

Nomeando a dor da engenharia de requisitos no domínio de sistemas robóticos

TAYSE VIRGULINO RIBEIRO,
LAURA MARIA PALOMINO MARINO e
FABIO QUEDA BUENO DA SILVA.

Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Informática (CIn) - UFPE, Recife-PE, Brasil
(e-mail: {tvr, lmpm, fabio}@cin.ufpe.br)

Autor Correspondente: Tayse Virgulino Ribeiro (e-mail: tvr@cin.ufpe.br).

• **RESUMO** - A pesquisa no campo da engenharia de *software* tem sido explorada com maior ênfase nos últimos anos, dado o crescente grau de complexidade e sofisticação no avanço da tecnologia no mercado. A fim de contribuir para este último aspecto, é tido como conceito essencial a aplicação de práticas de engenharia de requisitos. No âmbito da Robótica, torna-se relevante uma vez que existem muitos tipos de robô que intervêm em atividades vitais ou que podem ter alguma repercussão para o ser humano. Nesse sentido, é imprescindível estudar como potenciais desenvolvedores nessa área, tendem a desenvolver seus projetos. Assim, o estudo visa explorar como ocorre este processo no grupo de pesquisa RobôCIn - UFPE, Brasil, enfocada especificamente em aspectos que são levados em consideração para a definição de requisitos. Isso, com a intencionalidade de avaliar o grau de correspondência entre o modelo proposto por [1] e a dinâmica de desenvolvimento no grupo. Para a coleta de dados, foram realizadas entrevistas semi-estruturadas durante dois meses (outubro e novembro de 2018) e aplicação de questionários. Depois de analisar as entrevistas e os questionários, apresentamos resultados que avaliam características do modelo, descrevendo em que medida eles corroboram ou não o mesmo.

• **PALAVRAS-CHAVE** - Sistemas Robóticos, Definição de Requisitos, Engenharia de Requisitos.

I. INTRODUÇÃO

Um sistema robótico é uma combinação de algumas peças - *hardware* para montagem de sistemas e *software* para operações do sistema - que deve ser integrado para permitir que um sistema robótico funcione como esperado [1]. No dicionário de Oxford [2], um robô é definido como uma máquina que pode executar uma série complicada de tarefas automaticamente, especialmente uma programável por um computador. Espera-se que os sistemas robóticos auxiliem ou substituam suas contrapartes humanas para um desempenho eficiente e eficaz de todos os tipos de tarefas [3].

Existem muitos tipos de robôs e eles são usados em diferentes ambientes, embora sejam muito diversos em aplicação e forma. Além disso, a tecnologia robótica está se expandindo das aplicações industriais para as domésticas, criando assim novos tipos de robôs, tais como companheiros robóticos, robôs de logística, robôs para vigilância e intervenção, e robôs educacionais. Os robôs mencionados acima devem ser capazes de fornecer serviços para tornar a vida diária dos seres humanos muito mais fácil; com tarefas típicas, incluindo tratamento médico de pacientes na privacidade

de suas próprias casas, transporte de pacientes ou pessoas com deficiência para hospitais e locais públicos, proteção de moradores e pertences de pessoas, educação de crianças, companheirismo social para idosos, etc [4].

No entanto, essa presença onipresente carrega um alto nível de dependência, o que inevitavelmente exige a necessidade de sistemas cada vez mais disponíveis, confiáveis e seguros. A literatura sobre Sistemas Críticos de Segurança (SCS) relatou muitos casos em que sistemas falharam devido à falta de especificações de requisitos ou mal-entendidos relacionados a problemas na engenharia de requisitos, contribuindo para acidentes que causam danos ao meio ambiente, ferimentos em pessoas e até mesmo a perda de vidas [5].

De acordo com isto, o desenvolvimento com qualidade destes sistemas adquire uma importância relevante, o que implica explorar metodologias de engenharia de *software* para abstrair complexidades e aumentar a eficiência para modelar, desenvolver, manter e evoluir sistemas robóticos de forma rentável [1].

Portanto, este trabalho teve por intenção avaliar o grau de correspondência entre o modelo proposto por [1] e a dinâ-

mica de desenvolvimento do grupo de pesquisa RobôCIn, a fim de verificar quais aspectos são levados em consideração na definição de requisitos para desenvolver projetos no RobôCIn atualmente.

O artigo está organizado da seguinte maneira. Na seção II, apresentamos um breve contexto sobre as teorias de sistemas robóticos, engenharia de requisitos e trabalhos relacionados. Na seção III, descrevemos o método do estudo realizados. Na seção IV, os resultados do estudo de caso apresentado. Finalmente, na seção V, são apresentadas conclusões e orientações para trabalhos futuros.

II. REFERENCIAL TEÓRICO E TRABALHOS RELACIONADOS

Esta seção apresenta os principais conceitos, teorias e desafios de pesquisa direcionadas ao estudo da robótica relacionado com definição de requisitos, sendo que o primeiro passo para o desenvolvimento de um sistema robótico é determinar seus requisitos, que são descrições de como o sistema deve se comportar e as restrições associadas à sua operação [3].

