Revista de Sistemas de Informação da
FSMA n. 16 (2015) pp. 3 -15

TRILHA ESTUDANTIL

SISTEMAS DE INFORMAÇÃO
http://www.fsma.edu.br/si/sistemas.html

Um Mapeamento Sistemático sobre Abordagens de Apoio à Rastreabilidade de Requisitos no Contexto de Projetos de Software

Paulo Robson Campelo Malcher, *Mestrando em Ciência da Computação, PPGCC-UFPA*,
Diogo Adriel Lima Ferreira, Bacharel em Sistemas Informação, *FACOMP- UFPA*,
Sandro Ronaldo Bezerra Oliveira, *Dr. Prof. Adjunto IV, PPGCC-UFPA*, e
Alexandre Marcos Lins de Vasconcelos, *PhD. Prof. Associado*, CIn-UFPE
{prcmalcher, cetlho}@gmail.com, srbo@ufpa.br, amlv@cin.ufpe.br

***Resumo*— A Rastreabilidade de Requisitos é vista como um fator de qualidade no que diz respeito ao desenvolvimento de software, estando presente em padrões e modelos de qualidade. Nesse contexto, diversas técnicas, modelos, *frameworks* e ferramentas têm sido utilizados para apoiá-la. Sendo assim, a proposta deste trabalho é apresentar um mapeamento sistemático realizado com o objetivo de descobrir na literatura abordagens de apoio à rastreabilidade de requisitos no contexto de projetos de software e fazer a categorização dos dados encontrados, a fim de demonstrar, por meio de um método confiável, rigoroso e auditável, como esta área tem se desenvolvido e quais as principais abordagens são utilizadas para sua implementação.**

***Palavras-chave*— Mapeamento Sistemático, Rastreabilidade de Requisitos, Gerência de Requisitos.**

A Systematic Mapping on Supporting Approaches for Requirements Traceability in the Context of Software Projects

***Abstract*— The Requirements Traceability is seen as a quality factor with regard to software development, being present in standards and quality models. In this context, several techniques, models, frameworks and tools have been used to support it. Thus, the purpose of this paper is to present a systematic mapping carried out in order to find in the literature approaches to support the requirements traceability in the context of software projects and make the categorization of the data found in order to demonstrate, by means of a reliable, accurate and auditable method, how this area has developed and what are the main approaches are used to implement it.**

Index*— *Systematic Mapping, Requirements Traceability, Requirements Management.

I. INTRODUÇÃO

A busca por qualidade tem se tornado objetivo estratégico de muitas empresas para atender as demandas de mercado [1]. Nesse sentido, existem diversas propostas de soluções para auxiliar na qualidade de software, tais como, modelos, padrões e métodos para o processo de desenvolvimento de software. Neste contexto, a fim de ajudar os engenheiros de software a entender melhor o problema que é alvo de seu trabalho, surgiu então a engenharia de requisitos.

A engenharia de requisitos contempla um conjunto de atividades que direcionam ao entendimento da regra de negócio que o software irá impactar, o retorno que o cliente espera do software e a interação final do usuário com o software [2]. O processo de engenharia de requisitos deve contemplar, tipicamente, as seguintes atividades [3]:

- levantamento de requisitos, corresponde à fase inicial do processo de engenharia de requisitos e envolve as atividades de descoberta dos requisitos;
- análise de requisitos, quando os requisitos levantados são usados como base para a modelagem do sistema
- documentação de requisitos, onde os requisitos e modelos capturados nas etapas anteriores devem ser descritos e apresentados em documentos, é, portanto, uma atividade de registro e oficialização dos resultados da engenharia de requisitos;
- verificação e validação de requisitos, nesta fase é fundamental que eles sejam cuidadosamente avaliados, assim, os documentos produzidos durante a atividade de documentação de requisitos devem ser submetidos à verificação (assegurar que o software esteja sendo construído de forma correta) e à validação (assegurar que o software que está sendo desenvolvido é o software correto); e

- e gerência de requisitos, que tem como objetivo controlar a criação e a evolução dos requisitos [4].

Este trabalho contempla a área de gerenciamento de requisitos, por se tratar da área inicial para o alcance da maturidade na implementação do processo de engenharia de requisitos em modelos de qualidade como o CMMI-DEV – *Capability Maturity Model Integration for Development* e o MR-MPS-SW – Modelo de Referência do MPS para Software. Assim, segundo Kotonya e Sommerville, a gerência de requisitos envolve as atividades que apoiam o controle e rastreamento de requisitos, bem como a gerência de mudanças de requisitos em qualquer momento ao longo do ciclo de vida do software, onde o requisito é uma condição ou uma capacidade com a qual o sistema deve estar de acordo [3]. Ainda no contexto da qualidade no desenvolvimento de software, existem abordagens que auxiliam sua satisfação, como a Norma ISO/IEC 12207 [5], e os modelos CMMI [6] e MPS.BR [7], onde o processo Gerência de Requisitos é tido como essencial para o sucesso de um projeto, pois deve assegurar que o conjunto de requisitos acordados é gerenciado e fornece apoio às necessidades de planejamento e execução do projeto.

