

Uma Abordagem para Engenharia de Requisitos Aplicada a Sistemas de Informação

Alternative Title: An Approach to Requirements Engineering Applied to Information Systems

Adailton Ferreira de Araújo
Instituto de Informática - UFG
Alameda Palmeiras Qd D
Câmpus Samambaia Caixa
Postal 131 74001-970
Goiânia - GO - Brasil
adailton@inf.ufg.br

Juliano Lopes de Oliveira
Instituto de Informática - UFG
Alameda Palmeiras Qd D
Câmpus Samambaia Caixa
Postal 131 74001-970
Goiânia - GO - Brasil
juliano@inf.ufg.br

Almir Firmino da Silva
Decisão Informática
Rua Uberaba Qd 77 Lt 9 Jd
Luz 74915-440
Ap. de Goiânia - GO - Brasil
almir@decisaosistemas.com.br

Bruno Nunes Machado
Decisão Informática
Rua Uberaba Qd 77 Lt 9 Jd
Luz 74915-440
Ap. de Goiânia - GO - Brasil
brunonunes@inf.ufg.br

Jailton Alkimir Louzada
Decisão Informática
Rua Uberaba Qd 77 Lt 9 Jd
Luz 74915-440
Ap. de Goiânia - GO - Brasil
jailton@alkymia.com.br

Paulo Marcos Soares
Decisão Informática
Rua Uberaba Qd 77 Lt 9 Jd
Luz 74915-440
Ap. de Goiânia - GO - Brasil
paulomarcso@gmail.com

RESUMO

Sistemas de informação (SI) dependem de software para modelar e executar processos de negócio. A complexidade, extensão e diversidade desses processos constitui um desafio para a Engenharia de Requisitos (ER). Este trabalho descreve uma abordagem para lidar com esse desafio. Nessa abordagem o conceito de Processo de Negócio serve de base para todas as atividades e produtos da ER. A viabilidade da abordagem foi avaliada na especificação de um software que apoia o próprio processo de ER. A comparação desse software com outros que representam o estado da arte das ferramentas de ER mostra que poucas ferramentas atendem aos requisitos relacionados ao suporte de ER para SI, principalmente no apoio a conceitos de processos de negócio.

Palavras-Chave

Requisitos de Sistema, Requisitos de Software, Processos de Negócio, Ferramentas de Engenharia de Requisitos.

ABSTRACT

Information systems (IS) rely on software to model, simulate and execute business processes. The complexity, size and diversity of these processes is a challenge for Requirements Engineering (RE). This paper presents an approach

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, to republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

SBSI 2016, May 17th-20th, 2016, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil
Copyright SBC 2016.

to deal with this challenge. In this approach the concept of Business Process is the basis for all RE activities and products. A proof of concept of the feasibility of this approach has been taken with its use in the specification of software that supports the RE process itself. The comparison of this software with others that represent the state of the art on RE tools shows that few tools meet the requirements related to the RE support for IS, especially in supporting the concepts of business processes.

Categories and Subject Descriptors

D.2.1 [Software Engineering]: Requirements/Specifications—*Methodologies, Tools*.

General Terms

Requirements Engineering, Information Systems.

Keywords

System Requirements, Software Requirements, Business Processes, Requirements Engineering Tools.

1. INTRODUÇÃO

A complexidade crescente dos Sistemas de Informação (SI) impõe dificuldades para construção e evolução do software subjacente a esses sistemas. Um dos principais desafios nesse contexto é a compreensão e especificação de requisitos do sistema e do software. Esses requisitos envolvem processos de negócio complexos, cujas atividades precisam ser planejadas, executadas e controladas de forma segura e eficiente. Logo, o processo de Engenharia de Requisitos (ER) é um fator crítico para o sucesso de SI [19].

A ER está presente ao longo do ciclo de vida do software, identificando as expectativas das partes interessadas no sis-

tema e definindo o que o sistema deve fazer para satisfazer essas expectativas e, embora seja uma disciplina relativamente nova, a ER já estabeleceu um conjunto de soluções comuns para descobrir, analisar, validar, documentar e gerenciar requisitos de software [22, 27].

No entanto, as idiossincrasias inerentes a cada tipo de software ainda demandam esforço de pesquisa para que soluções genéricas da ER possam ser convertidas em métodos e técnicas apropriadas para contextos específicos [31]. Esse é o caso de software para SI, cujas especificidades incluem a necessidade de suporte a conceitos relacionados a *processos de negócio* [18]. Contudo, o estágio atual das abordagens de ER não oferece o devido apoio a esses conceitos [25].

Em particular, embora haja consenso de que o software precisa estar alinhado aos processos de negócio, as abordagens de ER negligenciam a análise de processos de negócio, focando apenas em questões relacionadas ao software. Como ambos requisitos de sistema e de software são necessários para o sucesso de SI, depende-se das habilidades individuais de engenheiros criativos para construir uma especificação que contemple essas duas partes essenciais do domínio do problema de ER para SI.

