XX SIMPEP
SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
04, 05 e 06 de novembro 2013
Engenharia de Produção & Objetivos de Desenvolvimento do Milênio

NÍVEL DE AMBIGUIDADE DA ESPECIFICAÇÃO DOS REQUISITOS FUNCIONAIS DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO EMPRESARIAL: UM ESTUDO-PILOTO.

ANTÔNIO EDUARDO CARVALHO E SILVA - eduardo.oak@uenf.br
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE - UENF

ROGÉRIO ATEM DE CARVALHO - ratem@iff.edu.br
INSTITUTO FEDERAL FLUMINENSE

HUDSON SILVA FERREIRA - silvaferreira.hsf@gmail.com
INSTITUTO FEDERAL FLUMINENSE

Resumo: *A PROPOSTA DESTE ESTUDO-PILOTO É ANALISAR O PERFIL DE AMBIGUIDADE DA ESPECIFICAÇÃO DE REQUISITOS FUNCIONAIS DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO EMPRESARIAL (SIE), AVALIANDO A APLICABILIDADE DA TÉCNICA DE LEITURA BASEADA EM TESTE (LBT). UM PROTÓTIPO DDE BAIXA FIDELIDADE DO PROCESSO DE COMPRA NUMA LOJA VIRTUAL - CASO DE USO TÍPICO DE SIE - FOI TOMADO COMO REFERÊNCIA POR 31 ESTUDANTES DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO PARA ESPECIFICAR OS REQUISITOS PELA PERSPECTIVA DO USUÁRIO. A LINGUAGEM NATURAL FOI UTILIZADA PARA MANIFESTAR AS NECESSIDADES DESSES USUÁRIOS. APÓS A APLICAÇÃO DE UM CRITÉRIO DE EXCLUSÃO, 24 SUJEITOS FORAM SUBMETIDOS ÀS ANÁLISES. UTILIZOU-SE O CONCEITO QUE TRATA DA AMBIGUIDADE COMO INFORMAÇÕES INCONSISTENTES QUE LEVAM À MÚLTIPLAS INTERPRETAÇÕES. FOI APLICADA A MÉTRICA DE QUALIDADE APROPRIADA PARA DETECTAR O NÍVEL DE AMBIGUIDADE. A APLICAÇÃO DA TÉCNICA LBT FOI AVALIADA DE FORMA QUALITATIVA PELO USO DE UMA ESCALA DE LIKERT CONTENDO QUESTÕES CRÍTICAS EXPERIMENTADAS DURANTE A ANÁLISE. O TESTE DE ADERÊNCIA DE SHAPIRO-WILK APRESENTOU UM RESULTADO DE 0.88 (P < 0.05) E O GRÁFICO QUANTIL-QUANTIL INDICOU QUE A CONCENTRAÇÃO DOS RESÍDUOS EMPÍRICOS APENAS INTERCEPTA A CONCENTRAÇÃO DOS RESÍDUOS TEÓRICOS. A TÉCNICA LBT DEMOSTROU UMA APLICABILIDADE SATISFATÓRIA PARA A ANÁLISE PROPOSTA. POR FIM, OS RESULTADOS SUGEREM QUE A AMOSTRA NÃO APRESENTOU UM PERFIL DE NORMALIDADE EM SUA DISTRIBUIÇÃO.*

Palavras-chaves: *SISTEMA DE INFORMAÇÃO EMPRESARIAL; ESPECIFICAÇÃO DE REQUISITOS; NÍVEL DE AMBIGUIDADE*

Área: *1 - GESTÃO DA PRODUÇÃO*

Sub-Área: *1.1 - GESTÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO*

LEVEL OF AMBIGUITY IN THE SPECIFICATION OF FUNCTIONAL REQUIREMENTS OF ENTERPRISE INFORMATION SYSTEMS: A PILOT STUDY.

Abstract: *THE AIM OF THIS PILOT STUDY IS TO ANALYSE THE AMBIGUITY PROFILE WHEN SPECIFYING FUNCTIONAL REQUIREMENTS FOR AN ENTERPRISE INFORMATION SYSTEM (EIS), BY ASSESSING THE APPLICABILITY OF TEST-BASED READING (TBR). A LOW FIDELITY PROTOTYPE OF A PUURCHASING PROCESS IN A VIRTUAL STORE - TYPICAL EIS USE CASE - WAS TAKEN AS A REFERENCE FOR 31 GRADUATE STUDENTS IN COMPUTER SCIENCE, IN ORDER TO SPECIFY THE REQUIREMENTS FROM THE USER PERSPECTIVE. THE NATURAL LANGUAGE WAS USED TO EXPRESS THE NEEDS OF THESE USERS. AFTER THE APPLICATION OF AN EXCLUSION CRITERION, 24 SUBJECTS WERE SUBMITTED TO ANALYSIS. IN THIS STUDY, THE AMBIGUITY WAS CONSIDERED AS INCONSISTENT INFORMATION LEADING TO MULTIPLE INTERPRETATIONS. AN APPROPRIATE QUALITY METRIC WAS APPLIED TO DETECT THE LEVEL OF AMBIGUITY. THE TBR TECHNIQUE WAS ASSESSED QUALITATIVELY BY USING A LIKERT SCALE CONTAINING CRITICAL ISSUES EXPERIENCED DURING THE ANALYSIS. THE ADHESION TEST OF SHAPIRO-WILK SHOWED A SCORE OF 0.88 ($P < 0.05$), AND QUANTILE-QUANTILE PLOT INDICATED THAT THE CONCENTRATION OF THE EMPIRICAL RESIDUES ONLY INTERCEPTS THE THEORETICAL CONCENTRATION OF THE RESIDUES. THE TBR TECHNIQUE DEMONSTRATED SATISFACTORY APPLICABILITY AS A TOOL FOR THE PROPOSED ANALYSIS. LASTLY, THE RESULTS SUGGEST THAT THE SAMPLE DID NOT PROVIDE A NORMALITY PROFILE IN THEIR DISTRIBUTION.*

Keyword: *ENTERPRISE INFORMATION SYSTEM; REQUIREMENTS SPECIFICATION; LEVEL OF AMBIGUITY*

1. Introdução

A gestão da produção não pode prescindir dos sistemas de informação para nortear a tomada de decisões. No cerne desta questão está a forma como a informação é manipulada e apresentada para possibilitar o gerenciamento da organização (SLACK, *et al.*, 2006). Para obter vantagem competitiva, as organizações estão considerando cada vez mais os aspectos relativos à estratégia e planejamento. A associação do planejamento de recursos empresariais com o Sistema de Informação (SI) – o chamado sistema ERP (*Enterprise Resource Planning*) - é um exemplo de alinhamento do negócio com o propósito de melhorar a produtividade e proporcionar alguma vantagem competitiva. Este alinhamento depende do grau de integração entre o negócio e as estratégias de Tecnologia de Informação (TI) (MISHRA, 2011). Uma ampla pesquisa realizada com 26.776 firmas no Brasil demonstrou que a adoção de TI no processo produtivo, contribui para o aumento da produtividade (MENDONÇA, *et al.*, 2009).