O *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) apresenta o padrão 830 que define a Engenharia de Requisitos (RE) como uma técnica de medição do contato entre comprador e fornecedor para estabelecer e manter os requisitos necessários para o sistema, *software* ou serviço de interesse, concentrando-se na descoberta, elicitação, desenvolvimento, análise, validação, comunicação, documentação e gerenciamento de requisitos. O objetivo da Engenharia de requisitos é então determinar as propriedades que um sistema deve ter para obter sucesso, sendo algumas vezes relativamente simples e outras não [6].

Nos últimos anos, tem havido um fluxo contínuo de pesquisas relatadas sobre técnicas de definição de requisitos para sistemas robóticos. A partir da complexidade de tais sistemas, requer a coleta sistemática de requisitos em níveis não considerados em sistemas gerais. No entanto, a maioria das técnicas de definição de requisitos para sistemas robóticos vem das que normalmente são usadas em sistemas gerais. Assim, acreditamos que várias características técnicas relacionadas aos sistemas robóticos não são adequadamente abordadas pelas técnicas de definição de requisitos no estado da arte [1].

Na área da robótica alguns dos trabalhos relacionados e que vale fazer referência são: [7] relataram as soluções que suportam projeto, desenvolvimento e operação de sistemas robóticos baseados em serviços de *software* em uma revisão sistemática do Desenvolvimento Orientado a Serviços de Sistemas Robóticos com base em 39 estudos primários publicados de 2005 a 2011. [8] conduziram outra revisão sistemática de abordagens de engenharia de *software* para robótica com base em 67 estudos publicados de 1999 a 2011. A revisão destaca a aplicação de desenvolvimento de robótica baseado em componentes, orientado a serviços e orientado a modelos, conforme as tendências de pesquisa emergentes. [9] realizaram uma revisão sistemática da literatura buscando identificar abordagens em técnicas de desenvolvimento ori-

entado pelo modelo (MDD), e suas principais características técnicas, bem como os tipos de requisitos específicos, questões comportamentais e sociais.

Finalmente, [10] também usaram o método SMS para identificar e analisar 56 artigos publicados de 1991 a 2015. Esta revisão taxonomicamente classificou as pesquisas existentes e sistematicamente mapeou as soluções, estruturas, notações e métodos de avaliação para destacar o papel da arquitetura de *software* em sistemas robóticos.

No entanto, para nosso conhecimento, não há estrutura para suportar adequadamente RE para sistemas robóticos. Os esforços de pesquisa relacionados a sistemas robóticos utilizam uma área de atuação específica, algumas delas são as associadas a Sistemas de Segurança Crítica (SCS), em especial na melhoria do processo de engenharia de requisitos da SCS [5], também neste assunto podemos citar a pesquisa relacionada com requisitos de segurança em sistemas robóticos teleoperados e, por extrapolação, em outros domínios críticos [11]. Outro exemplo é a revisão feita dos robôs especificamente selecionados ou configurados para atender aos requisitos da indústria de processamento de alimentos [12] ou aqueles direcionados à área de requisitos para robôs domésticos [4], etc.

De maneira mais geral encontramos PDF, um *framework* de design unificado para sistemas de robôs móveis que pode ser usado para orientar a análise de requisitos, o *design* e a implementação de novos sistemas de robôs ou a classificação de sistemas de robôs existentes [13]. Mais recentemente destaca-se o trabalho de [1], onde propõe identificar algumas características técnicas que afetam diretamente a tarefa de definição de requisitos para sistemas robóticos. Esta pesquisa teve por objetivo recuperar o maior número possível de estudos relevantes para evitar possível viés de seleção da literatura.

III. MÉTODO

Nossa pesquisa visa explorar definição de requisitos em especificidades de contextos. A partir da análise do estado da arte sobre o assunto, surgiu a necessidade de realizar um estudo exploratório para avaliar como potenciais desenvolvedores nessa área tendem a desenvolver seus projetos. Assim, a pesquisa tem como contexto o grupo RobôCIn - UFPE, Brasil, e é voltada especificamente para as características da definição de requisitos; com a intenção de avaliar o grau de correspondência entre o modelo proposto por [1] e a dinâmica de desenvolvimento do grupo. Nossa principal pergunta de pesquisa é formulada da seguinte forma:

- *Quais os aspectos são levados em consideração na definição de requisitos para desenvolver projetos no RobôCIn?*

Estratégia de seleção dos participantes: todo o procedimento de seleção foi intencional. Primeiro, este caso considera grupos de pesquisa no domínio da robótica, que de acordo com o contexto apresentado, especificamente o grupo de pesquisa RobôCIn. Que trabalha com intuito de solucionar problemas na área da robótica. Este é um estudo exploratório

e a população-alvo são os engenheiros de *software*, especificamente com especialização e/ou interesse em áreas da robótica e afins. A unidade de análise são engenheiros de *software*, com especialidade e/ou interesse na área de sistemas robóticos que integram o RobôCIn. Portanto, os dados foram coletados de fontes com perfis característicos, a fim de possibilitar triangulação dos dados de acordo com o objetivo da pesquisa. Baseado nisso, os participantes foram escolhidos para garantir uma boa cobertura no nível de adequação ao estudo, no que diz respeito à formação, qualificação e atividades relacionadas ao contexto estudado. Além disso, levou-se em consideração a função dos participantes no grupo, entre outros fatores. Também foram coletados dados relacionados à forma organizacional de trabalho da equipe, tanto com o grupo como com o gerente de projetos do grupo de pesquisa.