Este processo além de ter como objetivo controlar a criação e a evolução dos requisitos [8], também possui as seguintes atividades: gerenciar a criação dos requisitos; gerenciar os relacionamentos entre os requisitos; coordenar as validações dos requisitos com o cliente; e gerenciar as mudanças nos requisitos[3][7].

Devido às mudanças que podem ocorrer ao longo da vida dos sistemas, dentro da gestão de requisitos deve haver a rastreabilidade dos mesmos. Além disso, para a coordenação e o planejamento dos requisitos, e das mudanças que neles possam ocorrer, deve-se ter o controle de suas interdependências, entre os requisitos e entre os outros artefatos desenvolvidos durante todo o processo de desenvolvimento de software, o que remete diretamente à Rastreabilidade de Requisitos [4].

A Rastreabilidade de Requisitos é definida como a capacidade de descrever e seguir o ciclo de vida de um requisito em ambas as direções: na capacidade de rastrear um artefato em direção à sua implementação (*forward traceability*); ou na capacidade de rastrear um artefato à sua origem (*backward traceability*); passando entre todas as especificações relatadas [9]. A rastreabilidade também pode ser categorizada como horizontal (inter-rastreabilidade) e vertical (extra-rastreabilidade) [3]. A rastreabilidade horizontal é a rastreabilidade entre diferentes versões ou variações de requisitos, ou outros artefatos, em uma particular fase do ciclo de vida, ou seja, permite ver como os requisitos relacionam-se com os demais requisitos. Enquanto que a rastreabilidade vertical é realizada entre requisitos e artefatos produzidos pelo processo de desenvolvimento ao longo do ciclo de vida do projeto, ou seja, permite ver como os requisitos relacionam-se com os artefatos que são gerados no decorrer do projeto [10].

Neste contexto, percebe-se uma grande preocupação em se ter uma visão dos relacionamentos que envolvem os requisitos. De fato, o sucesso da gerência de requisitos e consequentemente dos projetos de software, depende diretamente de quão bem definidos e conhecidos são estes relacionamentos [11].

Realizar uma pesquisa que tenha como foco descobrir quais as abordagens descritas na literatura existem para auxiliar a rastreabilidade de requisitos pode ser de grande valia para pesquisas futuras, já que pode trazer como resultados: a descoberta de quais as técnicas mais utilizadas; quais os padrões e os métodos auxiliam em seu desenvolvimento; quais ferramentas de apoio são utilizadas para sua implantação; quais os modelos e *frameworks* já desenvolvidos; e diversas outras informações a respeito deste tópico de pesquisa. Desta forma, este trabalho objetiva apresentar uma visão a respeito das abordagens de apoio à Rastreabilidade de Requisitos, entendendo-se por abordagens: processos, modelos, métodos, técnicas, ferramentas, *frameworks* e afins.

Outro ponto a ser destacado neste trabalho é a escolha do método para sua realização. Para alcançar os objetivos desta pesquisa foi escolhido um dos principais métodos da engenharia de software baseada em evidências que são as Revisões Sistemáticas da Literatura (*Systematic Literature Review* – SLR em inglês), classificadas como estudos secundários, já que, dependem dos estudos primários utilizados para revelar evidências e construir o conhecimento [12].

Vale ressaltar que, com o amadurecimento de uma área de pesquisa, o número de estudos e resultados cresce significativamente [13]. Sendo assim, a literatura diferencia as RSLs em dois tipos: As Revisões Sistemáticas da Literatura Convencionais (RSL); e os Estudos de Mapeamentos Sistemáticos (EMS) [14]. Desta forma, o estudo de mapeamento sistemático, também conhecido como estudo exploratório, abrange uma revisão ampla de estudos primários, em uma determinada área, buscando identificar quais evidências estão disponíveis nesta área [15]. A realização de um mapeamento além de prover uma visão geral de uma área de pesquisa, possibilita conhecer também as frequências de publicações ao longo do tempo, quantidade e os tipos de pesquisa dentro dela, possibilitando identificar tendências [13].

RSL e EMS surgiram como duas importantes ferramentas para agregar e construir conhecimento em engenharia de software, apresentando as seguintes

vantagens [15]: o método bem definido torna menos provável que os resultados encontrados na literatura sejam tendenciosos, embora não proteja contra o viés dos estudos primários selecionados; elas podem fornecer informações sobre os efeitos de algum fenômeno através de uma ampla gama de configurações e métodos empíricos. Se os estudos fornecem resultados consistentes, a revisão sistemática provê evidências que o fenômeno é robusto e transferível. Se os resultados fornecidos são inconsistentes, as fontes de variação podem ser estudadas. No caso de estudos quantitativos, é possível combinar dados usando técnicas de meta-análise. Isso aumenta a probabilidade de detectar efeitos reais que pequenos estudos individuais não são capazes de detectar.

Em vista disso, este trabalho faz um Mapeamento Sistemático da Literatura objetivando identificar todas as pesquisas relacionadas a abordagens de apoio para a rastreabilidade de requisitos e responder questões sobre tendências de pesquisas da área. Os resultados obtidos com este método serão usados para elaborar um catálogo de técnicas de apoio à rastreabilidade para ajudar a alcançar o sucesso em projetos de software.