Os sistemas ERP, viabilizaram o alinhamento do processo de negócio com a lógica do processamento da informação dentro da organização. No entanto, para que as empresas possam ampliar sua participação de mercado, além de aprimorar a cadeia de valor intra-organizacional, é necessário disseminar a informação. Esta propagação requer um conceito de integração que ultrapassa as fronteiras da empresa. Carece de uma tecnologia *front end* capaz de alavancar o negócio. Neste cenário, o *e-business* surge como uma alternativa relevante. Seu pleno funcionamento requer a presença de uma sólida infraestrutura de negócio baseada em SIGE com o intuito de: gerar valor para o cliente; estabelecer relacionamentos com as partes interessadas; e explorar oportunidades estratégicas (NORRIS, *et al.*, 2001). A evolução do comércio eletrônico requer alguns estágios maturacionais para compor o ambiente de negócio, dentre eles a utilização de comunicação interativa, caracterizado pela interação entre as partes interessadas no processo, rompendo com o fornecimento unilateral de informação (ALBERTIN, *et al.*, 2002; ALBERTIN, 2012).

As necessidades dos consumidores têm um caráter dinâmico e precisam ser captadas prontamente para impulsionar os processos de transformação na esfera empresarial em pleno cenário de ascensão dos negócios pela *internet*. Os sistemas precisam ser flexíveis o bastante para possibilitar alterações contínuas no processo de negócio (THIRUMARAN, *et al.*, 2011, 2012; NORRIS, *et al.*, 2001).

A colaboração em projetos organizacionais é desafiadora. A engenharia de requisitos contribui para a redução dos equívocos que podem surgir no processo de comunicação. Neste contexto, a gerência precisa assegurar que os requisitos sejam administrados de forma satisfatória para evitar falhas. Deste modo, a especificação de requisitos deve ser testável, não-ambígua, completa e correta. Além disso, a equipe de desenvolvimento precisa implementar as funcionalidades especificadas nos requisitos, traduzindo-as em código para atender as necessidades do usuário. A linguagem é o ponto estratégico para tornar essas colaborações efetivas. Superar as barreiras linguísticas entre as etapas do processo produtivo é essencial para melhorar a qualidade do fluxo de conhecimento organizacional (SCHNIEDER, *et al.*, 2013; LOPES, 2008; TONET, *et al.*, 2006; JOGERSEN, *et al.*, 2007).

Pelo modelo clássico do processo de desenvolvimento de sistemas, a especificação de requisitos é a definição de um sistema como um produto. Sua descrição deve ser reportada pelos representantes das partes interessadas (IEEE Std 830, 1998). O teor da especificação de requisitos funcionais consiste da declaração de serviços que o sistema deve fornecer e de como o sistema deve reagir à ações específicas (SOMMERVILLE, 2007).

Independente da metodologia adotada para o desenvolvimento de sistemas, o fato é que a linguagem natural (LN), utilizada para especificar os requisitos, é passível de múltiplas

interpretações, dificultando o fluxo do conhecimento entre as etapas do processo produtivo. Essa ambiguidade inerente à LN pode apresentar-se de diversas formas, comprometendo a qualidade da comunicação entre as partes interessadas no projeto (SCHNIEDER, *et al.*, 2013; TONET, *et al.*, 2006; CECCATO, *et al.*, 2004; SILVA, 2006; BRÄSCHER, 2002).

Os erros na especificação de requisitos geram prejuízos, especialmente se forem identificados de forma tardia. Dessa forma, o trabalho da equipe de desenvolvimento, na fase de implementação, corre sérios riscos de produzir sistemas propensos à erros, como falhas, omissões e defeitos (WALIA, *et al.*, 2009). Assim, é importante que haja um controle na prescrição do processo com o intuito de evitar ambiguidades, pois as lacunas de conhecimento podem dificultar o fluxo do conhecimento organizacional entre as partes envolvidas no processo. Essa lacuna da comunicação é especialmente nociva no desenvolvimento de um Sistema de Informação Empresarial (SIE), pois neste caso, há uma relação estreita entre o Modelo Lógico do Negócio (MLN) e o código que provê o sistema. Portanto, na figura do usuário como parte interessada, compete, de forma associada, os papéis de usuário do negócio e de usuário do sistema. Este papel complexo de usuário carece de meios que viabilizem sua integração ao processo de desenvolvimento (COUGHLAN, *et al.*, 2002, 2003; GRONDELLE, *et al.*, 2010; JØRGENSEN, *et al.*, 2007; CARVALHO, *et al.*, 2010, 2011, 2012).

Sabe-se que as notações formais de modelagem de processo são representações potencialmente não-ambíguas. Porém, por restrições de ordem linguística, sua utilização não é capaz de contemplar toda a riqueza de possibilidades da LN. No entanto, essas restrições são necessárias para evitar mal-entendidos (LOPES, 2008; MENEZES, 2008a; HOPCROFT, *et al.*, 2003).

Nas aplicações de comércio eletrônico, a voz do consumidor deve ser traduzida para o MLN. Este modelo, representado por uma notação formal, precisa ser traduzido em código para compor o SI que atende as necessidades do consumidor enquanto usuário do negócio-sistema (HOPCROFT, *et al.*, 2003; KHALFALLAH, *et. al.*, 2013; CARVALHO, *et al.*, 2010, 2011, 2012; THIRUMARAN, *et al.*, 2011, 2012). Deste ínterim, emerge o problema da ambiguidade na especificação de requisitos, amplamente reportado na literatura científica (WALIA, *et al.*, 2009; SUTCLIFFE, *et al.*, 1999; CARD, 1998).

