

# Requisitos Não-Funcionais de Confiança: Um Catálogo para Robôs Socialmente Assistivos

Larissa Rodrigues da Costa <sup>1</sup>[0000-0001-9484-9109], Jaelson Castro <sup>1</sup>[0000-0002-4635-7297],

Judith Kelner <sup>1</sup>[0000-0002-2673-5887], Maria Lencastre <sup>2</sup>[0000-0002-8032-8801]

<sup>1</sup> Centro de Informática - Universidade Federal de Pernambuco, Brasil  
{lrc, jbc, jk}@cin.ufpe.br

<sup>2</sup> Escola Politécnica de Pernambuco - Universidade de Pernambuco, Brasil  
mlpm@ecomp.poly.br

**Abstract.** **[Contexto]:** Temos observado crescimento significativo no desenvolvimento e utilização de robôs socialmente assistivos (*Socially Assistive Robots – SARs*) que interagem com humanos. Um dos aspectos críticos para a adoção desses robôs é a confiança (*trust*). Para a Engenharia de Requisitos, a confiança poderá ser considerada um requisito não-funcional a ser satisfeito. As fases de elicitação e especificação dos requisitos de confiança contribuirá diretamente para a qualidade dos SARs. Na literatura há uma escassez de trabalhos que abordam a confiança no contexto de SARs. **[Objetivo]:** Este trabalho propôs um catálogo de Requisitos Não-Funcionais de Confiança para Robôs Socialmente Assistivos - *NFR4TRUST*. **[Método]:** Foi realizado um levantamento bibliográfico, abrangendo o contexto de confiança em interação humano-robô. Em seguida, foi construída uma taxonomia de confiança para SARs que irá auxiliar a descoberta de requisitos, servindo de base para a elaboração do *NFR4TRUST*. A validação do catálogo incluiu o seu uso na definição de requisitos de confiança de um robô que auxilia na reabilitação de membros superiores, e a realização de entrevistas com especialistas das áreas de NFR Framework, interação-humano-robô, engenharia de requisitos e fisioterapia. **[Resultados]:** De acordo com os especialistas e engenheiros de requisitos consultados, o catálogo *NFR4TRUST* é um artefato útil, de fácil entendimento, apresentando uma boa abrangência em relação aos requisitos não-funcionais de confiança no domínio da SARs. **[Conclusão]:** O *NFR4TRUST* foi considerado útil e adequado para apoiar as etapas de elicitação e especificação em projetos de robôs socialmente assistivos, permitindo a identificação de possíveis problemas sobre a perspectiva de confiança.

**Keywords:** Requisitos Não-Funcionais, Confiança, Robótica Socialmente Assistiva, Interação Humano-Robô, NFR Framework.

## 1 Introdução

A robótica vem sendo cada vez mais utilizada para facilitar o dia a dia e melhorar a qualidade de vida das pessoas. Nos últimos anos, tem crescido significativamente o interesse em robôs que prestam assistência ao usuário humano, com ênfase na interação social [1]. Estes robôs são conhecidos como Robôs Socialmente Assistivos (*Socially*

*Assistive Robots - SARs*) e vem trazendo benefícios em diversas aplicações, como por exemplo, na educação, em terapias de crianças com algum tipo de Transtorno do Espectro Autista (TEA), como ferramenta de apoio para cuidado de idosos e pessoas com desordem física, cognitiva ou social, na reabilitação, entre outros [2,3].

A área de Interação Humano-Robô (Human Robot Interaction - HRI) é responsável pela investigação de como o aspecto humano e o robótico colaboram entre si, incluindo qual o papel do robô na vida humana. Os trabalhos desenvolvidos na área de HRI são bastante relevantes aos robôs com características sociais [4].

O conceito de confiança [5] é considerado crucial para uma interação bem-sucedida. De fato, a confiança está relacionada a avaliação dos riscos associados à interação com outro agente [7,8,9]. Portanto, inúmeras pesquisas na área de HRI tentam identificar fatores que ajudam a promover a confiança humana em relação aos robôs [6]. Logo, é necessário investigar os aspectos relacionados a confiança humana na interação com os robôs socialmente assistivos. A confiança também é considerada imprescindível para várias funções sociais [10,11], podendo impactar o sucesso da colaboração entre o humano e o robô e também determinar o uso futuro do robô [12].

Quando se trata de sistemas robóticos, os Requisitos Não-Funcionais (*Non Functional Requirements - NFRs*), têm um papel relevante durante o desenvolvimento, pois se tais requisitos não forem levados em consideração, então o sistema robótico poderá ter baixa qualidade. É essencial que ao desenvolver um sistema robótico faça-se uso das etapas de elicitação e especificação de requisitos para que o sistema possa atender às necessidades dos stakeholders, mitigando ao máximo o risco de o usuário não aceitar o robô.

Contudo, após análise da literatura nos domínios de SARs e confiança, foi possível observar uma escassez de trabalhos relacionados à confiança específica em SARs. Da mesma forma, também foi possível observar que os trabalhos relacionados à confiança na área de HRI concentram-se em sua grande maioria em estudo dos fatores que compõem e na criação de validação de métodos de avaliação de confiança. Portanto, existe uma lacuna de trabalhos que foquem no auxílio do desenvolvimento de sistemas robóticos que já possam incluir as preocupações da perspectiva de confiança humana em sua idealização inicial.

Desta forma, o objetivo geral do artigo foi construir um Catálogo de NFRs de confiança para Robôs Socialmente Assistivos, chamado de NFR4TRUST (*Non-Functional Requirements for Trust*). Este novo artefato poderá apoiar as etapas de elicitação e especificação de requisitos [13] para esse novo contexto.

