorar a construção teórica resultante, é chamado de Codificação Seletiva. Este trabalho propõe que a categoria principal seja o RNF investigado.

Após a codificação axial e seletiva, sugere-se que os códigos, categorias e suas inter-relações sejam diretamente representados em um SIG; um exemplo dessa representação pode ser observado na Figura 12. Cada conceito representará um *softgoal* do RNF ou um *softgoal* de operacionalização. Assim, o usuário do processo deve classificar cada código conforme a definição do RNF e as metas operacionais.

Figura 12 – Visão Geral da Codificação Axial e Seletiva

Fonte: adaptado de (Carvalho, 2019)

A codificação axial e seletiva podem ser realizadas pelo usuário do processo. Ele deve examinar os códigos para agrupá-los em categorias, definir as relações necessárias e vinculá-los à categoria principal, sempre se esforçando para descrever como os conceitos estão fundamentados nos dados. Após essa etapa, reuniões e discussões podem ser conduzidas com os mesmos especialistas que participaram da codificação aberta, a fim de alcançar um consenso sobre a organização dos conceitos. Nessas reuniões, os especialistas podem ajudar não apenas na organização estrutural, mas também indicando *softgoals* adicionais.

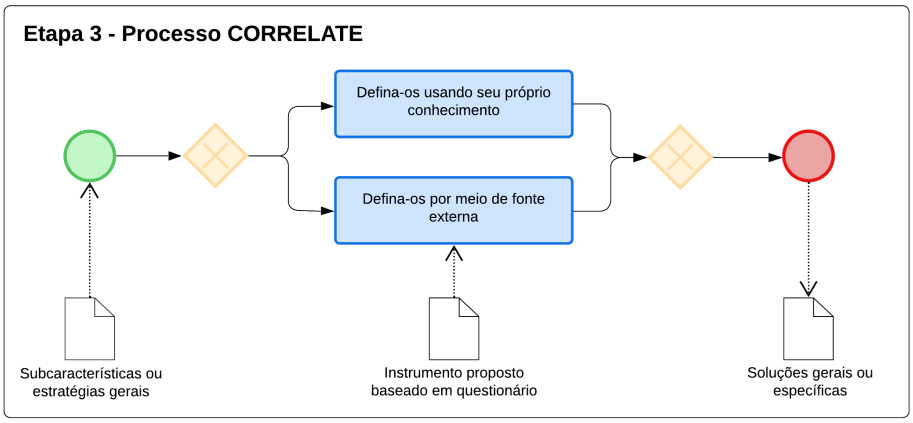
2.4.2.4 Relatórios de resultados

Ao final do método GT, é possível criar um SIG para o RNF que está sendo refinado, já que a estrutura de códigos gerada pelo GT será diretamente reproduzida no SIG. Esse conhecimento constitui o cerne do SIG e, devidamente organizado, pode ser expandido para incluir mais *softgoals*. Portanto, nesta fase, o SIG pode ser documentado, juntamente com algumas estatísticas sobre os códigos. Duas métricas são essenciais: a ancoragem de cada conceito, que indica quantos segmentos de texto estão associados a ele, e a densidade de cada conceito, que indica quantos casos o suportam.

2.4.3 Etapa 3 - Identificar estratégias de desenvolvimento

Conforme observado na subseção anterior, é possível construir um SIG com o uso do método GT. Este SIG pode incluir estratégias que auxiliem o desenvolvedor durante a implementação do RNF, uma vez que uma das questões de extração é "Como o <RNF> é implementado?". No entanto, essas estratégias podem estar em um nível de detalhamento raso, insuficiente para atingir os resultados que o estudo se propõe. Dessa forma, o SIG gerado a partir do método GT pode ser complementado com *softgoals* de operacionalização específicos. A Figura 13 resume o procedimento que pode ser realizado nessa etapa.

Figura 13 – Etapa 3 - Atividades do Processo CORRELATE



Fonte: adaptado de (Carvalho, 2019)

Subcaracterísticas ou soluções gerais são entradas para esta etapa. Como foi visto anteriormente, a literatura indica que as técnicas de desenvolvimento podem ser definidas através de fontes externas, como publicações, catálogos já existentes, *feedbacks* de desenvolvedores ou pelo conhecimento do próprio criador do catálogo. Dessa forma, o criador pode optar por definir por iniciativa própria ou recorrer a uma fonte externa para essa definição.

Caso o usuário do processo opte por identificar estratégias através de uma fonte externa, o CORRELATE sugere um instrumento baseado em questionário para

coletar informações relevantes para o contexto. É crucial destacar que a coleta de estratégias dos desenvolvedores é apenas uma abordagem, havendo outras fontes possíveis, como a literatura. O questionário é uma técnica que permite a coleta eficiente de grandes volumes de dados em um curto período de tempo.

O questionário proposto é estruturado em três partes: (i) introdução da pesquisa, onde deve ser apresentado o RNF investigado, sua definição e subcaracterísticas, conforme definidos anteriormente na fase dedicada ao refinamento do RNF; (ii) busca entender o domínio dos desenvolvedores para o contexto abordado; e (iii) questões sobre as soluções.

Para evitar que o questionário se torne muito extenso ou desencoraje os desenvolvedores a responder, recomenda-se que as perguntas se concentrem nas soluções para os *softgoals* identificados no nível mais detalhado do SIG gerado a partir do GT. Na sequência, o questionário deve ser enviado ao público-alvo ou a pessoas que possam contribuir com a pesquisa para a coleta de dados relevantes.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Este capítulo é dividido em duas seções que oferecem perspectivas distintas sobre sistemas AAL. A Seção 3.1 apresenta um Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL), que explora arquiteturas, tecnologias e padrões relevantes para sistemas AAL. Em contraste, a Seção 3.2 foca na análise de catálogos de RNFs em sistemas AAL.

Essa divisão do capítulo reflete as diferentes abordagens adotadas na pesquisa. A Seção 3.1 aborda um estudo realizado em junho de 2022, baseado na visão de projeto da época e centrado em sistemas AAL com infraestrutura IoT. Já a Seção 3.2 explora trabalhos recentes que alinham-se com o foco atual da dissertação, com ênfase no RNF de segurança. Essa estrutura permite uma análise detalhada e contextualizada, evidenciando a evolução do tema e as mudanças no foco da pesquisa.

3.1 Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL)

Esta seção detalha a execução do Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL), cujo objetivo principal foi fornecer uma visão abrangente sobre o levantamento e modelagem de requisitos, conforme descrito na literatura. O foco foi nas arquiteturas, tecnologias e padrões de sistemas AAL que utilizam infraestrutura IoT. O mapeamento visou identificar as principais direções de pesquisa nesse contexto, oferecendo uma base sólida de conhecimento para compreender as práticas predominantes e as lacunas existentes. Essa compreensão é fundamental para propor contribuições significativas para o desenvolvimento de uma plataforma. Os resultados deste MSL foram integrados como parte essencial da metodologia proposta neste trabalho, que é detalhada no Capítulo 4.

Com base no processo metodológico previsto para a realização deste Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL), seguiram-se os passos descritos por (Kitchenham *et al.*, 2007): (i) planejamento, que envolveu a definição das necessidades e o desenvolvimento de um protocolo de mapeamento; (ii) condução, que abrangeu a seleção

dos estudos primários, além da triagem e extração dos dados; e (iii) apresentação dos resultados, que detalhou os dados extraídos e discutiu os resultados.

O estudo foi realizado em junho de 2022 por dois pesquisadores: um especialista em sistemas AAL e o autor desta dissertação. Para realizar o mapeamento, foi utilizada a ferramenta *online* Parsifal[1].

3.1.1 Planejamento

Envolve diretamente o protocolo da revisão sistemática, que estabelece as questões de pesquisa a serem respondidas ao final deste MSL. Os principais tópicos abordados no protocolo são descritos a seguir.

3.1.1.1 Questões de Pesquisa

A finalidade deste estudo é realizar um MSL com o objetivo de identificar os principais requisitos utilizados em arquiteturas de *software* propostas para o domínio de AAL que utilizam infraestrutura IoT. Para atingir esse objetivo, foram elaboradas as seguintes Questões de Pesquisa (QP):

- *QP1*: Quais requisitos são considerados os mais relevantes para Arquiteturas no domínio de AAL?
- *QP2*: Quais as principais técnicas utilizadas para levantamento de requisitos em Arquiteturas no domínio de AAL?
- *QP3*: Como os requisitos são classificados?

Com base na definição das questões de pesquisa, foi elaborado um conjunto de termos fundamentais, ou termos-chave, para compor a *String* de Busca. Esses termos foram selecionados e definidos com base na experiência dos autores deste estudo.

[1] Ferramenta projetada para apoiar pesquisadores na realização de revisões sistemáticas de literatura no contexto da Engenharia de *Software*, disponível em: (http://parsif.al/)

3.1.1.2 String de Busca

A *String* de Busca foi definida baseada no protocolo PICOC (População, Intervenção (ou Exposição), Comparação, Desfecho e Contexto, termo advindo do inglês *Population, Intervention, Comparison, Outcomes* e *Context*), descrito a seguir:

- **População:** estudos, pesquisas e projetos que abordem requisitos funcionais e não funcionais para arquiteturas no domínio AAL;
- **Intervenção:** métodos utilizados para o levantamento de requisitos funcionais e não funcionais;
- **Comparação:** métodos utilizados para o levantamento de requisitos funcionais e não funcionais;
- **Outcome:** uma visão geral dos requisitos funcionais e não funcionais para arquiteturas de AAL, observando os métodos utilizados para classificá-los e suas formas de aplicação;
- **Contexto:** arquiteturas para AAL.

Baseado na abordagem PICOC e nos termos-chave das questões de pesquisa, foi elaborada e calibrada a *String* de Busca. Nesse processo, foram utilizados os operadores booleanos 'AND' para unir categorias e 'OR' para incluir palavras similares. A *string* de busca completa foi estabelecida da seguinte forma: *("Ambient Assisted Living"OR "ambient assisted"OR "ambient assistance"OR "ambient environment"OR "assistive environment"OR "AAL") AND ("functional requirement"OR "non-functional requirement"OR "quality attribute")*. Os termos foram combinados de acordo com as palavras-chave relevantes ao contexto da pesquisa e as questões de pesquisa estabelecidas

3.1.1.3 Fontes de Pesquisa

Para responder às questões de pesquisa, foram identificadas cinco bases de dados digitais relevantes para este tipo de estudo, conforme exibido na Tabela 1. Essas

bases de dados são amplamente reconhecidas na literatura científica.

Tabela 1 – Bases digitais consultadas

Bases digitais	**Endereços *online***
Biblioteca Digital ACM	http://portal.acm.org
Biblioteca Digital IEEE	http://ieeexplore.ieee.org
Science@Direct	http://www.sciencedirect.com
Scopus	http://www.scopus.com
Springer Link	http://link.springer.com

Fonte: elaborado pelo autor (2022).

3.1.1.4 Critérios de inclusão e exclusão

Considerando as questões de pesquisa, foram estabelecidos os critérios de inclusão (CI) e exclusão (CE) para garantir que os trabalhos selecionados estivessem alinhados com o interesse da pesquisa. Os critérios de inclusão e exclusão são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Critérios de seleção

Critérios de Inclusão	**Critérios de Exclusão**
CI-1: Trabalhos que contenham no título, no resumo e nas palavras-chave alguma relação com o tema deste MSL	**CE-1:** Trabalhos escritos em idioma diferente do inglês ou português
CI-2: Trabalhos que apresentam requisitos para o domínio de AAL	**CE-2:** Trabalhos duplicados
CI-3: Trabalhos que apresentam métodos para a classificação de requisitos para o domínio de AAL	**CE-3:** Trabalhos que apresentam sistemas AAL, mas não propõem ou discutem nenhuma arquitetura
CI-4: Trabalhos que possuam data de publicação posterior ao ano de 2012	**CE-4:** Trabalhos que apresentam arquiteturas definidas para AAL, sem descrição de requisito
	CE-5: Trabalhos secundários (*surveys, systematic reviews*, etc)
	CE-6: Trabalhos que não satisfaçam as questões de pesquisa

Fonte: elaborado pelo autor (2022).

3.1.2 Condução do Mapeamento

A seleção dos trabalhos por meio do MSL se deu em quatro etapas, a saber: (i) pesquisa nas bases selecionadas aplicando a *string* de busca definida; (ii) exclusão de artigos duplicados e com mais de dez anos desde sua publicação; (iii) primeira aplicação dos critérios de seleção por meio da leitura do título, resumo e palavras-chave; (iv) segunda aplicação dos critérios de seleção, a partir da leitura dos trabalhos por completo. Após a conclusão dessas etapas, foram selecionados 453 trabalhos que atenderam ao escopo deste MSL e que forneceram aspectos e características importantes para a proposta da arquitetura discutida neste trabalho. A Tabela 3 fornece uma visão detalhada do processo de seleção, incluindo a quantidade de estudos extraídos em cada etapa e suas respectivas bases de pesquisa.

Durante o processo de busca, observou-se que algumas bases digitais ofereciam a funcionalidade de limitar a pesquisa por data. Utilizou-se essa funcionalidade para incluir apenas trabalhos publicados na última década. Para as bases que não disponibilizavam essa opção, a seleção dos artigos foi feita manualmente conforme descrito na segunda etapa do MSL.

Tabela 3 – Processo de seleção dos trabalhos

Base	1ª Etapa	2ª Etapa	3ª Etapa	4ª Etapa
Science@Direct	257	255	7	5
Spring Link	147	112	8	4
Scopus	38	27	14	7
ACM Digital Library	10	10	1	0
IEEE Xplore	1	1	1	1
Total	453	405	31	17

Fonte: elaborado pelo autor (2022).

Os resultados preliminares obtidos com a aplicação da *string* de busca, conforme apresentado na Tabela 3, totalizaram 453 artigos. A distribuição dos artigos por base digital foi a seguinte: 257 da ScienceDirect (56,7%), 147 da SpringerLink (32,4%),

38 da Scopus (8,3%), 10 da ACM Digital Library (2,2%) e 1 da IEEE Xplore (0,2%).

Após a aplicação dos critérios de seleção, foram aceitos 17 artigos. Estes artigos foram lidos integralmente e analisados detalhadamente pelos revisores, utilizando um formulário de extração de dados. O formulário incluía uma síntese do trabalho redigida pelos revisores, bem como reflexões pessoais sobre o conteúdo e as conclusões de cada artigo.

Os 17 estudos estão listados na Tabela 4 que inclui o título, ano, autores e um identificador (Id) para cada estudo. Este identificador será utilizado para referenciar os estudos ao longo do texto, conforme necessário.

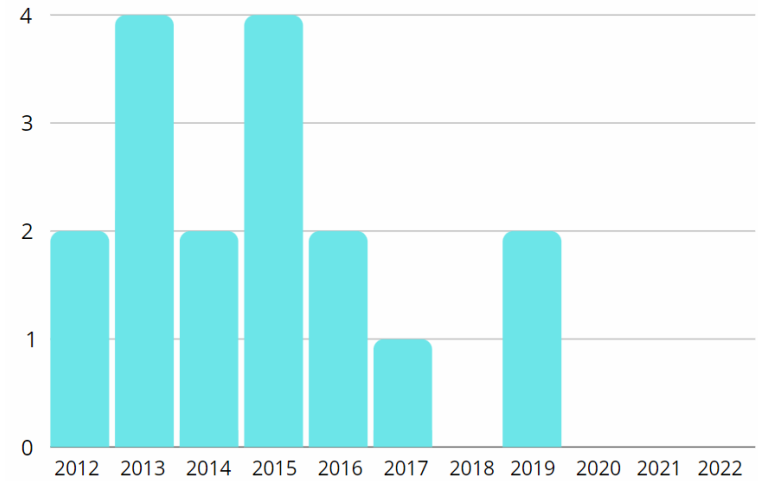
Tabela 4 – Artigos aceitos

Id	Título	Autor	Ano
A1	Software architecture for health care supportive home systems to assist patients with diabetes mellitus	(Garcés *et al.*, 2019)	2019
A2	Assembling mass-market technology for the sake of wellbeing: a case study on the adoption of ambient intelligent systems by older adults living at home	(Gutierrez *et al.*, 2019)	2019
A3	A Quality Model for the Evaluation AAL Systems	(Kara *et al.*, 2017a)	2017
A4	Patterns for identification of trust concerns and specification of trustworthiness requirements	(Mohammadi; Heisel, 2016)	2016
A5	A Quality Model for AAL Software Systems	(Garcés *et al.*, 2016)	2016
A6	Requirements Engineering of Ambient Assisted Living Technologies for People with Alzheimer's	(AlRomi *et al.*, 2015)	2015
A7	Modeling and verification of Functional and Non-Functional Requirements of ambient Self-Adaptive Systems	(Ahmad *et al.*, 2015)	2015
A8	A value-oriented and culturally informed approach to the design of interactive systems	(Pereira; Baranauskas, 2015)	2015
A9	Interoperable eHealth platform for personalized smart services	(Mihaylov *et al.*, 2015)	2015
A10	An architecture design method for critical embedded systems	(Feitosa, 2014)	2014
A11	Taking Care of Elderly People with Chronic Conditions Using Ambient Assisted Living Technology: The ADVENT Perspective	(Panagiotakopoulos *et al.*, 2014)	2014
A12	Development of an Ecosystem for Ambient Assisted Living	(Rosas *et al.*, 2013)	2013
A13	Modeling Personalized Adaptive Systems	(Sutcliffe; Sawyer, 2013)	2013
A14	Applying model-driven engineering to a method for systematic treatment of NFRs in AmI systems	(Ruiz-Lopez *et al.*, 2013)	2013
A15	REUBI: A Requirements Engineering method for ubiquitous systems	(Ruiz-López *et al.*, 2013)	2013
A16	Enabling correct design and formal analysis of Ambient Assisted Living systems	(Benghazi *et al.*, 2012)	2012
A17	Using RELAX, SysML and KAOS for ambient systems requirements modeling	(Ahmad *et al.*, 2012)	2012

Fonte: elaborado pelo autor (2022).

A distribuição dos trabalhos por ano de publicação está ilustrada no gráfico da Figura 14. De maneira geral, é possível observar uma ampla gama de iniciativas e pesquisas relacionadas a RNF e critérios de qualidade ao longo da última década. No entanto, quando se trata especificamente de trabalhos que propõem e exploram o levantamento e a classificação de requisitos, especialmente sobre RFs, nota-se uma produção acadêmica e científica ainda limitada.

Figura 14 – Publicações Selecionadas por Ano



Fonte: elaborado pelo autor (2022).