A falta de apoio das abordagens de ER com relação à análise de conceitos mais amplos dos SI, notadamente dos processos de negócio envolvidos, pode ser percebida nas ferramentas de ER, que não oferecem funções importantes para este cenário, tais como a representação de conceitos e processos de negócio, o relacionamento entre componentes do negócio e requisitos de software, a associação de stakeholders do negócio com requisitos de software individuais, e a correlação entre conceitos do domínio do sistema e os requisitos alocados ao software. Portanto, não há foco em software para SI nas abordagens disponíveis atualmente.

Assim, o presente trabalho propõe uma abordagem de ER focada nas especificidades de software para SI. Essa abordagem usa Modelos de Processos de Negócio (BPM) e Modelos Conceituais de Domínio de SI para representação e manipulação de conceitos relacionados aos processos de negócio como eixo central para realização do processo de ER. O objetivo dessa abordagem é preencher a lacuna existente nas propostas de ER atuais, que não dão a devida importância às relações existentes entre os processos de negócio no nível de sistema e os requisitos do software subjacente.

O restante deste trabalho descreve os principais aspectos dessa abordagem e está assim organizado. A Seção 2 discute a metodologia da pesquisa que desenvolveu a abordagem. A Seção 3 traz uma visão geral do processo de ER para SI que constitui o núcleo dessa abordagem. A Seção 4 descreve os Conceitos de Negócio identificados no contexto de ER para SI. A Seção 5 ilustra o emprego da abordagem com exemplos extraídos de sua aplicação no desenvolvimento de um software. A Seção 6 compara a abordagem com outras propostas, com base nas características das ferramentas que apoiam essas propostas. A Seção 7 apresenta conclusões finais da pesquisa.

2. METODOLOGIA DE PESQUISA

Os resultados descritos neste artigo fazem parte de um projeto de pesquisa mais amplo, cuja metodologia de pesquisa tem como etapas principais:

1. *Revisão sistemática da literatura*: mapear o estado da prática do processo de ER e compreender o nível de

suporte das abordagens atuais às idiossincrasias de SI;

2. *Estudo de caso*: confrontar as práticas de ER identificadas na revisão bibliográfica com a realidade dos processos de ER empregados em uma organização que desenvolve software para SI;
3. *Desenvolvimento de proposta*: combinar os requisitos identificados na literatura com as necessidades observadas no estudo de caso de forma a construir uma abordagem aderente à realidade de organizações que executam ER para desenvolver software para SI;
4. *Pesquisa-ação*: aplicar a abordagem proposta em uma prova de conceito que possibilite validar a adequação da abordagem aos requisitos de SI e ajustar os aspectos da abordagem que emergem de sua aplicação em um cenário real. O acompanhamento das atividades de ER propostos em um projeto real deve possibilitar a calibragem e ajuste de aspectos emergentes da abordagem proposta;
5. *Avaliação de resultados*: comparar os resultados da aplicação da abordagem desenvolvida com as propostas atuais para apoio à ER fornecidas por ferramentas de ER disponíveis para uso. Essa comparação deve permitir a avaliação dos avanços obtidos com a abordagem proposta e as suas limitações com relação às abordagens já existentes.

O presente artigo discute resultados das três últimas etapas da metodologia, já que as duas etapas iniciais serviram para consolidar a fundamentação teórica que embasa as propostas da abordagem desenvolvida. Os principais conceitos dessa abordagem, denominada de ERSI (ER para SI), estão descritos nas seções 3 e 4, que sintetizam os resultados da etapa 3 (Desenvolvimento de Proposta).

A abordagem foi aplicada na etapa 4 (Pesquisa-Ação) para especificar uma ferramenta de software cujo objetivo é apoiar o próprio Processo de Negócio introduzido pela abordagem, ou seja, o Processo de ER para SI. A ideia é similar àquela descrita em [28] que utiliza o desenvolvimento de um software para avaliar uma abordagem para modelagem de processos de negócio. A Seção 5 destaca aspectos importantes identificados na pesquisa-ação realizada.

Por fim, a etapa 5 (Avaliação de Resultados) foi realizada na forma de uma análise comparativa, que avaliou características das abordagens empregadas em dezessete ferramentas de ER, além daquela proposta neste artigo, a fim de verificar o nível de suporte que essas ferramentas fornecem aos requisitos de ER para software de SI. A Seção 6 destaca as principais características utilizadas na comparação das ferramentas e as conclusões obtidas dessa comparação.

3. PROCESSO DE REQUISITOS PARA SI

O processo de ER tem sido amplamente discutido, tanto na academia quanto na indústria de software, havendo consenso sobre as principais etapas desse processo, que inclui Eliciação, Análise, Especificação, Validação e Gestão de Mudanças em requisitos [24]. Também há consenso sobre a natureza iterativa e incremental da ER, de forma que as suas representações sequenciais são abstrações úteis para a compreensão das atividades envolvidas no processo, mas que não representam a forma de execução do processo em projetos de software reais.

