

Documentação de Requisitos de Sistemas Legados: Uma proposta baseada na Engenharia de Requisitos Orientada a Objetivos

Renato Garbim Fritola

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Unioeste
Cascavel, Brazil
renato.fritola@unioeste.br

Alexssandro Morgenroth

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Unioeste
Cascavel, Brazil
alexssandro.morgenroth@unioeste.br

Rafael Ferreira Lima

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Unioeste
Cascavel, Brazil
rafael.lima14@unioeste.br

Victor Francisco A. Santander

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Unioeste
Cascavel, Brazil
victor.santander@unioeste.br

Abstract—Many companies have legacy systems in place that are often responsible for managing the most important and valuable data. The requirements documentation for these systems is not only outdated, but usually incomplete or non-existent. In this context, it is assumed that the first step in maintaining, enhancing or even replacing a legacy system is to understand its goals, implications and functionalities, as with the development of a new system. This paper proposes an approach for the initial documentation of requirements for legacy systems based on their objectives and aimed at identifying objectives that are no longer or only partially fulfilled. The approach assumes that no prior documentation exists and that the use of source code to extract requirements and create artifacts is not possible. To document these requirements, we propose the use of Goal-Oriented Requirements Engineering (GORE) techniques. The proposed approach is evaluated using three industrial case studies.

Keywords—Legacy System; Requirements Engineering; Goal-Oriented Requirements Engineering (GORE) .

Resumo—Sistemas legados estão presentes em muitas organizações e muitas vezes são responsáveis por gerenciar seus principais e mais valiosos dados. Além de obsoleta, a documentação de requisitos desses sistemas normalmente não existe ou está incompleta. Neste contexto, assim como para a criação de um sistema novo, entende-se que o primeiro passo para se manter, evoluir ou até mesmo substituir um sistema legado é entender seus objetivos, impactos e suas funcionalidades. Este trabalho propõe uma abordagem para documentação inicial dos requisitos de sistemas legados, baseada em seus objetivos, buscando identificar objetivos que deixaram de ser atendidos ou que são atendidos parcialmente. Parte do princípio de que não há documentação prévia existente e que a utilização do código-fonte para extração de requisitos e geração de artefatos não é viável. Para documentar estes requisitos, propõe-se o uso de técnicas da *Goal Oriented Requirements Engineering* (GORE). A abordagem proposta é avaliada em três estudos de caso na indústria.

Palavras-chave—Sistemas legados; Engenharia de Requisitos; Engenharia de requisitos orientada a objetivos (GORE).

I. INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos, as organizações vêm investindo cada vez mais em tecnologia, buscando melhor gerenciamento, ganho de produtividade e competitividade nos negócios. A disseminação do termo Transformação Digital [1], o surgimento de Tecnologias como IOT [2], Inteligência Artificial [3], Blockchain [4], BigData [5], serviços em nuvem [6] e de novas normas como a LGPD [7] fizeram com que elas buscassem a atualização do seu ambiente de T.I. Uma pesquisa global realizada entre abril e maio de 2020 pelo Censuwide [8] mostra que, mesmo em meio a pandemia do Covid-19, 70% das empresas aumentaram ou mantiveram os gastos com transformação digital [9].

Segundo [10], a previsão é que até o final de 2026 sejam investidos cerca de 3,4 trilhão de dólares em transformação digital no mundo todo [11]. Nesse processo de evolução tecnológica, muitas organizações têm um problema em comum: o sistema legado.

Esses projetos muitas vezes têm como premissa atualizar ou migrar os sistemas legados para que estes possam ser integrados a novas tecnologias e agregar mais valor no processo da organização. Devido aos problemas relacionados a esses sistemas, principalmente a falta de documentação e falta de conhecimento sobre eles, os projetos são afetados negativamente, pois a necessidade de mudança no sistema legado agrega um alto fator de risco em sua gestão. Projetos de migração e evolução de sistemas legados são caros, complexos e com

uma taxa de insucesso grande que, por vezes, acaba fazendo com que organizações optem por adiar um pouco mais a sua transformação.

Uma pesquisa divulgada em [12] mostra que, em 2020, 74% das organizações que iniciaram um projeto de migração de sistema legado falharam. Segundo [13], [14] e [15], alguns dos motivos que podem levar um projeto de migração a falhar são: adoção de estratégia inadequada de reengenharia; uso inadequado de consultores externos; organização não tem controle do sistema legado, não o conhece totalmente; elicitação e validação de requisitos fraca ou inexistente; não se considera a arquitetura do software no início do projeto; planejamento inadequado e falta de flexibilidade nos processos.

É comum encontrar relatos de utilização do código-fonte do sistema legado na reengenharia [16], processo para aprimorar um software existente para poder ser utilizado como um novo software [17] [18], porém existem alguns complicadores, como o alto custo para a análise do código e até mesmo a indisponibilidade do código-fonte, o que pode tornar esse processo inviável, fazendo com que devam ser avaliados outros meios para a coleta destes requisitos.

Com esse propósito, recomenda-se a aplicação de técnicas da engenharia de requisitos, especialmente aquelas baseadas na abordagem orientada a objetivos (*Goal-Oriented Requirements Engineering – GORE*) [19]. Modelagens como o *i** [20] e o *Non-Functional Requirements Framework* (NFR) [21] podem ser utilizadas para apoiar a especificação de requisitos funcionais e não funcionais, respectivamente. Essas abordagens priorizam a identificação e representação dos objetivos dos *stakeholders*, o que contribui significativamente para a elicitação e a documentação dos requisitos.

Assim, este trabalho propõe o uso de técnicas da GORE como base para a elaboração da documentação inicial de sistemas legados. A proposta é aplicada em três estudos de caso [22] no âmbito industrial e a avaliação da mesma pelos participantes é realizada via método *Technology Acceptance Model* (TAM) [23]. Também é proposta uma estrutura mínima de documentação de requisitos para esses sistemas à luz da IEEE-830 [24]. Importante ressaltar que este trabalho é fruto de uma dissertação de mestrado que pode ser visualizada na íntegra em [25].