Após a seleção dos trabalhos por meio da leitura completa e da aplicação dos critérios de seleção, foi conduzido um estudo aprofundado e o processo de extração dos dados foi iniciado. A seguir, são apresentadas as análises referentes às questões de pesquisa.

3.1.3 Discussão sobre as Questões de Pesquisa

Nesta seção, serão apresentadas as análises das questões de pesquisa deste mapeamento, acompanhadas de discussões pertinentes e de outros dados considerados relevantes.

3.1.3.1 Questão 1 - Quais os requisitos mais relevantes para arquiteturas no domínio de AAL?

Durante o trabalho A1, foram elicitados RF e RNF. Como resultado, foram definidos 73 RFs, incluindo exemplos como "monitorar e registrar dados sobre as atividades físicas do paciente"e "monitorar e registrar dados sobre a dieta do paciente". Esses requisitos foram classificados em 9 categorias: Exercício, Nutrição, Farmacológico, Sangue, Estado de Saúde, Lembretes, Alertas e Relatórios.

Além disso, foram identificados 63 RNFs, que abrangem aspectos como "detectar violações de segurança e mitigar seus efeitos", "as operações realizadas pelo sistema devem ser confiáveis para os usuários"e "protocolos de atendimento ao paciente". Esses requisitos foram associados a 18 categorias de RNFs, como eficiência, integração, segurança e interoperabilidade.

No trabalho A10, os autores destacam que uma das principais soluções para enfrentar os desafios dos altos padrões de confiabilidade é projetar uma arquitetura robusta e validá-la em relação aos Atributos Críticos de Qualidade (CQA)s, como segurança, confiabilidade e desempenho. No entanto, atualmente, não existem processos arquitetônicos estabelecidos ou métodos especializados para o domínio dos Sistemas Embarcados Críticos (CES) no contexto de AAL.

Os autores do trabalho A11 descrevem os RFs em um diagrama de casos de uso, mas não fornecem uma abordagem detalhada para a elaboração desses requisitos. Apenas um RNF foi identificado, referente ao contexto de disponibilidade, sem descrições claras sobre como ele pode ser assegurado. Como resultado, muitos sistemas são desenvolvidos sem um foco adequado em seu projeto arquitetônico e no nível de qualidade.

Os requisitos mais relevantes para arquiteturas no domínio de AAL, no que diz respeito aos RNFs, incluem confiabilidade e segurança. Em alguns trabalhos, também

foi observada a relevância do RNF de desempenho.

Devido à especificidade de cada plataforma e aos RFs associados, que devem ser adaptados conforme os cenários, preferências e limitações dos usuários-alvo, não foi encontrado nenhum estudo que abordasse esse ponto de maneira generalizada ou que propusesse diretrizes e guias de modelagem. Portanto, devido à complexidade e aos contextos específicos de cada cenário, os RFs para arquiteturas no domínio AAL não foram listados nesta questão de pesquisa.

3.1.3.2 Questão 2 - Quais as principais técnicas utilizadas para levantamento de requisitos em arquiteturas no domínio de AAL?

Em A1, os autores apresentam uma arquitetura de *software* para um sistema de AAL voltado para pessoas com Diabetes Mellitus, denominado DiaManT@Home. As técnicas utilizadas para elicitar os requisitos funcionais (RFs) incluem revisão de literatura e diretrizes, entrevistas com especialistas, pacientes e cuidadores. Para os requisitos não funcionais (RNFs), foi utilizado o modelo de qualidade para sistemas AAL apresentado em (Garcés *et al.*, 2016).

No trabalho A6, os autores investigam fatores que influenciam os requisitos de tecnologias AAL, como o ambiente, a experiência do cuidador, a cultura etária do idoso e a estrutura social. A motivação vem do problema de muitas tecnologias AAL não considerarem o contexto sócio-cultural da Arábia Saudita (local da pesquisa). O estudo investigou como incorporar fatores e variações contextuais e culturais na determinação dos requisitos. As etapas de coleta de dados incluíram revisão de literatura, entrevistas semi-estruturadas, questionários e análise de dados.

O trabalho A7 propõe um método para a modelagem e verificação de requisitos de sistemas auto-adaptativos, utilizando a linguagem RELAX, especializada em engenharia de requisitos. O objetivo é identificar RNFs flexíveis que possam ser adaptados para atender a mudanças no ambiente. A definição dos requisitos é realizada

por meio de técnicas de engenharia de requisitos orientada a objetivos e do modelo SysML, que combina elementos do KAOS e do SysML. A proposta visa auxiliar os desenvolvedores de sistemas auto-adaptativos, fornecendo um mecanismo para identificar e gerenciar incertezas associadas aos requisitos desses sistemas.

No trabalho A11, os autores apresentam os resultados de uma análise de requisitos, mas não fornecem detalhes sobre as técnicas utilizadas para definir nada um. Eles mencionam que a análise foi baseada na observação dos cenários de prestação de cuidados pela empresa Frontina Zois, parceira do projeto. O trabalho descreve o processo de análise de requisitos e apresenta os resultados, mas não oferece uma discussão detalhada sobre o processo e os resultados. O documento se limita a uma breve seção com os requisitos identificados.

O trabalho A12 especifica um ecossistema para AAL baseado na arquitetura conceitual do projeto AAL4ALL. A definição dos RFs para o gerenciamento de serviços AAL é voltada para o gerenciamento do próprio sistema e fundamenta-se na especificação de modelos canônicos. Esses modelos são utilizados para especificar um sistema com complexidade considerável por meio de estruturas simples, facilitando a compreensão e a implementação.

O trabalho A13 apresenta uma taxonomia inicial sobre modelos de sistema sensíveis ao contexto e de adaptação personalizada. O *framework* é baseado em duas camadas: a camada de características do usuário e a camada de objetivos/valores do usuário. A primeira camada aborda aspectos estáveis do usuário (físicos e mentais), enquanto a segunda camada trata de valores e objetivos que podem variar ao longo do tempo. A identificação de requisitos iniciais foi realizada utilizando a metodologia KAOS, orientada a metas/objetivos.

Nos trabalhos A8, A10 e A16, não são discutidas técnicas específicas para o levantamento de requisitos. Em A8, é apresentada uma abordagem denominada VCIA (*value-oriented and culturally informed approach*), que organiza os requisitos de um

sistema com base em seus valores, mas não menciona técnicas utilizada para defini-los. Em A10, embora não sejam usadas técnicas para levantamento de requisitos, são citados os métodos ADD (*Attribute Driven Design*) e BAPO (*Business Architecture Process and Organization*) para verificar se satisfazem os RNFs. No A16, os RNFs são apresentados com base em um cenário específico, mas sem uma descrição prévia das técnicas utilizadas para seu levantamento; esses requisitos são então traduzidos em notações algébricas e representações diagramáticas.

Com base no trabalho de Lim *et al.* (2018), os trabalhos foram classificados conforme mostrado na Tabela 5. As técnicas encontradas foram subdivididas em três categorias: Levantamento, Centrada em Documentos e Observação. A categoria "Levantamento"inclui técnicas como entrevistas, questionários e abordagens orientadas a metas/objetivos. A categoria "Centrada em Documentos"abrange análise de diretrizes clínicas, normas e modelos, revisão da literatura e outros. A categoria "Observação"compreende a técnica de conhecimento empírico.

Observa-se na Tabela 5 que a técnica mais utilizada para o levantamento de requisitos, de acordo com os trabalhos encontrados na literatura, é a utilização de normas e modelos, pertencente à categoria "Centrada em Documentos", citada em seis trabalhos. Em seguida, com três ocorrências cada, encontram-se a Revisão da Literatura, também da categoria "Centrada em Documentos", e a abordagem Orientada a Metas/Objetivos, da categoria "Levantamento".

Tabela 5 – Principais técnicas utilizadas para levantamento de requisitos.

Categoria	**Técnicas**	**A1**	**A2**	**A3**	**A4**	**A5**	**A6**	**A7**	**A8**	**A9**	**A10**	**A11**	**A12**	**A13**	**A14**	**A15**	**A16**	**A17**
Levantamento	Entrevistas	X					X											
	Questionários						X											
	Orientada a metas/objetivos							X							X			X
Centrada em documentos	Diretrizes clínicas	X																
	Normas e modelos			X		X		X		X			X	X				
	Revisão da literatura	X				X	X											
	Outros				X													
Observação	Conhecimentos empíricos		X									X				X		

Fonte: elaborado pelo autor (2022).

3.1.3.3 Questão 3 - Como os requisitos são classificados?

No trabalho A1, os autores apresentam uma arquitetura de *software* para um sistema AAL voltado para pessoas com Diabetes Mellitus. A arquitetura contempla tanto os requisitos funcionais (RFs) quanto os requisitos não funcionais (RNFs), e é definida e avaliada por meio de prototipação.

Em A6, é realizada uma investigação sobre os fatores que influenciam os requisitos de tecnologias AAL, incluindo o ambiente, a experiência do cuidador, a cultura etária do idoso e a estrutura social. Após a coleta de dados, que incluiu revisão de literatura, entrevistas e questionários, os dados foram analisados e os requisitos classificados como gerais, RFs e RNFs, levando em consideração a influência desses requisitos no contexto sócio-cultural.

O trabalho A13 apresenta um *framework* teórico para a modelagem conceitual de sistemas sensíveis ao contexto e personalizados para as necessidades individuais do usuário. Esse instrumental teórico é utilizado para definir requisitos a nível individual e inclui uma taxonomia inicial sobre modelos de sistemas sensíveis ao contexto e de adaptação personalizada. O trabalho considera apenas RFs e ilustra a aplicação prática da modelagem em um estudo de caso relacionado à saúde de um sistema de reconhecimento de contexto personalizado e autoadaptativo.

No trabalho A14, os autores propõem um método de Engenharia Orientada a Modelos para o projeto de sistemas AAL, com foco especial em arquiteturas orientadas a agentes. O método aborda o tratamento de RNFs e inclui um procedimento de avaliação que pode auxiliar os desenvolvedores na tomada de decisões eficazes, garantindo que as propriedades gerais de qualidade exigidas sejam atendidas. A proposta é ilustrada por meio de um estudo de caso de um sistema AAL.

Dessa forma, os requisitos abordados neste trabalho podem ser classificados em duas categorias, conforme apresentado na Tabela 6: requisitos funcionais e requisitos

não funcionais. Oito trabalhos (A1, A3, A4, A6, A8, A9, A11 e A16) abordam ambas as categorias, enquanto os demais focam em apenas uma delas.

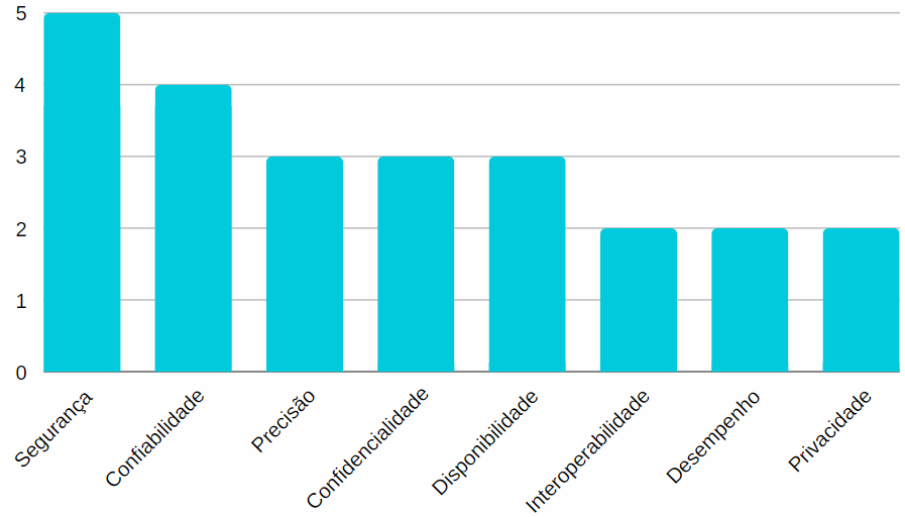
Tabela 6 – Classificação de requisitos

Tipos de requisitos	**A1**	**A2**	**A3**	**A4**	**A5**	**A6**	**A7**	**A8**	**A9**	**A10**	**A11**	**A12**	**A13**	**A14**	**A15**	**A16**	**A17**
Requisitos funcionais	X		X	X		X		X	X		X		X		X	X	
Requisitos não funcionais	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X

Fonte: elaborado pelo autor (2022).

Observando que a grande maioria dos trabalhos aborda os requisitos não funcionais (RNFs), foi realizada uma análise para identificar quais RNFs eram frequentemente citados nesses estudos. Conforme a Figura 15, identificou-se que os seguintes RNFs foram mencionados mais de uma vez:

Figura 15 – Requisitos Não Funcionais mais citados



Fonte: elaborado pelo autor (2022).

- **Segurança**: A mais citada, considerada um RNF importante em cinco trabalhos diferentes (A1, A3, A6, A10 e A17).
- **Confiabilidade**: Mencionada em quatro trabalhos (A4, A11, A13 e A17).
- **Confidencialidade**: Citada em três trabalhos (A3, A5 e A10).

- **Disponibilidade**: Também citada em três trabalhos (A2, A5 e A11).
- **Desempenho, Interoperabilidade e Privacidade**: Citados duas vezes cada. O Desempenho foi mencionado em A7 e A10, a Interoperabilidade em A1 e A9, e a Privacidade em A1 e A14.

Esses RNFs são destacados como críticos para o sucesso e a eficácia dos sistemas AAL, refletindo a importância de cada um deles na construção de soluções robustas e confiáveis no domínio.

3.1.3.4 Ameaças à Validade

Em relação às ameaças à validade deste trabalho, destacam-se como ameaças à validade interna a possibilidade de viés de seleção e imprecisão na extração de dados. Essas ameaças podem decorrer da escolha das bases de estudos utilizadas no MSL e do método de validação empregado. Foram selecionadas cinco bases de pesquisa para aplicar a *string* de busca do MSL, justificando-se pela relevância e ampla utilização dessas bases em estudos similares. Acredita-se que essas bases sejam adequadas para fornecer os estudos pertinentes ao escopo do MSL realizado. No entanto, a escolha das bases e o processo de validação podem ainda influenciar a representatividade e a precisão dos dados extraídos, constituindo possíveis fontes de viés.

3.2 Catálogos de requisitos

Esta seção concentra-se na análise de catálogos relacionados aos RNFs, com ênfase na aplicação prática e na literatura existente. Os trabalhos discutidos estão diretamente alinhados com a proposta desta dissertação, que é o catálogo Catálogo do Requisito Não Funcional de Segurança para Ambientes de Vida Assistida (SAAL). O objetivo é examinar como os RNFs são definidos, categorizados e aplicados na prática, conforme abordado na literatura. Em particular, busca-se melhorar a eficácia e a

adequação das soluções AAL, com foco especial no RNF de Segurança.

Carvalho (2019) identificou que, em diferentes tipos de sistemas interconectados, vários RNFs podem interagir positiva ou negativamente entre si. Para evidenciar essas interações e disseminar o conhecimento sobre as correlações entre os engenheiros de *software*, a fim de selecionar as estratégias que melhor atendam aos diversos RNFs, foi proposto um processo sistemático e reutilizável. Este processo organiza a construção de catálogos com entradas, saídas e abordagens bem definidas, intitulado CORRELATE. Composto por quatro etapas gerais e duas abordagens, ARRANGE e TRACE, o processo demonstrou ser bastante útil na captura, análise e catalogação das correlações entre os RNFs de Sistemas Computação Ubíqua (UbiComp) e IoT.

Como prova de conceito de sua proposta, a autora desenvolveu o Catálogo de Subcaracterísticas de Invisibilidade, Estratégias e Correlações (LEAD), focado na característica de Invisibilidade. Utilizando a notação SIG, representou duas subcaracterísticas principais, 12 subcaracterísticas, 66 estratégias de desenvolvimento e 110 correlações. O experimento controlado demonstrou que, ao usar este catálogo, os desenvolvedores poderiam tomar decisões mais informadas sobre a modelagem e desenvolvimento dessa característica.

Assim como o catálogo SAAL apresentado nesta dissertação, o catálogo de Carvalho (2019) possui objetivos, metodologias e processos semelhantes, além de exibir os resultados por meio de um SIG e identificar e coletar estratégias de desenvolvimento. A principal diferença entre os dois trabalhos é que o estudo mencionado concentra-se na catalogação da característica de Invisibilidade, sem relação direta com sistemas AAL, enquanto o catálogo proposto nesta dissertação foca especificamente na Segurança para sistemas AAL.

No trabalho de Silva (2023), foram utilizados padrões abertos da Web Semântica, Lógica de Descrição e a linguagem *Web Ontology Language* para apresentar a ontologia central (Onto4CAAL), uma abordagem baseada em ontologias para especifi-

car RNFs, requisitos éticos e aspectos de *compliance* em sistemas AAL. O método de pesquisa empregado incluiu um MSL e um *survey* com especialistas da academia e da indústria.

Utilizando a ontologia de referência, foi desenvolvida uma ontologia de domínio (Onto4Elev) para Plataformas de Elevação Vertical, a qual foi validada em colaboração com a indústria em relação aos elementos que a compõem. Em seguida, foi criado um cenário para simulação da Onto4Elev, a partir do qual foram extraídos os requisitos e as legislações relevantes para esse tipo de sistema AAL.

As principais contribuições do trabalho de Silva (2023) residem na utilização de ontologias formalizadas para a representação clara e compartilhada dos requisitos em sistemas AAL. Embora o trabalho proponha uma forma de catalogação voltada para o contexto específico de Plataformas de Elevação Vertical, também visa promover a uniformidade dos conceitos e termos, facilitando a tomada de decisões e padronizando o entendimento dos termos associados aos sistemas AAL. A principal diferença entre o catálogo SAAL e o Onto4Elev é que, enquanto o Onto4Elev se concentra na ontologia e não aborda o RNF de Segurança, o SAAL inclui uma representação SIG para a catalogação da Segurança e considera soluções e estratégias de desenvolvimento.

Em Junior e Alencar (2022), é proposto um processo para especificar e analisar RNFs em sistemas AAL, denominado RS4AAL. Este trabalho busca atender e identificar todas as necessidades funcionais dos usuários do sistema, com o objetivo de auxiliar os engenheiros de requisitos na identificação dos aspectos mais importantes, como reutilização e requisitos legais.

Com base em um MSL, foram identificados os principais requisitos para o subdomínio de Saúde e Cuidado de Vida, bem como alguns requisitos legais que podem impactar o desenvolvimento do sistema.