A abordagem NFR Framework [14] foi utilizada para a documentação do catálogo. Essa abordagem tem sido utilizada com sucesso para a representação e análise de NFRs. Segundo [14] o objetivo da abordagem é auxiliar desenvolvedores na implementação de soluções personalizadas, considerando características relacionadas ao domínio e ao sistema em questão. No NFR Framework, os NFRs são representados através de um grafo de interdependência de *softgoal* (*Softgoal Interdependency Graph - SIG*). Vale salientar que este trabalho foi guiado pelas seguintes questões de pesquisa:

(i) Quais os principais NFRs de Confiança que devem ser levados em consideração no desenvolvimento ou implementação de Robôs Socialmente Assistivos?

(ii) Quais são os inter-relacionamentos entre os principais NFRs de Confiança para Robôs Socialmente Assistivos?

O nosso catálogo *NFR4TRUST* foi avaliado através de uma prova de conceito, entrevistas com especialistas seniores das áreas de NFR Framework e HRI, bem como através de um questionário para obter a opinião de Engenheiros de Requisitos.

Este artigo está organizado da seguinte forma: a seção 2 apresenta a fundamentação teórica; a seção 3 descreve a metodologia para construção do catálogo; já a seção 4 apresenta o catálogo propriamente dito; já a seção 5 descreve a validação da proposta que incluiu avaliação por engenheiros de requisitos, especialista na área de interação humano-robô; e uma avaliação por engenheiros de requisitos; seção 6 apresenta trabalhos relacionados; por fim, a seção 7 resume as conclusões e trabalhos futuros.

## 2 Fundamentação Teórica

A Interação Humano-Robô (*Human-Robot Interaction* - HRI) é o estudo de como e/ou porque ocorre a interação entre humanos e robôs. Essa área de pesquisa surgiu com o objetivo de projetar, compreender e avaliar sistemas robóticos que serão utilizados por humanos ou utilizados com eles [15].

Existem alguns conjuntos de problemas e desafios na busca de construir uma interação mais eficaz que geralmente geram esforços de pesquisa da comunidade de HRI. Dentre eles, podemos destacar garantir a segurança nas colaborações entre humanos e robôs, bem como a compreensão do papel da confiança na interação entre eles [5,17,18,19].

Embora os conceitos de segurança e confiança muitas vezes são tratados como vertentes diferentes de investigação, a segurança afeta diretamente a percepção de confiança, uma vez que, quanto menor o nível de segurança percebido, menor a chance de o indivíduo confiar na utilização do robô. Sendo assim, neste artigo consideramos a segurança como um tópico dentro da confiança.

A confiança é requerida em diversos quesitos como na eficácia da comunicação, no aprendizado e na resolução de problemas [20]. É difícil delimitar um significado único para uma noção tão ampla como a confiança, principalmente por esse aspecto poder variar de acordo com a situação ou contexto e basear-se em experiências e aprendizagem social. A confiança inclusive pode mudar de acordo com nacionalidade e/ou cultura específica [20].

Após avaliar as principais definições de confiança existentes na literatura adotamos a definição proposta em [13]. Portanto, neste artigo confiança é definida como a crença que o usuário (*trustor*) tem de que o robô (*trustee*) será capaz de cumprir suas funções esperadas de forma esperada, eficaz e segura.

Conforme apresentado em [21], a Robótica Socialmente Assistiva (*Socially Assistive Robotics* - SAR) é uma das três grandes áreas da robótica classificada no campo de estudo da Interação Humano-Robô (HRI). Ela é a intersecção entre as outras duas áreas que são: A Robótica Assistiva (AR), da qual os robôs provêm assistência às pessoas com alguma deficiência física, possibilitando-os melhoria em sua independência; e a

Socialmente Interativa (SIR), que possui alguma forma de interação social com o usuário humano para execução de sua tarefa principal. O objetivo dos Robôs Socialmente Assistivos é criar uma interação próxima e eficaz com um usuário humano com o propósito de dar assistência e alcançar um progresso mensurável na recuperação, reabilitação, aprendizagem, entre outros [21].

Os Requisitos Não-Funcionais (*Non Functional Requirements* - NFRs) são atributos de qualidade, que podem inclusive estar diretamente relacionados à funcionalidade de um sistema. Os NFRs têm um papel relevante durante o desenvolvimento de um robô, pois se tais requisitos não forem satisfeitos o sistema estará impróprio.

Em se tratando de sistemas robóticos socialmente assistivos haverá interações e colaborações próximas entre humanos e robôs. Portanto, é imperativo que se investigue quais requisitos que devem ser satisfeitos para que tais sistemas sejam considerados confiáveis da perspectiva do usuário. Também é necessário considerar requisitos relacionados à influência social e psicológica que o robô poderá exercer na interação com o humano, bem como os tipos de contatos físico que possam ocorrer entre o robô e os humanos.

### 3 Metodologia de Construção do Catálogo

Na Figura 1 é apresentado o processo de construção do catálogo NFR4TRUST através da notação *Business Process Model and Notation* (BPMN) desenvolvida pela Object Management Group (OMG).

A construção do catálogo foi realizada em um processo de 3 fases e 9 tarefas. Conforme Figura 1, a primeira fase realizada nesse processo foi a de Levantamento Inicial. Onde, através de uma revisão da literatura, foram encontradas taxonomias relevantes de confiança, utilizadas como base para identificar fatores de confiança pertinentes a SARs e criação de uma taxonomia adaptada, contendo apenas o conjunto de fatores que se caracterizam como importantes para o domínio. Nessa fase, os requisitos foram coletados com base na taxonomia de [21] que define as propriedades de SARs e a taxonomia adaptada de confiança para SARs [13], bem como suas definições, atributos e/ou restrições.