Coleta de dados: para alcançar o objetivo, foram feitas entrevistas semiestruturadas durante dois meses (outubro e novembro de 2018) em conjunto com a aplicação de questionários. Foram realizadas entrevistas com 5 engenheiros de *software*, destes, 1 gerente de projeto, 2 pesquisadores da pós-graduação integrados no grupo do RobôCIn com diversas atividades já realizadas, 1 engenheiro de *software* na área de 2D e 1 engenheiro de *software* na área lógica.

A entrevista era semi-estruturada, ou seja, utilizamos um *script* já projetado, com algumas perguntas abertas, como também um questionário que foi aplicado ao fim da entrevista. A entrevista incluiu vários tipos de perguntas, destinadas a explorar o nível de adequação do participante ao estudo, características do modo de desenvolvimento de *software/hardware* da equipe, aplicações de técnicas e práticas de Engenharia de Requisitos, opinião e valores sobre a definição de requisitos no processo de desenvolvimento de *software/hardware* para o domínio da robótica. O refinamento das entrevistas foi realizado baseado na validação com o participante, numa entrevista realizada após o primeiro contato (veja a Tabela 1).

Preocupações éticas: os participantes do grupo de pesquisa RobôCIn assinaram o TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido com a pesquisa. Cada participante foi contatado pela primeira vez com antecedência, e cada entrevista ocorreu em uma sala de reunião privada nas próprias instalações do Centro de Informática - CIn da UFPE, durante os meses de outubro e novembro. Ao assinarem o TCLE, os participantes garantiram a confidencialidade dos dados fornecidos, anonimato da participação e o direito de poderem desistir de participar da pesquisa a qualquer momento. As entrevistas gravadas totalizaram juntas um somatório de 3 horas e 24 minutos de tempo de áudio.

Após as entrevistas os participantes foram contatados no intuito de refinar informações características relevantes sobre o ambiente e forma de desenvolvimento. As informações serviram para complementar relatos incompletos que foram registrados durante as entrevistas registradas.

Análise dos dados: de acordo com [14], a construção de categoria diz respeito a análise de dados. Com isso, o processo é baseado na compreensão do objetivo da análise, construção

Tabela 1. Apresentação minimizada do guia da entrevista

<p>Q1. Qual seu histórico de formação? - Técnico, Graduação, Especialização, Certificação, Mestrado, Doutorado - Poderia informar também em qual instituição realizou sua formação, como também a localização, duração. - Quais foram as atividades acadêmicas exercidas durante este período? ...</p> <p>Q3. Tem alguma experiência curricular em desenvolvimento para sistemas robóticos? - Quais principais atividades já realizadas?</p> <p>Q4. Como é que você desenvolve? - Em qual etapa de desenvolvimento você está envolvido(a)? Implementação/Lógica; Arquitetural; Hardware - Você utiliza alguma metodologia ou processo para auxiliar no desenvolvimento? - Existem situações em que você se desvia desse padrão ou modo de fazer? ...</p> <p>Q8. De acordo com sua consideração, as práticas de engenharia de requisitos são abordadas no desenvolvimento de sistemas robóticos? Q9. Você acha que existem características técnicas que impedem a utilização desta prática? Q10. Você tem alguma sugestão de melhoria para esse processo de desenvolvimento? ...</p> <p>Q12. Como você modela os requisitos internos do seu sistema robótico? Descreva as entidades envolvidas Q13. Como você modela os requisitos externos do seu sistema robótico? Descreva as entidades envolvidas</p>
--

da categoria e análise qualitativa dos dados. O áudio das entrevistas foi transcrito e para obtenção da codificação foi realizada em forma *Ad-hoc*, neste processo dois integrantes codificaram enquanto outro categorizou para apoiar o processo da análise. Após isso, foram rotulados determinados trechos das entrevistas, isso devido a conformidade que os conceitos se tornavam mais claros na pesquisa, conforme é apresentado na Figura 1.