Assim como a proposta desta dissertação, o trabalho de Junior e Alencar (2022) também visa apresentar um catálogo SIG e compartilha objetivos semelhantes.

No entanto, adota uma metodologia distinta para capturar os requisitos do sistema e o contexto pessoal, utilizando *storytelling* e um guia baseado em requisitos legais, taxonomia e ontologias. A principal diferença entre o catálogo SAAL e o trabalho de Junior e Alencar (2022) é que, embora o RNF de segurança seja mencionado, o trabalho não aborda especificamente as características desse requisito, nem identifica e coleta estratégias de desenvolvimento relacionadas.

Em Silva (2019), foi identificada uma lacuna no que se refere a métodos, técnicas e ferramentas de Engenharia de Requisitos específicas para sistemas embarcados, uma vez que diversos trabalhos relatam dificuldades com o levantamento e especificação de RNFs. O trabalho propõe, então, um Catálogo de Requisitos Não Funcionais para Sistemas Embarcados, denominado NFR4ES.

O estudo utiliza uma RSL para coletar informações relevantes, construindo o catálogo NFR4ES, que contém um conjunto de RNFs e os inter-relacionamentos desses requisitos que devem ser considerados em projetos de Sistemas Embarcados. O catálogo foi validado por meio de uma prova de conceito, na qual especialistas da área de Sistemas Embarcados, com perfis variados, avaliaram as perspectivas relevantes da pesquisa de forma promissora.

Embora o catálogo proposto em Silva (2019) aborde o RNF de segurança e apresente uma representação por meio de um catálogo SIG semelhante à proposta nesta dissertação, a principal diferença em relação ao catálogo SAAL é que o NFR4ES se restringe ao contexto de sistemas embarcados, sem considerar as especificidades dos sistemas AAL.

A Tabela 7 oferece uma visão geral das principais abordagens e contribuições dos trabalhos relacionados ao Catálogo SAAL. Ela compara as informações consideradas importantes entre os estudos, destacando como cada trabalho aborda o RNF de Segurança, a representação em catálogos SIG, a aplicação em sistemas AAL e as estratégias de desenvolvimento. O objetivo é evidenciar as semelhanças e diferenças entre as abordagens

e destacar a contribuição única da proposta do catálogo SAAL.

Tabela 7 – Comparação entre catálogos de requisitos e o trabalho proposto na dissertação.

Trabalhos	**Abordam o RNF de Segurança**	**Apresentam catálogos em SIG**	**Abrangem sistemas AAL**	**Soluções e estratégias de desenvolvimento**
Carvalho (2019)	Não	Sim	Não	Sim
Silva (2023)	Não	Não	Sim	Não
Junior e Alencar (2022)	Sim	Sim	Sim	Não
Silva (2019)	Sim	Sim	Não	Sim
Catálogo SAAL	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

4 METODOLOGIA

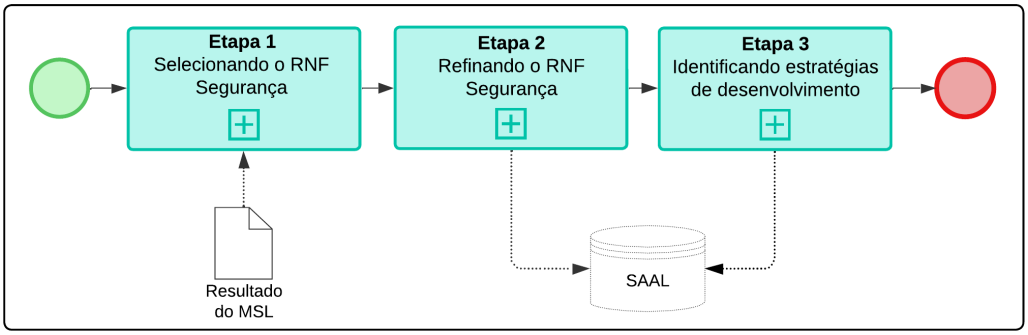
Este capítulo descreve o processo metodológico para a construção do catálogo de RNF de segurança para Ambientes de Vida Assistida (SAAL), baseado na metodologia proposta por Carvalho (2019), modelo CORRELATE.

O processo metodológico é estruturado da seguinte forma:

1. **Seleção do RNF**: A seleção do RNF é realizada com base no resultado do MSL, que serve como ponto de partida para o desenvolvimento do catálogo.
2. **Refinamento do RNF**: Utiliza-se a abordagem ARRANGE para organizar os códigos e desenvolver uma versão parcial do SIG. Esta etapa refina e estrutura o RNF selecionado.
3. **Identificação de Soluções e Estratégias**: São identificadas novas soluções e estratégias de desenvolvimento, que são incorporadas ao catálogo. Este processo resulta na versão melhorada do SAAL.

A Figura 16 a seguir ilustra o fluxo do processo metodológico descrito.

Figura 16 – Processo metodológico



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

4.1 Construção do Catálogo

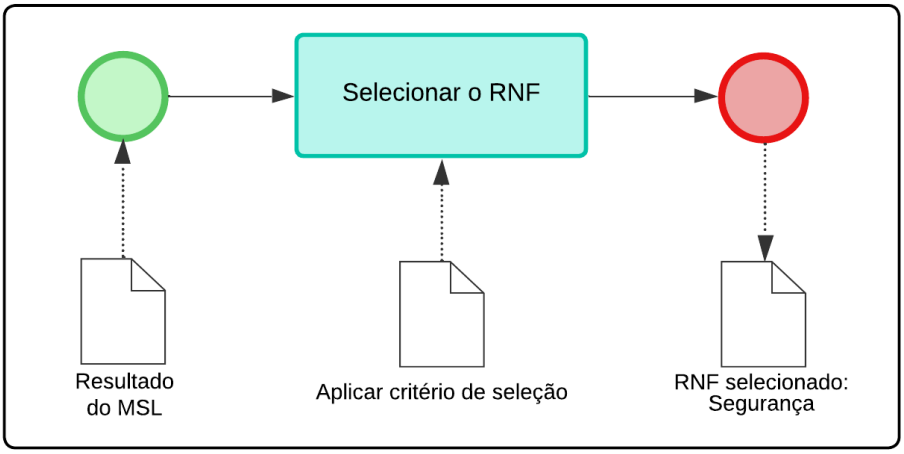
Para a construção do SAAL, serão seguidas as etapas 1, 2 e 3 do CORRELATE, conforme ilustrado na Figura 16. Cada uma dessas etapas será detalhada nas

subseções a seguir, proporcionando uma visão clara e estruturada do processo utilizado para desenvolver o catálogo. Essas etapas são essenciais para garantir que o catálogo seja abrangente, preciso e eficaz no levantamento e especificação do RNF de segurança em sistemas AAL.

4.1.1 Etapa 1 - Selecionando o RNF Segurança

A primeira etapa do processo proposto foi a seleção de um RNF para iniciar a definição do catálogo, conforme ilustrado na Figura 17. Neste trabalho, o RNF escolhido foi a Segurança, com base em um MSL que realizou um levantamento do estado da arte atual em estruturas, arquiteturas, tecnologias e padrões de AAL que utilizam infraestrutura IoT, além das abordagens e modelagens de requisitos, conforme detalhado na Seção 3.1. A seleção foi realizada priorizando o RNF mais frequentemente mencionado pelos especialistas da área.

Figura 17 – Processo para selecionar o RNF Segurança

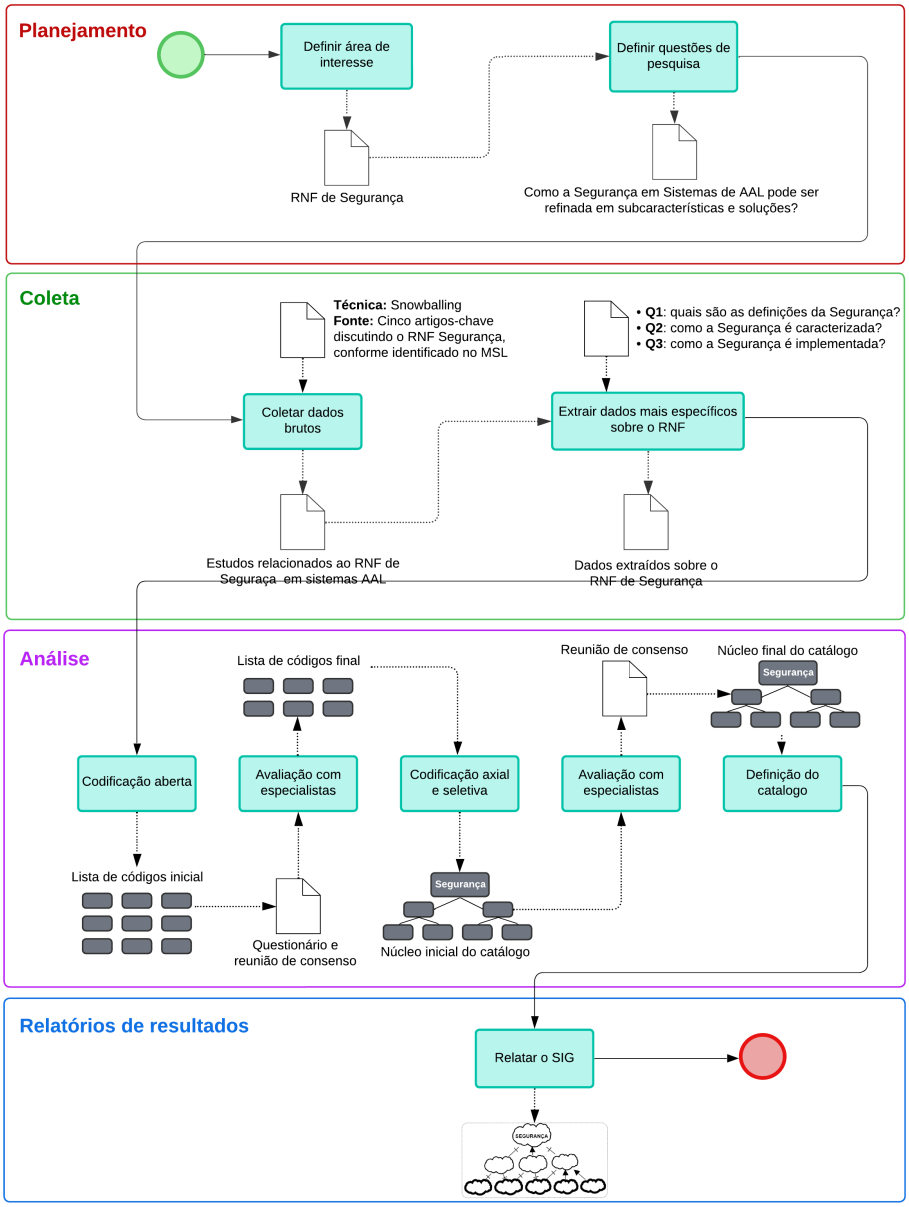


Fonte: elaborado pelo autor (2024).

4.1.2 Etapa 2 - Refinando o RNF Segurança

Após a seleção do RNF de segurança, o próximo passo foi refiná-lo utilizando a abordagem ARRANGE, conforme ilustrado na Figura 18. A seguir, apresentaremos uma explicação detalhada de como cada fase da abordagem ARRANGE foi aplicada.

Figura 18 – Processo para refinar o RNF segurança



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

4.1.2.1 Planejamento e coleta

Conforme visto anteriormente na abordagem ARRANGE, a fase de planejamento tem como objetivo identificar a área de interesse e a questão de pesquisa geral que guiará o trabalho. Seguindo as diretrizes do ARRANGE, que recomendam que a área de interesse seja o próprio RNF, optou-se por focar na segurança. Assim, a questão de pesquisa formulada é: "Como a Segurança em Sistemas AAL pode ser refinada em subcaracterísticas e soluções?"

A fase de coleta visa reunir os dados necessários para responder à questão de pesquisa. O ARRANGE sugere o uso de uma RSL ou das técnicas de *Snowballing* (backward e forward) como principais métodos de coleta. Ambos os métodos dependem da literatura existente e requerem um conjunto inicial de artigos para iniciar o processo de coleta de dados. Para orientar a extração de dados, são formuladas três questões de pesquisa. Neste caso, as perguntas propostas são:

- **Q1:** Quais são as definições de Segurança?
- **Q2:** Como a Segurança é caracterizada?
- **Q3:** Como a Segurança é implementada?

Para este trabalho, foi utilizada a técnica de *Snowballing*, partindo dos cinco artigos selecionados na triagem do MSL que abordavam o RNF de segurança.

O primeiro passo nas duas estratégias de *Snowballing* envolveu a aplicação dos seguintes critérios básicos para filtrar referências e citações: (i) somente artigos escritos em inglês foram considerados; (ii) apenas artigos publicados a partir de 2010 foram incluídos; e (iii) o artigo deveria apresentar estudos teóricos ou empíricos sobre o RNF de segurança e suas implicações. Além desses critérios, foi aplicado um critério adicional em todas as etapas: (iv) o estudo deveria estar relacionado ao RNF em sistemas AAL, garantindo que a busca se mantivesse focada nesse contexto, independentemente do tipo de pesquisa, como propostas de solução, experimentos ou estudos de caso.

No segundo passo, foram revisados os títulos e resumos dos artigos. O terceiro passo envolveu uma leitura detalhada das partes mais relevantes dos artigos. No quarto e último passo, os artigos foram lidos na íntegra para responder às questões de pesquisa propostas.

Para organizar as respostas obtidas, foram utilizados formulários de extração de dados. Cada formulário incluía um ID para identificação do artigo, seu título e as questões de pesquisa. Não era obrigatório que cada artigo respondesse a todas as três questões propostas. A Figura 19 ilustra um exemplo de um formulário preenchido, contendo o ID atribuído ao artigo de acordo com sua classificação: os IDs que começam com a letra "B"indicam que o artigo foi captado por meio do *snowballing backward*, enquanto os que começam com a letra "F"referem-se ao *snowballing forward*. Também são incluídos o título do artigo e as informações extraídas do documento para cada questão.

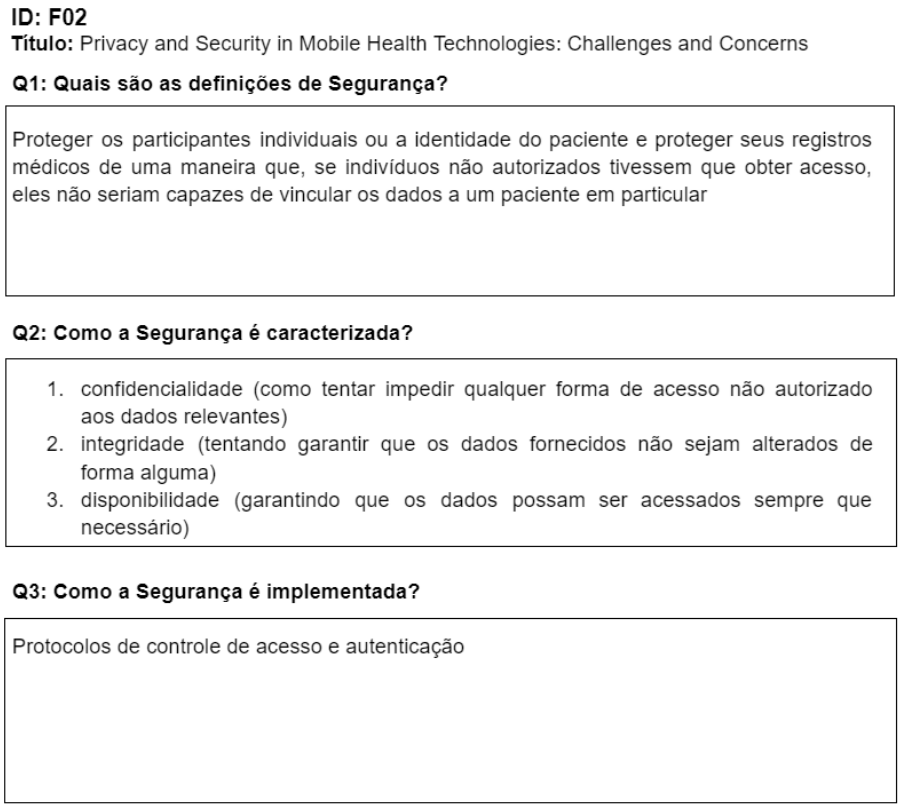
Esses formulários permitiram a coleta de dados relevantes sobre segurança, contribuindo para responder à questão de pesquisa geral nesta fase. A próxima fase consiste na análise desses dados, que será detalhada a seguir.

4.1.2.2 Análise

Na fase de análise, os dados são codificados utilizando três etapas estabelecidas pelo método GT, conforme descrito por Corbin e Strauss (2014): codificação aberta, codificação axial e codificação seletiva.

Na codificação aberta, cada trabalho relacionado ao RNF é analisado e preenchido em um formulário específico. Os dados extraídos são codificados com nomes conceituais para os termos identificados, resultando em um conjunto de códigos que reflete a compreensão das subcaracterísticas do RNF. Na codificação axial, esses conceitos são agrupados e relacionados em categorias principais. Finalmente, a codificação seletiva refina e conecta essas categorias, aprimorando a construção teórica e integrando

Figura 19 – Exemplo do formulário de extração de dados



ID: F02
Título: Privacy and Security in Mobile Health Technologies: Challenges and Concerns

Q1: Quais são as definições de Segurança?

Proteger os participantes individuais ou a identidade do paciente e proteger seus registros médicos de uma maneira que, se indivíduos não autorizados tivessem que obter acesso, eles não seriam capazes de vincular os dados a um paciente em particular

Q2: Como a Segurança é caracterizada?

1. confidencialidade (como tentar impedir qualquer forma de acesso não autorizado aos dados relevantes)
2. integridade (tentando garantir que os dados fornecidos não sejam alterados de forma alguma)
3. disponibilidade (garantindo que os dados possam ser acessados sempre que necessário)

Q3: Como a Segurança é implementada?