Além desta Seção, na Seção II são apresentados conceitos básicos necessários para o entendimento da proposta, na Seção III alguns trabalhos relacionados, na Seção IV é apresentada a proposta com suas etapas e na Seção V, os estudos de caso realizados e na Seção VI são realizadas as considerações finais do trabalho.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

Sistemas Legados: São sistemas antigos que permanecem em operação na organização e responsáveis pela condução dos principais processos da organização [26]. Dentre os problemas podemos destacar: pouca ou nenhuma documentação, tecnologia obsoleta e sem suporte, alto custo e dificuldade na manutenção, alta complexidade de código e *backlog* de solicitações de mudança.

GORE: A engenharia de requisitos orientada a objetivos é uma abordagem moderna para apoiar o processo de engenharia de requisitos. Considera as intencionalidades como elemento central desde a elicitação até a validação de requisitos. Técnicas como *i** (modelagem organizacional) e *NFR Framework* (modelagem de requisitos não funcionais), entre outras, fazem parte desta abordagem.

Elicitação de requisitos: O processo de elicitação de requisitos [27] envolve uma série de desafios. Técnicas como entrevista, questionário, observação, prototipação, entre outras, devem ser usadas de forma organizada e complementar para obter sucesso na elicitação de requisitos.

Documentação de requisitos: Documentar requisitos implica em gerar artefatos que permitam que todos os *stakeholders* envolvidos possam ter uma compreensão clara do que o sistema deve fazer (requisitos funcionais) bem como restrições (requisitos não funcionais) impostas. O padrão apresentado em [24] pode ser consultado para apoiar a construção destes documentos.

III. TRABALHOS RELACIONADOS

A proposta em [28] sugere empregar a técnica *i** para dar suporte à evolução de sistemas legados. O trabalho também fornece diretrizes para derivar de modelos *i** a partir dos Diagramas de Fluxo de Dados (DFD's) existentes na documentação do sistema. Em [29], os autores apresentam uma proposta de gamificação para as atividades de elicitação de requisitos para substituição de sistemas legados do setor público.

Em [30], os autores recuperam as metas a partir dos comentários do código legado e modelam usando o método KAOS. Os próprios autores informam que o método não funciona bem se não existirem comentários bem pensados. Em [31], propõe-se a extração de requisitos de segurança a partir do código legado, gerando uma extensão do método TROPOS baseada em segurança, o *TROPOS Security*. Neste caso, o foco está apenas nos requisitos de segurança. Em [32], os autores fazem o uso da técnica GBRAM, também orientada a objetivos, para elicitar, revisar e refinar os requisitos de sistema coletados com base na descrição de *stakeholders* coletadas em entrevistas.

Já em [33], utiliza-se o *NFR framework* para modelar e identificar o deficit associado ao conceito de *trustworthiness*

em sistemas legados. Esse conceito remete ao requisito não funcional de confiabilidade, de forma mais ampla. Ainda no contexto de uso do código-fonte do sistema legado, o trabalho apresentado em [34] expõe os problemas que podemos encontrar na engenharia reversa de sistemas legados considerando esse artefato como base.

Os trabalhos mencionados, diferentemente de nossa proposta, utilizam técnicas da GORE para recuperar requisitos de sistemas legados usando em sua maioria o código fonte como base. Nossa proposta considera o contexto no qual o código fonte da aplicação está indisponível ou o custo de análise do código é muito alto. Ademais, propomos usar as técnicas *i** e *NFR Framework* de forma complementar para recuperar requisitos desses sistemas.

Em particular, ainda é possível destacar o trabalho apresentado em [35] o qual propõe um conjunto de estratégias de visualização para representação da priorização e liberação de requisitos do sistema via técnica *i**. As estratégias de visualização adotadas foram: coloração, tamanho de fonte e tipos de linha diferenciados. Também, visando automatizar a abordagem foi desenvolvida uma extensão para a ferramenta *piStar* [36]. Esta ferramenta e a estratégia de colorização são utilizadas na nossa proposta.

IV. PROPOSTA

Percebe-se que o primeiro passo para evoluir ou manter sistemas legados diminuindo os problemas já mencionados é documentar os requisitos desses sistemas. Para obter os requisitos, entendemos que o primeiro passo é resgatar seus objetivos. De modo geral, os envolvidos tendem a retratar os requisitos do sistema como operações e processos a serem realizados, sem uma relação direta com o objetivo que se espera deste processo. O uso de objetivos na engenharia de requisitos traz benefícios como: fornecer critérios precisos para maior completude de requisitos, facilitar a seleção de requisitos pertinentes, facilitar o entendimento visto que as metas por si só justificam os requisitos, fornecer mecanismos para estruturar documentos, fornecer um certo nível de abstração para tomada de decisão e facilitar a detecção de conflitos entre requisitos [37].

Diante do exposto, observa-se que técnicas da GORE como *i** [20] e (*Non-functional Requirements*) *NFR Framework* [21] podem auxiliar a documentar requisitos organizacionais e não funcionais, respectivamente. Essas técnicas têm o foco na representação dos objetivos dos *stakeholders*, facilitando o processo de elicitação e documentação dos requisitos. No contexto de sistemas legados, o uso coordenado dessas técnicas pode auxiliar nas atividades de engenharia de requisitos. Torna-se possível usar a perspectiva de objetivos a serem satisfeitos, como pilar do processo de engenharia de requisitos. Elicitar e

documentar objetivos dos *stakeholders* associados a sistemas legados pode facilitar o trabalho de descoberta e refinamento desses requisitos.

Uma primeira versão desta proposta, que considera as técnicas *iStar* e *NFR Framework* no processo de elicitação e documentação de requisitos de sistemas legados, foi apresentada em [38]. Na ocasião, foi realizada uma prova de conceito com um exemplo reduzido, cujo resumo pode ser consultado em [25]). Posteriormente, esta proposta foi aprimorada e aplicada em dois estudos de caso na indústria seguindo os passos recomendados para este tipo de abordagem experimental (planejamento, execução e avaliação) conforme proposto em [39].