Através das execução das tarefas 1 e 2 (vide Figura 1), foram identificados e adaptados para a taxonomia [13] 30 fatores, sendo eles: **Idade, Personalidade, Propensão de confiança, Controle da atenção, Fadiga, Estresse, Experiências Prévias, Habilidade de uso, Expectativa, Atitudes, Satisfação, Conforto, Modo de comunicação, Aparência/Antropomorfismo, Nível de Automação, Inteligência, Personalidade do robô, Segurança/ Privacidade, Comportamento do robô, Confiabilidade/Erros, Feedback, Adaptabilidade, Proximidade, Interdependência de papéis/ tarefas, Composição de equipe, Modelos mentais compartilhados e Impacto Social/Cultural.**

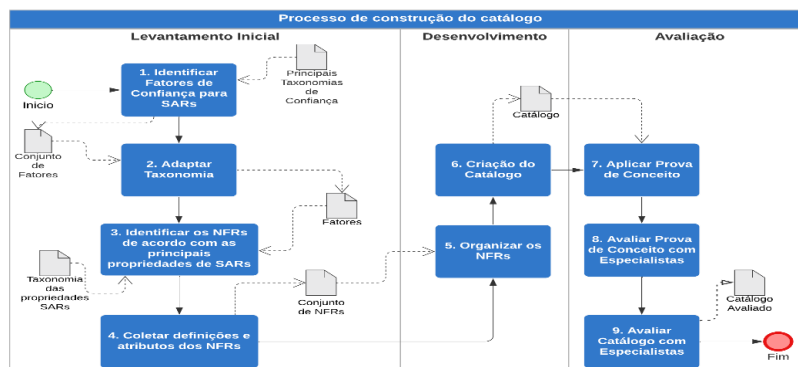


Figura 1. Fases e tarefas do processo de construção do catálogo

Com a execução da tarefa 3, de acordo com as 12 propriedades de SARs [21] que caracterizam os Robôs Socialmente Assistivos: **Incorporação, Emoção, Diálogo, Personalidade, Percepção orientada para o ser humano, Modelagem de usuário, Aprendizagem Socialmente situada, Intencionalidade, População de usuário, Exemplos de tarefas, Sofisticação de interação e Papel do robô**. Foram identificados com base na taxonomia descrita em [13], 19 fatores de confiança associados a essas propriedades de SARs (os fatores foram associados de acordo com suas definições). A taxonomia descrita em [13] foi dividida em 3 categorias e (8) subcategorias, as categorias gerais são: Fator Humano, Fator Ambiente e Fator Robô (consultar capítulo 3 de [13]). A partir da categoria Fator Humano, são associados 3 fatores as propriedades de SARs: **Idade, Experiências Prévias e Habilidade de uso**. Enquanto da categoria Fator Ambiente associa-se 6 fatores: **Interdependência de papéis/tarefas, Composição de equipes, Impacto Social/Cultural, Risco/incerteza, Contexto/Tipo de tarefa/Complexidade e Ambiente físico**. A categoria Fator Robô é a fonte de 10 fatores: **Modo de comunicação, Aparência/Antropomorfismo, Nível de Automação, Inteligência, Personalidade, Comportamento, Confiabilidade (Reliability)/Erro, Feedback, Adaptabilidade e Proximidade**.

As definições e atributos dos NFRs foram coletadas através da revisão da literatura realizada durante a construção da taxonomia [13], sendo usados como fontes artigos, livros, monografias, teses, dissertações, etc. Conforme Figura 2, na segunda fase foi realizado o Desenvolvimento, que inclui 2 tarefas: Organização dos NFRs identificados (Tarefa 5) e a criação do Catálogo (Tarefa 6).

Na tarefa 5, foram feitas algumas modificações de nomenclaturas e organização dos fatores nas propriedades de SARs, nessa etapa foram acrescentados mais dois NFRs primários (Privacidade e Segurança (Safety)). Dessa forma, os NFRs primários passaram a ser 14: **Aparência/Antropomorfismo, Comunicação, Emoção, Sofisticação de interação, Aprendizagem Socialmente Situada, Percepção orientada para o ser humano, Privacidade, Segurança (Safety), Personalidade, Intencionalidade, Papel do robô, Tarefas/Contexto, Modelagem de usuário e População de usuário** (Vide Figura 2). Enquanto na tarefa 6 foi realizada a construção do Catálogo de Requisitos Não-Funcionais, organizando todos os NFRs encontrados nas etapas anteriores com

suas definições, atributos e restrições. Nesta tarefa 6, foi adotada a notação de NFR Framework proposta por [14], tendo sido criado um Grafo de Interdependência de *Softgoal* (SIG) com os Requisitos Não-Funcionais.

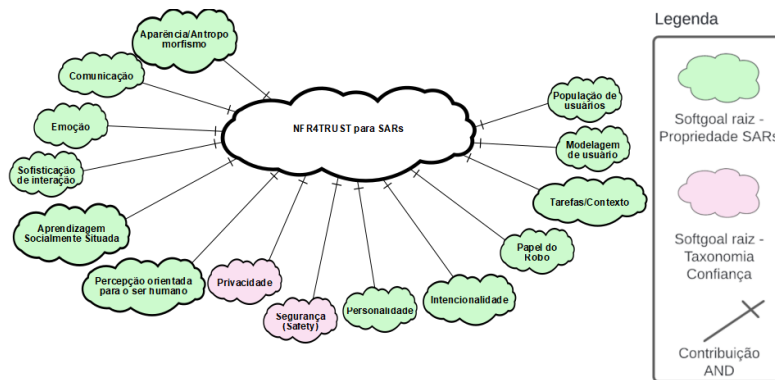
Conforme Figura 2, na terceira fase foi realizada a Avaliação, que inclui as tarefas 7, 8 e 9. Na tarefa 7 o catálogo foi aplicado (Prova de Conceito) na elicitação e especificação de um trabalho que usa um Robô Socialmente Assistivo para auxiliar na reabilitação motora de membros superiores [16]. Esta aplicação foi realizada em conjunto com a autora de [16]. Seu processo será descrito na seção 5 desse artigo.