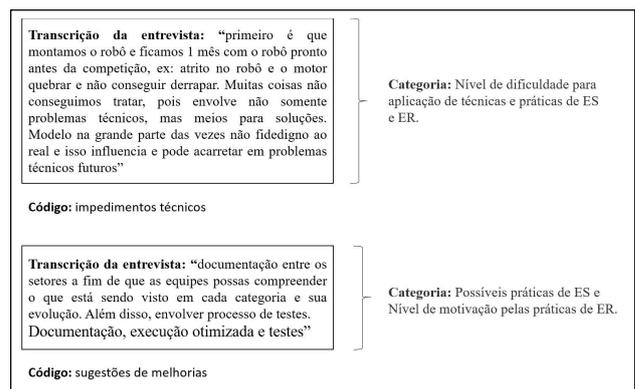


Figura 1. Representação da codificação de uma categoria

De acordo com o que é apresentado na Figura 1, os códigos foram rotulados de forma a identificar as respectivas categorias, levando a causas explicativas destes conceitos, no intuito de sustentar e responder o questionamento da pesquisa.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A. DESCRIÇÃO DO CONTEXTO: GRUPO DE PESQUISA ROBÔCIN

O estudo de caso foi realizado no grupo RobôCIn (<https://robocin.github.io/>). É um grupo de pesquisa do Centro de Informática da UFPE, que resolve problemas voltados para a área da robótica. O grupo foi criado em 2015 por 12 alunos e pelos professores Edna Barros e Hansenclever Bassani. Hoje contam com 35 membros e 4 professores para coordenar a equipe para alcançar soluções inovadoras usando A.I., visão computacional, mecânica e eletrônica combinadas em robôs. O grupo atualmente tem pesquisas focadas em quatro categorias, que são: SSL (*Small Size League*), VSSS (*Very Small Size Soccer*), 2D (Simulação 2D) e @Home.

A estrutura organizacional do grupo trabalha de forma horizontal. Dos 35 membros do grupo de pesquisa, 1 concentra suas atividades na área de gerenciamento de projetos e algumas atividades de implementação/lógica. Enquanto isso, os demais são caracterizados como engenheiros/pesquisadores de sistemas robóticos alocados nas categorias apresentadas acima. O grupo é focado também em apresentar seus resultados em competições de robóticas, tanto que durante o período de competições o fluxo de atividades se torna bastante intenso, tanto em nível organizacional, quanto operacional. Após o período de competições o grupo se estende em atividades práticas de pesquisa e correções de eventuais problemas ocorridos durante as competições.

B. VALIDAÇÃO DO MODELO

1) Descrição do Framework

Neste estudo qualitativo foi utilizado como base um *framework* para definição de requisitos para o domínio de sistemas robóticos. O contexto de estudo sobre o *framework* consiste em proporcionar benefícios aos pesquisadores interessados em conhecer o estado da arte da definição de requisitos para os sistemas robóticos; e praticantes que possam estar interessados em compreender as técnicas adequadas para a definição de requisitos para este domínio [1]. Neste sentido foi proposto uma estrutura para identificar requisitos robóticos, com o objetivo de lidar com os desafios e problemas descritos em sua pesquisa. Na Figura 2 é apresentada uma abstração dos requisitos. Durante a tarefa de definição de requisitos, várias características técnicas internas e externas específicas para sistemas robóticos devem ser consideradas [1]. Esses recursos técnicos serão descritos brevemente a seguir:

Nível de inteligência: este conceito está relacionado a capacidade em que o robô tem em expressar um comportamento útil. Isso associado a conceitos como, como: autonomia, deliberatividade e adaptabilidade.

Tecnologia escolhida: devido a variedade de aplicações na área de *software* e *hardware* na composição de sistemas robótico, leva-se em consideração a escolha de aplicações específicas ao se desenvolver para sistemas robóticos, segundo [1].

Avaliação de Requisitos de Tempo de Execução: segundo [1], os sistemas robóticos geralmente requerem um meca-

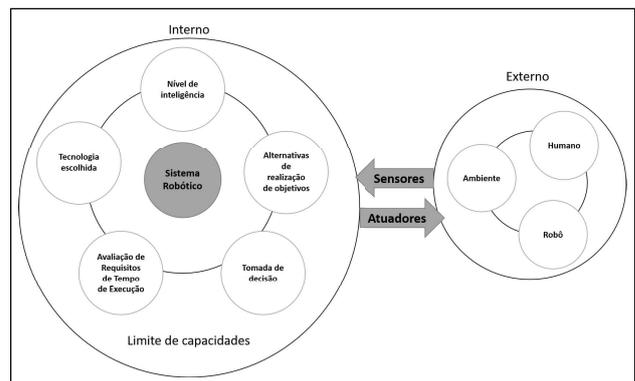


Figura 2. Abstração de requisitos para sistema robótico

nismo para monitorar e avaliar o sucesso ou a falha de alcançar os objetivos do sistema em tempo de execução. E esse mecanismo ocorre durante o processo de avaliação de requisitos em tempo de execução.

Tomada de decisão: o conceito de tomada de decisão está associado ao requisito no que diz respeito a ajudar a decidir sobre a ação a ser tomada pelo sistema robótico.

Alternativas de realização de objetivos: o requisito de alternativas de realização de objetivos tem o propósito de apresentar alternativas de atingir metas para objetivos ao se desenvolver para sistemas robóticos.