A proposta consiste em algumas etapas e diretrizes, conforme apresentado na Figura 1 (descrita em detalhes posteriormente). Utiliza-se a identificação com cores diferentes de elementos das técnicas visando representar aspectos importantes dos sistemas legados, tais como requisitos ainda não implementados ou implementados de forma insatisfatória. Para elaborar os modelos de requisitos, utiliza-se uma adaptação do *template* de entrevista proposta em [40]. Também é importante salientar que nos estudos de caso o código-fonte do sistema legado não foi utilizado como base para obter objetivos e requisitos, pois um dos pontos que a proposta visa contribuir são os cenários nos quais a utilização do código é inviável.

Particularmente, a documentação de requisitos deve incluir informações essenciais de modo que um novo colaborador consiga entender e dar sequência na evolução do sistema [35]. Essa documentação, bem elaborada e atualizada, auxilia não somente a equipe técnica, mas também usuários, proporcionando melhor compreensão de uso do sistema. Além disso, traz outros benefícios como facilidade de evolução, redução de retrabalho e erros após o desenvolvimento, proporciona um ambiente colaborativo, maior conformidade com os requisitos do usuário e aumento da qualidade do software. Desta forma, as técnicas de engenharia de requisitos entrevista, questionário, *i** e *NFR Framework* podem contribuir para o início da confecção da documentação de requisitos de um sistema legado, entendendo os seus objetivos na organização assim como suas funcionalidades existentes e possíveis vulnerabilidades devido à falta de evolução.

Após considerar estas características importantes da proposta, segue uma descrição detalhada da Figura 1. A abordagem elaborada possui em sua essência nove etapas a serem seguidas pelo engenheiro de requisitos para que os objetivos do sistema legado possam ser identificados. O processo inicia quando o engenheiro de requisitos deseja documentar os requisitos de um sistema legado (evento inicial).

Etapas 1 - Elaborar questões da entrevista: Etapa inicial da abordagem que trata da elaboração das questões da entrevista

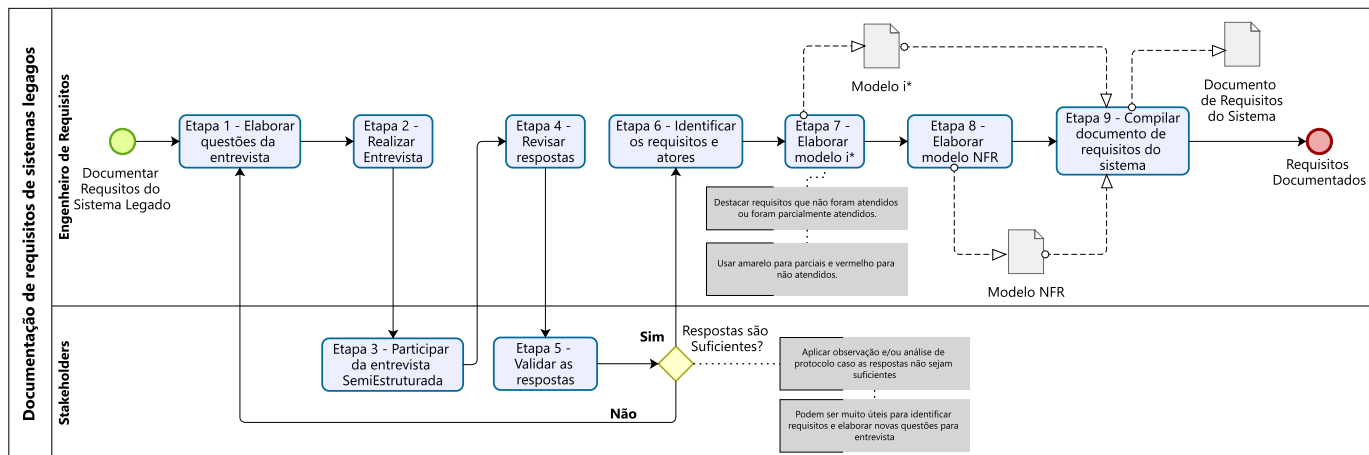


Fig. 1. Etapas da proposta.

utilizadas para coletar os objetivos do sistema legado. Sugere-se utilizar como base as questões propostas em [40], as quais também podem ser adaptadas ao contexto do ambiente organizacional sendo considerado.

Etapa 2 - Realizar Entrevista: Etapa que compete a realização e aplicação da técnica de entrevista. Vale ressaltar que a fim de ter questões e respostas mais objetivas, outras técnicas de eliciação como Observação e/ou Análise de Protocolo podem ser adotadas. A escolha do uso destas técnicas é de responsabilidade do engenheiro de requisitos que está realizando o processo de eliciação.

Etapa 3 - Participar da entrevista SemiEstruturada: etapa para deixar explícita a obrigatoriedade da participação dos *stakeholders* no processo de entrevista.

Etapa 4 - Revisar as respostas: nesta etapa o engenheiro de requisitos analisa as respostas obtidas através da entrevista. O objetivo é revisar o entendimento de cada resposta, identificando inconsistências, lacunas, questões em aberto para que estes pontos sejam revisados com o entrevistado. Nesta etapa o engenheiro já pode identificar metas e seus relacionamentos, se for possível.

Etapa 5 - Validar respostas: após a revisão das respostas coletadas pelo engenheiro é executada uma nova validação juntamente com os *stakeholders* para não ficarem dúvidas ou interpretações erradas. Nesta etapa, o engenheiro avalia se as informações coletadas são suficientes para seguir com o processo de identificação das metas ou se é necessário aplicar outras rodadas de entrevista. Assim, caso as respostas não sejam suficientes ou os envolvidos não consigam explicar o objetivo do sistema (com base nos processos que conhecem), a técnica de observação poderá ser aplicada. Isso é possível se o sistema

permitir, ou seja, se possuir interface para interação com o usuário. Relatos da literatura [41] apontam que essa técnica é utilizada quando o cliente não consegue explicar o que deseja constatar no sistema, como funciona e quando alguns processos em andamento devem ser monitorados. Além disso, os relatos também apontam ser frequentemente utilizada em conjunto com a técnica de entrevista para apoiar o processo.

Etapa 6 - Identificar os requisitos e atores: nesta etapa o engenheiro identifica, com base nos resultados das técnicas aplicadas anteriormente, os objetivos e atores do sistema e como eles se relacionam. Esses objetivos e atores são os subsídios para a próxima etapa na qual a modelagem será realizada.