A Eliciação de Requisitos identifica as fontes de requisitos do sistema, com destaque para os *stakeholders* (partes interessadas), e aplica técnicas para determinar suas necessidades e expectativas. Essas informações são correlacionadas na Análise de Requisitos, gerando alternativas de solução para as necessidades identificadas. A Especificação de Requisitos define a forma com que requisitos são documentados e apresentados para as diversas partes interessadas. Finalmente, a Validação de Requisitos obtém a aprovação dos requisitos, tanto do ponto de vista dos *stakeholders* quanto da equipe técnica responsável pelo software que atenderá os requisitos especificados. Em paralelo com todas as fases ocorrem as atividades de Gestão de Mudanças em Requisitos, uma vez que essas mudanças ocorrem continuamente ao longo da execução da ER.

O processo de ER da abordagem proposta (Figura 1) é aderente a esses princípios fundamentais. Todavia, a abordagem prevê o uso de apoio ferramental que integra todas as atividades do processo, conforme discute a Seção 5. Além disso, a abordagem proposta está focada em software para SI e por isso usa os processos e conceitos de negócio do SI como conceitos fundamentais para a realização da ER. O restante desta seção descreve as principais atividades (destacadas em negrito) do Processo de ER proposto.

O processo de ER inicia com a atividade **Registrar Necessidade**, que pode tratar uma nova necessidade para um software existente ou a criação de um novo software. O registro dessa necessidade representa para a organização uma oportunidade de negócio relacionado a software.

Apenas *stakeholders* que possuem autorização prévia para fornecer requisitos de determinados SI podem registrar necessidades, as quais são avaliadas na atividade **Avaliar Necessidade** com o apoio de *checklists* predefinidos que levam em consideração a qualidade das informações, o grau de impacto da necessidade nos sistemas e o alinhamento dessa necessidade aos objetivos de negócio e às estratégias organizacionais. O resultado da avaliação define uma prioridade para a solicitação, de forma a nortear a seleção de necessidades que serão contempladas.

A solicitação avaliada e priorizada é incluída em um *backlog* de necessidades, onde aguarda a oportunidade para ser atendida, o que ocorre com a atividade **Criar Projeto de ER**, que envolve a seleção de uma ou mais necessidades desse backlog para compor o escopo de um Projeto de ER, com base na prioridade definida para as necessidades. Nesse ponto é definido um escopo para a ER e alocada uma equipe responsável pela condução do Projeto, que pode ser composta por um ou mais Engenheiros de Requisitos.

A atividade **Identificar Fontes de Requisitos** documenta todas as possíveis fontes de requisitos, com base nas necessidades que fazem parte do escopo do projeto. As fontes de requisitos previstas na abordagem incluem organizações envolvidas, processos de negócio relacionados, *stakeholders* (papéis, cargos ou funções que participam da execução desses processos, ou que possuem interesse nesses processos), sistemas de informação correlatos, documentação de domínios similares (legislações, normas, regulamentos, entre outros) e ambientes operacionais alvo (plataformas de hardware e software, e aplicações externas relacionadas).

Para **Planejar o Processo de Eliciação**, as fontes de requisitos identificadas são examinadas para determinar as técnicas de eliciação de requisitos mais adequadas para o levantamento de informações de cada tipo de fonte. Entre

as principais técnicas de eliciação apoiadas pela abordagem proposta estão: Entrevista, Análise de Documentos, Questionário, Etnografia, Análise de Cenários e Análise de Domínio. Para cada técnica selecionada, a abordagem propõe o planejamento de local e horário de sua aplicação, bem como participantes, recursos materiais e escopo a ser abordado. Além disso, de acordo com as particularidades de cada técnica, é definido um roteiro para apoiar a execução da técnica. Por exemplo, para a técnica de Entrevista, podem ser definidas as perguntas que serão aplicadas e a ordem de aplicação.

Executar Eliciação corresponde à realização das atividades de eliciação planejadas. A execução de cada técnica de eliciação pode gerar anotações e modelos resultantes das interações com as fontes de requisitos, notadamente os *stakeholders*, como por exemplo, diagramas de processos, modelos de documentos, protótipos de interface, entre outros. Todas as informações relevantes coletadas durante a execução das atividades de eliciação de requisitos são registradas por meio de imagens, áudios, vídeos e anotações. A abordagem propõe a organização dessas informações de acordo com os eventos de eliciação em que elas são geradas.

As informações coletadas durante as várias sessões de aplicação de técnicas de eliciação de requisitos são integradas e consolidadas na atividade **Consolidar Eliciação**, que contempla a natureza iterativa da ER, já que a consolidação pode identificar novos processos e conceitos que exigem a execução de mais uma iteração de Eliciação. Para software de SI, os principais resultados dessa consolidação de requisitos são os modelos Conceitual de Domínio e de Processos de Negócio do SI.