Protocolos de controle de acesso e autenticação

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

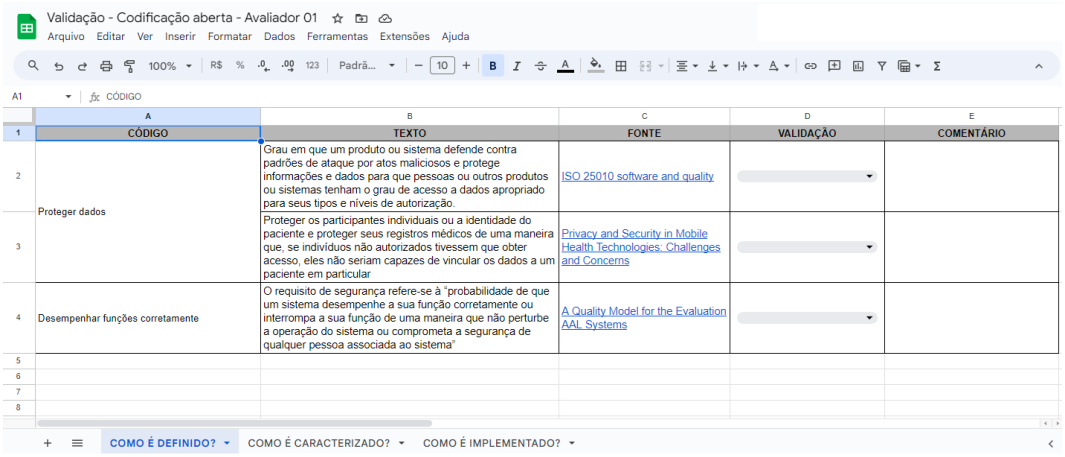
os conceitos em uma estrutura hierárquica (Corbin; Strauss, 2014).

Neste estudo, a ferramenta MAXQDA foi utilizada para apoiar todas as etapas de codificação. Primeiro, todos os formulários da fase anterior foram importados para a ferramenta. Em seguida, foi realizada uma análise detalhada para codificar os segmentos de texto, criando códigos que variavam de uma única palavra a um parágrafo inteiro (codificação aberta). Após a codificação inicial, as correspondências entre os segmentos de texto e os códigos foram revisadas por dois especialistas em requisitos e sistemas AAL, conforme recomendado pelo ARRANGE. Um dos especialistas está cursando doutorado na área, com 8 anos de experiência, enquanto o outro possui um mestrado no mesmo campo e 3 anos de experiência.

Os especialistas receberam um questionário em formato Excel, com três

abas contendo as colunas: código, texto, fonte, validação e comentários, conforme mostrado na Figura 20. A primeira coluna apresenta os códigos extraídos durante a codificação aberta, seguida pelos trechos de onde essas informações foram coletadas, a fonte para eventuais esclarecimentos, a validação, que pode variar entre Concordo, Concordo Parcialmente e Discordo, e, por fim, um espaço para comentários adicionais, se necessário.

Figura 20 – Exemplo do questionário para avaliação dos especialistas



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Cada aba do questionário corresponde a uma das questões do formulário de extração de dados, conforme ilustrado na Figura 20. A primeira aba aborda as definições de segurança conforme descrito nos artigos revisados; a segunda examina as subcaracterísticas da segurança; e a terceira explora como a literatura discute a implementação da segurança nesse contexto.

Nas respostas fornecidas pelos especialistas, foram identificadas algumas divergências. Portanto, foi realizada uma reunião de consenso para discutir essas diferenças e alcançar um acordo sobre os termos. Após os ajustes e a aprovação dos códigos pelos especialistas, foram realizadas as etapas de codificação axial e seletiva. Esse processo envolveu a relação e o agrupamento dos conceitos em categorias, representando conjuntos de códigos e estabelecendo relações baseadas no significado implícito entre

eles. Esse processo resultou na formação do núcleo do catálogo.

Durante o agrupamento das subcategorias e códigos, foram utilizadas as contribuições *AND*, *OR*, *HELP* e *MAKE*. A contribuição *AND* foi aplicada quando se tinha certeza de que todos os *softgoals* eram necessários para garantir o objetivo principal. A contribuição *OR* foi empregada quando pelo menos um dos *softgoals* representava exemplos do mesmo tipo para alcançar um *softgoal* de nível superior. A contribuição *HELP* foi utilizada quando um *softgoal* exercia uma contribuição parcialmente positiva sobre outro, e *MAKE* foi aplicada sempre que a contribuição de um *softgoal* para outro era totalmente positiva.

A categoria central deste estudo é a segurança, que representa o RNF principal. Portanto, todos os códigos e categorias resultantes das codificações aberta, axial e seletiva estão relacionados a essa categoria central e compõem a definição do catálogo SAAL.

4.1.2.3 Relatórios

Na última fase do ARRANGE, foi desenvolvido um catálogo de requisitos para o RNF de segurança, seguindo a estrutura proposta pelo método GT descrito no Capítulo 5.

A representação do catálogo foi realizada através de um SIG, conforme o *NFR Framework* proposto por (Chung *et al.*, 2000). A escolha desse *framework* foi baseada na recomendação de Carvalho (2019) e na sua capacidade de acomodar todos os tipos de requisitos não funcionais, além de oferecer uma representação clara e estruturada desses requisitos.

Para auxiliar nesse processo, foi utilizada a ferramenta *online* DSM3-goals[1].

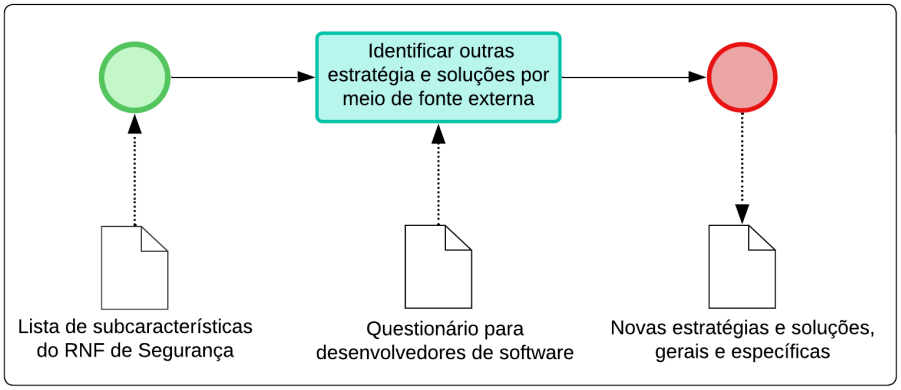
[1] Uma família de ferramentas de modelagem construídas com o processo DSM3 (*Domain-Specific Meta-Meta-Model*) para o desenvolvimento de ferramentas de modelagem, disponível em: (https://www.cin.ufpe.br/~jhcp/dsm3goals/index.html)

4.1.3 Etapa 3 - Identificando estratégias de desenvolvimento

Embora a Etapa 2 tenha permitido identificar várias estratégias de desenvolvimento de segurança aplicadas a sistemas AAL, a última questão de pesquisa (Q3), que investigou a implementação da segurança, revelou que algumas respostas obtidas não forneciam detalhes suficientes para completar o catálogo. Em resposta a isso, optou-se por validar e identificar outras estratégias por meio de uma fonte externa, utilizando um questionário.

A Etapa 3 visa garantir que o estudo ofereça as informações mais detalhadas possíveis para auxiliar engenheiros de software e desenvolvedores no levantamento e especificação do RNF de segurança. O objetivo é complementar o SIG com novas estratégias e soluções de desenvolvimento, conforme ilustrado na Figura 21. O questionário foi escolhido por sua capacidade de coletar grandes volumes de dados de maneira eficaz e em um curto período de tempo.

Figura 21 – Processo para identificar novas estratégias de desenvolvimento para o RNF de segurança



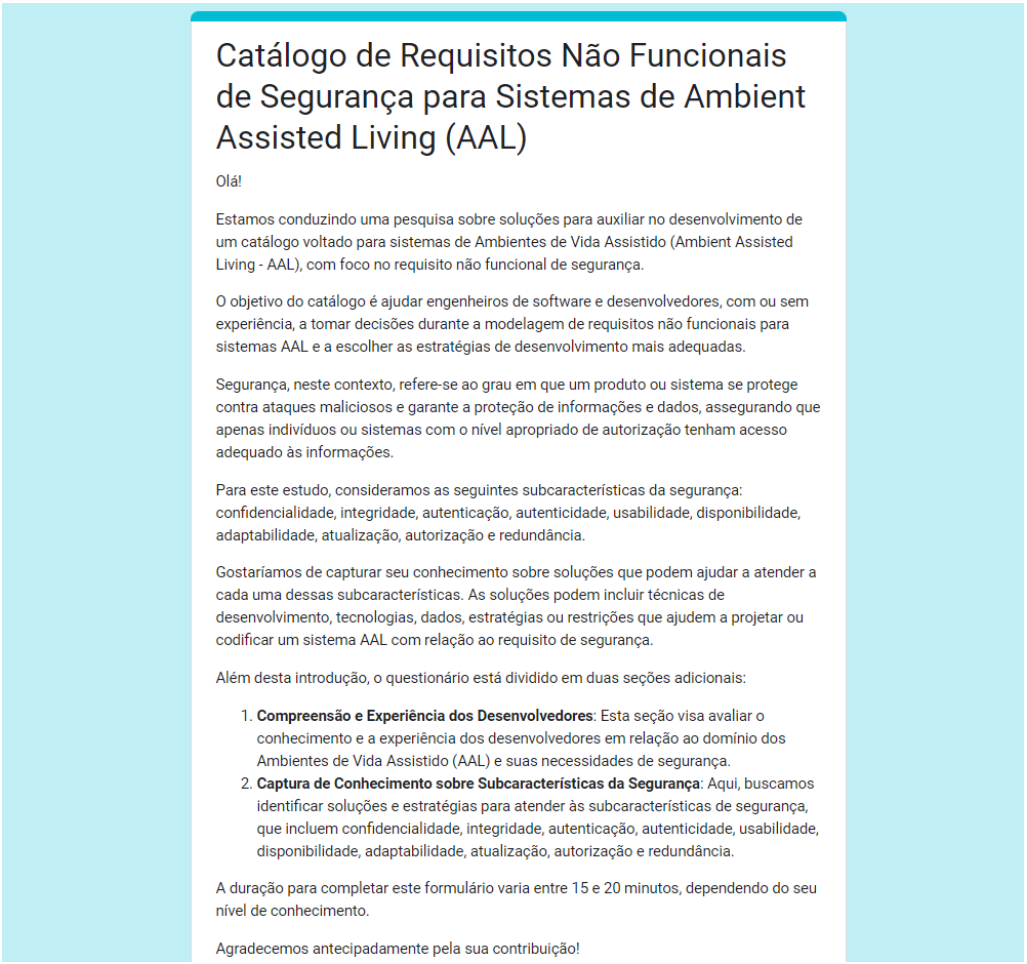
Fonte: elaborado pelo autor (2024).

O questionário proposto foi dividido em três partes: a primeira oferecia uma breve introdução sobre a pesquisa; a segunda tinha o propósito de compreender a experiência dos desenvolvedores com sistemas AAL; e a terceira, dedicada a avaliar

o conhecimento dos participantes sobre as subcaracterísticas do RNF de segurança, continha 10 questões.

A primeira parte apresenta a pesquisa, introduzindo a definição de segurança e as subcaracterísticas associadas, conforme ilustrado na Figura 22. Nesta parte do questionário, os participantes são informados sobre o objetivo do estudo e a importância de suas respostas para aprimorar o catálogo de requisitos.

Figura 22 – Primeira parte do questionário enviado aos desenvolvedores



Catálogo de Requisitos Não Funcionais de Segurança para Sistemas de Ambient Assisted Living (AAL)

Olá!

Estamos conduzindo uma pesquisa sobre soluções para auxiliar no desenvolvimento de um catálogo voltado para sistemas de Ambientes de Vida Assistido (Ambient Assisted Living - AAL), com foco no requisito não funcional de segurança.

O objetivo do catálogo é ajudar engenheiros de software e desenvolvedores, com ou sem experiência, a tomar decisões durante a modelagem de requisitos não funcionais para sistemas AAL e a escolher as estratégias de desenvolvimento mais adequadas.

Segurança, neste contexto, refere-se ao grau em que um produto ou sistema se protege contra ataques maliciosos e garante a proteção de informações e dados, assegurando que apenas indivíduos ou sistemas com o nível apropriado de autorização tenham acesso adequado às informações.

Para este estudo, consideramos as seguintes subcaracterísticas da segurança: confidencialidade, integridade, autenticação, autenticidade, usabilidade, disponibilidade, adaptabilidade, atualização, autorização e redundância.

Gostaríamos de capturar seu conhecimento sobre soluções que podem ajudar a atender a cada uma dessas subcaracterísticas. As soluções podem incluir técnicas de desenvolvimento, tecnologias, dados, estratégias ou restrições que ajudem a projetar ou codificar um sistema AAL com relação ao requisito de segurança.

Além desta introdução, o questionário está dividido em duas seções adicionais:

1. **Compreensão e Experiência dos Desenvolvedores**: Esta seção visa avaliar o conhecimento e a experiência dos desenvolvedores em relação ao domínio dos Ambientes de Vida Assistido (AAL) e suas necessidades de segurança.
2. **Captura de Conhecimento sobre Subcaracterísticas da Segurança**: Aqui, buscamos identificar soluções e estratégias para atender às subcaracterísticas de segurança, que incluem confidencialidade, integridade, autenticação, autenticidade, usabilidade, disponibilidade, adaptabilidade, atualização, autorização e redundância.

A duração para completar este formulário varia entre 15 e 20 minutos, dependendo do seu nível de conhecimento.

Agradecemos antecipadamente pela sua contribuição!

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

A segunda parte do questionário foca na compreensão e experiência dos desenvolvedores em relação ao domínio de segurança. Para isso, foram elaboradas

seis perguntas específicas que visam obter informações detalhadas sobre o nível de conhecimento dos participantes neste campo. Que são:

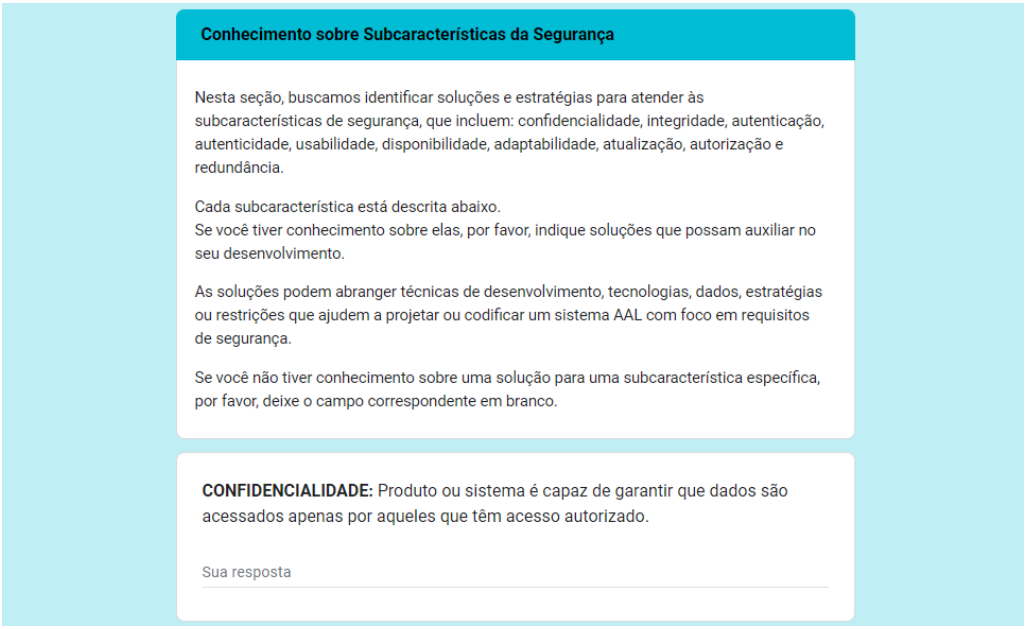
1. **Qual é o seu grau de escolaridade?** (alternativas: Graduado, Especialista, Mestrando, Mestre, Doutorando, Doutor)
2. **Você já trabalhou com aplicações em Ambientes de Vida Assistida?** (alternativas: sim ou não)
3. **Quais etapas do desenvolvimento de um sistema AAL você participou?** (alternativas: Arquitetura, Design, Requisitos, Desenvolvimento, Teste)
4. **Liste os domínios em que você já trabalhou.** (alternativas: Gestão de medicamentos, Monitoramento de saúde, Serviços de transporte, Envolvimento social, Ambiente seguro e confortável)
5. **Há quanto tempo você trabalha com esse tipo de aplicação?** (alternativas: Menos de 1 ano, De 1 a 3 anos, De 3 a 5 anos, Mais de 5 anos)
6. **Em uma escala de 1 a 5, como você avaliaria seu conhecimento sobre o requisito de segurança, sendo 1 o nível mais baixo (iniciante) e 5 o mais alto (especialista)?** (alternativas: 1, 2, 3, 4 e 5)

A terceira e última parte do questionário é dedicada a avaliar o conhecimento dos participantes sobre as subcaracterísticas do RNF de segurança. O objetivo é coletar soluções e estratégias de desenvolvimento pertinentes, com base nas subcaracterísticas identificadas ao longo do processo.

Esta seção do questionário começa com uma breve introdução, seguida por 10 perguntas específicas. Cada pergunta apresenta uma subcaracterística catalogada e sua respectiva definição. A Figura 23 ilustra um exemplo de uma questão, abordando a subcaracterística de confidencialidade.

Todas as questões foram revisadas por um pesquisador experiente na área de sistemas para AAL, que sugeriu melhorias no formulário. Após as revisões, o questionário foi enviado para 15 desenvolvedores na forma de um formulário Google.

Figura 23 – Terceira parte do questionário enviado aos desenvolvedores



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Depois de coletadas as respostas, os dados foram analisados detalhadamente. Os resultados dessa análise foram então incorporados ao catálogo, enriquecendo a elaboração da versão melhorada para o catálogo SAAL.

5 SAAL: CATÁLOGO DE REQUISITOS DE SEGURANÇA PARA AMBIENTES DE VIDA ASSISTIDA

Neste capítulo, são apresentados os resultados obtidos durante o processo de construção do catálogo SAAL utilizando o método CORRELATE. O capítulo descreve a aplicação das etapas do processo, desde a seleção e refinamento do RNF de *segurança* até a identificação de novas estratégias de desenvolvimento para sistemas AAL, com o objetivo de elaborar um SIG completo. O capítulo está dividido em três partes: a primeira aborda os resultados preliminares do processo de criação do catálogo, a segunda apresenta os resultados finais, e a terceira discute os resultados obtidos.

5.1 Construção do catálogo SAAL

A construção do catálogo SAAL segue ops pasos metodológicos por meio das etapas 1, 2 e 3 do método CORRELATE. Nas subseções seguintes, cada uma dessas etapas é detalhada, apresentando os resultados obtidos durante o processo. Isso proporciona uma compreensão clara e organizada de como o processo adotado para o desenvolvimento do catálogo resultou em uma ferramenta que auxilia os desenvolvedores no levantamento e especificação do RNF de *segurança* em sistemas AAL.