Além desta seção introdutória, tem-se neste trabalho as seguintes seções: a Seção 2 descreve o mapeamento sistemático realizado; na Seção 3 são apresentados os resultados e a análise dos mesmos; na Seção 4 as ameaças para a validade desta pesquisa são discutidas; a Seção 5 apresenta trabalhos relacionados a esta pesquisa; e, finalmente, a Seção 6 apresenta as considerações finais deste trabalho.

II. Método de Pesquisa

Esta pesquisa conduziu o mapeamento com a intenção de encontrar e analisar o maior número de trabalhos primários relevantes e reconhecidos sobre rastreabilidade de requisitos a fim responder as questões de pesquisa. As revisões sistemáticas e os estudos de mapeamento sistemático seguem um método específico e peculiar, que começam pela definição de um protocolo de revisão e resume as etapas de uma revisão sistemática em três fases principais: planejamento, condução e apresentação [15].

A fase de planejamento é a primeira fase do mapeamento sistemático e foca na necessidade de um protocolo detalhado para descrever o processo e os métodos que serão aplicados. O protocolo é o instrumento que consolida todas as definições desta fase. Identificar as questões da pesquisa traduz-se como o ponto mais importante da etapa de planejamento do Mapeamento, pois toda pesquisa será limitada pelo escopo da questão a ser respondida [12].

A realização de uma revisão deve estar assegurada pela sua necessidade e o protocolo formulado deve abordar alguns pontos: objetivo da revisão; as questões de pesquisa; o escopo e as restrições da pesquisa; as fontes pesquisadas na busca dos estudos primários; a identificação de palavras-chave; a geração de *strings* de busca; os critérios definidos de inclusão/exclusão e como serão aplicados na seleção dos estudos; a avaliação dos estudos primários; o processo de extração de dados e como eles serão sintetizados. Além disso, o protocolo de revisão deve ser avaliado para garantir que o planejamento é viável [15]. Para isso, muitos pesquisadores sugerem a consulta de especialistas para revisão do protocolo e/ou testar a execução do protocolo.

As etapas de seleção dos estudos primários, de extração e de avaliação dos dados constituem a fase de execução do mapeamento sistemático. A última etapa do mapeamento sistemático consiste, de acordo com a análise e síntese dos dados, na escrita do relatório do mapeamento.

Assim, esta seção apresenta as principais seções do protocolo seguido pelo mapeamento sistemático conduzido por este estudo. Para guiar a construção deste protocolo de pesquisa foram usadas as instruções e as diretrizes apresentadas em [15], onde é especificado que as revisões sistemáticas e os mapeamentos sistemáticos de estudos têm em comum:

1. Identificação da necessidade de executar a revisão sistemática;
2. Elaboração da questão de pesquisa;
3. Uma abrangente e exaustiva busca por estudos primários;
4. Avaliação da qualidade dos estudos incluídos;
5. Identificação dos dados necessários para responder a pergunta de pesquisa;
6. Extração dos dados;
7. Resumo e síntese dos resultados dos estudos (meta-análise);
8. Interpretação dos resultados para determinar sua aplicabilidade;
9. Escrita do relatório.

O protocolo do mapeamento sistemático na íntegra pode ser encontrado em *http://spider.ufpa.br/projetos/spider_rastreabilidade/SPIDER_ProtocoloRevisao.pdf*.

A. Objetivo do Mapeamento

Este estudo de mapeamento sistemático teve o objetivo de identificar abordagens para apoiar a atividade de Rastreabilidade de Requisitos, no contexto de projetos de software, no que tange a processos, modelos, métodos, técnicas, ferramentas e afins. Desta forma, têm-se a seguinte estrutura para o objetivo, conforme proposto em [18]:

- **Analisar:** relatos de experiência e publicações científicas através de um estudo baseado em mapeamento sistemático;

- **Com o propósito de:** identificar abordagens para apoiar atividades de Rastreabilidade de Requisitos, cuja importância é obter a origem de cada elemento que faz parte do processo de desenvolvimento, bem como os requisitos que estão relacionados a estes elementos e quais deles serão afetados quando houver algum tipo de mudança, oferecendo assim, uma possível análise de impactos causados em decorrência destas alterações;
- **Com relação à:** definição e uso de processos, *frameworks*, métodos, ferramentas e demais instrumentos empregados para a implantação e execução das atividades de Rastreabilidade de Requisitos em organizações de desenvolvimento de software;
- **Do ponto de vista:** de pesquisadores e organizações desenvolvedoras/mantenedoras de software;
- **No contexto:** acadêmico e industrial.

B. Questão de Pesquisa

As questões de pesquisa de um estudo de mapeamento sistemático são muito mais amplas e gerais (normalmente de caráter exploratório), em contraste as que são elaboradas em revisões sistemáticas da literatura, que devem ser bem mais precisas. Sendo assim, a questão de pesquisa que norteou esse mapeamento foi a seguinte:

(Q1) Quais as abordagens existentes para apoiar as atividades de Rastreabilidade de Requisitos?