Na tarefa 8, os artefatos gerados na Prova de Conceito foram avaliados tanto por um especialista sênior de NFR Framework, para verificar o uso da notação e outro especialista de Interação Humano-Robô para verificar a consistência dos conceitos, quanto um especialista sênior do domínio de SARs. Esse processo é discutido na seção 5 do artigo.

Na tarefa 9 foi realizada uma avaliação com 20 acadêmicos da área de Engenharia de Requisitos. Essa última avaliação buscou analisar vários aspectos sobre relevância e utilidade do catálogo. Esse processo é discutido na seção 6 do artigo.

## 4 O Catálogo NFR4TRUST

O catálogo final abrange: um *Softgoal Interdependency Graph* - SIG, mostrando a hierarquia dos requisitos; Uma Tabela mostrando as correlações dos requisitos primários e a definição de cada NFR. A Figura 2 apresenta uma visão parcial do SIG, mostrando os NFRs primários sem os refinamentos e sem as correlações.



**Figura 2.** Visão Parcial SIG dos NFRs primários

São quatorze requisitos raiz (primários), doze deles são propriedades retiradas da taxonomia de SARs [21] e dois são requisitos raiz retirados direto da taxonomia de Confiança para SARs [13]. As evidências e definições dos NFRs podem ser encontradas em [13]. Devido ao seu tamanho, o SIG completo com todos os refinamentos dos NFRs primários está disponível em <https://bitly.com/NrYgW>.

As correlações, omitidas para evitar poluição visual, são listadas na Tabela 1. Os sinais (-, +, ?) representam, respectivamente, contribuições parcialmente negativas, parcialmente positivas e contribuições desconhecidas (*unknown*), de acordo com o NFR Framework [14]. As correlações apresentadas na Tabela 1 foram definidas com base na literatura. De fato, essas correlações não representam uma imagem definitiva e completa da área, assim como os próprios NFRs, e sim uma visão parcial encontrada na literatura estudada.

**Tabela 1.** Listagem das Correlações do SIG.

|  |
|--|
| <b>Aparência/Antropomorfismo</b>   |
| Aparência/Antropomorfismo causa um impacto desconhecido (?) em Emoção                            |
| Aparência/Antropomorfismo causa um impacto desconhecido (?) em Segurança ( <i>Safety</i> )       |
| Aparência/Antropomorfismo causa um impacto positivo (+) em Personalidade (Robô)                  |
| Aparência/Antropomorfismo causa um impacto desconhecido (?) em Papel do robô                     |
| Aparência/Antropomorfismo causa um impacto desconhecido (?) em População do usuário              |
| Aparência/Antropomorfismo causa um impacto positivo (+) em Percepção Orientada para o ser humano |
| Aparência/Antropomorfismo causa um impacto positivo (+) em Intencionalidade                      |
| <b>Comunicação</b>   |
| Comunicação causa um impacto positivo (+) em Personalidade (Robô)                                |
| Comunicação causa um impacto positivo (+) em Emoção  |
| Comunicação causa um impacto desconhecido (?) em Papel do Robô                                   |
| Comunicação causa um impacto desconhecido (?) em Privacidade                                     |
| Comunicação causa um impacto positivo (+) em Aparência/Antropomorfismo                           |
| Comunicação causa um impacto positivo (+) em Intencionalidade                                    |
| <b>Emoção</b>  |
| Emoção causa um impacto positivo (+) em Comunicação  |
| Emoção causa um impacto positivo (+) em Intencionalidade   |
| Emoção causa um impacto positivo (+) em Personalidade (Robô)                                     |
| Emoção causa um impacto positivo (+) em Aparência/Antropomorfismo                                |
| <b>Sofisticação de Interação</b>   |
| Sofisticação de Interação causa um impacto positivo (+) em Comunicação                           |
| Sofisticação de Interação causa um impacto positivo (+) em População de usuários                 |
| Sofisticação de Interação causa um impacto positivo (+) em Aprendizagem Socialmente Situada      |
| <b>Aprendizagem Socialmente Situada</b>  |
| Aprendizagem Socialmente Situada causa um impacto positivo (+) em Intencionalidade               |
| Aprendizagem Socialmente Situada causa um impacto positivo (+) em Comunicação                    |
| Aprendizagem Socialmente Situada causa um impacto positivo (+) em Emoção                         |
| <b>Percepção orientada para o ser humano</b>   |
| Percepção orientada para o ser humano causa um impacto (+) em Comunicação                        |
| Percepção orientada para o ser humano causa um impacto (-) em Privacidade                        |
| Percepção orientada para o ser humano causa um impacto (+) em Segurança ( <i>Safety</i> )        |
| Percepção orientada para o ser humano causa um impacto (+) em Intencionalidade                   |
| Percepção orientada para o ser humano causa um impacto (+) em Aprendizagem Socialmente Situada   |
| <b>Privacidade</b>   |
| Privacidade causa um impacto negativo (-) em Segurança ( <i>Safety</i> )                         |
| Privacidade causa um impacto negativo (-) em Sofisticação de interação                           |
| Privacidade causa um impacto negativo (-) em Percepção orientada para o ser humano               |
| <b>Segurança (<i>Safety</i>)</b>   |
| Segurança ( <i>Safety</i> ) causa um impacto negativo (-) em Privacidade                         |
| Segurança ( <i>Safety</i> ) causa um impacto negativo (-) em Aparência/Antropomorfismo           |
| Segurança ( <i>Safety</i> ) causa um impacto positivo (+) em População de usuários               |
| <b>Personalidade</b>   |
| Personalidade (Robô) causa um impacto positivo (+) em Intencionalidade                           |
| Personalidade (Robô) causa um impacto desconhecido (?) em População de usuários                  |
| <b>Intencionalidade</b>  |
| Intencionalidade causa um impacto positivo (+) em Aparência/Antropomorfismo                      |
| Intencionalidade causa um impacto positivo (+) em Papel do robô                                  |
| Intencionalidade causa um impacto positivo (+) em Personalidade (Robô)                           |
| Intencionalidade causa um impacto positivo (+) em Emoção   |
| Intencionalidade causa um impacto positivo (+) em Segurança ( <i>Safety</i> )                    |
| <b>Papel do robô</b>   |
| Papel do robô causa um impacto positivo (+) em Aparência/Antropomorfismo                         |
| Papel do robô causa um impacto desconhecido (?) em Sofisticação de interação                     |
| Papel do robô causa um impacto desconhecido (?) em Comunicação                                   |
| Papel do robô causa um impacto positivo (+) em Intencionalidade                                  |
| <b>Tarefas/Contexto</b>  |
| Tarefas causa um impacto positivo (+) em Aparência/Antropomorfismo                               |
| Tarefas causa um impacto positivo (+) em Papel do robô   |
| Tarefas causa um impacto desconhecido (?) em Segurança ( <i>Safety</i> )                         |
| <b>Modelagem de usuário</b>  |
| Modelagem de usuário causa um impacto negativo (-) em Privacidade                                |
| Modelagem de usuário causa um impacto positivo (+) em Intencionalidade                           |
| Modelagem de usuário causa um impacto positivo (+) em Sofisticação de interação                  |
| Modelagem de usuário causa um impacto positivo (+) em Percepção orientada para o ser humano      |
| <b>População de usuários</b>   |
| População de usuários causa um impacto positivo (+) em Papel do robô                             |
| População de usuários causa um impacto positivo (+) em Tarefas/Contexto                          |