Interações do Sistema: o conceito de interação de sistemas aborda a utilização de sensores e atuadores, e essas interações se dão por meio destes. É relatado ainda que, os sensores permitam que o robô perceba as mudanças do ambiente e reaja a eles alterando seu próprio comportamento. Enquanto os atuadores são as ferramentas com as quais o robô influencia no ambiente [1].

Recursos externos: os requisitos externos estão associados a interação de ambiente, robô e humano. Isso, devido a ambientes estarem vinculados a meios controlados e não controlados, que afeta por consequência o comportamento do robô. Além disso, a colaboração de robôs para robôs requer um envolvimento de nível de capacidade computacional no que diz respeito a troca de informações e execução de atividades, como também o fator do humano como colaborador do ambiente em atividades robóticas. Levando em consideração sua interação e exploração de conceitos no que diz respeito a tecnologias estabelecidas no contexto utilizado.

2) Recursos aplicados pelo RobôCIn

No RobôCIn atualmente, o planejamento de trabalho é feito a partir do pressuposto para cada competência ou robô a ser desenvolvido, eles tem um objetivo e iniciam com o levantamento de requisitos dos itens desejados para o robô e *software*; nesse sentido os diferentes fatores para o desenvolvimento de Robô são atendidos, tais como *Nível de Inteligência*, *Tecnologia*, *Avaliação de Requisitos de Tempo de Execução*, *Tomada de decisão*, *Alternativas de realização de objetivos*, *Interações do sistema*.

As entrevistas realizadas em conjunto com a aplicação dos questionários evidenciaram o grau no qual esses aspectos são levados a consideração para modelar os requisitos e a importância que os entrevistados outorgam a cada um particularmente.

Como é possível observar na Tabela 2, os integrantes do projeto atualmente trabalham, como parte da dinâmica de desenvolvimento deles, os elementos do *framework* proposto, em maior ou menor grau. Assim o *Nível de inteligência*, é levado em consideração na maioria das atividades que eles desempenham de forma implícita, o que significa que é um elemento básico, ou seja, indispensável mas é contemplado como parte da autonomia do robô.

A escolha da *Tecnologia* é aplicado também e é indispensável para o desenvolvimento do robô. Eles outorgam uma importância entre moderada e muito alta, com tendência a prevalecer o último critério de avaliação.

Do mesmo jeito, nas entrevistas se evidencia que os desenvolvedores também aplicam e atribuem uma importância geralmente muito alta, a *Tomada de decisão*, que é referido quando o robô realiza uma tomada de decisão, se tem alternativas; por exemplo quando eles vão fazer um passe para outro robô ou um gol no time adversário, no contexto de jogo de futebol.

As *Interações do sistema* é um ponto sempre pensando antes de desenvolver o robô, pois é referida a comunicação entre o computador e o robô que geralmente não é modificada, porém alguns deles consideram ter pouca relevância na prática.

Finalmente, os aspectos *Alternativas de realização de objetivos* e *Avaliação de Requisitos de Tempo de Execução* são atualmente aplicados com menos ênfase, pois eles ainda estão sendo avaliados. A importância que eles atribuem a esses fatores varia de baixa a muito alta, ou seja, não há consenso entre eles.

Ao explorar se eles levam a consideração características externas, como as propostas por [1] no seu modelo, as respostas tendem a apontar que atualmente a equipe considera fundamentalmente *Ambiente* e *Robô*. O ambiente, onde eles relatam que é pensado sempre antes de construir um robô, pois o mesmo pode interferir se existisse algum nível de obstáculo ou se é dinâmico ou não. Referente a interação com robô eles referem que consideram a comunicação, dados que são transmitidos e alternativas que podem ser compartilhadas a fim de atingir o mesmo objetivo; assim como também a influência de outros robôs. O fator *Humano* já é menos referido, o que indica que atualmente eles desconsideram o mesmo. Particularmente na categoria de 2d a modelagem de requisitos externos não atende.

3) Análise qualitativa comparativa entre o framework e o contexto estudado

Após a realização das entrevistas, o próximo passo foi realizar a análise dos dados, apresentando a relação entre o conceito de definição de requisitos e a forma de desenvolvimento do estudo realizado com o grupo de pesquisa

RobôCIn. Foi aplicado o uso de proposições para apresentar os elementos que se conectam a teoria e aos dados coletados nas entrevistas. Além disso, foi utilizada a relação de fatores influenciadores que contribuem e/ou são relevantes ao se desenvolver com qualidade sistemas robóticos, ou sistemas críticos.

Primeiro, a definição de requisitos é um fator importante para o desenvolvimento com qualidade de sistemas críticos, o que implica explorar metodologias de engenharia de *software*. Com isso, abstrair complexidades e aumentar a eficiência para modelar, desenvolver, manter e evoluir sistemas robóticos [1], como a área da engenharia de requisitos. Além disso, resultando em experiências no ambiente de trabalho, em níveis organizacionais e forma de trabalho dos membros da equipe.