Adicionalmente, questões de pesquisa secundárias foram usadas para nortear a pesquisa e traçar um perfil das publicações existentes na litetura especializada, a saber:

1. Qual a distribuição dos estudos por Ano?
2. Qual a distribuição dos estudos por Autor?
3. Qual a distribuição dos estudos por Instituição?
4. Qual a distribuição dos estudos por Tipo de Publicação?

A estrutura da questão de pesquisa principal foi organizada conforme a estrutura *Population*, *Intervention*, *Context*, *Outcomes*, *Comparison* (PICOC), recomendada em [15]. Entretanto, apenas os itens *Population*, *Intervention* e *Outcomes* (PIO), que traduzidos para o português são População, Intervenção e Resultados, foram considerados relevantes para a pesquisa. Nesse sentido definiu-se a seguinte estrutura para a questão de pesquisa principal:

- **População (P):** Organizações de Software e Projetos de Software;
- **Intervenção (I):** Padrões para apoiar atividades de Rastreabilidade de Requisitos;
- **Resultados (O):** Modelos de processos, técnicas, métodos, ferramentas e *frameworks* de Rastreabilidade de Requisitos.

C. Escopo e Restrições da Pesquisa

Com o objetivo de assegurar a viabilidade da pesquisa, foi definido um escopo para a mesma, que pode ser descrito por meio da definição de critérios de seleção de fontes e algumas restrições.

Para a seleção das fontes de pesquisa, foram definidos os seguintes critérios:

- Disponibilidade para consultas web;
- Disponibilidade para busca de artigos através do domínio da UFPA;
- Disponibilidade de artigos na íntegra por meio do domínio da UFPA ou a partir da utilização da engine de busca Google e/ou Google Scholar;
- Disponibilidade de artigos em inglês ou português;
- Relevância da fonte.

Como restrições para a pesquisa têm-se:

- A pesquisa não pode incorrer em ônus financeiro aos pesquisadores devido à inexistência de fundos alocados para este propósito. Portanto, apenas foram selecionadas as fontes que possibilitam consultas de forma gratuita (também foram consideradas fontes que oferecem consultas de forma gratuita a partir do acesso pelo domínio da UFPA);
- Foram apenas considerados os estudos obtidos por meio das fontes selecionadas e em conformidade com os critérios de inclusão e exclusão;
- A pesquisa esteve restrita aos resultados publicados entre 01 de janeiro de 2003 até dezembro de 2013, contemplando, desta forma, um período de 11 anos, dada a necessidade de identificar abordagens para apoio às atividades de Rastreabilidade de Requisitos mais atuais.

D. Seleção de Fontes

Com base nos critérios de seleção e nas restrições da pesquisa, foram selecionadas as seguintes fontes de pesquisa onde foram realizadas as buscas dos estudos primários, de acordo com a disponibilidade da pesquisa e relevância para área de Qualidade de Software:

- IEEEXplore Digital Library;
- El Compendex;
- ISI Web of Knowledge;
- ACM;
- Scopus;
- Anais do WAMPS – Workshop Annual do MPS;
- Anais do WER – Workshop de Engenharia de Requisitos;
- Anais do SBQS – Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software.

E. Identificação de Palavras-Chave e Sinônimos

As palavras-chave foram identificadas a partir das questões de pesquisa e em acordo com a estrutura População, Intervenção e Resultados. De acordo com as restrições da pesquisa, os idiomas em que as palavras-chave foram definidas são o Português e o Inglês. A seguir são apresentadas as palavras-chave para a questão de pesquisa principal em inglês, de acordo com análises realizadas sobre o tema de Rastreabilidade de Requisitos constantes nos modelos de qualidade de software (CMMI-DEV e MR-MPS-SW).

- **POPULAÇÃO:** *Software, Project, Development, Organization, Enterprise, Company, Industry, Institute, Research Group, Technology Center*;
- **INTERVENÇÃO:** *Requirements Traceability, Traceability, Requirements Tracing*;
- **RESULTADOS:** *Model, Process, Framework, Method, Technique, Methodology, Knowledge, Activity, Task, Tool, Software, Program, System, Application, Environment, Workbench*;

F. Geração de Strings de Busca

A *string* de busca é o agrupamento das palavras-chave, por meio dos operadores <OR> e <AND>. O operador <OR> é utilizado para o agrupamento das palavras-chave e sinônimos, por elemento (População, Intervenção e Resultados). O operador <AND> é utilizado para agrupar o conjunto de palavras-chave definidos para todos os elementos, de acordo com a estrutura PICO (ou PIO no caso desta pesquisa) conforme segue [16]:

P <and> I <and> C <and> O

Vale ressaltar que o elemento Comparação (ou Controle) não está no contexto desse trabalho, logo, o conjunto de palavras-chave para esse elemento é vazio.

- ("Software" AND ("Project" OR "Development" OR "Organization" OR "Enterprise" OR "Company" OR "Industry" OR "Institute" OR "Research Group" OR "Technology Center")) AND ("Requirements Traceability" OR “Traceability” OR "Requirements Tracing") AND ("Model" OR "Process" OR "Framework" OR "Method" OR "Technique" OR "Methodology" OR "Knowledge" OR "Activity" OR "Task" OR "Tool" OR "Program" OR "System" OR "Application" OR "Environment" OR "Workbench")

Outro ponto importante a ser frisado é que foram necessárias mudanças na *string* de busca para Q1 de acordo com a forma de busca implementada em cada fonte de pesquisa.