Etapa 7 - Elaborar modelo i*: com base nos atores e objetivos identificados, nesta etapa cria-se o modelo utilizando o *framework* i*. Após modelar os objetivos do sistema é realizada a avaliação dos requisitos problemáticos do sistema legado. Neste caso, tratamos requisitos problemáticos como requisitos que não foram ou não são mais atendidos (se tornaram obsoletos em relação aos objetivos atuais da organização) ou que são atendidos parcialmente (dependem de outras ações manuais como uso de planilhas, importação de dados, etc.). Esses objetivos serão identificados e diferenciados no modelo mediante coloração diferenciada, sendo coloração amarela para objetivos atendidos de maneira parcial e vermelho para requisitos não atendidos ou obsoletos.

Etapa 8 - Elaborar modelo NFR: após criação do modelo i*, o modelo NFR será gerado para detalhar as operacionalizações aplicadas aos objetivos de qualidade. Da mesma forma que no passo anterior, serão utilizadas colorações diferenciadas para destacar operacionalizações problemáticas.

Etapla 9 - Compilar um documento de requisitos do sistema: etapa final da abordagem na qual se compilam os artefatos gerados em um documentado de objetivos do sistema legado que poderá ser utilizado para apoio em suas futuras operações. Para facilitar a adoção da proposta, sugere-se uma estrutura mínima para este documento disponível em [25] baseada na IEEE-830 [42] [43]

V. APLICAÇÃO DA PROPOSTA - ESTUDOS DE CASO

Para validar a proposta foram realizados dois novos estudos de caso em duas organizações distintas e complementado o estudo de caso piloto apresentado previamente em [38] [44]. A complementação no estudo piloto se refere à elaboração do documento de requisitos com base no modelo proposto pela IEEE-830, o qual não havia sido elaborado previamente. O nome das organizações foram anonimizados por questões de sigilo, sendo tratadas aqui como Organização Piloto (na qual foi aplicado o estudo piloto), Organização A e Organização B.

A **Organização A** é uma indústria que atua com fabricação e importação de diversas categorias de produtos e a **Organização B** é uma instituição financeira que oferece serviços online para seus clientes. Embora tenhamos coletado dados de ambas as organizações (Organização A e B), para este estudo, focaremos no detalhamento e na análise aprofundada do estudo de caso A. Os resultados completos, incluindo as informações sobre a Organização B, podem ser consultados em [25].

A. Preparação para a realização dos estudos de caso:

A metodologia *Goal Question Métric* (GQM) [45] foi utilizada para formular os objetivos, as questões e métricas a serem utilizadas.

Objetivo 1: Analisar o processo de documentação de requisitos de sistemas legados através do uso de técnicas da engenharia de requisitos e da GORE para obter e modelar os objetivos do sistema gerando um modelo inicial de documentação. Com o propósito de Avaliar a percepção dos usuários. Em relação à Viabilidade da aplicação ao processo existente na organização e facilidade de entendimento dos modelos gerados. Do ponto de vista dos profissionais envolvidos em suporte, manutenção e/ou evolução de sistemas legados no contexto de Documentação de requisitos de sistemas legados na indústria.

Questões do Objetivo 1

- O processo proposto pode ser aplicado no fluxo de trabalho quando tratamos de iniciar a documentação de requisitos de um sistema legado não documentado?
- As técnicas utilizadas no processo são fáceis de utilizar?
- Os modelos finais gerados pelas técnicas da GORE fornecem uma visão geral do sistema legado, de modo que seja possível entendê-lo e continuar seu detalhamento a partir dos mesmos, se necessário?

- Os modelos gerados fornecem informações que podem ser geradas para avaliar impactos e manutenções e/ou futuras evoluções do sistema legado?

Objetivo 2: Analisar a utilização de identificadores visuais nos modelos para identificar requisitos falhos e avaliar a percepção dos profissionais (de suporte, manutenção e evolução de sistemas legados) sobre a utilidade dessa identificação visual no contexto da documentação de sistemas legados da indústria.

Questões do Objetivo 2

- A identificação visual de objetivos falhos do sistema serve para apoiar manutenções e mudanças?
- As cores utilizadas fornecem a percepção de que a meta destacada merece atenção quando avaliada?

É importante destacar que as questões de ambos objetivos 1 e 2, foram refinadas em outras questões mais específicas e avaliadas mediante três variáveis de percepção obtidas com base no TAM [23]. Essas variáveis são: **Utilidade Percebida (PU)**, **Facilidade de Uso Percebida (PEOU)** e **Coerência**. Para avaliar as respostas dos *stakeholders* para essas questões, utilizou-se como métrica única uma nota na escala de 1 a 7, sendo que 1 corresponde a discordo totalmente e 7, concordo totalmente. Optou-se por utilizar esse método devido à possibilidade de cobrir aspectos específicos de avaliação e sistematização já indicados no TAM [23].

B. Processo de Seleção dos Estudos de Caso

O processo de seleção considerou sistemas legados que não possuíam nenhum tipo de documentação, incluindo o acesso ao código-fonte. Os objetos de estudo incluem:

- **Estudo Piloto - Organização Piloto:** Sistema Web responsável pela gestão de processos de estágio da organização.
- **Estudo A - Organização A:** *Enterprise Resource Planning* (ERP) responsável por gerir seus processos e pedidos desenvolvido de forma customizada para sua operação.
- **Estudo B - Organização B:** Um módulo legado responsável por enviar informações de movimentação financeira para uma organização filantrópica.

C. Processo de Seleção dos envolvidos

Foram selecionados colaboradores que estão diretamente relacionados ao suporte, manutenção e/ou evolução dos sistemas legados selecionados, incluindo usuários-chave, os quais foram a principal fonte de informações para obtenção das metas.