Fonte: Autores (2022)

Na Figura 3 podemos observar o refinamento do NFR primário de Aparência/Antropomorfismo.

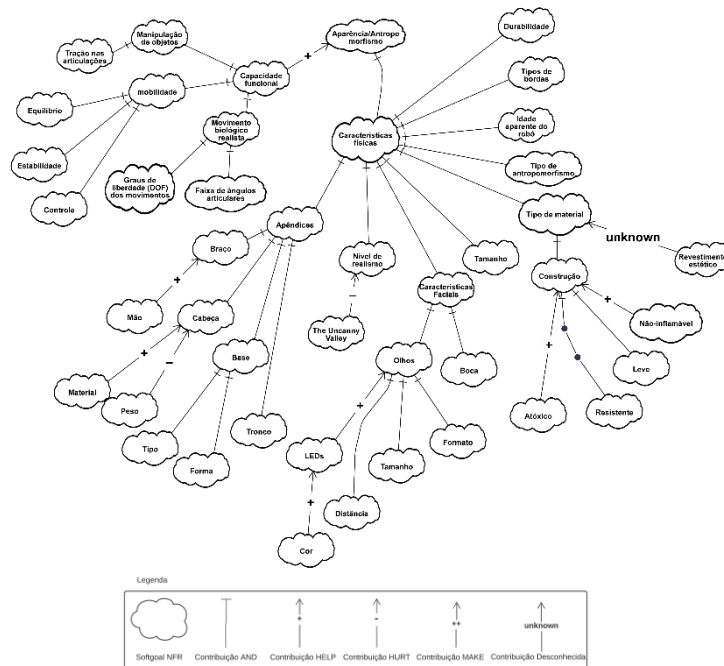


Figura 3. Refinamento do NFR de Aparência/Antropomorfismo

**Definição:** A forma e a estrutura do robô, ou seja, sua aparência, são importantes para estabelecer expectativas sociais [22]. O antropomorfismo, segundo [23], é a tendência que o ser humano tem de atribuir características humanas a objetos inanimados, animais e outros. O conceito de antropomorfismo também tem um impacto importante na interação Humano-Robô. Ao projetar um Robô Socialmente Assistivo, a aparência geral do robô muda de acordo com o contexto/tarefa de sua utilização, muitas vezes também podendo ser arquitetada de acordo com o ambiente e a população de usuários que irão utilizá-lo, embora o mais importante a se considerar é que sua forma física possa cumprir a expectativa evocada no usuário [23]. Dito isso, as características físicas do robô e seu nível de antropomorfismo vão ser de suma importância para a confiança, principalmente as características que permitem incrementar a parte social do robô e suas percepções.

**Atributos Principais:** Capacidade funcional e Características físicas. Os atributos descritos são descritos em [13].

**Fontes de evidência na literatura:** [22,23,24,25,26].

**Correlações:** São apresentadas quatro correlações ‘unknown’ de Aparência/Antropomorfismo para os requisitos Emoção, Segurança (*Safety*), Papel do robô e População



de usuário, e três correlações positivas (+) para os requisitos de Personalidade, Percepção Orientada para o ser humano e Intencionalidade. Essas correlações representam os impactos que a Aparência/Antropomorfismo causa nestes requisitos.

## 5 Avaliação do NFR4TRUST

Nesta seção descrevemos como foi feita a avaliação do catálogo NFR4TRUST. Iniciamos descrevendo o uso do catálogo em um desenvolvimento de um SARs aplicado na área de reabilitação de membros superiores. Em seguida a validação com especialistas sêniores e por último por Engenheiros de Requisitos acadêmicos.

### 5.1 Avaliação através de Prova de Conceito

O Robô Socialmente Assistivo utilizado nesta Prova de Conceito é o **NAO**, que é um robô desenvolvido pela empresa francesa Aldebaran Robotics, atualmente conhecida como SoftBank Robotics Europe. Nesta pesquisa foi usado como base o trabalho de [16] que avalia a utilização do NAO v5 no contexto de fisioterapia para auxiliar na reabilitação motora de membros superiores. O principal objetivo da utilização do NAO na fisioterapia é manter o estímulo para a manutenção adequada do tratamento do paciente. Os Robôs com características sociais possibilitam que pacientes criem algum tipo de vínculo afetivo com eles aumentando o estímulo à continuidade do tratamento.