G. Seleção dos Estudos Primários

A etapa de seleção de estudos primários pode ser dividida em: Definição de Critérios de Inclusão e Exclusão de Estudos Primários e Definição do Processo de Seleção dos mesmos.

Os critérios de Inclusão e Exclusão dos estudos primários são os que vão nortear os pesquisadores na seleção dos estudos que foram coletados das fontes de pesquisas, além do que determina o rigor da pesquisa e impossibilita os viesses dos pesquisadores no momento da seleção. Os critérios de exclusão dos artigos foram:

- Artigos que não estejam disponíveis livremente para consulta ou *download* (em versão completa) nas fontes de pesquisa ou por meio de busca manual (para artigos que não sejam fornecidos na íntegra) realizada nas ferramentas de busca Google (*http://www.google.com.br/*) e/ou Google Scholar (*http://scholar.google.com.br/);*
- Artigos que claramente não atendam às questões de pesquisa;
- Artigos repetidos (em mais de uma fonte de busca) tiveram apenas sua primeira ocorrência considerada;
- Artigos duplicados tiveram apenas sua versão mais recente ou a mais completa considerada, salvo casos em que haja informações complementares;
- Estudos enquadrados como resumos, *keynote speeches*, cursos, tutoriais, *workshops* e afins;
- Artigos que não mencionem as palavras-chave da pesquisa no título, resumo ou nas palavras-chave do artigo, salvo trabalhos que abordem melhoria do processo de software nos quais seja observada a possibilidade da Rastreabilidade de Requisitos ser tratada ao longo do trabalho;
- Excluir se o estudo não estiver inserido no contexto de Projetos de Software, Indústria de Software ou Engenharia de Software;
- Excluir se o estudo não estiver apresentado em uma das linguagens aceitas (Inglês e Português).

Os critérios de inclusão dos artigos basearam-se em:

- Estudos que apresentem primária ou secundariamente abordagens (padrões e CASEs) de apoio às atividades de Rastreabilidade de Requisitos;
- Estudos que apresentem relatos de experiência da indústria, ou pesquisas de caráter experimental ou teórico, contanto que apresentem exemplos de aplicação, descrição de experimentos ou casos reais de uso de abordagens (padrões e CASEs) para apoio às atividades de Rastreabilidade de Requisitos.

Para a execução do processo da etapa de seleção dos estudos primários da revisão sistemática, foram utilizados os seguintes recursos:

- Dois pesquisadores (um aluno de mestrado e um graduando);
- Acesso às fontes de pesquisa por meio do domínio da Universidade Federal do Pará;
- Validações sobre documentos e procedimentos da realização da revisão sistemática por meio de reuniões com o coordenador do Projeto SPIDER e orientador deste trabalho.

Durante a condução deste mapeamento sistemático, os estudos primários foram identificados conforme o processo seguinte:

- No início, foram realizados testes pilotos nas bases de dados digitais com o intuito de adaptar a *string* de busca a cada repositório. Este procedimento permitiu que a execução da busca automática fosse feita da mesma forma em todos os engenhos, com pequenas adaptações nas ferramentas de busca. Essa estratégia permite melhorar um contexto de replicação futura deste estudo;
- Após isso, realizaram-se as buscas em todas as fontes selecionadas, por meio de *strings* de busca. Estudos claramente irrelevantes à pesquisa foram descartados. Os artigos foram catalogados na ferramenta Mendeley Desktop, estabelecendo uma planilha com a lista, para cada pesquisador, de possíveis estudos primários;
- A partir da leitura do título e do resumo, os artigos foram avaliados quanto aos critérios de inclusão e exclusão, e o resultado foi registrado;
- Os dois pesquisadores responsáveis pela seleção dos artigos entraram em consenso, quando necessário. Isso ocorreu quando não houve uma unanimidade na inclusão de um artigo e pelo menos um pesquisador decidiu incluir;
- Na fase de consenso, em caso de discordância sobre a inclusão de algum estudo, o mesmo foi incluído;
- Posteriormente, o índice de concordância foi medido através do cálculo do valor Kappa, utilizado em [33], para futura referência;
- Os estudos primários identificados foram posteriormente lidos em totalidade e, então, foi aplicada a avaliação de qualidade e a estratégia de extração de dados, conforme descrito nas subseções seguintes.

H. Avaliação dos Estudos Primários

A qualidade de um artigo pode ser mensurada pela relevância e pelo valor científico de seu conteúdo. Na avaliação da qualidade dos estudos primários é considerada, também, um critério de exclusão, a ser aplicado durante a condução da pesquisa. Apesar de não existir uma definição universal do que seja qualidade de estudo, a maioria dos *checklists* incluem questões que objetivam avaliar a extensão em que o viés é minimizado e a validação interna e externa são maximizadas [15].