Pela perspectiva do pensamento científico, adotado no presente estudo, o fenômeno da ambiguidade foi analisado como um fator nocivo que afeta a especificação de requisitos (PIANTADOSI, *et al.*, 2012; RAFFIN, 2009; WALIA, *et al.*, 2009; SUTCLIFFE, *et al.*, 1999; CARD, 1998). A partir destas considerações que assumem a ambiguidade como um problema a ser superado, decorrem os seguintes questionamentos que motivam esta pesquisa-piloto: (1) A técnica da Leitura Baseada em Teste (LBT) demonstra uma aplicabilidade favorável enquanto ferramenta específica para a análise proposta? (2) O perfil de distribuição do nível de ambiguidade na especificação de requisitos funcionais, prevista no processo de desenvolvimento de sistemas de informação empresarial, atende o pressuposto da normalidade?

Assim, os objetivos desta pesquisa-piloto são: (1) avaliar a aplicabilidade da técnica LBT no reconhecimento de requisitos ambíguos; e (2) identificar o perfil da distribuição dos dados relativos ao nível de ambiguidade da especificação de requisitos funcionais de sistemas de informação empresarial.

Para o cumprimento do objetivo 1 será aplicada uma escala de Likert para avaliar, de forma qualitativa, questões críticas experimentadas durante a utilização da técnica LBT, na

fase de análise dos dados. Para o cumprimento do objetivo 2, o estudo-piloto teve como ponto de partida o seguinte par de hipóteses:

$H_{0(p)}$: A amostra não é proveniente de uma população-alvo normalmente distribuída quanto ao nível de ambiguidade na especificação de requisitos funcionais em LN.

$H_{1(p)}$: A amostra é proveniente de uma população-alvo normalmente distribuída quanto ao nível de ambiguidade na especificação de requisitos funcionais em LN.

2. Revisão bibliográfica

Há duas metodologias fundamentais para o processo de desenvolvimento de sistemas: a metodologia clássica e a metodologia ágil. Na metodologia clássica os *requisitos* são estabelecidos de forma prévia e num amplo escopo que envolva todas as funcionalidades que *o sistema deve ter* para ser implementado. Por outro lado, na metodologia ágil, os requisitos são estimados em forma de pequenas *histórias* de escopo mais reduzido que vão se reunindo para agregar valor ao negócio com base no que *o usuário pode fazer* (LEFFINGWELL, 2011; COHN, 2004). Independente da metodologia adotada para o processo de desenvolvimento de sistemas, é necessário especificar os requisitos para sua concepção. Seja no modelo clássico ou no modelo ágil, tanto os requisitos quanto as histórias são especificados, via de regra, em LN.

Para o rigor do pensamento científico, a ambiguidade da LN deve ser dissipada por meio de distinções claras que fundamentem o discurso científico, desfazendo os equívocos com vistas à clareza conceitual. Sob esta perspectiva, é necessário livrar-se da ambiguidade da linguagem, buscando uma terminologia unívoca (RAFFIN, 2009). No presente estudo, será adotada a vertente do pensamento científico que lida com a ambiguidade como um problema a ser resolvido.

2.1 Ambiguidade na especificação de requisitos

A LN é a notação mais utilizada para declarar requisitos de sistemas. No entanto, a ambiguidade inerente desta notação pode provocar falhas nos sistemas (KAMSTIES, 2001; WALIA, *et al.*, 2009; LEE, *et al.*, 2010; DAVIS, 1993; IEEE Std 830, 1998). Há diversas classificações de ambiguidade. Na língua portuguesa é possível citar a ambiguidade: de âmbito, léxica, morfológica, sintática ou estrutural, predicativa, semântica e pragmática (CECCATO, *et al.*, 2004; SILVA, 2006; BRÄSCHER, 2002). Essencialmente, é possível definir um requisito como ambíguo se há múltiplas interpretações a partir da sua especificação (KAMSTIES, 2001; LAHTINEN, 2012; SHULL, *et al.*, 2000; BASILI, *et al.*, 1996).

2.2 Métodos de notação para modelagem de processo de negócio

Mudanças imediatas nos ambientes de negócio são ocorrências intermináveis. Os processos de transformação na esfera empresarial visam suprir as necessidades dos consumidores em pleno cenário de ascensão na indústria de TI. Nesta conjuntura, é essencial que os sistemas sejam responsivos às mudanças no MLN (THIRUMARAN, *et al.*, 2011, 2012). Tal responsividade requer a utilização de mediadores capazes de integrar os processos que ocorrem tanto no eixo necessidade do cliente-MLN quanto no eixo MLN-SI (KHALFALLAH, *et al.*, 2013; CARVALHO, *et al.*, 2010, 2011, 2012; THIRUMARAN, *et al.*, 2011).

A tradução da necessidade do cliente para o MLN é uma tarefa essencial, mas de difícil execução (MENEZES, 2008a). Um fator que restringe a referida tradução, é reportado no âmbito linguístico: a notação Máquina de Estados Finitos (MEF), por exemplo, não é capaz de expressar todo o rol de possibilidades que uma descrição em LN é capaz de abranger (LOPES, 2008). No entanto, esta restrição da notação MEF é útil para a redução da ambiguidade presente na LN, via de regra, utilizada para especificar requisitos que representem o MLN (HOPCROFT, *et al.*, 2003). A tradução do MLN para o SI é alavancada pela implementação de testes. A partir de um MLN descrito na notação MEF é possível obter todas as transições do modelo. Essas transições podem ser representadas em forma de teste, caracterizando o ponto de partida para a implementação do código (TURNQUIST, 2011).