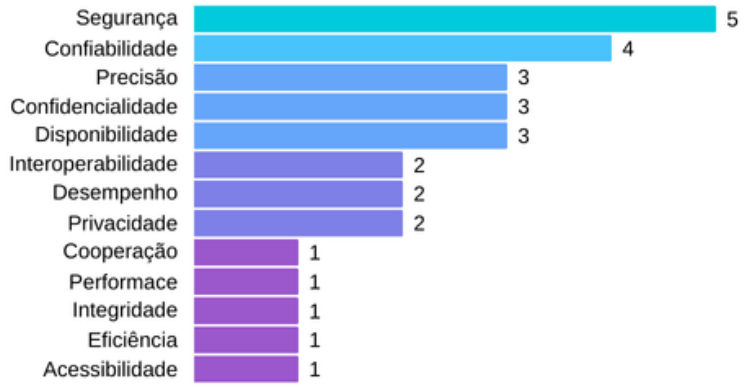
5.1.1 Etapa 1 - Selecionando o RNF Segurança

Na Etapa 1, a seleção do RNF de *segurança* foi baseada nos resultados do MSL, que identificou 14 estudos relevantes sobre RNFs (ver Tabela 6). A priorização seguiu o critério de selecionar o RNF mais frequentemente abordado pelos especialistas da área. Entre esses estudos, cinco destacaram a segurança como um requisito de importância significativa.

Além da segurança, os trabalhos também consideraram outros RNFs, como Confiabilidade, Precisão, Confidencialidade, Eficiência e Disponibilidade. Vale ressaltar

que alguns estudos abordaram múltiplos RNFs. A Figura 24 ilustra os RNFs identificados e a frequência com que foram discutidos.

Figura 24 – Etapa 1 - Selecionando a segurança



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

5.1.2 Etapa 2 - Refinando o RNF Segurança

Dedicada ao refinamento do RNF de *segurança*, nessa etapa foi empregada a técnica de *snowballing* durante as fases de planejamento e coleta do método ARRANGE, utilizando como ponto de partida os cinco artigos sobre segurança obtidos por meio do MSL.

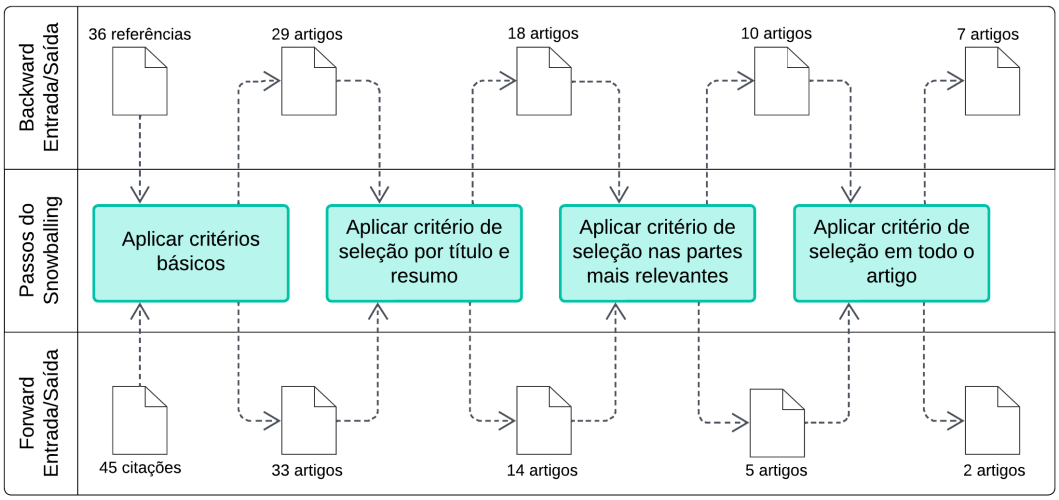
5.1.2.1 Planejamento e coleta

Inicialmente, foram encontrados um total de 81 artigos, dos quais 36 foram selecionados para *snowballing backward* e 45 para *snowballing forward*.

No primeiro passo do *snowballing*, foram aplicados critérios básicos de seleção, resultando em 29 artigos para *snowballing backward* e 33 para *snowballing forward*. No segundo passo, foram revisados títulos e resumos, reduzindo o número para 18 artigos no *snowballing backward* e 14 no *snowballing forward*. O terceiro passo envolveu uma leitura mais detalhada das seções mais relevantes dos artigos, resultando

em 10 artigos no *snowballing backward* e 5 no *snowballing forward*. Finalmente, no quarto passo, realizou-se a leitura completa dos artigos, resultando em 7 artigos para *snowballing backward* e 2 para *snowballing forward*, finalizando com um total de 9 artigos. Todos esses passos estão ilustrados na Figura 25.

Figura 25 – Passo a passo do *snowballing*



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Na sequência, foi aplicado um formulário de extração de dados a cada artigo, com o objetivo de coletar informações necessárias para responder às questões de pesquisa.

5.1.2.2 Análise

Com todos os dados devidamente coletados, inicia-se a fase de análise, com o objetivo de extrair o máximo de informações sobre o RNF de *segurança* em sistemas AAL. Esse momento envolve a codificação dos segmentos de texto por meio da criação de códigos, conforme a codificação aberta.

Inicialmente, utilizando a ferramenta MAXQDA, foram extraídos 59 segmentos de texto, os quais foram classificados em 44 códigos distintos. Em seguida, todas as correspondências entre os segmentos de texto e os códigos foram avaliadas por dois

especialistas da área de AAL, seguindo as recomendações do método ARRANGE, como ilustrado na Figura 11.

Após ajustes e aprovação dos códigos pelos especialistas, os códigos foram delimitados de maneira mais precisa, resultando em 28 códigos representados por 45 segmentos de texto. A Tabela 8 apresenta a quantidade de códigos identificados em cada artigo, observando que os códigos podem se repetir em diferentes artigos.

Tabela 8 – Quantidade de códigos identificados em cada artigo

ID	Artigo	Quantidade de códigos
B01	(Kara *et al.*, 2017b)	5
B02	(Al-Hamadi *et al.*, 2017)	4
B03	(Majidi *et al.*, 2011)	5
B04	(Yi; Whangbo, 2022)	8
B05	(Žarić *et al.*, 2016)	3
B06	(Mirjalol; Whangbo, 2018)	8
B07	(He; Zeadally, 2015)	9
F01	(Dehling; Sunyaev, 2014)	16
F02	(Odeh *et al.*, 2022)	5

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Com a definição de todos os códigos, inicia-se a codificação axial e seletiva. Nesta etapa, os códigos são agrupados conforme as categorias identificadas, estabelecendo as relações necessárias e vinculando-os à categoria principal. Esse processo resulta na criação de uma estrutura hierárquica, que organiza os códigos e categorias de forma a refletir a compreensão detalhada do RNF de *segurança* em sistemas AAL.

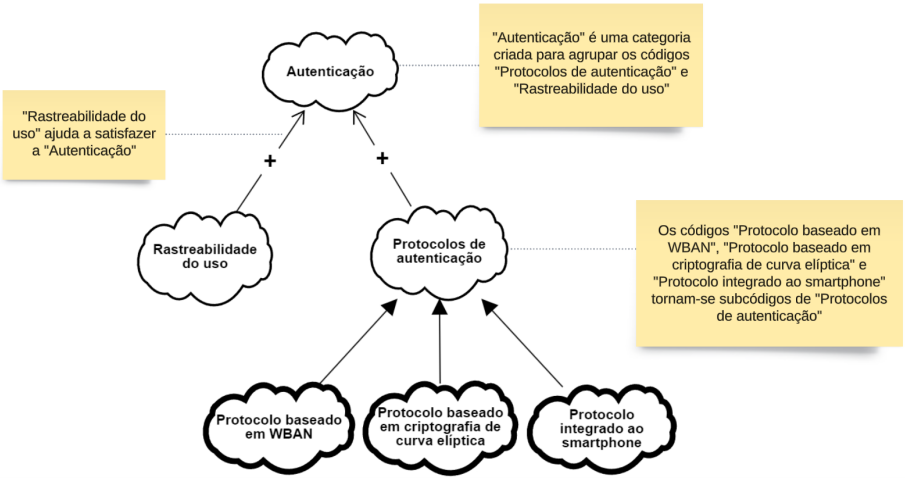
É importante ressaltar que, neste trabalho, a codificação axial e seletiva foi realizada exclusivamente pelo autor desta dissertação, que também liderou a codificação aberta. O pesquisador analisou todos os códigos para agrupá-los em categorias e estabelecer as relações necessárias para atender à categoria principal: segurança.

Durante o agrupamento dos códigos, são empregadas as contribuições *AND*,

OR, *HELP(+)* e *UNKNOWN(?)* para estabelecer conexões entre eles. Essas contribuições permitem relacionar os códigos com base em como eles interagem e se influenciam mutuamente. Dessa forma, os códigos são organizados de maneira a refletir seus impactos, facilitando na compreensão das relações estabelecidas entre os diferentes códigos relacionados ao RNF de *segurança*.

Cada código representa uma categoria, subcaracterística ou estratégia de desenvolvimento. O agrupamento dos códigos é realizado com base no entendimento das relações entre eles durante a codificação aberta. Os códigos são agrupados até que todos estejam inter-relacionados de acordo com suas conexões, de modo que a estrutura hierárquica reflita adequadamente a categoria principal.

Figura 26 – Exemplo da Codificação Axial da categoria "Autenticação"



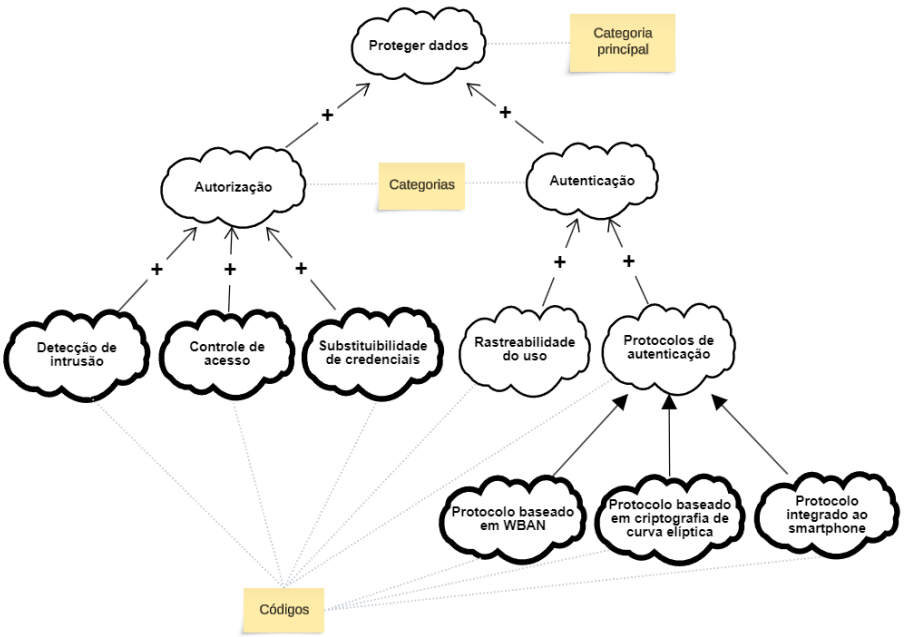
Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Para proporcionar uma melhor compreensão desse processo, a Figura 26 ilustra um exemplo de como os códigos "Protocolo baseado em WBAN", "Protocolo baseado em criptografia de curva elíptica"e "Protocolo integrado ao *smartphone*"estão relacionados ao "Protocolos de autenticação". Estes códigos estão inter-relacionados por meio da contribuição *OR*, indicando que o código "Protocolos de autenticação"pode ser alcançado por qualquer um dos códigos listados. Além disso, "Rastreabilidade do uso"e

"Protocolo de autenticação"estão associadas à categoria principal "Autenticação"por meio da contribuição *HELP(+)*, que contribui de forma positiva e relevante para garantir a autenticidade dos dados.

Da mesma forma que na Figura 27 é apresentado um exemplo de como a categoria principal "Proteger dados"é satisfeita. Os códigos "Detecção de intrusão"e "Substituibilidade de credenciais"oferecem uma contribuição parcialmente positiva para a categoria "Autorização", enquanto "Controle de acesso"contribui de forma totalmente positiva para a mesma categoria. Além disso, a figura ilustra como as categorias "Autenticação"e "Autorização"colaboram para alcançar a categoria principal "Proteger dados".

Figura 27 – Exemplo Codificação Axial categoria de categorias "Proteger dados"



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Com esse entendimento, foram analisados todos os códigos e construída a primeira versão do SIG, que foi então apresentada aos especialistas em uma reunião de consenso. Durante a reunião com os especialistas, houve uma contribuição significativa para a organização do SIG, com debates detalhados para definir os relacionamentos e

contribuições entre os *softgoals*. Após esses debates, todos os *softgoals* foram associados a uma categoria central, e a codificação foi considerada concluída. A categoria central deste trabalho é "Segurança", que representa o principal RNF que este estudo visa alcançar. Portanto, todos os códigos estão relacionados a esse RNF de alguma forma.

Foram desenvolvidas duas versões da codificação axial e seletiva até se alcançar a versão melhorada do SIG conforme indicado pelo ARRANGE, com a categoria principal "Segurança"no topo da hierarquia. Esta categoria é subdividida em duas categorias principais: (i) "Proteger Dados"e (ii) "Executar Funções Corretamente".

A categoria "Proteger Dados"é composta por 30 códigos, divididos em 9 subcaracterísticas e 21 estratégias de desenvolvimento, conforme mostrados na Tabela 9. Em contraste, a categoria "Executar Funções Corretamente"abrange 17 códigos, distribuídos em 8 subcaracterísticas e 9 estratégias de desenvolvimento, listados na Tabela 10. A estrutura detalhada desse SIG está ilustrada na Figura 28.

Para validar a estrutura hierárquica (ver Figura 28), foi realizada uma nova reunião com os mesmos especialistas que participaram da codificação aberta. O objetivo foi alcançar um consenso sobre a organização dos conceitos. Após a revisão e ajustes, a estrutura foi aprovada. Em seguida, a versão da codificação em SIG correspondente a essa etapa foi gerada, respeitando a organização acordada.

Tabela 9 – Códigos relacionados à categoria "Proteger Dados"

Códigos da categoria "Proteger Dados"	
Subcaracterísticas principais	Integridade
	Autenticação
	Autenticidade
	Autorização
	Confidencialidade
Subcaracterísticas secundárias	Rastreabilidade do uso
	Esquema de autenticação
	Anonimato
	Desvinculação
Estratégias de desenvolvimento	Resiliência à ataques
	Tabela sem verificação
	Ausência de repúdio
	Autenticação de duplo fator
	Trilhas de auditoria
	Protocolo baseado em *WBAN*
	Protocolo integrado ao *smartphone*
	Protocolo baseado em criptografia de curva elíptica
	Autenticação mútua
	Acordo de chave de sessão
	Sigilo de encaminhamento perfeito
	Substituibilidade de credenciais
	Controle de acesso
	Detecção de intrusão
	Duração limitada do direito de acesso
	Acesso do paciente
	Criptografia para redes e sensores
	Chave híbrida
	Chave assimétrica
	Chave simétrica
	Não divulgação

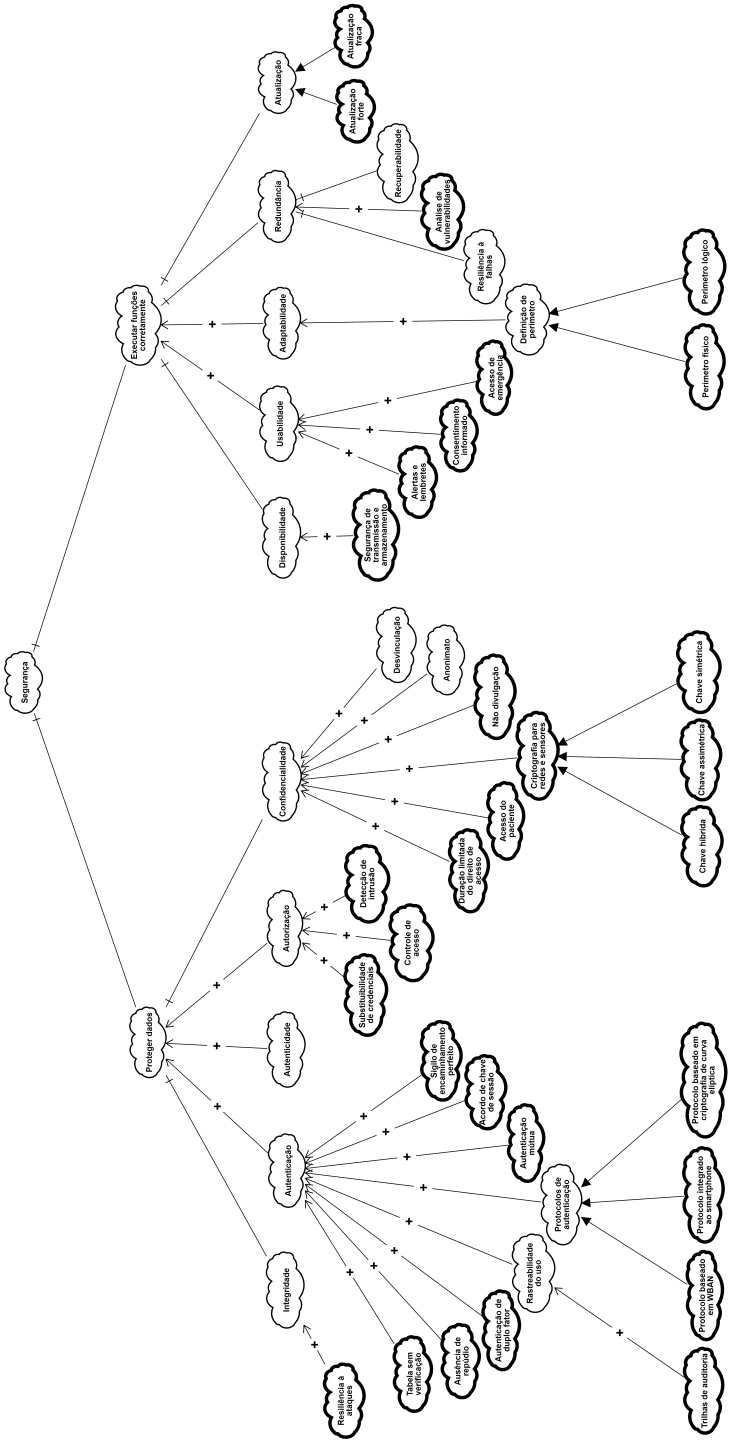
Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Tabela 10 – Códigos relacionados à categoria "Executar Funções Corretamente"

Códigos da categoria "Executar Funções Corretamente"	
Subcaracterísticas principais	Disponibilidade
	Usabilidade
	Adaptabilidade
	Redundância
	Atualização
Subcaracterísticas secundárias	Definição de perímetro
	Resiliência à falhas
	Recuperabilidade
Estratégias de desenvolvimento	Segurança de transmissão e armazenamento
	Alertas e lembretes
	Consentimento informado
	Acesso de emergência
	Perímetro físico
	Perímetro lógico
	Análise de vulnerabilidades
	Atualização forte
	Atualização fraca

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Figura 28 – O SIG de *segurança* gerado pelo ARRANGE



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

5.1.3 Etapa 3 - Identificando estratégias de desenvolvimento

Na sequência, iniciou-se a Etapa 3, que envolveu a aplicação de um questionário com o objetivo de identificar novas soluções e estratégias de desenvolvimento aplicáveis ao RNF de *segurança* com base nas 10 principais subcaracterísticas identificadas durante a Etapa 2, listadas na Tabela 11. Considerando que a "Segurança"envolve subcaracterísticas específicas e soluções gerais, os desenvolvedores foram consultados como fontes externas devido ao seu conhecimento acumulado sobre estratégias aplicadas em projetos reais, com a finalidade de integrar essas práticas ao SIG previamente elaborado.