Desta forma, durante a análise dos estudos primários e coleta de resultados, foram aplicados os critérios de qualidade, permitindo um processo adicional de validação dos estudos, de forma a identificar possíveis trabalhos que ainda devem ser desconsiderados da pesquisa e observar o grau de importância dos estudos individualmente para quaisquer comparações durante a síntese dos dados [15].

Adicionalmente, a avaliação da qualidade pode servir como recomendação de estudos para futuras pesquisas, fornecendo informações a respeito da qualidade das informações de cada estudo avaliado [15].

Artigos que, porventura, foram excluídos por não se adequarem aos critérios de qualidade foram citados, juntamente com as razões para sua exclusão. Após este passo, os artigos incluídos na pesquisa passaram pela fase de extração de dados.

Os critérios de qualidade que foram aplicados aos estudos primários foram adaptados de [12], uma vez que descreviam critérios abrangentes o suficiente para cobrir o escopo dos estudos a serem considerados, com alterações para se adequarem aos objetivos e questões de pesquisa desta revisão sistemática. Os critérios de qualidade foram:

- Introdução/Planejamento
  - Os objetivos ou questões do estudo são claramente definidos (incluindo justificativas para a realização do estudo)?
  - O tipo de estudo está definido claramente?
- Desenvolvimento
  - Existe uma clara descrição do contexto no qual a pesquisa foi realizada?
  - O trabalho é bem/adequadamente referenciado (apresenta trabalhos relacionados ou semelhantes e se baseia em modelos e teorias da literatura)?
- Conclusão
  - O estudo relata de forma clara e não ambígua os resultados?
  - Os objetivos ou questões do estudo são alcançados?
- Critérios para a Questão de Investigação
  - O estudo lista primária ou secundariamente os Modelos, Processos, Métodos, Técnicas, Metodologia e afins, para apoiar atividades de Rastreabilidade de Requisitos?
  - O estudo apresenta Ferramentas de apoio às atividades de Rastreabilidade de Requisitos?
- Critério Específico para estudos Experimentais

- Existe um método ou um conjunto de métodos descrito para a realização do estudo?
- Critério Específico para estudos Teóricos
  - Existe um processo não tendencioso na escolha dos estudos?
- Critério Específico para Revisões Sistemáticas
  - Existe um protocolo rigoroso, descrito e seguido?
- Critério Específico para Relato de Experiência Industrial
  - Existe uma descrição sobre a(s) organização(ões) onde foi conduzido o estudo?

A execução do processo da etapa de avaliação dos estudos primários ocorreu conforme o processo seguinte:

- Os estudos primários selecionados foram lidos em totalidade e foram avaliados quanto aos critérios de qualidade. Para avaliar o grau de adequação aos critérios de qualidade, foi adotada a estratégia de avaliação proposta em [12], que utiliza a escala de Likert-5, permitindo respostas gradativas de 0 (discordo totalmente) a 4 (concordo totalmente), como apresentada no Quadro I. Para auxiliar a avaliação, seguindo a escala de Likert-5, para cada critério de qualidade foram definidas escalas.

QUADRO I. Escala de Likert-5

Escala	Descrição
Concordo totalmente (4)	Deve ser concedido no caso em que o trabalho apresente no texto os critérios que atendam totalmente a questão.
Concordo parcialmente (3)	Deve ser concedido no caso em que o trabalho atenda parcialmente aos critérios da questão.
Neutro (2)	Deve ser concedido no caso em que o trabalho não deixe claro se atende ou não a questão.
Discordo parcialmente (1)	Deve ser concedido no caso em que os critérios contidos na questão não são atendidos pelo trabalho avaliado.
Discordo totalmente (0)	Deve ser concedido no caso em que não existe nada no trabalho que atenda aos critérios da questão.

- Deve-se, então, dada a soma das pontuações, enquadrá-los em um dos cinco níveis de qualidade apresentados no Quadro II.

QUADRO II. Níveis de Qualidade

Faixa de Notas	Avaliação
Excelente	>86%
Muito Boa	66%-85%
Boa	46%-65%
Média	26%-45%
Baixa	< 26%

III. Resultado e Análise

Esta seção descreve a principal contribuição deste trabalho, a aplicação das técnicas de Mapeamento Sistemático da literatura durante a fase de condução que é apresentada conforme definida no protocolo descrito na seção anterior. No contexto deste trabalho, a fase de condução foi dividida em: Busca Primária, Seleção de Estudos Primários e Extração de Dados.

A. *Busca Primária*

Em acordo com o que foi definido no protocolo de revisão, no que diz respeito ao método de busca realizado nas fontes selecionadas, foi executada em cada fonte a busca primária, com uma *string* de busca específica. A partir disso, obteve-se um total de 1509 estudos, dos quais: 433 trabalhos foram identificados na IEEE; 437 na El Compedex; 124 na Scopus; 316 na ACM; 175 na ISI Web Knowledge; 6 no SBQS; 9 no WAMPS; e, por fim, 9 foram identificados no WER. Como pode ser visualizado no gráfico da Figura 1.