Conforme relatado pelos participantes, o ambiente de trabalho do grupo de pesquisas é altamente sociável e leva em consideração princípios de uma gestão horizontal no intuito de facilitar e manter uma integração da equipe. Além disso, o ambiente conta com membros de diversos backgrounds, em nível de formação e experiência curricular/extracurricular. Para tanto, observa-se os primeiros fatores influenciadores no que diz respeito a aplicação de conceito das práticas de engenharia de requisitos.

- **Fator 01:** *nível organizacional de trabalho do grupo e equipe*, são condições para verificar a aplicação dos conceitos de sistemas robóticos com as práticas de engenharia de requisitos.

Vale ressaltar que no grupo não contém nenhum especialista e/ou pesquisador do domínio na área da engenharia de *software*.

Os entrevistados possuem um perfil associado ao desenvolvimento na área de robótica, tendo em vista que todos pertencem ao grupo de pesquisa RobôCIn, da UFPE. Dos entrevistados, 3 possuem grau de formação de estudantes de graduação em Engenharia da Computação e 2 são profissionais formados que cursam mestrado e doutorado associados a linha de pesquisa a robótica. Destes, 2 referem-se ao trabalho em implementação e lógica, e um em um nível mais organizacional, como gerente de projeto, embora ele também se dedique à implementação e à lógica.

Nesse caso, o ambiente e os membros a quais estão integrados estão condicionados a fatores organizacionais de funcionamento da empresa. Como também, são caracterizados como fatores influenciadores os processos de desenvolvimento e a forma de trabalho. Assim sendo:

- **Fator 02:** *nível processos de desenvolvimento no setor de trabalho do grupo e nível de dificuldade para aplicação de técnicas de engenharia de requisitos*, são condições para verificar a aplicação dos conceitos de sistemas robóticos com as práticas de engenharia de requisitos

Em relação ao planejamento do trabalho, os entrevistados referem que eles têm um padrão de desenvolvimento, ainda quando não seguem uma metodologia em específica. Eles

Tabela 2. Avaliação dos fatores internos de modelagem por cada entrevistado e valorização da importância dos fatores no trabalho

	Entrevista 1	Entrevista 2	Entrevista 3	Entrevista 4	Entrevista 5
Aspectos internos					
Nível de inteligência	Já apliquei e considero	Já apliquei e considero	Já apliquei e considero	Já apliquei e considero	Nunca apliquei
Tecnologia	Já apliquei e considero	Já apliquei e considero	Já apliquei e considero	Já apliquei e considero	Já apliquei e considero
Avaliação de Requisitos de Tempo de Execução	Já apliquei e considero	Considero aplicar, avaliando	Considero aplicar, avaliando	Já apliquei e considero	Considero aplicar, avaliando
Tomada de decisão	Já apliquei e considero	Já apliquei e considero	Já apliquei e considero	Já apliquei e considero	Já apliquei e considero
Alternativas de realização de objetivos	Já apliquei e considero	Considero aplicar, avaliando	Considero aplicar, avaliando	Já apliquei e considero	Já apliquei e considero
Interações do Sistema	Já apliquei e considero	Já apliquei e considero	Já apliquei e considero	Já apliquei e considero	Nunca apliquei
Nível médio de importância dos recursos	Muito alto	Alto	Moderado	Muito alto	Baixo
Legenda	Muito alto	Alto	Moderado	Baixo	Muito Baixo

partem do pressuposto que tem um objetivo. Então começam a pensar na linguagem, arquitetura do *software* (de acordo com a categoria do robô), o que será feito primeiro, ordem de implementação das classes. Ainda assim, levando em consideração possíveis problemas que possam ser encontrados no caminho para o desenvolvimento do objetivo. As equipes se baseiam em pesquisas, projetos e/ou *Team Description Paper* (TDP) para aprimorarem e/ou desenvolverem o seu próprio robô.

No que tange a organização do trabalho, o RobôCIn se estrutura em categorias, que são: SSL, VSSS, 2D, @Home. Com isso, cada equipe é uma área e cada área contém um coordenador. As equipes têm suas subdivisões onde fazem *deadlines*, buscando trabalhar sempre com reuniões de alinhamento, com periodicidades semanais, entre as equipes. Periodicamente as diferentes áreas realizam uma *sprint review* do que está acontecendo nas categorias. Nestas categorias, têm pessoas responsáveis para fazer o robô e lógica do robô (estratégia). Os grupos compartilham em algum momento também atividades, no que tange a funções de suporte e aprendizado. Para gerenciar melhor o trabalho na equipe, são empregadas algumas ferramentas como Git, Trello. Porém, os entrevistados referem que por vezes fica difícil manter um fluxo organizacional; devido a área ser voltada à experimentação e estarem bastante envolvidos com competições.