2.2.1 Linguagem natural

O papel do usuário/cliente é essencial, tanto para a concepção do MLN quanto para a concepção do SI. As figuras do usuário do negócio e do usuário do sistema acabam se associando, especialmente no processo de desenvolvimento de um SIE, no qual há uma relação estreita entre o MLN e o SI. Portanto, a função do usuário não pode ser negligenciada. Devem-se assegurar meios que favoreçam a comunicação do usuário com os demais atores do processo de desenvolvimento do negócio/sistema (GRONDELLE, *et al*., 2010; CARVALHO, *et al.*, 2010, 2011, 2012). No entanto, o problema da ambiguidade da LN é um fator limitante para esta comunicação. Essa barreira requer a adoção de estratégias que viabilizem a implementação do código que agrega valor para o usuário. Prover o usuário com métodos que permitam sua efetiva inserção neste processo, como um agente atuante, é uma tarefa desafiadora, porém necessária (GRONDELLE, *et al*., 2010; CARVALHO, *et al.*, 2010, 2011, 2012).

2.2.2 Máquina de Estados Finitos

No âmbito da linguística, a *gramática de estados finitos* é um modelo de descrição gramatical de uma língua que utiliza um vocabulário finito, análogo à uma máquina com um número finito de estados. Neste modelo estão previstos os estados internos, o estado inicial e o estado final. No entanto, há uma limitação neste modelo de descrição, pois ele não é capaz de contemplar todos os processos de formação de frases previstos na LN (LOPES, 2008). Apesar desta limitação a notação MEF é utilizada como um método de notação para modelagem de processo de negócio (AALST, 2011). Trata-se de um autômato finito determinístico composto por uma quíntupla $M = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$. Onde: Q é o conjunto de estados; Σ é o conjunto de entradas ou ações; δ é o conjunto de transições; q_0 é o estado inicial; e F é o estado final (JURAFSKY, *et al.*, 2000). O grafo que representa uma MEF é direcionado, pois as arestas têm uma direção indicada por uma seta (JURAFSKY, *et al.*, 2000; HOPCROFT, *et al.*, 2003; MENEZES, 2008b). Neste estudo-piloto utilizou-se a figura 1 que sugere um protótipo de baixa fidelidade[1] do processo de compra numa loja virtual.

[1]Protótipo de baixa fidelidade: representação de um processo num alto nível de abstração com intuito de estimular sua descrição.

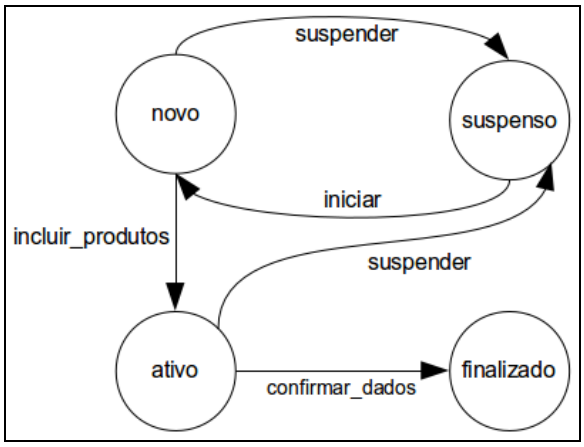

FIGURA 1 - Protótipo de baixa fidelidade do processo de compra numa loja virtual: representação em grafo de uma Máquina de Estados Finitos.

Trata-se de um modelo, utilizado para motivar a descrição do referido processo de negócio pelos sujeitos durante a realização do experimento. Dado M, temos: Q = {novo, suspenso, ativo, finalizado}; Σ = {iniciar, suspender, incluir_produtos, confirmar_dados}; q_0 = {novo}; e F = {finalizado}. As transições δ estão representadas pela notação formal descrita na tabela 1.

TABELA 1 - Requisitos do protótipo de baixa fidelidade representados pelas transições da notação MEF.

Nº	Transições
1	δ(novo, suspender) = suspenso
2	δ(novo, incluir_produtos) = ativo
3	δ(suspenso, iniciar) = novo
4	δ(ativo, suspender) = suspenso
5	δ(ativo, confirmar_dados) = finalizado

A MEF foi escolhida por ser a notação de modelagem de processo mais básica, o que facilita a compreensão do protótipo por parte dos sujeitos. Além disso, como o protótipo é relativamente simples ele não acarreta a chamada "explosão de estados", que ocorre ao expressar eventos concorrentes (AALST, 2011).

3. Metodologia

A população-alvo deste estudo-piloto caracteriza-se por estudantes universitários de graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFF) do ano letivo de 2013. O referido curso está inserido na área do conhecimento designada por "Ciência da Computação", conforme definido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

A variável de interesse é o nível de ambiguidade na especificação dos requisitos funcionais do sistema. A escolha desta variável deve-se aos seguintes fatores: a ambiguidade na especificação de requisitos é reportada como um problema no processo de desenvolvimento de sistemas (WALIA, *et al.*, 2009; SUTCLIFFE, *et al.*, 1999; CARD, 1998); a especificação não-ambígua é um dos critérios de qualidade recomendados para especificar

requisitos (DAVIS, 1993; IEEE Std 830, 1998); há uma técnica específica de leitura da especificação de requisitos em LN com o propósito de identificar falhas, conhecida por Leitura Baseada em Perspectivas (LBP) (BASILI, *et al.*, 1996, 2013; SØRUMGÅRD, 1997; LANUBILE, *et al.*, 1998); a ambiguidade é elencada como um tipo de falha passível de identificação a partir da utilização da técnica LBP (SØRUMGÅRD, 1997); após a identificação do requisito ambíguo, é possível mensurar seu nível de ambiguidade a partir de uma métrica de qualidade aplicável à especificação de requisitos de sistemas (BOKHARI, *et al*., 2011).

A métrica de qualidade reportada na literatura científica que demonstra adequação para tal propósito é $Q_a = \frac{n_{ui}}{n_r}$, onde é o n_{ui} número de requisitos para os quais todos os revisores (testadores) apresentaram consenso na interpretação do requisito como ambíguo; e n_r é o número total de requisitos. A unidade de requisito foi definida pela transição da MEF, pelo fato dela conter uma tríade estado-ação-estado testável. Assim, foi possível obter o percentual de requisitos interpretados de maneira única por todos os testadores. Os valores de referência são apresentados na escala intervalar Q_a que varia de 0 (zero) até 1 (um), onde os valores próximos de 0 (zero) representam requisitos não-ambíguos; e os valores próximos de 1 (um) representam requisitos ambíguos.