As informações consolidadas da eliciação são insumos para a atividade **Definir Requisitos de Sistema**. No contexto de software para SI, o entendimento do sistema atual e as melhorias levantadas para este sistema são a base para especificação do novo sistema, que deve identificar mudanças em processos de negócio e seus relacionamentos, incluindo atividades e métodos relacionados. Essas informações detalham e complementam os Modelos de Domínio e de Processos de Negócio do Sistema, descrevendo de forma completa a estrutura das informações e os processos que transformam essas informações no SI.

A atividade seguinte, **Alocar Requisitos ao Software** envolve a identificação dos requisitos de sistema que serão implementados como soluções de software. As tarefas e métodos do sistema alocados ao software são especificados por diferentes meios, incluindo protótipos de interface, regras de negócio e de dados, requisitos arquiteturais e cenários de uso do software. Para cada requisito alocado ao software são atribuídos valores de prioridade e complexidade, para apoiar a tomada de decisão em relação à forma de sua implementação. Além disso, cada requisito de software é correlacionado a outros requisitos, estabelecendo informações de rastreabilidade para apoiar a análise de impacto em eventuais solicitações de mudanças em requisitos.

Os requisitos de sistema alocados ao software devem ser documentados e organizados visando a sua apresentação às partes interessadas. A atividade **Definir Template para Especificação** estabelece a estrutura e o formato para apresentação dos requisitos de acordo com as expectativas das diferentes partes. Nessa estrutura são definidas as informações que devem ser apresentadas, a forma de agrupamento e a ordem de apresentação dessas informações.

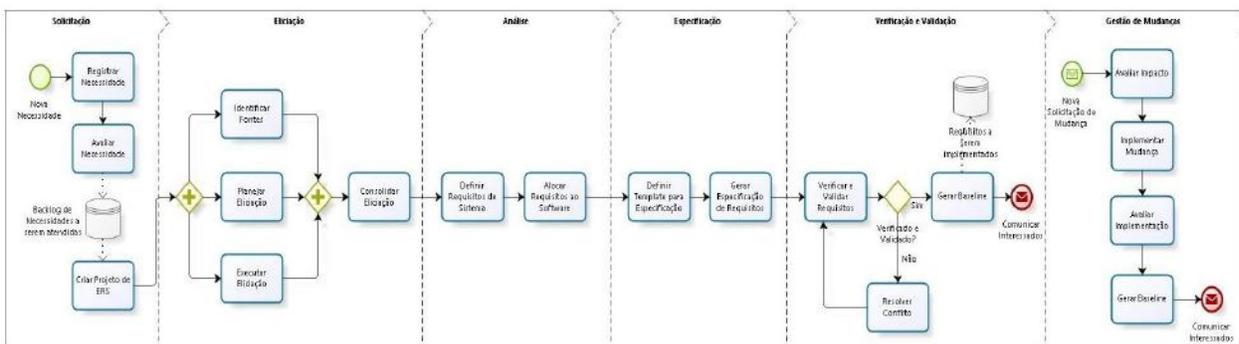


Figura 1: Processo de Engenharia de Requisitos da abordagem ERSI

A partir dessas definições, **Gerar Especificação de Requisitos** produz um documento de especificação de requisitos, considerando o template de especificação selecionado. Dessa forma, a abordagem propõe a existência de vários documentos de requisitos, contemplando diferentes públicos alvo.

O feedback em relação aos requisitos especificados é obtido na atividade **Verificar e Validar Requisitos**, que é a principal atividade da etapa de Validação. Checklists propostos na abordagem orientam duas perspectivas de avaliação. Na perspectiva técnica, a equipe do Projeto de ER verifica se os requisitos estão consistentes, claros, livres de ambiguidade, e se são tecnicamente viáveis de serem implementados. Na perspectiva de negócio, os *stakeholders* validam se os requisitos expressam suas reais expectativas e necessidades.

Se algum requisito não é aprovado, seja na perspectiva técnica ou de negócio, é necessário **Resolver Conflito**. O conflito é criado em função da divergência entre a especificação apresentada para o requisito e a opinião divergente emitida pela parte interessada que não aprovou o requisito. Deve haver o registro do motivo da não aprovação e das discussões relacionadas à solução do conflito.

A atividade **Gerar Baseline** cria uma linha de base para os requisitos aprovados, formando um *backlog* de requisitos que aguardam para serem implementados em projetos de software. A partir de sua entrada em linha de base, toda mudança no requisito deve passar pelo subprocesso de Gestão de Mudanças, que envolve **Avaliar Impacto** para analisar a necessidade e a viabilidade de mudança, em função do impacto previsto para a sua realização. Uma vez aprovada, é preciso **Implementar Mudança**, o que pode envolver, dependendo da dimensão da mudança solicitada, a execução de todo o ciclo de ER.