Outro fator que os entrevistados descreveram foram os impedimentos técnicos, a fim de influenciar na definição de requisitos. Isso a nível de *hardware*, pois a maior parte dos requisitos surgem conforme o desenvolvimento é realizado, e a recorrência de mudança é maior e é difícil de mitigar. Mas, acham esse fator normal em correspondência com a área da robótica. Relataram que tentam tratar, mitigar, mas nem sem-

pre é possível. Então sim, características técnicas dificultam a utilização de prática de requisitos, mas não impedem, tudo é questão de planejamento e visão de possíveis cenários.

Portanto, os entrevistados manifestaram certo nível de conscientização das práticas de ER, eles utilizam da prática de engenharia de requisitos quando vão começar a desenvolver, sem burocracia, “o mais horizontal possível”; ainda eles reconheceram que é possível construir um robô completo com um planejamento inicial, visando chegar num produto final. Pois leva-se em consideração os itens desejados e a partir disto modelar o objetivo do negócio. Porém, segundo os entrevistados, muito se perde em nível de hardware. Para os integrantes entrevistados, o processo ideal deve levar em consideração os seguintes itens:

- 1) O que preciso atingir em nível de autonomia no robô (nível de inteligência);
- 2) O tipo de tecnologia e modelos, ou seja, como o robô será avaliado/testado;
- 3) Como o robô será mapeado no mundo simulado do real (treinar);
- 4) Ambiente (identificar como e onde vai funcionar).

Ademais atender ao desenvolvimento (estratégia, arquitetura, práticas) como a aplicação de metodologias, correspondência entre o protótipo e produto final, o grau de manutenção de *software*, a documentação de código e o processo de testes

V. CONCLUSÃO

Existem algumas características de práticas na etapa de desenvolvimento, que indicam aplicação de técnicas de Engenharia de Requisitos. Baseado nisso, os entrevistados referem que eles pensam nas alternativas de objetivos que o robô precisa realizar, fazendo uma análise dos requisitos, mas de

forma implícita, ou seja, é realizada uma discussão entre a equipe para alinhar os itens a serem desenvolvidos. Com isso, eles iniciam com a etapa de levantamento de requisitos dos itens desejados para o robô, a nível de *software* e *hardware*, mas sem conseguir ter um planejamento completo de sua arquitetura.

De acordo com isso, existem vantagens e desvantagens a serem debatidas. A ideia de fazer planejamento, mesmo sem muita experiência, com diagramas e requisitos, a nível básico, legendado resulta em código organizado e fácil manutenibilidade, segundo entrevistados. Como as categorias são bem divididas, as atividades são bem definidas. Portanto, esses fatores são caracterizados como pontos positivos, conforme é apresentado pelos entrevistados.

Porém, como o desenvolvimento não segue uma metodologia em específico, existe falta de documentação, tanto em nível de arquitetura que não segue nenhum padrão, tanto de *software* e pode haver a ocorrência de erros neste processo: códigos mal estruturados, sem definição de esqueleto nem estratégia; ou podem acontecer dificuldades quando é preciso fazer alterações pontuais, pois as mesmas acabam ganhando uma complexidade indesejada.

Na concepção do *hardware*, não seguir o processo comum de planejamento, prototipação e teste do produto pode levar a sérios problemas. Quando acontece erro no planejamento após *hardware* concebido, se precisa de soluções paliativas, esses são alguns dos pontos negativos, segundo a experiência de desenvolvimento relatada pelos entrevistados.

Conforme apresentado nesta pesquisa, na intenção de avaliar o grau de correspondência entre o modelo proposto por [1] e a dinâmica de desenvolvimento do grupo de pesquisa RobôCIn. Com isso, verificar quais os aspectos são levados em consideração na definição de requisitos para desenvolver projetos no RobôCIn.

Conforme é apresentado também na Tabela 2, foram detectadas correspondências entre o *framework* e em como os desenvolvedores fazem a modelagem dos requisitos para sistemas robóticos. No caso dos requisitos internos, levando em consideração *Nível de Inteligência* (Aplicação de nível autônomo), *Tecnologia*, *Avaliação de Requisitos de Tempo de Execução*, *Tomada de decisão*, *Alternativas de realização de objetivos*, *Interações do Sistema* (*sensores e atuadores*).

De igual modo a modelagem de requisitos externos em sistemas robóticos: *Ambiente* (ambiente dinâmico ou estático, controlado ou não controlado) *Robô*, *Humano*. No caso do RobôCIn, na categoria de 2d a Modelagem de requisitos externos não atende completamente, pois os mesmos não levam em consideração interações a nível humano.

A fim de abstrair complexidades e aumentar a eficiência para modelagem, desenvolvimento, manutenção e evolução de sistemas robóticos com boa relação custo-benefício [1]. A engenharia de software, com linha de pesquisa centralizada em RE vem explorando sobre técnicas de definição de requisitos para sistemas robóticos.