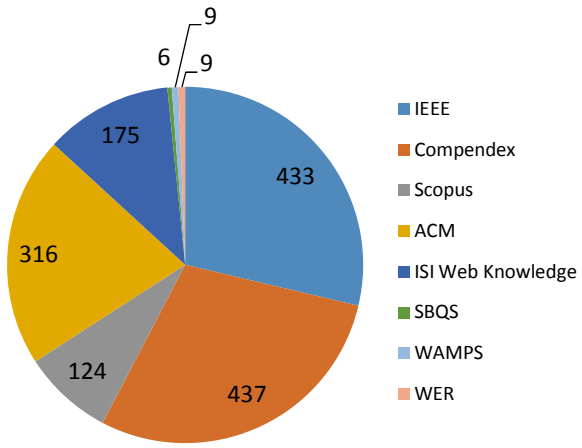

Fig.1. Distribuição dos Estudos Retornados por Fonte de Pesquisa

B. *Seleção dos Estudos Primários*

A partir do processo de seleção definido no protocolo de revisão, foram selecionados os estudos primários por meio da leitura do título, palavras-chave, resumo e conclusão de cada estudo retornado, e em seguida foram aplicados os critérios de inclusão e exclusão. Após o processo de seleção, o número de estudos foi bastante reduzido, sendo selecionados 411 estudos. A evolução em números do processo de seleção de estudos primários é apresentada no Quadro III. Vale ressaltar que a lista de todos os trabalhos selecionados por cada critério de inclusão e exclusão encontra-se definida em *http://cin.ufpe.br/~srbo/UFPA_TCC_DiogoAdriel.pdf*.

QUADRO III. Visão Geral da Seleção dos Estudos Primários

Seleção dos Estudos Primários				
Fontes	**Estudos Retornados**	**Estudos Excluídos**		**Estudos Incluídos**
		Duplicados	**Outros**	
IEEE	433	0	269	164
Scopus	124	95	13	16
ACM	316	61	182	73
ISI Web Knowledge	175	110	41	24
El Compedex	437	228	99	110
SBQS	6	0	0	6
WAMPS	9	0	0	9
WER	9	0	0	9
Total Parcial		494	604	
Total	**1509**	**1098**		**411**

Pode-se perceber que 1098 estudos retornados foram excluídos pelos pesquisadores, os principais motivos foram: não apresentam primária ou secundariamente abordagens de apoio à Rastreabilidade de Requisitos; eram estudos repetidos, ou seja, estavam disponíveis em mais de uma fonte de pesquisa selecionada; não mencionam as palavras-chave da pesquisa no título, resumo ou nas palavras-chave do artigo; não estavam disponíveis livremente para consulta ou *download*.

Após o processo de seleção dos estudos primários, pode-se verificar que embora a ISI Web of Knowledge apresente um número considerável de estudos retornados, com quase 12%, essa fonte teve uma representatividade pequena, quando comparada com as demais (com exceção da Scopus). Nos estudos primários selecionados esta fonte obteve apenas 6%. Isso pode ser explicado pela ordem que o processo de seleção ocorreu, já que muitos estudos dessas fontes foram enquadrados no critério de exclusão de estudos repetidos, devido estes já terem sido selecionados em outras fontes. Outro aspecto sobre a duplicidade dos estudos pode ser notado quando observa-se a fonte El Compendex que foi a fonte com o maior número de estudos retornados, porém teve mais de 228 excluídos por já terem sido incluídos em outra fonte de pesquisa anteriormente.

C. Extração do Dados

Ao analisar a quantidade de estudos publicados com relação ao ano, pode-se demonstrar e confirmar o que outros autores destacam no que diz respeito ao crescimento de pesquisas em Rastreabilidade de Requisitos no contexto de projetos de softwares na última década. De acordo com os resultados obtidos na busca das fontes de pesquisa selecionadas, no ano inteiro de 2003 foram publicados apenas 6 estudos referentes à questão de pesquisa e a partir deste ano houve um grande crescimento. E mesmo que a partir de 2011 apresente uma queda nesta quantidade, o valor encontrado em 2013 ainda é superior ao ano de 2003, o que pode ter sido motivado pelo aumento no reconhecimento da importância da área. O gráfico da Figura 2 ilustra a distribuição dos estudos primários, identificados pelo processo de seleção, ao longo dos anos.

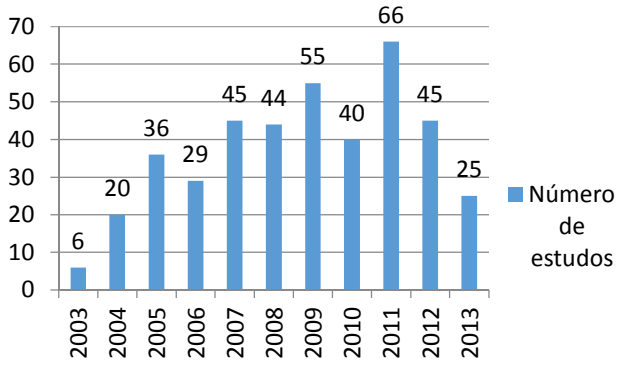

Fig.2. Distribuição dos Estudos Primários por Ano

No gráfico da Figura 3 pode-se observar o número de publicações por autores que entraram nesta pesquisa através de suas publicações dentro do espaço de tempo determinado. É válido informar que outros autores foram omitidos pelo número reduzido de artigos publicados em relação aos que aparecem no gráfico. Por questão de organização, foram incluídos os dez autores que mais publicaram.