3.1 Estudo-piloto

Um estudo-piloto populacional de caráter simples-cego foi conduzido. A motivação primária desta abordagem foi adquirir experiência com a aplicação da técnica LBT e fornecer subsídios para nortear a escolha da técnica de inferência estatística mais apropriada. Sabe-se que a adequação da aplicação de métodos estatísticos paramétricos depende do cumprimento do pressuposto da normalidade na população-alvo com relação à variável dependente a ser analisada (LARSON, *et al.*, 2010; BAILER, e*t al.*, 2011). Portanto, neste estudo preliminar, analisou-se o pressuposto da normalidade com relação ao nível de ambiguidade na descrição textual do processo em LN. Essa descrição ocorreu durante a especificação de requisitos funcionais de um SIE hipotético. O protótipo de baixa fidelidade utilizado para motivar a referida descrição está representado com um alto nível de abstração na figura 1, caracterizando o processo de compra numa loja virtual.

Ao rejeitar a hipótese nula $H_{0(p)}$, o pressuposto da normalidade será atendido, o que viabiliza, portanto, a aplicação de técnicas paramétricas de inferência estatística. Caso contrário, ao não se rejeitar a hipótese nula $H_{0(p)}$, o pressuposto da normalidade não será atendido, o que implicará, em tese, na decisão de optar pelas técnicas não-paramétricas de inferência estatística.

Os métodos escolhidos para testar as referidas hipóteses foram os seguintes: teste de aderência de Shapiro-Wilk; e o gráfico quantil-quantil para a análise residual no intuito de identificar eventuais desvios de normalidade (MONTGOMERY, 2003; GARDENER, 2012; NIST/SEMATECH, 2013).

De forma prática, o estudante foi estimulado à descrever em LN, o grafo da figura 1 que representa o processo de compra numa loja virtual hipotética. No entanto, o sujeito não precisou se restringir a descrição das funcionalidades previstas no grafo. Este serviu apenas como ponto de partida para que os sujeitos pudessem expressar as funcionalidades do que eles entendem por um sistema de compra numa loja virtual. Após a coleta dos dados de cada um dos sujeitos da amostra, ocorreu a análise dos requisitos pelo método LBT com a utilização da

métrica de qualidade Q_a, outrora especificada, para aferir o nível de ambiguidade. Por tratar-se de um estudo populacional não houve divisão por grupos. Além disso, o sujeito não teve informação acerca do propósito da pesquisa.

3.2 Leitura Baseada em Teste

A LBP suporta as seguintes perspectivas que representam as maneiras de utilização dos requisitos pelos revisores: desenvolvimento, teste e uso. As falhas identificáveis pela LBP são as seguintes: omissão; informação ambígua; fato incorreto; informação alheia; e diversas (SØRUMGÅRD, 1997). Trata-se de uma técnica personalizável por permitir que os revisores - desenvolvedores, testadores e usuários - possam adequá-la ao propósito desejado (SHULL, *et al.*, 2000). No presente trabalho, a perspectiva utilizada foi a de teste. A LBT é focada nos aspectos relativos à testabilidade do sistema, a partir da informação que é apresentada na especificação de requisitos (BASILI, *et al.*, 1996).

3.2.1 Desenvolvimento Orientado à Teste

Guiar o desenvolvimento pelos testes automatizados é um estilo de desenvolvimento chamado de DOT. Nele, os testes devem ser escritos antes mesmo de escrever o código. Nesta etapa preliminar as histórias ganham vida no SI. Inicialmente os testes falham, pois não há código que faça o teste passar. Posteriormente, deve-se implementar o código que faça os testes passarem. Quando o código desenvolvido atender àquilo que está previsto no teste, deve-se refatorar o código para remover possíveis excessos. Este é o ciclo geral do DOT que propõe um código limpo (BECK, 2003).

O teste do processo de compra numa loja virtual segue como referência a tríade estado-ação-estado prevista nas 5 transições da notação MEF apresentadas na tabela 1. Transições estas que representam o protótipo de baixa fidelidade da figura 1.

3.2.2 Atribuições do leitor-testador

Com base nos requisitos especificados pelos sujeitos, o leitor-testador adotou o seguinte procedimento: (1) avaliou a testabilidade dos requisitos especificados pelos sujeitos a partir dos 5 requisitos da tabela 1, onde cada transição representou um requisito mínimo testável pela tríade estado-ação-estado; (2) caso o testador tenha entendido que a especificação de um requisito foi passível de falha, esta foi classificada de acordo com as categorias de falhas identificáveis pela técnica LBT, seguindo o cenário específico para o leitor-testador; (3) as falhas identificadas e classificadas durante a leitura foram reportadas em formulário próprio da técnica LBT, onde à cada requisito foi atribuído zero ou mais falhas identificáveis.

4. Resultados

4.1 Teste de Shapiro-Wilk

No teste de Shapiro-Wilk a hipótese nula afirma que a amostra é proveniente de uma população normalmente distribuída. Por outro lado, a hipótese nula $H_{0(p)}$ do presente estudo é contrária, pois afirma que a amostra não é proveniente de uma população normalmente distribuída.

O resultado do teste de aderência foi de 0.88 ($p < 0.05$). Adotando-se o nível de significância de 5%, como o valor de p encontrado foi de 0.009318, a hipótese nula de Shapiro-Wilk foi rejeitada. Este fato implicou em não rejeitar a hipótese nula $H_{0(p)}$ do presente estudo, sugerindo que a amostra não é proveniente de uma população normalmente distribuída.

4.2 Análise residual

O gráfico quantil-quantil representado na figura 2 (direita), contém no eixo das ordenadas, os quantis empíricos do nível de ambiguidade padronizados em *score z*. No eixo das abscissas estão dispostos os quantis teóricos referentes à uma distribuição normal padrão. Desta forma é possível comparar a linha pontilhada, onde se concentram os resíduos da distribuição normal padrão, com a concentração dos resíduos referentes ao nível de ambiguidade na linha cheia. Nota-se que a linha cheia apenas intercepta a linha pontilhada, o que representa, visualmente, a não-aderência do perfil do nível de ambiguidade da amostra com a curva de Gauss. Além disso, os círculos plotados no gráfico sugerem uma fuga de normalidade que pode ser atribuída ao fato dos dados que compõem a métrica do nível de ambiguidade serem de caráter discreto, formando um padrão escada. O histograma de frequência relativa do nível de ambiguidade da especificação de requisitos foi também representado na figura 2 (esquerda). Nele é possível visualizar o perfil da distribuição do nível de ambiguidade na amostra.