Para o **estudo de caso A** foram selecionados sete *stakeholders* de áreas distintas da organização, sendo elas: Tecnologia da Informação (2), Financeiro (1), Compras/Estoque (1), Fabricação (1), Qualidade (1), Presidência (1) e Diretoria

(1). Para o **estudo de caso B** foram selecionados três *stakeholders* que atuam nas áreas de Produto (2) e Engenharia (1). Finalmente, no **estudo de caso piloto**, foram selecionados ao todo cinco *stakeholders*, sendo um que participou diretamente da entrevista e atua na área de Desenvolvimento Humano e Organizacional e outros quatro participantes que são ex-colaboradores da organização do estudo piloto que participaram do treinamento e avaliação. Estes atuam na área de Análise e Desenvolvimento de sistemas. Cabe salientar que a atividade de treinamento (apresentada em detalhes na próxima subseção) foi levada a cabo para permitir que os *stakeholders* envolvidos nos estudos de caso pudessem compreender os modelos das técnicas *i** e NFR Framework e responder as questões do TAM com esse conhecimento básico.

D. Execução dos Estudos

Entrevistas: Para cada estudo, questões prévias foram elaboradas considerando o contexto de cada sistema selecionado e adotando como base as questões apresentadas em [40]. As questões utilizadas em cada estudo de caso podem ser consultadas em [25]. Para o estudo de caso A, as seguintes questões foram norteadoras para a realização do processo de entrevistas: Qual o objetivo do sistema? Existe controle de acesso? Quem são as pessoas e/ou setores responsáveis pela operação diária? Quais os principais fluxos do sistema (entradas e saídas)? Quais são suas funcionalidades que você tem conhecimento (detalhe aqui as regras como: integração com outros sistemas, tempos de questões, etc.)? Existe algum objetivo que o sistema não atende ou deixou de atender? Quais problemas/dificuldades do sistema atualmente? Existem integrações com o sistema? Outros sistemas que consultam dados ou no qual o sistema envie dados para gerar outros processos? Como é o suporte ao sistema? Questão Livre, a partir desse momento se abriu para os entrevistados trazerem outros detalhes.

As entrevistas foram realizadas com no mínimo três *stakeholders* de cada organização executadas de maneira remota mediante utilização da plataforma de reuniões online do Google, o Google Meet. No Estudo A, foram realizadas ao todo sete entrevistas que tiveram uma duração total aproximada de 9 horas sendo executadas no período de uma semana. Além disso, validações assíncronas foram realizadas via conversas pela plataforma de mensagens Whatsapp. Duas entrevistas envolveram também participantes dos setores de Venda e Logística para apoiar o principal entrevistado na resposta das questões.

Validação das Respostas: Durante o processo de elicitación baseado nas entrevistas, dúvidas e confirmações de respostas foram realizadas via WhatsApp. No estudo de caso A esse processo se deu em reuniões que duraram cerca de 40 minutos

com cada entrevistado e uma reunião geral com cinco integrantes com duração de 1 hora e 40 minutos, ambas realizadas remotamente.

Identificação dos Atores: Durante e após a realização das entrevistas, foi realizada a identificação dos atores envolvidos para realização das metas. Para o **Estudo de caso A**, os seguintes atores foram identificados: **Empresa, Colaborador, ERP, Emissor de Nota Fiscal, Cliente de E-mail, Sistema de Análises, Plataforma Solar e Integrador**. Os atores dos demais estudos estão disponíveis em [25].

Criação dos Modelos *i e *Softgoal Interdependency Graph* (SIG):** Após a identificação dos atores, foram aplicadas as etapas de geração dos modelos de metas nas quais foram gerados os modelos *Strategic Dependencies* (SD) e *Strategic Rationale* (SR) com o *framework i** e o modelo SIG utilizando o NFR Framework. A partir dos modelos gerados, o documento final de requisitos [25] do sistema legado adaptado com base no modelo proposto pela IEEE-830 [42] [24] foi gerado. A estrutura do modelo consiste em itens como: Introdução, composta pelo Objetivo Geral e Público-Alvo do Documento e Visão Geral do Sistema composta por Ambiente Operacional, Classes de Usuário, Objetivos Gerais do Sistema, Modelos de Objetivos e Modelos de Metas de Qualidade, Requisitos Funcionais e Não Funcionais.

Para o Estudo de caso A, o modelo SR (*i**) levou cerca de uma semana para ser finalizado, sendo utilizado um tempo médio de duas horas por dia, totalizando cerca de 14 horas e o modelo SIG (NFR Framework) levou cerca de 4 horas para ser finalizado, em um período de três dias. Cabe ressaltar que todos os modelos e documentação de cada estudo podem ser visualizados em [25].

Como exemplo, na Figura 2 é apresentada parte do modelo SR gerado para o Estudo de caso A, o qual pode ser visto na íntegra em [25] e na Figura 3 apresenta-se o modelo SIG também gerado para o Estudo A. No modelo *i** da figura 2 é possível observar que as intencionalidades internas ao ator ERP incluem o objetivo “Controlar Estoque” e as tarefas “Realizar Retirada de Estoque” ou (ligação do tipo OR) “Transferir Estoque” as quais podem ser executadas para satisfazer esse objetivo. A cor amarela dessas intencionalidades indica a satisfação parcial dos mesmos, exigindo cuidados em um processo de evolução desse sistema. Ainda pode-se observar a qualidade “Rastreabilidade” e tarefa “Calcular Custos de Fabricação” na cor vermelha, indicando que atualmente, nesse ator que representa o sistema ERP da organização, estes requisitos não são satisfeitos. Já na figura 3 que representa o SIG de requisitos não funcionais (RNF) e operacionalizações é possível observar que os RNF “Facilidade de Uso” e “Escalabilidade” não são satisfeitos atualmente (cor vermelha), e os RNFs “Manutenibilidade”, “Agilidade” e “Segurança” com seus dois RNF

filhos (a ligação AND indica decomposição) “Rastreabilidade” e “Integridade” (cor amarela), são parcialmente satisfeitos no sistema legado em análise. Cabe destacar também que observar as contribuições positivas e negativas de operacionalizações (nuvens escuras) em relação aos RNF, em especial os que estão na cor vermelha, pode ser decisivo em um processo de tomada de decisão na evolução do sistema legado sendo documentado e evoluído.

Compilação do Documento inicial de Requisitos do Sistema Legado: Nas entrevistas foram realizadas questões focadas na identificação de falhas no processo, ou seja, metas que não são atendidas ou que são atendidas de maneira parcial. Essas informações foram a base para a identificação visual proposta neste artigo, visando destacar os requisitos com problemas tanto no modelo *i** quanto no NFR *Framework*, finalizando assim os modelos para serem incluídos no documento de requisitos de cada estudo de caso.