Tabela 11 – Principais subcaracterísticas do RNF de segurança

Subcaracterísticas			
1	Confidencialidade	6	Disponibilidade
2	Integridade	7	Adaptabilidade
3	Autenticação	8	Atualização
4	Autenticidade	9	Autorização
5	Usabilidade	10	Redundância

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

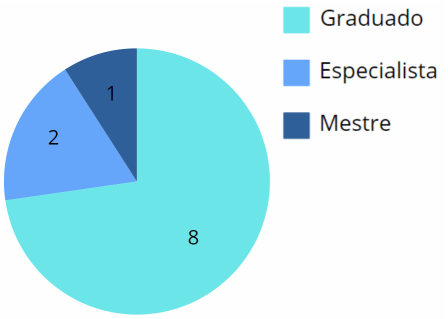
Para isso, foram coletadas informações dos participantes da pesquisa. Dos 15 questionários enviados, 11 foram retornados com respostas. Após a coleta, as respostas foram analisadas minuciosamente para identificar padrões comuns e as soluções mais frequentemente mencionadas.

Utilizando o questionário apresentado na Metodologia, foram obtidas informações de 11 participantes, dos quais oito eram graduados, dois eram especialistas e um possuía mestrado, representado visualmente na Figura 29a.

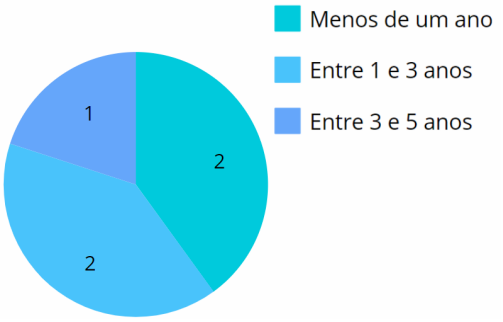
Dentre os participantes, cinco deles afirmaram ter experiência de desenvolvimento em Ambiente de Vida Assistida. Entre estes, dois tinham menos de um ano de experiência, dois possuíam entre 1 e 3 anos de experiência, e um tinha entre 3 e 5 anos

de experiência, representado na Figura 29b. Esses participantes estiveram envolvidos nas seguintes etapas do desenvolvimento: Design, Requisitos, Desenvolvimento de *Software* e Teste, abrangendo os domínios de Monitoramento de Saúde, Serviços de Transporte e Ambiente Seguro e Confortável.

Figura 29 – Nível de escolaridade e Nível de experiência com AAL dos participantes da pesquisa



(a) Nível de escolaridade dos participantes da pesquisa



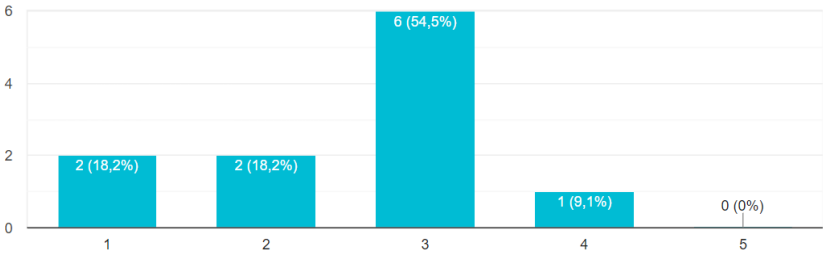
(b) Nível de experiência dos participantes com AAL

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Em relação ao nível de conhecimento dos desenvolvedores sobre o RNF de *segurança*, os resultados foram os seguintes: seis participantes classificaram seu conhecimento como nível 3, considerado intermediário; dois participantes classificaram como nível 2, que é básico; um participante classificou como nível 1, indicando que é um iniciante; e um participante classificou como nível 4, que é avançado. Nenhum participante classificou seu conhecimento como nível 5, especialista. A representação gráfica dessa informação está ilustrada na Figura 30.

Após a análise das respostas, foram extraídas informações comuns e soluções adicionais mencionadas pelos participantes. Um exemplo de estratégia identificada foi o uso do *Framework Spring Security*, amplamente adotado em aplicações Java para implementar "Autenticação". Outro exemplo de solução sugerida para melhorar a "Usabilidade"é a utilização de "Tecnologias de biometria digital e facial", que aproveita características únicas, como impressões digitais ou reconhecimento facial, para acessar o

Figura 30 – Níveis de conhecimento dos desenvolvedores sobre o RNF de segurança



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

sistema, aprimorando a experiência do usuário.

No total, foram coletadas 25 estratégias de desenvolvimento, das quais algumas já estavam representadas no catálogo, como "Controle de Acesso", "Criptografia para Redes e Sensores"e "Duração Limitada do Direito de Acesso". Ao final do processo, desconsiderando as duplicidades, 17 novos *softgoals* relacionados a soluções e estratégias de desenvolvimento, conforme listados na Tabela 12, foram incorporadas à versão melhorada do catálogo SAAL.

Tabela 12 – *Softgoals* incorporados ao catálogo

ID	*Softgoal*
S1	Assinatura digital
S2	*Framework Spring Security*
S3	Tecnologias de biometria digital
S4	Tecnologias de biometria facial
S5	Token enviado via *WhatsApp*
S6	Token enviado via SMS
S7	Autenticação de duplo fator
S8	Tecnologias *blockchain*
S9	*Affordance*
S10	AngularJS
S11	CAPTCHA e suas diferentes formas
S12	Definição de múltiplas instâncias através do Docker
S13	*Kubernetes* para aplicações distribuídas
S14	Uso de memórias locais
S15	Banco de dados Relacionais
S16	Rotinas automáticas de *backup*
S17	Sistema de gravação de *snapshots*

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Dessa forma, mantendo a mesma estrutura inicial apresentada na Figura 28 e incluindo os novos códigos, foram totalizados 68 *softgoals* para compor a versão melhorada do SIG, conforme exibido na Figura 31. O *softgoal* principal, localizado no topo da hierarquia, representa o RNF de *segurança* e está dividido em 2 categorias, 17 subcaracterísticas (sendo 10 principais e 7 secundárias), e 48 recomendações de soluções e estratégias de desenvolvimento relacionadas à segurança em sistemas AAL.

5.2 Catálogo Final

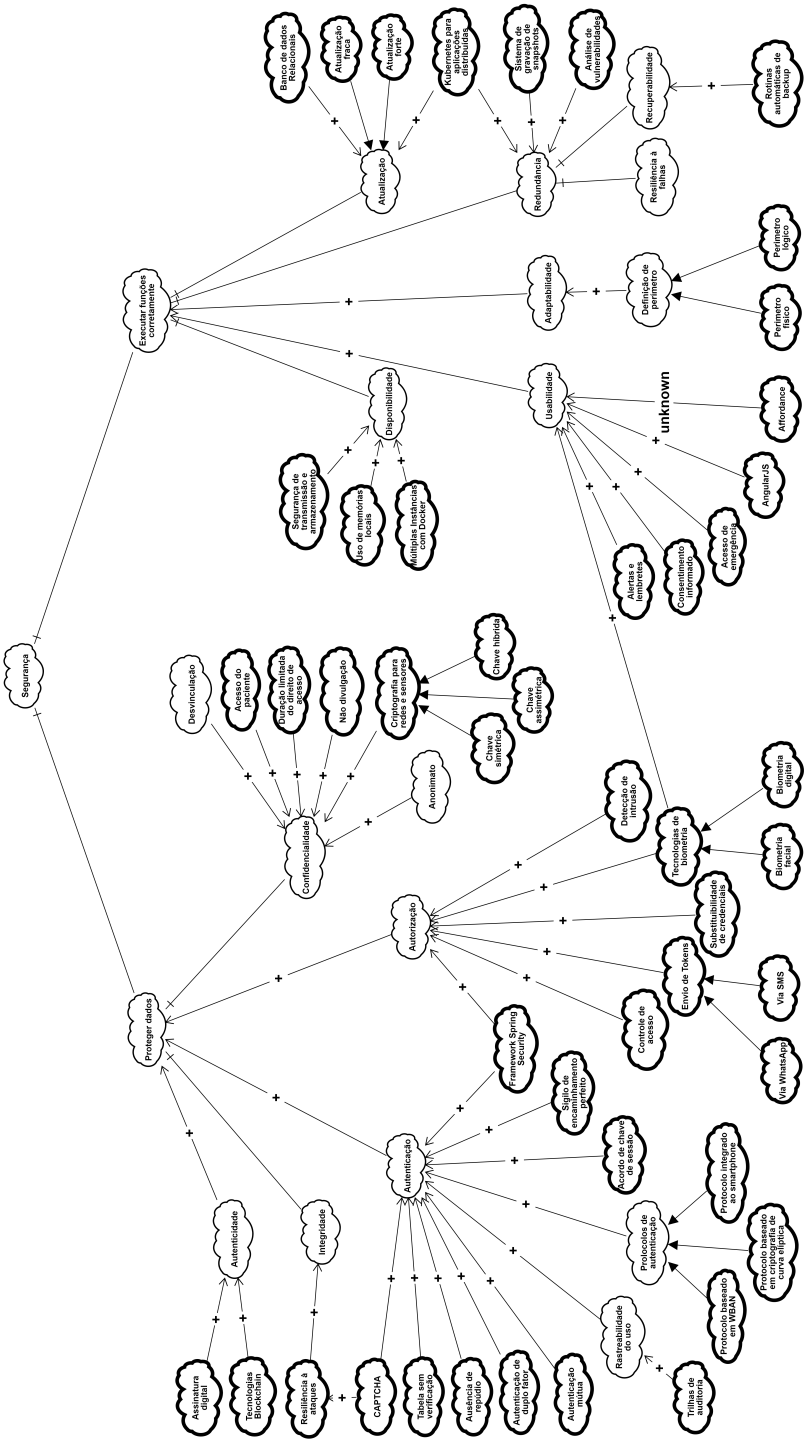
Esta seção apresenta o catálogo proposto para o RNF de *segurança*, denominado SAAL, ilustrado na Figura 31. O catálogo é organizado de forma hierárquica, começando com o principal *softgoal*, a segurança, detalhado com base em uma definição proposta e fundamentada em dados. Em seguida, são descritas cada uma de suas subcaracterísticas e estratégias de segurança associadas, proporcionando uma visão detalhada da estrutura e da aplicação de cada componente no contexto da segurança em sistemas AAL.

5.2.1 Definição de Segurança

No contexto deste trabalho, o RNF de *segurança* está majoritariamente relacionado à integridade dos dados dos usuários, à proteção da privacidade, à autenticação e ao desempenho adequado das funções do sistema AAL. No entanto, como discutido anteriormente, esses conceitos possuem diferenças significativas. A análise GT identificou dois principais grupos de conceitos relacionados à segurança: "Proteger Dados"e "Executar Funções Corretamente". Portanto, a segurança abrange não apenas a proteção dos dados dos usuários, mas também a garantia de que o sistema opere de forma eficiente e adequada.

Assim, com base nos dados e na análise realizada, propõe-se a seguinte

Figura 31 – O SIG final de segurança



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

definição para o RNF de *segurança*: **"Segurança para sistemas AAL refere-se à proteção dos dados e identidades dos usuários, garantindo que, mesmo em caso de acesso não autorizado, não seja possível vincular informações a pessoas específicas, enquanto assegura que o sistema execute suas funções de maneira adequada e eficiente"**.

No contexto dessa definição, além das duas categorias principais, existem diversas subcaracterísticas e estratégias que operacionalizam cada uma delas, as quais serão detalhadas na subseção a seguir.

5.2.2 Subcaracterísticas e estratégias de Segurança

O RNF de *segurança*, no contexto da proteção de dados de um sistema, visa proteger os dados contra ataques maliciosos e garantir que o acesso seja apropriado com base nos tipos e níveis de autorização. Nesse sentido, a característica "Proteger Dados"foi detalhada em cinco subcaracterísticas, que representam as diferentes formas de alcançar esse objetivo: (i) Autenticidade, (ii) Integridade, (iii) Autenticação, (iv) Autorização e (v) Confidencialidade.

Para garantir a proteção dos dados, é fundamental alcançar, pelo menos, as subcaracterísticas de Integridade e Confidencialidade, uma vez que, como mostrado na Figura 31, suas contribuições são do tipo "*AND*", indicando a necessidade obrigatória de ambas.

Autenticidade diz respeito à capacidade de provar que a identidade de um usuário ou recurso é realmente aquela que está sendo reivindicada (Kara *et al.*, 2017b). A autenticidade pode ser suportada por outras duas estratégias de desenvolvimento (*softgoals* operacionalização geral) que ajudam esta subcaracterística: (i) Confirmar a identidade do remetente da informação ou comando por meio de **Assinaturas Digitais**, e (ii) Utilizar **Tecnologias *Blockchain*** para garantir a integridade e a veracidade das identidades.

Integridade exige que as informações sejam protegidas contra modificações ou exclusões não autorizadas, bem como contra alterações acidentais e indesejadas realizadas por usuários autorizados(Dehling; Sunyaev, 2014) (Mirjalol; Whangbo, 2018). Essa característica pode ser fortemente alcançada por meio da estratégia de **Resiliência a Ataques**, que assegura que a falha de nós individuais não comprometa o desempenho geral do serviço. O uso da **ferramenta CAPTCHA**[1] pode auxiliar na implementação dessa estratégia, ajudando a prevenir modificações não autorizadas.

Autenticação refere-se à garantia de que o usuário do sistema seja devidamente identificado e verificado quanto à sua verdadeira identidade (Kara *et al.*, 2017b). Dois *softgoals* RNF ajudam a alcançá-la: (i) Rastreabilidade do uso e (ii) Protocolo de autenticação, além de oito *softgoals* de operacionalização que contribuem para a obtenção da autorização.

- **Rastreabilidade:** refere-se ao grau em que as ações de uma entidade podem ser atribuídas exclusivamente àquela entidade (Odeh *et al.*, 2022). Isso é facilitado pelo *softgoal* operacionalizante **Trilhas de auditoria**, que visa assegurar que atividades relevantes, como acesso a documentos, sejam devidamente registradas (Dehling; Sunyaev, 2014).
- **Protocolos de autenticação:** referem-se a um conjunto de práticas utilizadas para verificar a identidade dos usuários e assegurar que apenas aqueles com permissão realizem o acesso (Majidi *et al.*, 2011). Esses protocolos podem incluir as seguintes contribuições de *softgoals* operacionalizantes:
  - **Protocolo baseado em WBAN:** protocolo baseado em *Wireless Body Area Networks (WBANs)* (Yi; Whangbo, 2022).
  - **Protocolo baseado em criptografia de curva elíptica:** protocolo baseado em criptografia de curva elíptica que envolve três participantes:

[1] (do inglês, *Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart*) é um sistema de teste usado para determinar se o usuário é um humano ou um *bot*.

o controlador do WBAN, o servidor AAL e o usuário final (Mirjalol; Whangbo, 2018).

- **Protocolo integrado ao *smartphone*:** protocolo que combina criptografia de curva elíptica e autenticação entre o ponto de acesso, o *smartphone* e o servidor AAL (He; Zeadally, 2015).

Os oito *softgoals* de operacionalização mencionados acima que podem ajudar no requisito de autenticação são:

- **Tabela sem verificação:** evita manter uma tabela de verificação estática ou lista de verificação que armazene informações de autenticação (Yi; Whangbo, 2022).
- **Ausência de repúdio**: garante que os acessos e usos da informação sejam atribuídos à parte correspondente e que tais ações não possam ser negadas posteriormente (Dehling; Sunyaev, 2014).
- **Autenticação de duplo fator**[2].
- **Autenticação mútua:** garante que apenas usuários autenticados possam acessar o serviço AAL, com um processo de autenticação mútua entre cliente e servidor antes da comunicação (He; Zeadally, 2015).
- **Acordo de chave de sessão:** método utilizado para estabelecer uma chave secreta entre dois dispositivos que desejam se comunicar de forma segura (Yi; Whangbo, 2022).
- **Sigilo de encaminhamento perfeito:** garante que um invasor não possa acessar as chaves de sessão de sessões anteriores, mesmo que tenha acesso às chaves privadas do usuário, do controlador e do servidor (Yi; Whangbo, 2022).
- ***Framework Spring Security***[3].

[2] Técnica que requer dois métodos distintos de verificação para garantir a identidade do usuário, aumentando a segurança além do simples uso de senhas.

[3] *Framework* poderoso e altamente configurável para o gerenciamento de segurança em aplicações Java.

  - **CAPTCHA:** além de auxiliar no *softgoal* de Autenticação, também contribui para a Resiliência a ataques, impedindo acessos automáticos não autorizados.

Autorização assegura que o acesso não autorizado seja prevenido e que os direitos de acesso sejam gerenciados de forma adequada (Dehling; Sunyaev, 2014). Existem seis estratégias de desenvolvimento (*softgoals* de operacionalização geral) que podem auxiliar na sua implementação, são elas:

  - ***Framework Spring Security*:** contribui com a Autorização e também possui uma contribuição parcialmente positiva para a Autenticação.
  - **Controle de acesso:** permite que os usuários definam quem pode acessar quais informações (Dehling; Sunyaev, 2014).
  - **Envio de *tokens***[4].
  - **Substitutibilidade de credenciais:** concede a substituição dos detalhes de autorização em caso de perda ou obsolescência tecnológica (Dehling; Sunyaev, 2014).
  - **Tecnologias de biometria**[5].
  - **Detecção de intrusão:** identifica atividades ou ações não autorizadas ou suspeitas (Dehling; Sunyaev, 2014).