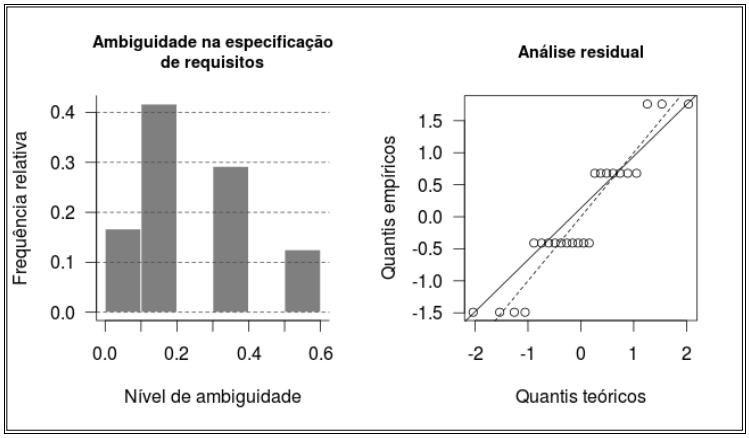

FIGURA 2 - Histograma de frequência relativa do nível de ambiguidade da especificação de requisitos; e gráfico quantil-quantil para análise residual – linha cheia: concentração de resíduos empíricos; linha pontilhada: concentração de resíduos teóricos da curva normal padrão.

4.3 Escala de Likert

Quatro questões críticas foram observadas pelos testadores durante a análise da amostra. Estas questões referentes à aplicação da técnica LBT foram avaliadas de forma qualitativa pelo uso da Escala de Likert da figura 3. A primeira questão serviu como critério para descartar sujeitos da amostra quando ambos os testadores concordaram com o fato do sujeito não ter descrito o processo de compra com base no protótipo de baixa fidelidade. Deste modo, 22.58% dos sujeitos foram excluídos das análises subsequentes. Assim, a avaliação dos demais itens de Likert foi realizada com os 24 sujeitos restantes. Com relação ao segundo item apresentado na figura 3, observa-se que mesmo dentre os sujeitos válidos,

houve um consenso entre os testadores de que 41.67% da amostra não utilizaram palavras-chave, fato que afetou a testabilidade dos cinco requisitos previstos na tabela 1. Outro consenso entre os testadores foi que 54.17% das avaliações tiveram um caráter objetivo. Neste quesito, o nível de subjetividade foi de 16.67%. Por fim, em 58.33% dos casos foi possível notar a presença de informações fora do escopo dos cinco requisitos avaliados.

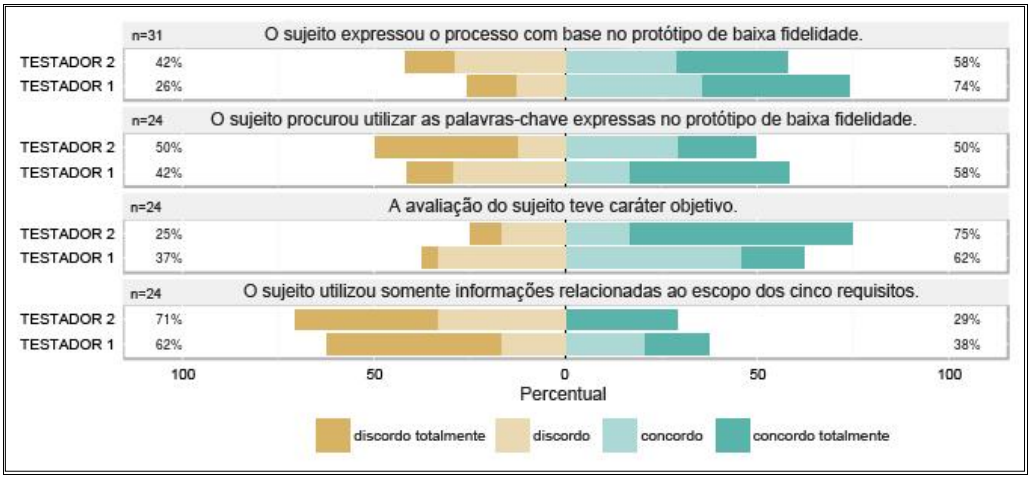

FIGURA 3 - Escala de Likert com questões críticas sobre a utilização da técnica LBT durante a rotina de análise dos dados.

5. Discussão

Houve restrições quanto à disponibilidade de recursos para a realização do experimento, de maneira simultânea, com todos os sujeitos. Contudo, 83.87% dos sujeitos da amostra foram abordados pelo mesmo avaliador, minimizando possíveis discrepâncias na abordagem. Apesar do nível de subjetividade da avaliação ter sido relativamente baixo, não houve consenso entre os testadores em 29.17% dos casos para este item. A correlação de postos de Spearman foi de 0.45 neste quesito, sugerindo uma baixa relação entre a opinião dos testadores ao avaliar a subjetividade. A dificuldade em avaliá-la pode ter sido afetada pelo fato de 58.33% dos sujeitos apresentarem informação fora do escopo dos cinco requisitos passíveis de avaliação.

O principal fator que pode ter impactado, de forma negativa, em todos os itens de Likert avaliados foi a complacência nas orientações aos sujeitos acerca de como a tarefa deveria ser desempenhada. Por tratar-se de um protótipo de baixa fidelidade com alto nível de abstração, foi permitido aos sujeitos que descrevessem tarefas do processo de compra, que poderiam estar implícitas no modelo. A técnica LBT demostrou uma aplicabilidade favorável enquanto ferramenta específica para a análise proposta. No entanto, o fato do avaliador permitir a descrição de tarefas implícitas pode ter gerado efeitos nocivos para a análise dos dados, a partir da aplicação da técnica.

Como os sujeitos são estudantes de graduação em ciência da computação e a especificação dos requisitos funcionais pode ser realizada por programadores, testadores, analistas e engenheiros de diversas áreas, não se pode generalizar os resultados deste estudo. Porém, a disponibilidade de recursos humanos restringe sobremaneira a seleção de uma amostra que represente a população-alvo desejável de forma fidedigna.