A Prova de Conceito foi realizada em conjunto com a autora de [16]. Foram instanciados três NFRs primários, sendo eles: Aparência/Antropomorfismo, Comunicação e Emoção, todo processo realizado na Prova de Conceito pode ser visto no capítulo 5 de [13]. As instanciações completas da Prova de Conceito estão disponível em <https://bityli.com/NrYgW>.

A seguir na Figura 4 é ilustrada uma parte da instanciação do SIG de Aparência/Antropomorfismo. Nesse trecho pode-se observar a presença de operacionalizações (nuvens escuras, representam implementação/soluções), afirmações (nuvens pontilhadas, representam fundamento lógico) e contribuições (positiva, negativa, AND (deve ser satisfeitas)). O NFR primário de Aparência/Antropomorfismo possui dois atributos, sendo eles: Capacidade funcional e Características físicas. No atributo de Capacidade funcional pode-se perceber uma contribuição positiva para o *softgoal* de Aparência/Antropomorfismo. Já o atributo de Características físicas possui uma contribuição do tipo AND para Aparência/Antropomorfismo.

A Prova de conceito passou por um processo de avaliação quanto ao uso da abordagem NFR Framework e quanto à área de Interação Humano-Robô. Para tanto, foram entrevistados dois especialistas sêniores, um de NFR Framework e outro de Interação Humano-Robô.

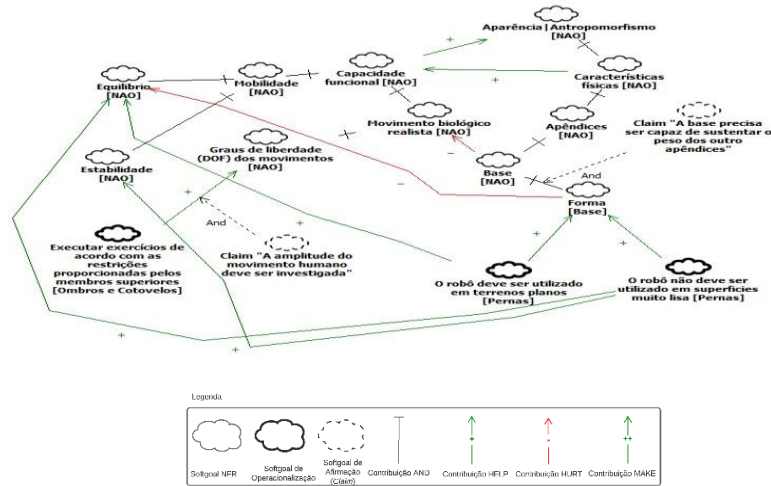


Figura 4. Parte do SIG de Aparência/Antropomorfismo instanciado na Prova de Conceito

## 5.2 Avaliação com os especialistas de NFR Framework e de Interação Humano-Robô

A reunião com o especialista da abordagem NFR Framework teve duração de 1 hora e 49 minutos e foi realizada de maneira remota pela ferramenta Google Meet, sendo gravada para consultas posteriores.

O objetivo da entrevista com o *especialista de NFR* foi verificar a corretude de utilização da abordagem. Os Catálogos gerados com a Prova de Conceito conseguiram ser avaliados e o especialista deu feedbacks sobre os artefatos gerados. De modo geral, foi constatado que o NFR Framework está condizente com as diretrizes de aplicação da abordagem e que a aplicação do catálogo possibilita chegar em algumas operacionalizações. As modificações sugeridas foram utilizadas para melhorar o catálogo. A Avaliação da Prova de Conceito realizada com o especialista da área de HRI também aconteceu de forma remota e pela ferramenta Google Meet. A reunião teve uma duração de 1 hora e 1 minuto e foi gravada para consultas posteriores.

O objetivo dessa reunião com o *especialista em HRI* foi verificar a aplicabilidade do catálogo em cenários reais e verificar os SIGs gerados na Prova de Conceito. Nessa avaliação, foi possível verificar a relevância dos NFRs para o domínio de SARs e a viabilidade de aplicação do catálogo em cenários reais. O especialista afirmou que o catálogo poderia ser utilizado principalmente para projetar aplicações de SARs bem como ele usaria e indicaria o catálogo para desenvolver aplicações desse tipo. O especialista também destacou o fator de Privacidade como mais importante em Robôs Socialmente Assistivos e indicou algumas melhorias a serem feitas.

### 5.3 Avaliação por Engenheiros de Requisitos

Os participantes desta avaliação foram convidados em duas etapas: a primeira através de contato via e-mail aos participantes membros do Laboratório de Engenharia de Requisitos (LER) da UFPE e na segunda através de uma atividade no Google Sala de Aula com alunos da disciplina de pós-graduação de Engenharia de Requisitos, ministrada no Centro de Informática da UFPE. Esta pesquisa contou com 20 participantes voluntários (12 grupo LER e 8 alunos da disciplina).

A aplicação do instrumento ocorreu de maneira remota via Google Meet com o preenchimento do questionário no Google Forms. Os perfis dos participantes desta pesquisa foram constituídos de Engenheiros de Requisitos, a maioria deles possuindo um bom conhecimento de elicitación de requisitos e NFR Framework. Porém, apenas 40% com um bom conhecimento de Interação Humano-Robô e nas outras áreas (Confiança, Robótica Social e Robótica Socialmente Assistiva) um conhecimento relativamente reduzido.

Com os resultados obtidos pela aplicação do questionário foi possível concluir que o catálogo apresenta requisitos que refletem bem algumas qualidades de Confiança. Os participantes validaram de maneira positiva a pertinência destes requisitos, também foi possível constatar que as correlações definidas refletiram de maneira satisfatória os impactos de um NFR sobre outro.

Segundo os participantes, o catálogo apresentou uma boa abrangência em relação aos Requisitos Não-Funcionais de confiança no domínio da Robótica Socialmente Assistiva. A maior parte dos fatores de Confiança que os participantes sugeriram ou destacaram como importantes foram contemplados no catálogo. Alguns participantes realizaram observações sobre os requisitos apresentados, como a inclusão de novos requisitos e pequenas modificações nos requisitos existentes.