Treinamento: Esta atividade teve como objetivo apresentar aos *stakeholders* envolvidos nos estudos de caso, os conceitos básicos sobre as técnicas da GORE utilizadas para documentar os requisitos dos sistemas legados bem como a própria estrutura do documento de requisitos sugerida. Devido às restrições de agenda desses *stakeholders*, o treinamento se aplicou a apenas alguns dos participantes das entrevistas, sendo focado nos participantes com uma relação mais direta com a documentação desses sistemas. Para a Organização A, por exemplo, dos sete envolvidos nas entrevistas, apenas três *stakeholders*, dos setores de TI e Qualidade, receberam treinamento. Infelizmente esta é uma limitação bastante comum em participantes de estudos de caso.

Os treinamentos foram realizados de forma on-line via plataforma Google Meet, os quais tiveram duração média de 1 hora e 30 minutos. No treinamento houve a contextualização de técnicas da GORE, *Frameworks* utilizados e apresentados os modelos gerados e documento compilado para avaliação. Todos os artefatos foram disponibilizados aos envolvidos após o treinamento para poderem avaliar com mais tempo e assim terem subsídios para realizar a avaliação do processo. A apresentação utilizada como base para os treinamentos está disponível em [44].

E. Avaliação

Como já mencionado, as questões dos dois objetivos identificados (ver Seção V - subseção A) foram avaliadas mediante três variáveis de percepção obtidas com base no TAM [23]. Essas variáveis são: **Utilidade Percebida (PU)**, na qual se avalia a utilidade percebida da abordagem utilizada e tecnologias em questão pelo ponto de vista dos participantes. **Facilidade de Uso Percebida (PEOU)**, com a qual avaliamos o quão fácil os participantes consideram a utilização do processo e

a tecnologia e por fim uma variável adaptada a qual chamados de **Coerência**. Com ela se avaliou a coerência das informações dos requisitos levantados, modelados e documentados mediante questões específicas para este fim.

Os resultados são baseados nas respostas de onze participantes que se envolveram nos três estudos (incluindo o estudo piloto), respostas às quais foram pré-definidas em uma escala de 1 a 7, sendo que 1 corresponde a discordo totalmente e 7, concordo totalmente.

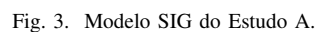
Entre a equipe de stakeholders avaliadores há quatro papéis de atuação distintos: Analista de Suporte, Gerente de Produto, Analista de Negócio e Analista de Qualidade.

As seguintes questões foram aplicadas em um *survey* para avaliação da abordagem. Cabe destacar que estas questões foram elaboradas em consonância com os dois objetivos da avaliação já definidos (ver Seção V - subseção A).

Utilidade Percebida

1. Usar este processo em meu trabalho me ajudaria a executar tarefas de maneira mais rápida.
2. Usar este processo melhoraria significativamente meu desempenho no trabalho.
3. Usar este processo em meu trabalho aumentaria minha produtividade.
4. Usar este processo aumentaria minha eficácia no trabalho.
5. Usar este processo facilitaria meu trabalho.
6. Eu acho este processo útil para o meu trabalho.
7. O uso das técnicas da GORE me ajudam a entender os objetivos da organização.
8. O uso das técnicas da GORE me ajudam a entender os objetivos do sistema legado.
9. O modelo *i** com seus atores, relacionamentos e dependências facilita o entendimento sobre o sistema legado.
10. O uso do NFR *framework* me ajuda a entender melhor como os requisitos não funcionais foram atendidos.
11. Os modelos gerados são artefatos importantes para o entendimento sobre o sistema legado. Os modelos gerados apoiam a evolução, manutenção ou processos de migração do sistema legado.
12. A diferenciação clara entre as cores amarelo e vermelho no modelo de objetivos me ajuda a identificar rapidamente os requisitos parcialmente atendidos (defeituosos) e os requisitos não atendidos.
13. Ao encontrar elementos marcados em amarelo ou vermelho no modelo de objetivos, sinto-me mais motivado a revisar e corrigir os requisitos parcialmente atendidos (defeituosos) e não atendidos, melhorando a qualidade do modelo.
14. A representação visual das cores amarelo e vermelho no modelo de objetivos facilita a visualização e identificação de áreas problemáticas relacionadas aos requisitos.

Facilidade de Uso Percebida



- | | |
|--|--|
| 1. Aprender a utilizar as técnicas deste processo seria fácil para mim. | 4. Eu acharia esse processo claro e compreensível. |
| 2. Eu teria facilidade em usar este processo para realizar as atividades que desejo. | 5. Seria fácil para mim tornar-me hábil no uso deste processo. |
| 3. Minha interação com este processo seria clara e compreensível. | 6. Eu acharia este produto fácil de usar. |
| | 7. Eu poderia adicionar o uso dessas técnicas no meu processo de documentação de sistemas. |
| Coerência das Informações | |

Foz do Iguaçu | Paraná | Brasil

Estudo / Participantes	Média de PU
A	6,20
Participante 1	6,53
Participante 2	5,87
Participante 3	6,20
B	6,23
Participante 4	6,87
Participante 5	6,00
Participante 6	6,47
Participante 7	5,60
Piloto	6,22
Participante 10	5,67
Participante 11	7,00
Participante 8	6,20
Participante 9	6,00
Total Geral	6,22

Fig. 4. Utilidade Percebida por Participante e Estudo

Estudo / Participantes	Média de PEOU
A	6,52
Participante 1	6,86
Participante 2	5,71
Participante 3	7,00
B	5,57
Participante 4	6,14
Participante 5	5,00
Participante 6	5,14
Participante 7	6,00
Piloto	6,07
Participante 10	5,71
Participante 11	6,00
Participante 8	6,71
Participante 9	5,86
Total Geral	6,01

Fig. 5. Facilidade de Uso Percebida por Participante e Estudo

Estudo / Participantes	Média de COERENCIA
A	6,56
Participante 1	6,67
Participante 2	6,00
Participante 3	7,00
B	6,67
Participante 4	7,00
Participante 5	6,67
Participante 6	7,00
Participante 7	6,00
Piloto	6,25
Participante 10	4,00
Participante 11	7,00
Participante 8	7,00
Participante 9	7,00
Total Geral	6,48

Fig. 6. Coerência por Participante e Estudo

1. As informações contidas nos modelos gerados são coerentes e consistentes em relação aos objetivos, requisitos e relações representadas.