6. Considerações finais

A partir dos dois problemas levantados neste estudo-piloto, os resultados obtidos apontam que a técnica LBT demonstrou uma aplicabilidade satisfatória para analisar o nível de ambiguidade da especificação dos requisitos funcionais de sistemas de informação empresarial. Além disso, os resultados sugerem que a amostra não é proveniente de uma população-alvo normalmente distribuída quanto ao nível de ambiguidade na especificação de requisitos funcionais em LN.

Referências

AALST, W. M. P. V. D. Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes. Process Modeling and Analysis. *Process Modeling and Analysis* . Heidelberg: Springer-Verlag, 2011. Cap. 2, p. 29-57.

ALBERTIN, A. L. Comércio eletrônico: da evolução para as novas oportunidades. *GVExecutivo*, v. 11, n. 2, p. 66-70, jul./dez. 2012.

ALBERTIN, A. L.; MOURA, R. M. Comércio eletrônico: mais evolução, menos revolução. *Revista de Administração de Empresas*, v. 42, n. 3, p. 114-117, jul./set. 2002.

BASILI, V.R.; GREEN, S.; LAITENBERGER O.; LANUBILE, F.; SHULL, F.; SØRUMGÅRD, S.; ZELKOWITZ, M.V. The empirical investigation of perspective-based reading. *Empirical Software Engineering: An International Journal*, v. 1 n. 2 p. 133–164, 1996.

_____. *Lab Package for the Empirical Investigation of Perspective-Based Reading.* Disponível em: <http://www.cs.umd.edu/projects/SoftEng/ESEG/ >. Acesso em: 25 mar. 2013.

BAILER, C.; TOMITCH, L. M. B.; D'ELY, R. C. S. Planejamento como processo dinâmico: a importância do estudo piloto para uma pesquisa experimental em linguística aplicada. *Revista Intercâmbio*, v. 24, p. 129-146, 2011.

BECK, K. *Test-Driven Development by example.* Degenerate Objects. Boston: Addison-Wesley, p. 11-14, 2003.

BOKHARI, M. U.; SIDDIQUI, S. T. *Metrics for Requirements Engineering and Automated Requirements Tools.* In: Proceesings of the 5TH National Conference; Indiacom-2011Computing for Nation Development, 2011, New Delhi. New Delhi: Bharati Vidyapeeth's Institute of Computer Applications and Management, 2011.

BRÄSCHER, M. A ambiguidade na recuperação da informação. *DataGramaZero - Revista de Ciência da Informação*, v. 3, n. 1, fev., 2002. Disponível em: <http://www.dgz.org.br/fev02/F_I_art.htm>. Acesso em: 07 mai. 2013.

CARD, D.N. Learning from our mistakes with defect causal analysis. *IEEE Software*, v. 15, n. 1, p. 56–63, jan./fev. 1998.

CARVALHO, R. A.; MANHAES, R. S.; SILVA, F. L. C. Introducing Business Language Driven Development. *Relatório Técnico*, 2010. Disponível em: <http://arxiv.org/abs/1011.2238> Acesso em: 25 mai. 2013.

CARVALHO, R. A.; SILVA, F. L. C.; MANHAES, R. S. *Business Language Driven Development: Joining Business Process Models to Automated Tests*. In: Proceedings of the V IFIP TC8 International Conference on Enterprise Information Systems, V IFIP TC8, The IFIP International Conference on Research and Practical Issues of Enterprise Information Systems, Aalborg, Denmark, DK, 2011.

_____. Advances in Enterprise Information Systems II. In: MØLLER, C.; CHAUDHRY, S. S. (Orgs.). *Business Language Driven Development: Joining Business Process Models to Automated Tests*. Leiden, NL: CRC Press, p. 167-177, 2012.

CECCATO, M.; KIYAVITSKAYA, N.; ZENI, N.; MICH, L.; BERRY, D. M. Ambiguity identification and measurement in natural language texts. Trento: Department of Information and Communication Technology – University of Trento, p.30, 2004. *Technical Report DIT-04-111*.

COHN, M . *User Stories Applied for Agile Software Development*. An Overview. Boston: Adisson-Wesley, p. 3-15, 2004.

COUGHLAN, J.; LYCETT, M.; MACREDIE, R. D. Communication issues in requirements elicitation: a content analysis of stakeholder experiences. *Information and Software Technology*, v. 45, n. 8, p. 525-537, jun. 2003.

COUGHLAN, J.; MACREDIE, R. D. Effective communication in requirements elicitation: A comparison of methodologies. *Journal of Requirements Engineering*, v. 7, n. 2, p. 47-60, jun. 2002.

DAVIS, A.; OVERMYER, S.; JORDAN, K.; CARUSO, J.; DANDASHI, F.; DINH, A.; KINCAID, G; LEDEBOER, G.; REYNOLDS, P.; SITARAM, A., TA, A.; THEOFANOS, M. *Identifying and measuring quality in a software requirements specification*. In: Proceedings of the First International Software Metrics Sysmposium, 1993.

GARDENER, M. Beginning R: *The Statistical Programming Language*. Data: Distribution. Indianapolis : John Wiley & Sons, p. 151-177, 2012.

GRONDELLE, J.; HELLER, R.; HAANDEL, E.; VERBURG, T. *Involving business users informal modeling using natural language pattern sentences*. In: Proceedings of the 17TH International Conference on Knowledge Engineering and Management by the Masses, EKAW'10, Springer-Verlag, Berlim, Heidelberg, p. 31-43, 2010.

HOPCROFT, J. E.; ULLMAN, J. D.; MOTWANI, R. Introdução à teoria de autômatos, linguagens e computação. *Autômatos finitos*. Rio de Janeiro: Elsevier, p. 39-88, 2003.

IEEE Std 830. *IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications*. p. 1–40, 1998.

JØRGENSEN, H. D.; KARLSEN, D.; LILLEHAGEN , F. *Product based interoperability – approaches and requirements*. In: Coordination of Collaborative Engineering - State of the Art and Future Challenges 5TH International Workshop on Challenges in Collaborative Engineering, CCE'07, GI, Cracow, Poland, p. 33-44, abr. 2007.