Finalmente, **Avaliar Implementação** verifica se a implementação da mudança foi feita de acordo com a avaliação de impacto realizada, e obtém a aprovação do requisito modificado pelas partes interessadas.

Assim, o Processo de ER para SI aqui sintetizado contempla as práticas gerais recomendadas pela literatura de ER, mas incorpora a essas práticas as especificidades de software para SI. A próxima seção discute, de forma mais aprofundada, essas especificidades.

4. REPRESENTAÇÃO DE PROCESSOS

Um dos grandes desafios para uma abordagem de ER ade-

quada para SI é a necessidade de descrever detalhes dos processos de negócio [18]. Em abordagens tradicionais de ER, essa descrição é feita com base em algum tipo de Modelo de Processo de Negócio (ou *Business Process Model* - BPM). No entanto, o uso de BPM como única forma de descrever processos de negócio apresenta duas principais limitações nessas abordagens.

Primeiro, BPM é geralmente usado para descrever processos em um nível de abstração muito elevado. Com isso, os modelos de processo construídos apresentam apenas uma visão panorâmica dos processos, sem detalhes que são essenciais para a perfeita compreensão da forma de utilização do software no processo de negócio da organização [26].

A outra limitação do uso exclusivo de BPM para descrição de processos de negócio é que esse tipo de modelo é voltado para a representação de aspectos dinâmicos dos processos, sem oferecer suporte adequado para a descrição da estrutura das informações que são manipuladas nos processos, ou seja, BPM não favorece uma visão ontológica sobre o processo de negócio [30].

Para superar essas limitações, a abordagem ERSI usa a *Business Process Model and Notation* (BPMN) para descrever aspectos dinâmicos, tais como decisões e sequenciamento de atividades, e emprega um Modelo Conceitual de Domínio para descrever relacionamentos entre **conceitos de negócio**, que são estruturas complexas de informação manipuladas nos processos de negócio. A ideia é que um processo de negócio seja descrito em termos de suas atividades, mas também em termos de ontologias que permitem compreender as informações que são manipuladas e transformadas nesses processos [29]. A Figura 2 sintetiza os principais conceitos do Modelo Conceitual de Domínio da abordagem ERSI, e que são discutidos no restante desta seção. Por limitações de espaço não são descritos todos os conceitos que definem a semântica das informações manipuladas nos processos de negócio de SI.

O conceito fundamental para a ER de SI é o de **Processo de Negócio**, definido como a especificação de um conjunto de atividades de negócio que são executadas de forma coordenada com o objetivo de produzir um produto ou um serviço específico no SI. Dessa forma, todo processo de negócio existe para apoiar um objetivo de negócio relevante para algum SI da organização.

Cada ação que precisa ser realizada para cumprir o objetivo do processo de negócio deve ser descrita como uma **Ati-**

ção de uma ferramenta de software, denominada ERSI, cujo objetivo é apoiar o próprio processo de negócio introduzido pela abordagem, ou seja, o processo de ER para SI. Essa ferramenta está sendo implementada por uma equipe de seis desenvolvedores e será um elemento facilitador para a adoção da abordagem, que tem o apoio instrumental como uma das suas características essenciais.

O estudo do domínio do problema realizado nas etapas iniciais da pesquisa identificou diversas Fontes de Requisitos e Pontos de Vista, como exemplifica a Tabela 1, tais como normas sobre ER ([24, 23]) e stakeholders do processo.

Tabela 1: Pontos de Vista e Fontes de Requisitos

Ponto de Vista	Fonte de Requisito
Engenharia de Requisitos	Norma ISO-12207:2008
	Norma ISO-24766:2009
	Analista de Requisitos
Desenvolvimento de Software	Analista de Testes
	Programador

Os pontos de vista e as fontes de requisitos foram explorados em vários eventos de ER que envolveram a aplicação de diversas técnicas, tais como entrevistas, *brainstorms* e análise de documentos. Esses eventos resultaram na identificação de um conjunto de processos e atividades de negócio relacionados à ER para SI. A Tabela 2 ilustra alguns desses processos e respectivas atividades.

Tabela 2: Processos e Atividades por ponto de vista

Ponto de Vista: Engenharia de Requisitos	
Processo	Atividade
Análise de Requisitos	Definir Requisitos de Sistema
	Alocar Requisitos ao Software
Especificação de Requisitos	Definir Template para Especificação
	Gerar Especificação de Requisitos

Cada atividade identificada no processo de negócio de ER foi analisada de forma a definir suas características essenciais. A Tabela 3 apresenta algumas dessas características para uma das atividades do Processo de ER.

Durante a especificação do processo de negócio surgiram novos conceitos que também foram explorados e descritos. O modelo conceitual da Figura 2 mostra alguns dos conceitos de negócios identificados como, por exemplo, “Fonte de Requisitos” (descrito na Seção 4). Entretanto, além dessa descrição, devem ser dadas informações mais detalhadas, como seus atributos e regras associadas.