2. De acordo com a situação atual do sistema legado apresentada pelos envolvidos, entendo que as informações nos modelos gerados estão em conformidade com essa situação e não contradizem as características e requisitos do sistema legado.

3. Considerando as informações existentes no sistema legado e as atualizações apresentadas nos modelos gerados, considero que as informações nos modelos mantêm uma coerência e consistência adequadas com as mudanças propostas.

A variável de percepção de **Utilidade Percebida (PU)**: as respostas foram todas acima da média, variando entre 5,60 a 7,00 e uma média por estudo de caso de 6,22. A variável de percepção de **Facilidade de Uso Percebida (PEOU)**: as respostas foram todas acima da média, variando entre 5,00 a 7,00. Apenas um participante atribuiu nota máxima neste quesito de avaliação. As médias dos estudos de caso foram: A - 6,52, B - 5,57 e Piloto - 6,07 gerando uma média geral de avaliação de PEOU de 6,01. A variável de percepção de **Coerência das Informações**: as respostas foram todas acima da média, variando entre 4,00 a 7,00. Apenas em um participante atribuiu nota abaixo de 6 neste quesito de avaliação. As médias dos estudos de caso foram: A - 6,56, B - 6,67 e Piloto - 6,25 gerando uma média geral de avaliação de Coerências das Informações de 6,48.

A descrição completa do questionário aplicado aos onze participantes com as notas, respostas e comentários por questão vinculada a uma das variáveis de percepção, pode ser consultada em [25].

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise dos dados, observa-se que a percepção de utilidade, facilidade de uso e coerência das informações variaram entre os participantes, principalmente em relação à função em que atuam. As maiores notas estão relacionadas a

quem atua diretamente no suporte à operação dos sistemas, indicando bom aproveitamento dos documentos gerados para apoio ao suporte do sistema legado.

Quanto ao ganho de produtividade (questão 3 associada à utilidade percebida), identificou-se a necessidade de novos estudos de caso ou experimentos nos quais os *stakeholders* apliquem a proposta em sua íntegra. Nos casos realizados, avaliaram os modelos com base no treinamento, sem executar o processo completo, não estimando a curva de aprendizado necessária para dominar as técnicas, devido à falta de disponibilidade. Em trabalhos futuros pretende-se aplicar a proposta em todas as suas etapas envolvendo *stakeholders* chaves na evolução de sistemas legados.

Os modelos *i** e *NFR Framework* tornam-se mais complexos conforme o tamanho do sistema legado documentado. Isso foi evidente no estudo de caso A, cujo modelo apresentou maior complexidade pela quantidade de atores, objetivos e relacionamentos. Para sistemas complexos, recomenda-se particionar os atores em módulos, reduzindo a complexidade gerada pelas interdependências. A utilização de cores específicas para diferenciar e destacar requisitos parcialmente atendidos e não atendidos foi amplamente aceita e também destacada como ponto importante para atacar diretamente os problemas de um sistema legado em manutenções, evoluções e até mesmo migrações.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do grupo de pesquisa Laboratório de Engenharia de Software (LES)¹ e PPGComp da UNIOESTE, Campus de Cascavel/PR - Brasil. Além disso, o trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

¹Laboratório de Engenharia de Software (LES) – UNIOESTE. Disponível em: <https://www.unioeste.br/portal/les/>. Acesso em: 10 out. 2025.