JURAFSKY, D.; MARTIN, J. H. Speech and language processing: an introduction to natural language processing, computational linguistics and speech recognition. *Regular expressions and automata*. New Jersey: Prentice Hall, p. 21-53, 2000.

KAMSTIES, E.; BERRY, D. M.; PAECH, B. *Detecting ambiguities in requirements documents using inspections*. In: Proceedings of the First Workshop on Inspection in Software Engineering, WISE'01, IEEE Computer Society, Kyoto University, Kyoto, Japan 2001.

KHALFALLAH, M.; FIGAY, N.; BARHAMGI, M.; GHODOUS, P. *Product-based business processes interoperability*. In: Proceesings of the 28TH Annual ACM Sysmposium on Applied Computing, SAC '13, ACM, New York, NY, USA, p. 1472-1473, 2013.

LAHTINEN, J. *Application of the perspective-based reading technique in the nuclear I&C context*. In: CORSICA WORK REPORT 2011 VVT Technology 9. VTT Technical Research Centre of Finland, Finland, 2012.

LANUBILE, F.; SHULL, F.; BASILI, V. R. *Experimenting with error abstraction in requirements documents*. In: Proceedings of Fifth International Software Metrics Symposium, METRICS'98, IEEE Computer Society, Bethesda, MD, p.114–121, 1998.

LARSON, R.; FARBER, B. Estatística aplicada. *Testes qui-quadrado e a distribuição F*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, p. 439-483, 2010.

LEE, E. A.; SESHIA, S. A. *Introduction to embedded systems: a cyber-physical systems approach*. Berkeley: UC Berkeley, p. 1-15, 2010. Disponível em: <http://leeseshia.org/>. Acesso em: 8 mai. 2013.

LEFFINGWELL, D. Agile software requirements: lean requirements practices for teams, programs, and the enterprise. *A brief history of software requirements methods*. Boston: Adisson-Wesley, p. 3-28, 2011.

LOPES, E. Fundamentos da linguística contemporânea. *Modalidades de gramática*. São Paulo: Editora Pensamento-Cultrix, p. 183-228, 2008.

MENDONÇA, M. A. A.; FREITAS, F. A.; SOUZA, J. M. Tecnologia da informação e produtividade na indústria brasileira. *Revista de Administração de Empresas*, v. 49, n. 1, jan./mar. 2009.

MENEZES, P. B. Linguagens formais e autômatos. *Hierarquia de classes de linguagens e conclusões*. Porto Alegre: Bookman, p. 195-201, 2008a.

_____. _____. *Linguagens regulares*. Porto Alegre: Bookman, p. 41-79, 2008b.

MISHRA, A. Enterprise resource planning systems: effects and strategic perspectives in organizations. In: Information Resources Management Association (IRMA) (Org.). *Enterprise information systems: concepts, methodologies, tools and applications*. New York: IGI Global, p.1318-1326, 2011.

MONTGOMERY, D. C. Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros. *Planejamento e análise de experimentos com um único fator: a análise de variância*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, p. 268-294, 2003.

NIST/SEMATECH. *e-Handbook of Statistical Methods*. Disponível em: <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/>. Acesso em: 17 mar. 2013.

NORRIS, G.; HURLEY, J. R.; HARTLEY, K. M.; DUNLEAVY, J. R.; BALLS, J. D. E-business e ERP: transformando as organizações. *Os conceitos que suportam o grupo empresarial eletrônico*. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed, p. 1-15, 2001.

PIANTADOSI, S. T.; TILY, H.; GIBSON, E. The communicative function of ambiguity in language. *Cognition*, v. 122, n. 3, p. 280-291, mar. 2012.

RAFFIN, F. Pequena introdução à filosofia. *Rigor e ambiguidade*. Rio de Janeiro: Editora FGV, p. 181-191, 2009.

SCHNIEDER. L.; ARNDT , S. Reducing natural-language ambiguities in requirements engineering. *Ask Magazine*, National Aeronautics and Space Administration. n. 49, p. 38-40, 2013. Disponível em: <http://www.nasa.gov/offices/oce/appel/ask/issues/49/index.html> Acesso em: 6 jun. 2013.

SHULL, F.; RUS, I.; BASILI, V. How perspective-based reading can improve requirement inspections**.** *Journal Computer*, v. 33, n. 7, p.73-79, 2000.

SILVA, B. L. *Ambiguidades da língua portuguesa: recorte classificatório para a elaboração de um modelo ontológico*. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) - Departamento de Ciência da Informação e Documentação, Universidade de Brasília, Brasília/DF. 2006.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. Administração da Produção. *Tecnologia de processo*. São Paulo: Atlas, p. 178-200, 2006.

SOMMERVILLE, I. Engenharia de Software. *Requisitos de software*. São Paulo: Addison-Wesley, p. 79-94, 2007.

SØRUMGÅRD, S. *Verification of Process Conformance in Empirical Studies of Software Development*. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Department of Computer and Information Science, The Norwegian University of Science and Technology, Trondheim. 1997.

SUTCLIFFE, G. A.; ECONOMOU, A.; MARKIS, P. Tracing Requirements Errors to Problems in the Requirements Engineering Process. *Requirements Engineering*, v. 4, n. 3, p. 134-151, 1999.

THIRUMARAN, M.; DHAVACHELVAN, P.; ARANGANAYAGI, G. Evaluating service business logic using finite state machine for dynamic service integration. *International Journal of Computer Applications*, v. 22, n.7, p. 33-39, 2011.

THIRUMARAN, M.; DHAVACHELVAN, P.; NAGA, V. K. G. *Finite state machine based business logic model for web services change management.* In: International Conference on Advances in Computing and Communications, ICACC 2012, IEEE Computer Society, Cochin, Kerala, IN, p. 174-177, 2012.

TONET, H. C.; PAZ, M. G. T. Um modelo para o compartilhamento de conhecimento no trabalho. *Revista de Administração Contemporânea*, v. 10, n. 2, p. 75-94, abr./jun. 2006.

TURNQUIST , G. L. Python testing cookbook. *Testing customer stories with behavior driven development*. Birmingham: Packt Publishing, p. 117-163, 2011.

WALIA, G. S.; CARVER, J. C. A systematic literature review to identify and classify software requirement errors. *Information and Software Technology*, v. 51, n. 7, p. 1087–1109, jul. 2009.