Fundamentado nisso, este artigo traz como abordagem inicial a avaliação do *framework* para abstração de requisitos

para sistemas robóticos. No intuito de explorar conceitos já analisados e elaborados, com base na literatura, como também no intuito de investigar na prática o estudo realizado. Com isso, foi conferido que o modelo proposto por [1], contemplou fatores bem básicos na definição de RE no desenvolvimento para os sistemas robóticos em um contexto como o Robô Cin; recomendamos que o mesmo seja avaliado em um estudo mais aprofundado com a finalidade de ajustar o *framework* ou enriquecer com o foco de conseguir a robustez precisa.

Referências

- [1] Albuquerque, D., Castro, J., & Sousa, A. A Requirements Definition Framework for the Robotic Systems Domain-An Exploratory Study. (2018, September). In 21st Workshop on Requirements Engineering (WER). CIbSE.
- [2] Oxfordlearnersdictionaries.com. (2018). robot noun - Definition, pictures, pronunciation and usage notes | Oxford Advanced Learner's Dictionary at OxfordLearnersDictionaries.com. [online] Available at: <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/us/definition/english/robot?q=robot> [Accessed 5 Dec. 2018].
- [3] Albuquerque, D., Castro, J., Ribeiro, S., & Heineck, T. Requirements Engineering for Robotic System: A Systematic Mapping Study. (2017, maio). In 20th Workshop on Requirements Engineering (WER). CIbSE.
- [4] Mitka, E., Gasteratos, A., Kyriakoulis, N., & Mouroutsos, S. G. (2012). Safety certification requirements for domestic robots. *Safety science*, 50(9), 1888-1897.
- [5] Martins, L. E. G., & Gorschek, T. (2016). Requirements engineering for safety-critical systems: A systematic literature review. *Information and software technology*, 75, 71-89.
- [6] Heineck, T. (2016). Desenvolvimento orientado a modelos no domínio de robótica: uma revisão sistemática da literatura.
- [7] Oliveira, L. B. R., Osório, F. S., & Nakagawa, E. Y. (2013, March). An investigation into the development of service-oriented robotic systems. In *Proceedings of the 28th annual ACM symposium on applied computing* (pp. 223-228). ACM.
- [8] Pons, C., Giandini, R., & Arévalo, G. (2012). A systematic review of applying modern software engineering techniques to developing robotic systems. *Ingeniería e Investigación*, 32(1), 58-63.
- [9] Heineck, T., Gonçalves, E., Sousa, A., Oliveira, M., & Castro, J. (2016, September). Model-Driven Development in Robotics Domain: A Systematic Literature Review. In *Software Components, Architectures and reuse (SBCARS), 2016 X Brazilian Symposium on* (pp. 151-160). IEEE.
- [10] Ahmad, A., & Babar, M. A. (2016). Software architectures for robotic systems: A systematic mapping study. *Journal of Systems and Software*, 122, 16-39.
- [11] Navarro Martínez, E. M., Sánchez Palma, P., Letelier Torres, P., Pastor Franco, J. Á., & Ramos Salavert, I. (2006). A goal-oriented approach for safety requirements specification.
- [12] Iqbal, J., Khan, Z. H., & Khalid, A. (2017). Prospects of robotics in food industry. *Food Science and Technology*, 37(2), 159-165.
- [13] Goodwin, J. R., & Winfield, A. (2008). A unified design framework for mobile robot systems (Doctoral dissertation, University of the West of England, Bristol).
- [14] Merriam, S. B., & Tisdell, E. J. (2015). *Qualitative research: A guide to design and implementation*. John Wiley & Sons.



TAYSE VIRGULINO RIBEIRO Mestranda em Ciência da Computação no CIn-UFPE, na Área de Engenharia de Requisitos e pesquisadora no Requirements Engineering Laboratory - LER (<http://www.cin.ufpe.br/ler/>). Graduada em Sistemas de Informação pelo Centro Universitário Luterano de Palmas - TO. Com mais de 4 anos de experiência no mercado, centraliza suas atividades na área de Engenharia de Software e afins (Líder de projetos, Scrum Master, Desenvolvedora Web).



LAURA MARÍA PALOMINO MARIÑO Mestranda em Ciência da Computação no CIn-UFPE. Possui graduação em Engenharia da Informática pela Universidad de las Ciencias Informáticas in La Habana.



FABIO QUEDA BUENO DA SILVA Possui graduação em Ciência da Computação pela Universidade de Campinas (1987). É PhD em Ciência da Computação pelo Laboratory for Foundations of Computer Science, University of Edinburgh, Escócia (1992). Possui pós-doutorado na Universidade de Toronto, Canadá, na área de engenharia de software (2011-2012). Entre 2016 e 2017, trabalhou como Senior Visiting Research Scientist na University of Maryland Baltimore County, Estados Unidos. É Professor Titular do Centro de Informática da UFPE, onde trabalha desde 1993. Participa como revisor de diversas revistas internacionais, incluindo IEEE Software, IEEE Transactions on Software Engineering, Empirical Software Engineering Journal, Information and Software Technology Journal, Journal of Systems and Software, e Journal of Computer Standards & Interface.

...