Quanto as correlações, a maior parte dos participantes concordou que estão adequadas. Os participantes também sugeriram algumas modificações para a melhoria do catálogo. Dessa forma, esses comentários serão levados em consideração para versões futuras do catálogo com o objetivo de melhorar a usabilidade, corrigir possíveis erros e aumentar a sua abrangência. Para mais detalhes consultar o capítulo 5 de [13].

## 6 Trabalhos Relacionados

Não foi encontrado na literatura nenhum catálogo de NFR de Confiança (Trust) específico para SARs. Ademais, alguns trabalhos na literatura já investigam a Confiança como um NFR [30,31]. Porém, esses trabalhos não se relacionam com a área de Interação Humano-Robô. Nossa pesquisa usou como base alguns trabalhos relacionados a criação de catálogos NFRs em outras áreas [32,33,34]. Os principais trabalhos que contribuíram na criação da taxonomia adaptada para a nossa pesquisa foram [27,25,28,29]. Nas Tabelas 2 e 3 são apresentados os 9 trabalhos que tem relação com a nossa pesquisa. Para uma análise mais detalhada dos trabalhos relacionados consultar [13].

**Tabela 2.** Comparação dos trabalhos relacionados sobre aspectos observados

| Trabalhos                           | Possui Taxonomia | Trata de Confiança (Trust) | Trata de HRI | Trata de SARs | Preocupação com Segurança (Safety)/ Privacidade |
|-------------------------------------|------------------|----------------------------|--------------|---------------|---|
| Hancock, Peter A., et al. (2011)    | Sim              | Sim                        | Sim          | Não           | Não   |
| Schaefer, Kristin E. (2013)         | Sim              | Sim                        | Sim          | Não           | Não   |
| Schaefer, Kristin E., et al. (2016) | Sim              | Sim                        | Não          | Não           | Não   |
| Langer, Allison, et al. (2019)      | Não              | Sim                        | Sim          | Sim           | Sim   |
| NFR4TRUST                           | Sim              | Sim                        | Sim          | Sim           | Sim   |

Fonte: Autores (2022)

**Tabela 3.** Comparação dos trabalhos relacionados sobre catálogos de NFRs

| Trabalhos   | Apresenta catálogos com o NFR Framework | Trata de Confiança (Trust) | Trata de NFRs de Confiança em HRI | Trata de NFRs para SARs |
|---|---|----------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| Cysneiros, L. M., do Prado Leite, J. C. S. (2020)           | Sim                                     | Sim                        | Não                               | Não                     |
| Kwan, D., Cysneiros, L. M., do Prado Leite, J. C. S. (2021) | Sim                                     | Sim                        | Não                               | Não                     |
| Silva, Reinaldo Antônio da. (2019)                          | Sim                                     | Não                        | Não                               | Não                     |
| Quintanilla Portugal, Roxana Lisette. (2020)                | Sim                                     | Não                        | Não                               | Não                     |
| Sadi, Mahsa Hasani. (2020)                                  | Sim                                     | Não                        | Não                               | Não                     |
| NFR4TRUST   | Sim                                     | Sim                        | Sim                               | Sim                     |

Fonte: Autores (2022)

## 7 Conclusão e Trabalhos Futuros

Este artigo tratou de identificar, inter-relacionar e documentar NFRs de confiança para o domínio de Robôs Socialmente Assistivos. Em relação as questões de pesquisa, a questão 1 (*Quais os principais NFRs de Confiança que devem ser levados em consideração no desenvolvimento ou implementação de Robôs Socialmente Assistivos?*) foi respondida através da coleta de evidências na literatura sobre Confiança e SARs. Enquanto a questão 2 (*Quais são os inter-relacionamentos entre os principais NFRs de Confiança para Robôs Socialmente Assistivos?*) foi respondida por meio da documentação das correlações entre os NFRs com base na literatura.

O catálogo foi aplicado com sucesso em uma prova de conceito, além de ter sido avaliado por dois especialistas seniores das áreas de NFR Framework e HRI, bem como por 20 engenheiros de requisitos. A partir dos resultados obtidos nesta pesquisa e as limitações encontradas, são propostas algumas ações como trabalhos futuros: desenvolver uma ontologia de Confiança (Trust); organizar e incrementar a taxonomia de Confiança com novos fatores encontrados na literatura; validar a taxonomia de Confiança para SARs através de experimentos; expandir o catálogo de NFR4TRUST, com a inclusão de mais fatores de Confiança; aplicar a técnica STPA-Engineering for Humans para analisar os fatores humanos, elaborando cenários que gerem perda de confiança e diretrizes para mitigá-las; aplicar o catálogo desenvolvido em outras aplicações de SARs; e criar um repositório para armazenar, consultar e modificar os Requisitos Não-Funcionais de Confiança do Catálogo NFR4TRUST.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio financeiro da Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