Cada tarefa identificada em uma atividade de negócio constitui uma necessidade de ação do SI que é atendida por um requisito de sistema. O processo de análise identificou possíveis métodos que podem representar uma proposta de solução para a necessidade do ponto de vista do sistema. Além disso, a análise de requisitos indicou, para cada requisito de sistema, se ele deveria ou não ser alocado ao software subjacente ao SI, isto é, a ferramenta ERSI.

Assim, cada requisito de software especificado para essa ferramenta surgiu da alocação de um requisito de sistema

Tabela 3: Especificação parcial de Atividade

Atividade: Definir Requisitos de Sistema	
Justificativa:	Compreende a modelagem de requisitos de cada atividade de negócio, incluindo a definição da necessidade e o escopo da solução.
Entradas:	Consolidação dos eventos de eliciação de requisitos.
Tarefas:	Modelar o processo de negócio usando BPMN.
	Definir conceitos do domínio do problema.
Saídas:	Modelo de processo de negócio em BPMN.
	Modelo conceitual de domínio parcial.
Participantes:	Analista de Requisitos.

ao software. Os requisitos de software, por sua vez, foram detalhados em diversos tipos de regras (Interface, Dados, Negócio, entre outras) e cenários (representando contextos de interação do software com o usuário). Por exemplo, os requisitos de software alocados a partir do requisito de sistema “Modelar Processo de Negócio usando BPMN” estão listados na Tabela 4.

Tabela 4: Requisito de Sistema alocado a Software

Requisito de Software	Descrição
Consultar Processo	ERSI deve apresentar o resultado de uma consulta sobre as instâncias da entidade Processo vinculados a um projeto.
Registrar Processo	ERSI deve permitir o registro de instâncias da entidade Processo dentro de cada projeto.
Registrar Atividades	ERSI deve permitir o registro das Instâncias da entidade Atividade dentro de cada processo.

Neste cenário, foram alocados seis requisitos de software para um requisito de sistema. Cada um daqueles requisitos foram detalhados em uma especificação completa da solução que o software deve fornecer ao requisito de sistema.

Toda a especificação do software ERSI, que está sendo implementado como parte desta pesquisa, foi feita utilizando o processo apresentado nas seções 3 e 4. A Figura 3, apresenta a interface de uma das suas funcionalidades, o registro de requisito de software, que implementa parte da especificação apresentada na Tabela 4. Na área superior da funcionalidade é possível informar os dados básicos do requisito de software (nome e descrição) e indicar o requisito de sistema que deu origem ao requisito de software. Na área inferior da funcionalidade são disponibilizadas quatro abas de associação (regra, impacto, fonte e eventos), onde é possível buscar os componentes associados a cada uma desses conceitos, definidos por meio de outras funcionalidades, e associa-los ao requisito de software.

6. AVALIAÇÃO COMPARATIVA

A comparação de abordagens de ER para SI foi baseada nas características das abordagens empregadas pelas ferra-

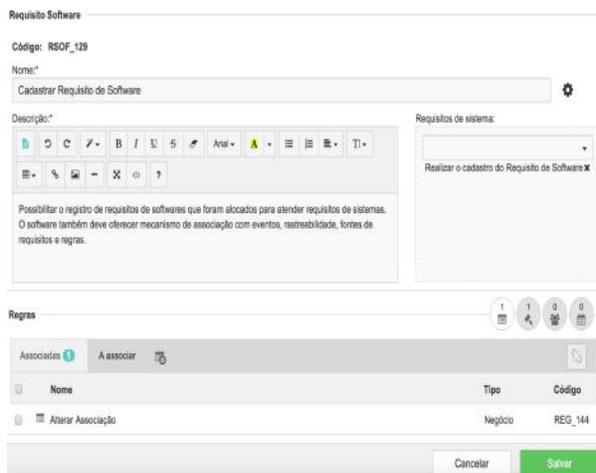


Figura 3: Função Especificar Requisitos de Software

mentas subjacentes, as quais foram selecionadas a partir de [20]. Contudo, não foi possível avaliar todas as ferramentas devido à sua descontinuação, à impossibilidade de acesso a versão demo, ou a problemas de instalação. Assim, dezessete dessas ferramentas foram avaliadas, conforme mostra a Tabela 5, com base em quatro critérios que sintetizam as características necessárias para uma ferramenta ER no contexto de SI. Tais características foram identificadas com base na fundamentação teórica da pesquisa, nos relatos de analistas de requisitos e analistas de processos negócio reportados em [21] e nas propostas de [23], que indicam que uma ferramenta ER não deve ser uma “caixa de ferramentas”, mas sim um facilitador na execução das atividades que envolvem a engenharia de requisitos, oferecendo apoio a um processo de ER. As características são:

- **(C1) Suporte Explícito a Processos de Negócio:** considera as capacidades de representar fluxos ou estruturas de processos de negócio; de definir, separadamente, requisitos de sistemas e de software, associando-os à estrutura de processos de negócio; e de utilizar os processos de negócio como fundamento natural para descrever os aspectos dinâmicos da ER.
- **(C2) Suporte Explícito a Conceitos de Negócio:** considera as capacidades de representar conceitos de negócio por meio de ontologias ou de modelos conceituais; de associar esses conceitos a requisitos de sistema e software; e de utilizar conceitos de negócio como base para descrever aspectos estáticos da ER.
- **(C3) Suporte a Requisitos de Stakeholder:** considera as capacidades de identificar stakeholders de forma individual e agrupada; de associar stakeholders a papéis previstos nos processos de negócio; de agrupar stakeholders por pontos de vista; e de relacionar stakeholders diretamente com requisitos de sistema e de software.
- **(C4) Especificidade da Abordagem:** considera as capacidades de apoiar, especificamente, a ER, e de fornecer um processo de ER que oriente o engenheiro de requisitos na utilização da abordagem proposta.

Tabela 5: Avaliação de Ferramentas de ER

Ferramenta	C1	C2	C3	C4
ERSI (proposta deste artigo)	T	T	T	T
Caliber RM [1]	N	N	N	L
Cameo Requirements+ [2]	N	N	P	L
CaseComplete [3]	N	N	N	T
DOORS Next Generation [10]	L	L	L	T
Enterprise Architect [5]	L	L	P	P
Jama [4]	N	N	N	L
OSRMT [6]	N	N	P	L
Polarion Requirements [7]	P	P	P	L
QPack [8]	N	N	N	L
RaQuest [9]	N	N	P	L
ReqMan [11]	N	N	N	L
Rommana [12]	N	N	N	L
Serena Prototype Composer [13]	N	N	P	P
SpiraTeam [14]	N	N	N	L
TraceCloud [15]	N	N	N	L
TrackStudio [16]	N	N	N	P
Visual Studio [17]	N	P	N	P

A capacidade das ferramentas em relação a esses critérios foi medida usando uma escala de 4 valores: T (totalmente atendido), L (largamente atendido), P (parcialmente atendido) ou N (não atendido). Para minimizar o viés na avaliação, as ferramentas foram analisadas de maneira independente por cada um dos pesquisadores envolvidos, havendo posteriormente uma discussão conjunta para resolver eventuais conflitos de avaliação. A Tabela 5 apresenta o resultado final da avaliação.

A primeira ferramenta da Tabela 5, ERSI, representa a abordagem proposta neste artigo e foi a única a atender totalmente os quatro critérios de avaliação. Isso reflete o propósito da abordagem, que foi criada justamente para atender a esses critérios que constituem lacunas nas abordagens atuais de ER para SI. Algumas ferramentas de propósito geral, como DOORS e Enterprise Architect tiveram um bom desempenho nos critérios avaliados mas, apesar de serem ferramentas com uma vasta gama de funcionalidades, não possuem todas as características essenciais para ER de SI.

Vale ressaltar que uma avaliação negativa nessa comparação não indica que a ferramenta tenha baixa qualidade, mas apenas que ela não é focada em ER para SI. Por exemplo, a ferramenta Caliber é largamente utilizada no mercado, mas não foi bem avaliada nos critérios escolhidos, por não prover suporte explícito a processos ou conceitos de negócio, e por não tratar o conceito de Stakeholder, no sentido empregado em SI. Além disso, a ferramenta é especializada em ER, porém não prevê um processo de ER definido. Portanto, o objetivo da avaliação comparativa não é indicar a melhor ferramenta ou abordagem geral de ER, mas apenas a adequação das abordagens às idiossincrasias de ER para SI.

7. CONCLUSÕES

O processo de ER no contexto de SI deve focar no entendimento de processos de negócio para propor uma solução de software adequada ao SI. Em abordagens de ER de propósito geral não há tal foco, o que gera lacunas entre a representação das necessidades do negócio e as soluções propostas no

software. Com isso, a solução de software não é aderente aos processos de negócio, causando prejuízos para a organização e insatisfação aos usuários do software [19]. A abordagem aqui proposta prevê um Processo de ER orientado por processos de negócio como forma de evitar essas deficiências.

Como contribuição este trabalho apresentou uma abordagem de ER para SI composta por um processo de negócio, um modelo conceitual de domínio e um suporte ferramental, sendo que este último ainda está em desenvolvimento. Além disso, a abordagem proposta foi comparada com a de outras ferramentas, mostrando que a maioria das abordagens de ER não conta com ferramentas que possuem foco em SI.

A abordagem aqui proposta foi validada empiricamente com a especificação da ferramenta de software que apoiará a aplicação da própria abordagem. A aplicação da abordagem apresenta vantagens relacionadas ao mapeamento dos processos de negócio, à identificação das fontes de requisitos, ao mapeamento dos conceitos de negócio e ao relacionamento de todas essas informações com os requisitos de software. A sistematização desses conhecimentos, que são apresentados com detalhes na abordagem, facilita a aplicação de ERS no contexto de SI.