A Tabela 13 apresenta os *softgoals* operacionalizantes específicos para Envio de *Tokens* e Tecnologias de biometria.

Confidencialidade refere-se à capacidade de um produto ou sistema de assegurar que os dados sejam acessados exclusivamente por indivíduos ou entidades com autorização apropriada (Žarić *et al.*, 2016). Podendo ser alcançado por meio de seis *softgoals*, sendo dois *softgoals* NFR e quatro *softgoals* de operacionalização geral, representando estratégias de desenvolvimento. Os *softgoals* NFR são: (i) **Anonimato**, que contribui para a confidencialidade ao evitar a coleta e a vinculação de

[4] Garantem que apenas usuários autenticados e autorizados possam acessar dados e funcionalidades específicas dentro do sistema AAL

[5] São tecnologias utilizam características biométricas únicas dos indivíduos, como impressões digitais, reconhecimento facial, íris e voz, para autenticação e identificação

Tabela 13 – Operacionalizando "Autorização"

Softgoals operacionais gerais	*Softgoals* operacionais específicos
Envio de *Tokens*: garantir que apenas usuários autenticados e autorizados possam acessar recursos específicos dentro de um sistema AAL, oferecendo uma abordagem robusta e segura para o controle de acesso.	**Via *whatsApp*:** o *token* é enviado para o número de telefone do usuário via *WhatsApp*. Isso é feito por meio de uma API de envio de mensagens via *WhatsApp*, que pode ser integrada ao sistema de autenticação. **Via SMS:** similar ao processo do *WhatsApp*. O usuário recebe a mensagem SMS contendo o *token* em seu dispositivo móvel, insere na interface de autenticação do sistema, e se o *token* for válido, o acesso é concedido.
Tecnologias de biometria: oferecem um método de autenticação baseado em características biométricas únicas dos indivíduos.	**Biometria facial:** por meio de câmeras captura a imagem do rosto da pessoa, analisa e compara as características faciais para conceder o acesso ou não. **Biometria digital:** utiliza um *scanner* para capturar as impressões digitais e comparar padrões exclusivos das digitais cadastradas para o usuário.

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

dados pessoais aos dados detectados, garantindo que a verdadeira identidade dos usuários não seja revelada (Žarić *et al.*, 2016); e (ii) **Desvinculação**, que envolve isolar dados pessoais identificáveis dos demais dados coletados, assegurando a privacidade e impedindo a revelação de suas relações (Dehling; Sunyaev, 2014).

Os *softgoals* que representam estratégias de desenvolvimento são:

- **Criptografia para redes e sensores:** com base nas técnicas de criptografia para redes de sensores sem fio (RSSF) pode ser alcançada três categorias distintas, que são descritas na Tabela 14 (Majidi *et al.*, 2011).
- **Não divulgação:** assegura que os usuários não sejam forçados a revelar informações que preferem manter em sigilo (Dehling; Sunyaev, 2014).
- **Duração limitada do direito de acesso:** os direitos de acesso devem ser revogados quando não forem mais necessários, para garantir que apenas as permissões essenciais sejam mantidas (Dehling; Sunyaev, 2014).

– **Acesso do paciente:** Os usuários devem ter a capacidade de acessar e recuperar facilmente as informações pessoais (Kara *et al.*, 2017b).

Tabela 14 – Operacionalizando "Confiabilidade"

Softgoals operacionais gerais	*Softgoals* operacionais específicos
Criptografia para redes e sensores: garantir que apenas usuários autenticados e autorizados possam acessar recursos específicos dentro de um sistema AAL, oferecendo uma abordagem robusta e segura para o controle de acesso.	**Chave simétrica:** um método de criptografia onde o remetente e o destinatário compartilham uma única chave secreta para criptografar e descriptografar a mensagem. **Chave assimétrica:** utiliza criptografia de chave pública, é computacionalmente intensiva e sua aplicação em redes de sensores sem fio só é viável em dispositivos com recursos computacionais robustos e alta largura de banda. **Chave híbrida:** combina criptografia simétrica e assimétrica, aliviando a carga criptográfica ao distribuir a criptografia pesada entre a estação base e os sensores, aproveitando recursos mais robustos na estação base ou em dispositivos menos restritos.

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

A característica "Desempenhar Funções Corretamente"refere-se à capacidade de um sistema de executar suas funções de maneira adequada e interromper operações sem comprometer a segurança ou a operação geral. Quando refinada, essa característica se divide em cinco subcaracterísticas: (i) Disponibilidade, (ii) Usabilidade, (iii) Adaptabilidade, (iv) Redundância e (v) Autorização.

Para garantir que o sistema desempenhe suas funções de acordo com o planejado, mantendo a segurança, é essencial satisfazer, pelo menos, as três subcaracterísticas que oferecem contribuição do tipo "*AND*", ver Figura 31: Disponibilidade, Redundância e Atualização. Embora as demais subcaracterísticas sejam importantes, elas não são obrigatórias.

Disponibilidade refere-se ao dever do sistema de estar acessível e totalmente operacional sempre que um usuário precisar acessá-lo, para que as informações e serviços

armazenados possam ser recuperados e usados sempre que necessário (Dehling; Sunyaev, 2014). Essa característica pode ter contribuições positivas por meio de três *softgoals* de operacionalização geral, que são:

- **Segurança de transmissão e armazenamento:** é essencial prevenir a interceptação de dados durante a transmissão e garantir a proteção adequada durante o armazenamento (Dehling; Sunyaev, 2014).
- **Uso de memórias locais**[6]**.**
- **Múltiplas Instâncias com Docker**[7]**.**

Usabilidade considera que as informações importantes devem ser facilmente acessíveis, e as medidas de segurança não devem comprometer significativamente a experiência do usuário (Dehling; Sunyaev, 2014). Essa característica pode ser alcançada por meio de seis *softgoals* de operacionalização geral. Um desses *softgoals*, **Tecnologias de biometria**, teve seus *softgoals* operacionais específicos, detalhados anteriormente na Tabela 13, durante a discussão sobre a característica de Autorização. O restante dos *softgoals* estão definidos em:

- **Alertas e lembretes:** é fundamental que alertas e lembretes reforcem a ética, as responsabilidades e a competência do usuário, assegurando que estejam sempre atualizados sobre suas obrigações e práticas corretas (Dehling; Sunyaev, 2014).
- **Consentimento informado:** os usuários (pacientes) devem dar sua autorização explícita para o uso de suas informações, e o gerenciamento desse consentimento deve ser rigorosamente controlado (Dehling; Sunyaev, 2014).
- **Acesso de emergência:** em situações de emergência, é crucial que profissionais médicos possam acessar rapidamente as informações necessárias para garantir um atendimento eficaz e oportuno (Dehling; Sunyaev, 2014).

[6] É uma estratégia para utilizar a memória local de cada nó ou servidor em um *cluster* para melhorar a disponibilidade e o desempenho do sistema.

[7] É uma plataforma de código aberto que permite aos desenvolvedores construir, implementar, executar, atualizar e gerenciar contêineres.

- **AngularJS**[8]**.**
- **Affordance**[9]: este *softgoal* possui uma contribuição desconhecida, pois não foi possível determinar claramente os impactos desse conceito no contexto de segurança, seja de forma positiva ou negativa.

Adaptabilidade refere-se a necessidade do sistema ser capaz de se ajustar às mudanças de acordo com as demandas de desempenho. Esta subcaracterística pode ser alcançada por meio de um *softgoal* NFR, **Definição de perímetro**, que exige que os limites físicos e lógicos do sistema de informação sejam conhecidos e controlados (Dehling; Sunyaev, 2014). Isso inclui aspectos como segurança da rede, proteção do *hardware* físico, análises de vulnerabilidade e detecção de intrusões. Para apoiar essa subcaracterística, duas estratégias são recomendadas: Perímetro Físico e Perímetro Lógico.

- **Perímetro Físico:** abrange medidas para proteger a infraestrutura do sistema, como controle de acesso a áreas sensíveis, proteção contra danos ambientais, e outros. Visando o monitoramento e manutenção para assegurar a segurança e integridade dos ativos físicos (Dehling; Sunyaev, 2014).
- **Perímetro Lógico:** envolve a proteção digital do sistema, incluindo controle de acesso, criptografia e a prevenção de acessos não autorizados e ataques cibernéticos. Inclui a definição de regras mínimas que o RNF de segurança deve considerar, além da segmentação de rede e sistemas de detecção de intrusões, com o objetivo de garantir a integridade e a segurança dos dados e sistemas (Dehling; Sunyaev, 2014).

Redundância diz respeito à capacidade de restaurar informações perdidas a partir de um ponto específico no tempo e garantir que falhas em nós individuais não

[8] É um *framework JavaScript* gratuito e customizável, que permite o desenvolvimento de aplicações *web* com uma abordagem *frontend*, podendo ser adaptado conforme as necessidades do programador.

[9] Definido originalmente para denotar a qualidade de um objeto que permite ao indivíduo identificar suas funcionalidades através de seus atributos (forma, tamanho, peso, etc...) de forma intuitiva, sem explicação.

comprometam o funcionamento geral do serviço (Dehling; Sunyaev, 2014). Para alcançar essa subcaracterística, é necessário satisfazer pelo menos dois *softgoals* NFR: (i) **Resiliência a falhas**, que assegura que a falha de nós individuais não impeça o desempenho geral do sistema, e (ii) **Recuperabilidade**, que permite a restauração de informações a partir de um ponto específico no tempo (Dehling; Sunyaev, 2014).

Além disso, a Recuperabilidade é significativamente apoiada por um *softgoal* de operacionalização geral: **Rotinas automáticas de backup**. Esse *softgoal* contribui para garantir a disponibilidade dos dados quando necessário, minimiza o tempo de inatividade, e protege contra falhas, pois permite que o sistema seja restaurado a partir das cópias de segurança em caso de problemas.

Esta subcaracterística ainda conta com a ajuda de mais três *softgoals* que sugerem técnicas de desenvolvimento:

- **Análise de vulnerabilidades:** sugere que as vulnerabilidades do sistema devem ser identificadas e avaliadas para garantir que pontos fracos sejam detectados e mitigados (Dehling; Sunyaev, 2014).
- **Sistema de gravação de snapshots**[10].
- ***Kubernetes***[11] **para aplicações distribuídas**.

Atualização sugere que os dados recebidos estejam atualizados e que mensagens antigas não possam ser reproduzidas por invasores, assegurando a integridade e a relevância das informações (Majidi *et al.*, 2011). Para atender a essa subcaracterística, são recomendados quatro *softgoals* de operacionalização geral, que representam estratégias de desenvolvimento a serem consideradas:

- **Atualização Fraca:** mantém os dados recentes usando técnicas básicas como

[10] É uma tecnologia Tecnologia que captura o estado completo de um sistema, disco ou banco de dados em um momento específico no tempo, permitindo que registre o conteúdo e a configuração do sistema em um ponto específico e recuperá-los posteriormente se necessário

[11] É um sistema que gerencia *containers* de código aberto, automatiza a implantação, o dimensionamento e a gestão de aplicativos containerizados.

timestamps para verificar se as informações são atualizadas regularmente, mas não oferece proteção robusta contra a reprodução de mensagens antigas (Majidi *et al.*, 2011).

- **Atualização forte:** utiliza mecanismos avançados para garantir que os dados estejam sempre atualizados e previne a reprodução de mensagens antigas. Isso inclui o uso de criptografia avançada, autenticação de mensagens e protocolos específicos que asseguram a unicidade das mensagens e evitam sua repetição (Majidi *et al.*, 2011).
- ***Kubernetes* para aplicações distribuídas:** também contribui para a subcaracterística de Recuperabilidade, conforme detalhado anteriormente.
- **Banco de Dados Relacionais**[12]: ajuda garantir a segurança e a gestão eficaz dos dados, fornecendo uma base sólida para o funcionamento seguro e eficiente dos sistemas.

Observando a Figura 31, nota-se que as contribuições dos *softgoals* **Atualização Forte** e **Atualização Fraca** são do tipo "OR", indicando que pelo menos um desses métodos de atualização deve ser implementado para garantir a eficácia da subcaracterística de Atualização. Os outros dois*softgoals*, ***Kubernetes* para aplicações distribuídas** e **Banco de Dados Relacionais**, fornecem suporte adicional, mas não são obrigatórios para alcançar essa subcaracterística.

5.3 Aplicação do Catálogo SAAL

O catálogo SAAL, detalha o RNF de *segurança* para sistemas AAL, apresentado como uma ferramenta importante para auxiliar engenheiros de *software* e a desenvolvedores, independentemente de sua experiência, na tomada de decisões durante a modelagem do RNF estudado, bem como na escolha das estratégias de desenvolvimento

[12] Um sistema que organiza dados em tabelas predefinidas, facilitando a visualização e a compreensão das relações entre diferentes conjuntos de dados.

e soluções mais adequadas. Ele fornece uma recomendação estruturada para apoiar na modelagem do RNF segurança. Profissionais da área podem utilizar o catálogo para:

- **Identificar e compreender subcaracterísticas de segurança:** o catálogo fornece um detalhamento abrangente com base de 10 subcaracterísticas essenciais para alcançar o RNF de *segurança*, como autenticidade, integridade e confidencialidade. Ele auxilia engenheiros de *software* e desenvolvedores a entender as principais necessidades de segurança durante a modelagem desse requisito para cada aspecto de um sistema AAL, contribuindo para que as soluções implementadas atendam aos requisitos específicos de cada subcaracterística.
- **Aplicar soluções e estratégias de desenvolvimento:** o catálogo fornece soluções e estratégias de desenvolvimento conhecidas, permitindo que engenheiros e desenvolvedores integrem práticas seguras e eficazes desde a modelagem do requisito até a implementação final.
- **Identificar padrões**: serve como um ponto de referência comum para equipes de desenvolvimento de sistemas AAL, possibilitando uma comunicação mais eficaz sobre as necessidades e práticas do RNF de *segurança*.
- **Flexibilidade e evolução do catálogo**: embora o catálogo seja flexível e tenham a capacidade de evoluir com a inclusão de novos conceitos e práticas de desenvolvimento, essa flexibilidade pode também levar a diferentes nas recomendações e melhores práticas ao longo do tempo.

Resumindo, o catálogo SAAL um modelo estruturado para garantir que os sistemas AAL atendam aos parâmetros fundamentais de *segurança*.

6 CONCLUSÕES

Neste trabalho, foi proposto o Catálogo do Requisito Não Funcional de Segurança para Ambientes de Vida Assistida (SAAL). O objetivo é apoiar engenheiros de *software* e desenvolvedores, com ou sem experiência, na modelagem de RNFs para sistemas AAL, com foco específico no RNF de *segurança*.

Inicialmente, foi adotado a abordagem proposta por (Carvalho, 2019), que envolveu uma revisão abrangente da literatura existente para entender como o RNF de *segurança* se caracteriza em sistemas AAL. Esta análise proporcionou uma base teórica sólida, permitindo a identificação das principais subcaracterísticas e práticas relevantes para o contexto de sistemas AAL.

Em seguida, foi coletado, analisamos e documentamos as subcaracterísticas e recomendações de estratégias de desenvolvimento de maneira estruturada. Essa documentação detalhou as orientações práticas mais relevantes para a construção inicial do catálogo SAAL em SIG.

Finalmente, foi validado o catálogo com a colaboração de especialistas na área, contribuindo com que o SAAL fosse avaliado e ajustado com base nos *feedbacks* recebidos. Com os ajustes indicados, foi gerado a versão melhorada do catálogo que sistematiza as principais subcaracterísticas e estratégias de desenvolvimento, visando abranger o RNF de *segurança*.

Dessa forma, concluímos que o objetivo do trabalho foi alcançado, e que a disponibilização *online* do catálogo contribuirá com a expansão do conhecimento adquirido, tornando-o acessível a um público mais amplo. Isso permitirá que desenvolvedores e pesquisadores naveguem pelo catálogo e sigam as recomendações de acordo com suas necessidades específicas.

6.1 Contribuições

Este trabalho buscou contribuir através do Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL), do desenvolvimento do Catálogo do Requisito Não Funcional de Segurança para Ambientes de Vida Assistida (SAAL) e de propostas de recomendações para aplicação prática.

O MSL forneceu uma visão abrangente sobre o levantamento e modelagem de requisitos para sistemas *Ambient Assisted Living* (AAL) com infraestrutura IoT, destacando as principais técnicas de levantamento, suas formas de classificação e relevância. Esse mapeamento foi fundamental para direcionar a pesquisa proposta, buscado entender quais são os requisitos críticos para a eficácia dos sistemas AAL. Dessa forma, refletiu-se a importância deles no processo de construção de soluções mais robustas e confiáveis, destacando o RNF de segurança, bem como sua importância para sistemas AAL.

A pesquisa levantou que muitos catálogos pesquisados não consideram especificamente o RNF de segurança ou não estão diretamente relacionados a sistemas AAL, o que diferencia a proposta deste trabalho. O catálogo SAAL preenche essa lacuna ao oferecer a proposta de um guia estruturado para a modelagem do RNF de segurança para sistemas AAL. Ele serve como uma ferramenta de apoio para engenheiros de *software* e desenvolvedores, fornecendo propostas de soluções e estratégias de desenvolvimento e permitindo identificar e compreender subcaracteristicas da segurança, identificar padrões e aplicar soluções e estratégias de desenvolvimento conhecidas.

Além disso, o modelo proposto é flexível e sua evolução permite a inclusão de novos conceitos e práticas, adaptando-se às mudanças ao longo do tempo. Dessa forma, o catálogo SAAL colabora para que os sistemas AAL atendam aos requisitos fundamentais de segurança.

6.2 Limitações

Em relação aos resultados obtidos, é importante considerar algumas limitações:

Falta de exposição em situações reais: os participantes não foram expostos a situações reais de levantamento e especificação do RNF de Segura em sistemas AAL durante este estudo inicial. Isso sugere que não enfrentaram as dificuldades e desafios normalmente encontrados em contextos reais, o que pode ter influenciado suas respostas durante a construção do catálogo. Logo, a aplicação do catálogo em situações práticas pode apresentar desafios que não foram considerados na fase de desenvolvimento;

Interpretação variada dos dados: no método de GT pode haver diferentes interpretações com relação aos dados por parte dos pesquisadores, resultando em compreensões distintas sobre os mesmos conceitos;

Estas limitações apresentam a necessidade de investigações futuras, seja com um grupo maior de especialistas e desenvolvedores e em contextos reais, para validar e aprimorar o catálogo de forma mais robusta.