## Referências

1. Binotte, V. P.: Desenvolvimento de um Robô Socialmente Assistivo Com Controle Baseado em Comportamento de Seleção de Ação para Interação com Crianças com TEA. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica (2018).
2. Feil-Seifer, D., Matarić, M. J.: Socially Assistive Human-Robot Intervention for Children with Autism Spectrum Disorders. 11th Int. Symp. on Experimental Robotics (ISER), v. 54, p. 201–210, (2008).
3. Scassellati, B., Admoni, H., Matarić, M.: Robots for use in autism research. Annual review of biomedical engineering, vol. 14, pp. 275–294, (2012).
4. Yan, H., Ang, M.H., Poo, A.N.: A Survey on Perception Methods for Human–Robot Interaction in Social Robots. International Journal of Social Robotics vol. 6, n. 1, pp. 85–119 (2014).
5. Lee, J. D., See, K. A.: Trust in automation: Designing for appropriate reliance. Human Factors, vol. 46, pp. 50–80 (2004). LNCS Homepage, <http://www.springer.com/lncs>, last accessed 2016/11/21.
6. Salem, M., Dautenhahn, K.: Evaluating trust and safety in HRI: Practical issues and ethical challenges. Emerging Policy and Ethics of Human-Robot Interaction (2015).
7. Luhmann, N.: Trust and power Chichester. UK: Wiley (1979).
8. Kollock, P.: The emergence of exchange structures: An experimental study of uncertainty, commitment, and trust. American Journal of sociology, vol. 100, n. 2, pp. 313–345. University of Chicago Press (1994).
9. Luhmann, N.: Familiarity, confidence, trust: Problems and alternatives. Trust: Making and breaking cooperative relations. vol. 6, n. 1, pp. 94–107. Oxford (2000).
10. Freel, M.S.: Sectoral patterns of small firm innovation, networking and proximity. Research policy. vol. 32, n. 5, pp. 751–770. Elsevier (2003).
11. Rossi, A., Dautenhahn, K., Koay, K.L., Saunders, J.: Investigating human perceptions of trust in robots for safe HRI in home environments. Proceedings of the Companion of the 2017 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. pp. 375–376 (2017).
12. Freedy, A., DeVisser, E., Weltman, G., Coeyman, N.: Measurement of trust in human-robot collaboration. 2007 international symposium on collaborative technologies and systems. pp. 106–114. IEEE (2007).
13. Costa, L.: NFR4TRUST: Catálogo de Requisitos Não-Funcionais de Confiança para Robôs Socialmente Assistivos. Universidade Federal de Pernambuco (Dissertação) (março de 2022).
14. Chung, L., Nixon, B. A., Yu, E., Mylopoulos, J.: Non-functional requirements in software engineering. vol. 5. Springer Science & Business Media (2000).

15. Goodrich, M. A., Schultz, A. C.: Human-robot interaction: A survey. In: Foundations and Trends in Human-Computer Interaction, vol. 1, n. 3, pp. 203–275 (2007). <https://doi.org/10.1561/1100000005>
16. Lins, C.: Reabilitação Motora de membros superiores com o uso do Robô NAO. Centro de Informática, Universidade Federal de Pernambuco (2021).
17. Groom, V., Nass, C.: Can robots be teammates?: Benchmarks in human-robot teams. In Interaction studies, ohn Benjamins, vol. 8, n. 3, pp. 483–500 (2007).
18. Charalambous, G., Fletcher, S., Webb, P.: The development of a scale to evaluate trust in industrial human-robot collaboration, In: International Journal of Social Robotics, Springer, vol. 8, n. 2, pp. 193–209 (2016).
19. Lasota, P. A., Fong, T., Shah, J. A.: A Survey of Methods for Safe Human-Robot Interaction. In: Foundations and Trends in Robotics, vol. 5, pp. 261–349 (2017). <https://doi.org/10.1561/2300000052>
20. Blomqvist, K.: The many faces of trust. Scandinavian Journal of Management, vol. 13, n. 3, pp. 271–286 (1997).
21. Feil-Seifer, D., Mataric, M. J.: Defining socially assistive robotics. In 9th International Conference on Rehabilitation Robotics, 2005. ICORR 2005. pp. 465–468. IEEE (2005).
22. Fong, T., Nourbakhsh, I., Dautenhahn, K.: A survey of socially interactive robots. In: Robotics and autonomous systems, Elsevier, vol. 42, n. 3-4, pp. 143–166 (2003).
23. Duffy, B. R.: Anthropomorphism and the social robot. In: Robotics and autonomous systems, Elsevier, vol. 42, n. 3-4, pp. 177–190 (2003).
24. Bartneck, C., Kanda, T., Mubin, O., Al Mahmud, A.: Does the design of a robot influence its animacy and perceived intelligence?. In: International Journal of Social Robotics, Springer, vol. 1, n. 2, pp. 195–204 (2009).
25. Schaefer, Kristin E.: The Perception And Measurement Of Human-robot Trust. University of Central Florida (Tese) (2013).
26. Papadopoulos, I., Lazzarino, R., Miah, S., Weaver, T., Thomas, B., Koulouglioti, C.: A systematic review of the literature regarding socially assistive robots in pre-tertiary education. In: Computers & Education, Elsevier, vol. 155 (2020).
27. Hancock, Peter A., et al.: A meta-analysis of factors affecting trust in human-robot interaction. In: Human factors, vol. 53, n. 5, pp. 517–527 (2011).
28. Schaefer, Kristin E., et al.: A meta-analysis of factors influencing the development of trust in automation: Implications for understanding autonomy in future systems. In: Human factors vol. 53, n. 3, pp. 377–400 (2016).
29. Langer, Allison, et al.: Trust in socially assistive robots: Considerations for use in rehabilitation. Neuroscience & Biobehavioral Reviews, vol. 104, pp. 231–239 (2019).
30. Cysneiros, L. M., do Prado Leite, J. C. S.: Non-functional requirements orienting the development of socially responsible software. In: Enterprise, Business-Process and Information Systems Modeling, Springer, pp.335–342 (2020).
31. Kwan, D., Cysneiros, L. M., do Prado Leite, J. C. S.: Towards Achieving Trust Through Transparency and Ethics. In: 2021 IEEE 29th International Requirements Engineering Conference (RE), pp. 82–93 (2021).
32. Silva, Reinaldo Antônio da.: Nfr4es: um catálogo de requisitos nao-funcionais para sistemas embarcados. Universidade Federal de Pernambuco (Dissertação) (2019).
33. Quintanilla Portugal, Roxana Lisette.: Speeding-Up Non-Functional Requirements Elicitation. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (Tese) (2020).
34. Sadi, Mahsa Hasani.: Assisting with API design through reusing design knowledge. University of Toronto (Canada) (Tese) (2020).