REFERÊNCIAS

- [1] M. Baker, *Digital transformation*. Buckingham Business Monographs, 2015.
- [2] K. Rose, S. Eldridge, and L. Chapin, "The internet of things: An overview," *The internet society (ISOC)*, vol. 80, pp. 1–50, 2015.
- [3] J. Teixeira, *O que é inteligência artificial*. E-Galáxia, 2019.
- [4] M. Di Pierro, "What is the blockchain?" *Computing in Science & Engineering*, vol. 19, no. 5, pp. 92–95, 2017.
- [5] C. Taurion, *Big data*. Brasport, 2013.
- [6] —, "Cloud computing-computação em nuvem," 2009. [Online]. Available: <https://books.google.com.br/books?id=mvir2X-A2mcC>
- [7] Brasil, "Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. dispõe sobre a proteção de dados pessoais e altera a lei nº 12.965, de 23 de abril de 2014 (marco civil da internet). lei geral de proteção de dados pessoais (lgpd)." *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, 2018. [Online]. Available: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/13709.htm
- [8] "Censuswide," Disponível em: <https://censuswide.com/>, acesso em: 08/02/2021 11:58.
- [9] CIO, "1. 70% das empresas aumentam ou mantêm gastos com transformação digital em meio à pandemia," Disponível em: <https://cio.com.br/tendencias/70-das-empresas-aumentam-ou-mantem-gastos-com-transformacao-digital-em-meio-a-pandemia/>, 2020.
- [10] I. D. Corporation, "International data corporation (idc)," 2022. [Online]. Available: <https://www.idc.com/about>
- [11] —, "IDC Spending Guide Sees Worldwide Digital Transformation Investments Reaching \$3.4 Trillion in 2026," Comunicado de Imprensa, via Business Wire, Oct. 2022. [Online]. Available: <https://tinyurl.com/28jy4xhc>
- [12] B. WIRE, "74% of organizations fail to complete legacy system modernization projects, new report from advanced reveals," 2020. [Online]. Available: <https://tinyurl.com/59jrx873>
- [13] M. Attaran, "Why does reengineering fail? a practical guide for successful implementation," *Journal of management development*, 2000.
- [14] J. Bergey, D. Smith, S. Tilley, N. Weideman, and S. Woods, *Why Reengineering Projects Fail*, 1999.
- [15] H. Sneed and C. Verhoef, "Re-implementing a legacy system," *Journal of Systems and Software*, vol. 155, pp. 162–184, 2019. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0164121219301050>
- [16] M. Majthoub, M. Qutut, and Y. Odeh, "Software re-engineering: An overview," 07 2018.
- [17] L. L. Chaves, "Sistemas legados e a aplicação de processos de reengenharia de software," 2004.
- [18] V. Fontanette, V. C. Garcia, A. A. Bossonaro, A. B. Perez, and A. F. do Prado, "Reprojeto de sistemas legados baseado em componentes de software," in *XXVIII Conferencia Latinoamericana de Informática (InfoUYclei)*, 2002.
- [19] J. Horkoff *et al.*, "Goal-oriented requirements engineering: an extended systematic mapping study," *Requirements Engineering*, vol. 24, pp. 133–160, 2019.
- [20] E. Yu, P. Giorgini, N. Maiden, and J. Mylopoulos, *Social Modeling for Requirements Engineering*. The MIT Press, 2011.
- [21] L. Chung, B. A. Nixon, E. Yu, and J. Mylopoulos, *Non-functional requirements in software engineering*. Springer Science & Business Media, 2012, vol. 5.
- [22] M. Host, A. Rainer, P. Runeson, and B. Regnell, *Case study research in software engineering: Guidelines and examples*. John Wiley & Sons, 2012.
- [23] F. Davis and F. Davis, "Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology," *MIS Quarterly*, vol. 13, pp. 319–, 09 1989.
- [24] K. E. Wiegers, "Srs template ieee," <https://studylib.net/doc/26057970/srs-template-ieee>, 1999, acessado em: 26 de Agosto de 2023.
- [25] R. G. Fritola *et al.*, "Documentação de requisitos de sistemas legados: Uma proposta baseada na engenharia de requisitos orientada a objetivos," 2023. [Online]. Available: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/6999>
- [26] J. Crotty and I. Horrocks, "Managing legacy system costs: A case study of a meta-assessment model to identify solutions in a large financial services company," *Applied computing and informatics*, vol. 13, no. 2, pp. 175–183, 2017.
- [27] D. Zowghi and C. Coulin, "Requirements elicitation: A survey of techniques, approaches, and tools," in *Engineering and managing software requirements*. Springer, 2005, pp. 19–46.
- [28] V. F. A. Santander, A. A. Vicente, F. Koerich, and J. Castro, "Elicitação de requisitos organizacionais, não-funcionais e funcionais em software legado com ênfase na engenharia de requisitos orientada a objetivos," in *X Workshop Iberoamericano de Ingeniería de Requisitos y Ambientes de Software. Isla Margarita, Venezuela*, 2007.
- [29] A. Alexandrova and L. Rapanotti, "Requirements analysis gamification in legacy system replacement projects," *Requirements Engineering*, vol. 25, no. 2, pp. 131–151, 2020.
- [30] Y. Yu, Y. Wang, J. Mylopoulos, S. Liaskos, A. Lapouchnian, and J. C. S. do Prado Leite, "Reverse engineering goal models from legacy code," in *13th IEEE International Conference on Requirements Engineering (RE'05)*. IEEE, 2005, pp. 363–372.
- [31] N. Argyropoulos, L. M. Alcañiz, H. Mouratidis, A. Fish, D. G. Rosado, I. G.-R. de Guzmán, and E. Fernández-Medina, "Eliciting security requirements for business processes of legacy systems," in *IFIP Working Conference on The Practice of Enterprise Modeling*. Springer, 2015, pp. 91–107.
- [32] A. Anton and C. Potts, "The use of goals to surface requirements for evolving systems," in *Proceedings of the 20th International Conference on Software Engineering*, 1998, pp. 157–166.
- [33] N. Subramanian, S. Drager, and W. McKeever, "Identifying trustworthiness deficit in legacy systems using the nfr approach," vol. 27, pp. 4–11, 01 2014.
- [34] B. W. Weide, W. D. Heym, and J. E. Hollingsworth, "Reverse engineering of legacy code exposed," in *1995 17th International Conference on Software Engineering*, 1995, pp. 327–327.
- [35] J. Pimentel and M. Lencastre, "Would you like better visualization for requirements prioritization and release planning?" in *WER*, 2020.
- [36] C. UFPE, "Dsm3-goals. pacote de ferramentas," <https://www.cin.ufpe.br/~jhcp/dsm3goals/index.html>, 2020, accessed: 2021-10-26.
- [37] A. van Lamsweerde, "Goal-oriented requirements engineering: a guided tour," in *Proceedings Fifth IEEE International Symposium on Requirements Engineering*, 2001, pp. 249–262.
- [38] R. G. Fritola and V. F. Santander, "Documentando requisitos de sistemas legados: um estudo de caso utilizando técnicas da engenharia de requisitos orientada a objetivos," SBC, pp. 139–148, 2021. [Online]. Available: <https://sol.sbc.org.br/index.php/eres/article/view/18459>
- [39] C. Wohlin, P. Runeson, M. Höst, M. C. Ohlsson, B. Regnell, and A. Wesslén, *Experimentation in software engineering*. Springer Science & Business Media, 2012.
- [40] C. F. de Souza and V. F. Santander, "Uma proposta de elicitação e análise de requisitos no contexto de médias e pequenas empresas de desenvolvimento de software," in *CibSE*, 2011, pp. 285–296.
- [41] M. Yousuf and M. Asger, "Comparison of various requirements elicitation techniques," *International Journal of Computer Applications*, vol. 116, no. 4, 2015.
- [42] IEEE, "IEEE recommended practice for software requirements specifications," *IEEE Std 830-1998*, pp. 1–40, 1998.
- [43] K. Wiegers and J. Beatty, *Software requirements*. Pearson Education, 2013.
- [44] R. G. Fritola and V. A. Santander, "Documentação de requisitos de sistemas legados uma proposta baseada na engenharia de requisitos orientada a objetivos," p. 28, 2022. [Online]. Available: http://wer.inf.puc-rio.br/WERpapers/artigos/artigos_WER22/WER_2022_Camera_ready_paper_50.pdf
- [45] V. R. B.-G. Caldiera and H. D. Rombach, "Goal question metric paradigm," *Encyclopedia of software engineering*, vol. 1, no. 528-532, p. 6, 1994.