6.3 Trabalhos Futuros

A partir dos resultados obtidos nesta dissertação e as limitações encontradas, são propostas algumas ações como trabalhos futuros:

Investigar a eficácia do SAAL com desenvolvedores experientes: investigar a eficácia do catálogo proposto para desenvolvedores sem experiência por meio de experimentos controlados em sistemas AAL. Isso ajudará a verificar se o catálogo é intuitivo e eficaz, além de identificar possíveis melhorias;

Testar o SAAL em cenários reais: expor o catálogo em situações reais de desenvolvimento para observar como ele é interpretado em situações práticas. Possibilitando

a identificação de desafios e limitações que não constatadas;

Realizar pesquisa com desenvolvedores experientes: realizar uma nova rodada de pesquisa com mais desenvolvedores experientes em sistemas AAL para identificar possíveis novos códigos relacionados à Segurança. A pesquisa realizada neste estudo envolveu participantes, em sua maioria de nível intermediário, e as contribuições de desenvolvedores experientes podem levar a resultados diferentes;

Analisar as correlações entre códigos: avaliar as correlações específicas entre os códigos de segurança identificados no catálogo. Visando entender como as diferentes subcaracterísticas de segurança estão inter-relacionadas e de que forma elas podem impactar umas às outras.

Essas indicações podem ampliar o impacto e a relevância do SAAL, promovendo uma melhor compreensão e uma aplicação mais eficaz do RNF de Segurança em sistemas AAL.

REFERÊNCIAS

ABTOY, A.; TOUHAFI, A.; TAHIRI, A. *et al.* Ambient assisted living system's models and architectures: A survey of the state of the art. **Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences**, Elsevier, v. 32, n. 1, p. 1–10, 2020.

AGGARWAL, C. C. *et al.* Neural networks and deep learning. **Springer**, Springer, v. 10, p. 978–3, 2018.

AHMAD, M.; BELLOIR, N.; BRUEL, J.-M. Modeling and verification of functional and non-functional requirements of ambient self-adaptive systems. **Journal of Systems and Software**, Elsevier, v. 107, p. 50–70, 2015.

AHMAD, M.; BRUEL, J.-M.; LALEAU, R.; GNAHO, C. Using relax, sysml and kaos for ambient systems requirements modeling. **Procedia Computer Science**, Elsevier, v. 10, p. 474–481, 2012.

AL-HAMADI, H.; GAWANMEH, A.; AL-QUTAYRI, M. Lightweight security protocol for health monitoring in ambient assisted living environment. In: IEEE. **2017 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC Workshops)**. [*S. l.*], 2017. p. 1282–1287.

ALKHOMSAN, M. N.; HOSSAIN, M. A.; RAHMAN, S. M. M.; MASUD, M. Situation awareness in ambient assisted living for smart healthcare. **IEEE Access**, IEEE, v. 5, p. 20716–20725, 2017.

ALROMI, A.; ALOFISAN, G.; ALROMI, N.; ALMAGOOSHI, S.; AL-WABIL, A. Requirements engineering of ambient assisted living technologies for people with alzheimer's. In: SPRINGER. **International Conference on Human-Computer Interaction**. [*S. l.*], 2015. p. 381–387.

ANDRUSHEVICH, A.; BIALLAS, M.; KISTLER, R.; RUMIŃSKI, J.; BUJNOWSKI, A.; WTOREK, J. Open smart glasses development platform for aal applications. In: IEEE. **2017 Global Internet of Things Summit (GIoTS)**. [*S. l.*], 2017. p. 1–6.

BECKER, M. Software architecture trends and promising technology for ambient assisted living systems. **Proceedings of Dagstuhl Seminar**, 01 2008.

BENGHAZI, K.; HURTADO, M. V.; HORNOS, M. J.; RODRÍGUEZ, M. L.; RODRÍGUEZ-DOMÍNGUEZ, C.; PELEGRINA, A. B.; RODRÍGUEZ-FÓRTIZ, M. J. Enabling correct design and formal analysis of ambient assisted living systems. **Journal of Systems and Software**, Elsevier, v. 85, n. 3, p. 498–510, 2012.

BOURQUE, P.; LAVOIE, J.-M.; LEE, A.; TRUDEL, S.; LETHBRIDGE, T. C. *et al.* Guide to the software engineering body of knowledge (swebok) and the software engineering education knowledge (seek)-a preliminary mapping. In: IEEE COMPUTER SOCIETY. **Proceedings 10th International Workshop on Software Technology and Engineering Practice**. [*S. l.*], 2002. p. 8–8.

CARVALHO, R. M. **Correlate & lead: process and catalog of non-functional requirements correlations in ubicomp and iot systems**. 230 p. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

CHUNG, L.; NIXON, B. A.; YU, E.; MYLOPOULOS, J. **Non-functional requirements in software engineering**. [*S. l.*]: Springer Science & Business Media, 2000. v. 5.

CICIRELLI, G.; MARANI, R.; PETITTI, A.; MILELLA, A.; D'ORAZIO, T. Ambient assisted living: A review of technologies, methodologies and future perspectives for healthy aging of population. **Sensors**, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 21, n. 10, p. 3549, 2021.

CORBIN, J.; STRAUSS, A. **Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory**. 4. ed. [*S. l.*]: Sage publications, 2014.

CUBO, J.; NIETO, A.; PIMENTEL, E. A cloud-based internet of things platform for ambient assisted living. **Sensors**, MDPI, v. 14, n. 8, p. 14070–14105, 2014.

DEHLING, T.; SUNYAEV, A. Information security and privacy of patient-centered health it services: What needs to be done? In: IEEE. **2014 47th Hawaii international conference on system sciences**. [*S. l.*], 2014. p. 2984–2993.

DEMROZI, F.; PRAVADELLI, G.; BIHORAC, A.; RASHIDI, P. Human activity recognition using inertial, physiological and environmental sensors: A comprehensive survey. **IEEE Access**, IEEE, v. 8, p. 210816–210836, 2020.

DOHR, A.; MODRE-OPSRIAN, R.; DROBICS, M.; HAYN, D.; SCHREIER, G. The internet of things for ambient assisted living. In: **2010 Seventh International Conference on Information Technology: New Generations**. [*S. l.*: *s. n.*], 2010. p. 804–809.

FEITOSA, D. An architecture design method for critical embedded systems. In: **Proceedings of the WICSA 2014 Companion Volume**. [*S. l.*: *s. n.*], 2014. p. 1–3.

GALSTER, M.; BUCHERER, E. A taxonomy for identifying and specifying non-functional requirements in service-oriented development. In: IEEE. **2008 IEEE Congress on Services-Part I**. [*S. l.*], 2008. p. 345–352.

GARCÉS, L.; AMPATZOGLOU, A.; AVGERIOU, P.; NAKAGAWA, E. Y. Quality attributes and quality models for ambient assisted living software systems: A systematic mapping. **Information and Software Technology**, Elsevier, v. 82, p. 121–138, 2017.

GARCÉS, L.; OQUENDO, F.; NAKAGAWA, E. Y. A quality model for aal software systems. In: **2016 IEEE 29th International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS)**. [*S. l.*: *s. n.*], 2016. p. 175–180.

GARCÉS, L.; VICENTE, I. Z.; NAKAGAWA, E. Y. Software architecture for health care supportive home systems to assist patients with diabetes mellitus. In: IEEE. **2019 IEEE 32nd International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS)**. [*S. l.*], 2019. p. 249–252.

GUTIERREZ, F. J.; MUÑOZ, D.; OCHOA, S. F.; TAPIA, J. M. Assembling mass-market technology for the sake of wellbeing: a case study on the adoption of ambient intelligent systems by older adults living at home. **Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing**, Springer, v. 10, n. 6, p. 2213–2233, 2019.

HAGHI, M.; GEISSLER, A.; FLEISCHER, H.; STOLL, N.; THUROW, K. Ubiqsense: A personal wearable in ambient parameters monitoring based on iot platform. In: IEEE. **2019 International Conference on Sensing and Instrumentation in IoT Era (ISSI)**. [*S. l.*], 2019. p. 1–6.

HE, D.; ZEADALLY, S. Authentication protocol for an ambient assisted living system. **IEEE Communications Magazine**, IEEE, v. 53, n. 1, p. 71–77, 2015.

IBARZ, A.; BAUER, G.; CASAS, R.; MARCO, A.; LUKOWICZ, P. Design and evaluation of a sound based water flow measurement system. In: SPRINGER. **European Conference on Smart Sensing and Context**. [*S. l.*], 2008. p. 41–54.

ISLAM, S. M. R.; KWAK, D.; KABIR, M. H.; HOSSAIN, M.; KWAK, K.-S. The internet of things for health care: A comprehensive survey. **IEEE Access**, v. 3, p. 678–708, 2015.

JUNIOR, M. M. C.; ALENCAR, F. Rs4aal: A process for specifying and analyzing non-functional requirements in ambient assisted living systems. **American Academic Scientific Research Journal for Engineering, Technology and Sciences**, v. 90, p. 501–520, 2022.

KARA, M.; LAMOUCHI, O.; RAMDANE-CHERIF, A. A quality model for the evaluation aal systems. **Procedia computer science**, Elsevier, v. 113, p. 392–399, 2017.

KARA, M.; LAMOUCHI, O.; RAMDANE-CHERIF, A. A quality model for the evaluation aal systems. **Procedia computer science**, Elsevier, v. 113, p. 392–399, 2017.

KITCHENHAM, B. A.; MENDES, E.; TRAVASSOS, G. H. Cross versus within-company cost estimation studies: A systematic review. **IEEE Transactions on Software Engineering**, IEEE, v. 33, n. 5, p. 316–329, 2007.

KOTONYA, G.; SOMMERVILLE, I. **Requirements Engineering: Processes and Techniques**. [*S. l.*]: Wiley, 1998. (Worldwide Series in Computer Science). ISBN 9780471972082.

KUTZ, O.; MOSSAKOWSKI, T.; GALINSKI, C.; LANGE, C. Towards a standard for heterogeneous ontology integration and interoperability. In: **First International Conference on Terminology, Language and Content Resources (LaRC)**. [*S. l.*: *s. n.*], 2011. p. 101–110.

LIM, T.-Y.; CHUA, F.-F.; TAJUDDIN, B. B. Elicitation techniques for internet of things applications requirements: A systematic review. In: **Proceedings of the 2018 VII International Conference on Network, Communication and Computing**. [*S. l.*: *s. n.*], 2018. p. 182–188.

MACHADO, A.; MARAN, V.; AUGUSTIN, I.; WIVES, L. K.; OLIVEIRA, J. P. M. de. Reactive, proactive, and extensible situation-awareness in ambient assisted living. **Expert Systems with Applications**, Elsevier, v. 76, p. 21–35, 2017.

MACHOT, F. A.; MOSA, A. H.; ALI, M.; KYAMAKYA, K. Activity recognition in sensor data streams for active and assisted living environments. **IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology**, IEEE, v. 28, n. 10, p. 2933–2945, 2017.

MAHESH, B. Machine learning algorithms-a review. **International Journal of Science and Research (IJSR).[Internet]**, v. 9, p. 381–386, 2020.

MAJIDI, M.; MOBARHAN, R.; HARDOROUDI, A. H.; SAMAD, H. A.; PARCHINAKI, A. K. *et al.* Energy cost analyses of key management techniques for secure patient monitoring in wsn. In: IEEE. **2011 IEEE Conference on Open Systems**. [*S. l.*], 2011. p. 111–115.

MANCINI, A.; FRONTONI, E.; ZINGARETTI, P. Embedded multisensor system for safe point-to-point navigation of impaired users. **IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems**, IEEE, v. 16, n. 6, p. 3543–3555, 2015.

MARCELINO, I.; LAZA, R.; DOMINGUES, P.; GÓMEZ-MEIRE, S.; FDEZ-RIVEROLA, F.; PEREIRA, A. Active and assisted living ecosystem for the elderly. **Sensors**, MDPI, v. 18, n. 4, p. 1246, 2018.

MIHAYLOV, M.; MIHOVSKA, A.; KYRIAZAKOS, S.; PRASAD, R. Interoperable ehealth platform for personalized smart services. In: IEEE. **2015 IEEE International Conference on Communication Workshop (ICCW)**. [*S. l.*], 2015. p. 240–245.

MIRJALOL, S.; WHANGBO, T. K. An authentication protocol for smartphone integrated ambient assisted living system. In: IEEE. **2018 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)**. [*S. l.*], 2018. p. 424–428.

MOHAMMADI, N. G.; HEISEL, M. Patterns for identification of trust concerns and specification of trustworthiness requirements. In: **Proceedings of the 21st European Conference on Pattern Languages of Programs**. [*S. l.*: *s. n.*], 2016. p. 1–20.

NI, Q.; HERNANDO, A. B. G.; CRUZ, I. Pau de la. A context-aware system infrastructure for monitoring activities of daily living in smart home. **Journal of Sensors**, Hindawi, v. 2016, 2016.

ODEH, A.; KESHTA, I.; ABOSHGIFA, A.; ABDELFATTAH, E. Privacy and security in mobile health technologies: Challenges and concerns. In: IEEE. **2022 IEEE 12th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC)**. [*S. l.*], 2022. p. 0065–0071.

OLIVEIRA, E. M. d.; SILVA, H. S. d.; LOPES, A.; CACHIONI, M.; FALCÃO, D. V. d. S.; BATISTONI, S. S. T.; NERI, A. L.; YASSUDA, M. S. Atividades avançadas de vida diária (aavd) e desempenho cognitivo entre idosos. **Psico-USF**, SciELO Brasil, v. 20, p. 109–120, 2015.

O'GRADY, M. J.; MULDOON, C.; DRAGONE, M.; TYNAN, R.; O'HARE, G. M. Towards evolutionary ambient assisted living systems. **Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing**, Springer, v. 1, n. 1, p. 15–29, 2010.

PANAGIOTAKOPOULOS, T.; ANTONOPOULOS, C.; ALEFRAGKIS, P.; KAMEAS, A.; KOUBIAS, S. Taking care of elderly people with chronic conditions using ambient assisted living technology: The advent perspective. In: SPRINGER. **International Conference on Distributed, Ambient, and Pervasive Interactions**. [*S. l.*], 2014. p. 474–485.

PARVIN, P.; PATERNÒ, F.; CHESSA, S. Anomaly detection in the elderly daily behavior. In: IEEE. **2018 14th International Conference on Intelligent Environments (IE)**. [*S. l.*], 2018. p. 103–106.

PATEL, A. D.; SHAH, J. H. Performance analysis of supervised machine learning algorithms to recognize human activity in ambient assisted living environment. In: IEEE. **2019 IEEE 16th India Council International Conference (INDICON)**. [*S. l.*], 2019. p. 1–4.

PEREIRA, R.; BARANAUSKAS, M. C. C. A value-oriented and culturally informed approach to the design of interactive systems. **International Journal of Human-Computer Studies**, Elsevier, v. 80, p. 66–82, 2015.

QUEIRÓS, A.; ROCHA, N. P. d. Ambient assisted living: Systematic review. **Usability, Accessibility and Ambient Assisted Living**, Springer International Publishing, p. 13–47, 2018.

QURESHI, M. A.; QURESHI, K. N.; JEON, G.; PICCIALLI, F. Deep learning-based ambient assisted living for self-management of cardiovascular conditions. **Neural Computing and Applications**, Springer, p. 1–19, 2021.

ROSAS, J.; CAMARINHA-MATOS, L. M.; CARVALHO, G.; OLIVEIRA, A. I.; FERRADA, F. Development of an ecosystem for ambient assisted living. In: SPRINGER. **International Summer Workshop on Multimodal Interfaces**. [*S. l.*], 2013. p. 200–227.

RUIZ-LÓPEZ, T.; NOGUERA, M.; RODRÍGUEZ, M. J.; GARRIDO, J. L.; CHUNG, L. Reubi: A requirements engineering method for ubiquitous systems. **Science of Computer Programming**, Elsevier, v. 78, n. 10, p. 1895–1911, 2013.

RUIZ-LOPEZ, T.; RODRIGUEZ-DOMINGUEZ, C.; NOGUERA, M.; RODRÍGUEZ, M. J.; BENGHAZI, K.; GARRIDO, J. L. Applying model-driven engineering to a method for systematic treatment of nfrs in ami systems. **Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments**, IOS Press, v. 5, n. 3, p. 287–310, 2013.

SILVA, R. A. d. **Nfr4es: Um catálogo de requisitos nao-funcionais para sistemas embarcados**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, 2019.

SILVA, T. G. d. **Uma ontologia como suporte para especificação de requisitos não funcionais de sistemas AAL (Ambient Assisted Living) considerando aspectos de compliance**. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2023.

SUTCLIFFE, A.; SAWYER, P. Modeling personalized adaptive systems. In: SPRINGER. **International Conference on Advanced Information Systems Engineering**. [*S. l.*], 2013. p. 178–192.

VACHER, M.; PORTET, F.; FLEURY, A.; NOURY, N. Challenges in the processing of audio channels for ambient assisted living. In: IEEE. **The 12th IEEE International Conference on e-Health Networking, Applications and Services**. [*S. l.*], 2010. p. 330–337.

VAZQUEZ, C. E.; SIMÕES, G. S. **Engenharia de Requisitos: software orientado ao negócio**. [*S. l.*]: Brasport, 2016.

WAN, J.; BYRNE, C. A.; O'GRADY, M. J.; O'HARE, G. M. Managing wandering risk in people with dementia. **IEEE Transactions on Human-Machine Systems**, IEEE, v. 45, n. 6, p. 819–823, 2015.

XU, L.; POMBO, N. Human behavior prediction though noninvasive and privacy-preserving internet of things (iot) assisted monitoring. In: IEEE. **2019 IEEE 5th World Forum on Internet of Things (WF-IoT)**. [*S. l.*], 2019. p. 773–777.

YI, M.-K.; WHANGBO, T.-K. An efficient and secure authentication for ambient assisted living system. **Journal of Web Engineering**, River Publishers, v. 21, n. 3, p. 693–711, 2022.

ŽARIĆ, N.; DJURIŠIĆ, M. P.; MIHOVSKA, A. Ambient assisted living systems in the context of human centric sensing and iot concept: Ewall case study. In: IEEE. **2016 IEEE 27th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC)**. [*S. l.*], 2016. p. 1–7.