A pesquisa aqui descrita está agora focada na implementação do software ERSI, de acordo com a especificação apresentada neste trabalho. Uma equipe de seis pesquisadores está dedicada a essa atividade. Dessa forma, a expectativa é de que a primeira versão do software esteja disponível em poucos meses. Como trabalhos futuros pretende-se ampliar a validação experimental da abordagem e da ferramenta, por meio de sua aplicação em projetos reais de SI com o objetivo de obter o feedback dos envolvidos com relação às vantagens e eventuais limitações que a abordagem proposta apresenta em relação às demais abordagens.

Nesta oportunidade, os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa que produziu os resultados aqui descritos.

8. REFERÊNCIAS

- [1] Caliber rm. www.borland.com/en-GB/Products/Requirements-Management/Caliber.
- [2] Cameo requirements+ (plugin). www.magicdraw.com/comeoreq.
- [3] Case spec. www.analysttool.com.
- [4] Contour (jama). www.jamasoftware.com/.
- [5] Enterprise architect. www.sparxsystems.com/products/ea/.
- [6] OSRMT. www.sourceforge.net/projects/osrmt/.
- [7] Polarion requirements. www.polarion.com/products/requirements/index.php.
- [8] Qpack. www.orcanos.com/Requirements_management.htm.
- [9] Raquest. www.raquest.com/.
- [10] Rational doors next generation. www-01.ibm.com/software/awdtools/doors/.
- [11] Reqman. www.requirementone.com.
- [12] Rommana. www.rommanasoftware.com/.
- [13] Serena prototype composer. www.serena.com/index.php/en/products/other-products/prototype-composer/.
- [14] Spiriteam. www.inflectra.com/SpiraTest/Default.aspx.
- [15] Tracecloud. www.tracecloud.com.
- [16] Trackstudio. www.trackstudio.com/.
- [17] Visual studio. www.visualstudio.com/.
- [18] J. Barjis. The importance of business process modeling in software systems design. *Science of Computer Programming*, 71(1):73–87, Mar. 2008.
- [19] C. Burnay, I. J. Jureta, and S. Faulkner. What stakeholders will or will not say: A theoretical and empirical study of topic importance in requirements engineering elicitation interviews. *Information Systems*, 46(1):61–81, dec 2014.
- [20] J. M. Carrillo de Gea, J. Nicolás, J. L. Fernández Alemán, A. Toval, C. Ebert, and A. Vizcaíno. Requirements engineering tools: Capabilities, survey and assessment. *Inf. Softw. Technol.*, 54(10):1142–1157, Oct. 2012.
- [21] A. O. Clovandi, R. C. Silva, P. T. P. Ingracio, and H. Miranda. Abordagem das áreas de engenharia de requisitos e de processos de negócio: Ênfase nas relações entre o levantamento, análise de requisitos e a modelagem de processos de negócio. In *Tecnologias em Projeção*, volume 2, pages 39–42, 2011.
- [22] E. Hull, K. Jackson, and J. Dick. *Requirements engineering*. Springer, 3rd edition, 2011.
- [23] ISO/IEC. *TR 24766: Information technology - Systems and software engineering - Guide for requirements engineering tool capabilities*. ISO, 2009.
- [24] ISO/IEC/IEEE. *Standard 29148 - Systems and software engineering - Life cycle processes - Requirements Engineering*. ISO, 2011.
- [25] K. Kessi, M. Oussalah, and Z. Alimazighi. Requirement engineering of a cooperative information system using viewpoints. In *International Workshop on Advanced Information Systems for Enterprises (IWAISE)*, pages 51–57, Nov 2014.
- [26] T. C. Pereira, F. Alencar, J. R. Silva, and J. F. B. de Castro. Requisitos não-funcionais em modelos de processos de negócio: Uma revisão sistemática. In *Anais do IX Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação*, pages 37–48, maio 2013.
- [27] S. Robertson and J. Robertson. *Mastering the Requirements Process: Getting Requirements Right*. Addison-Wesley, 3rd edition, 2012.
- [28] F. A. A. Rub and A. A. Issa. A business process modeling-based approach to investigate complex processes: Software development case study. *Business Process Management Journal*, 18(1):122–137, 2012.
- [29] L. Shunxin and S. Leijun. Requirements engineering based on domain ontology. In *International Conference of Information Science and Management Engineering (ISME)*, pages 120–122. IEEE, Aug 2010.
- [30] K. Siegemund, E. J. Thomas, Y. Zhao, J. Pan, and U. Assmann. Towards ontology-driven requirements engineering. In *10th International Semantic Web Conference*, Bonn, Germany, oct 2011. ISWC.
- [31] K. Wiegers and J. Beatty. *Software Requirements (Developer Best Practices)*. Microsoft Press, 3rd edition, 2013.