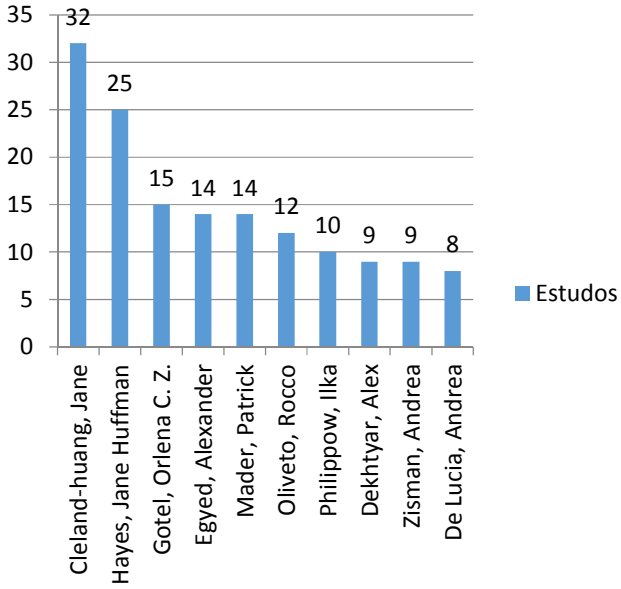

Fig.3. Distribuição dos Estudos Primários por Autor

A distribuição de estudos por instituição de filiação pode ser visualizada no gráfico da Figura 4, onde o número de instituições com publicações é maior do que se visualiza no gráfico, porém algumas foram omitidas. O gráfico apresenta as principais instituições que publicam sobre Rastreabilidade de Requisitos.

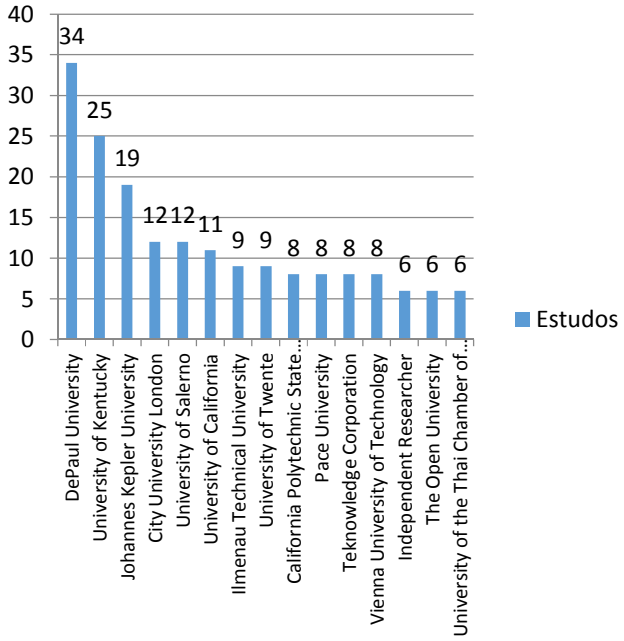

Fig.4. Distribuição dos Estudos Primários por Instituição

A distribuição dos trabalhos por tipo de publicação pode ser visualizada no gráfico da Figura 5, em que se pode perceber que a maioria dos estudos primários, 79% (328 estudos), foi publicada em eventos, outra parcela, que corresponde a 20% (83 estudos), foram publicados em periódicos, e por último, com menos de 1% dos resultados (2 estudos), são relatórios técnicos. Pode-se observar que a grande maioria dos estudos incluídos foram publicados por meio de eventos e isso pode ser explicado devido ao fato de que a computação é uma ciência relativamente nova. Assim, ainda não existem tantos periódicos especializados na área de Engenharia de Software, bem como os pesquisadores podem priorizar a publicação em eventos pela celeridade da publicação dos seus trabalhos. A lista dos eventos com publicação dos estudos selecionados pode ser visto em *http://cin.ufpe.br/~srbo/UFPA_TCC_DiogoAdriel.pdf.*

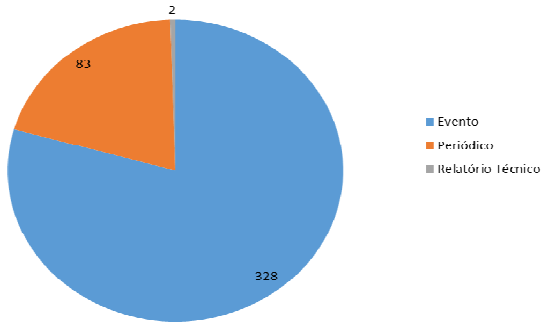

Fig.5. Distribuição dos Estudos Primários por Tipo de Publicação

Com relação às abordagens de apoio à rastreabilidade encontradas na literatura, pode-se dividi-las em: técnicas, modelos, *frameworks* e ferramentas. Neste trabalho conceituam-se estas abordagens como: técnica, é o procedimento ou o conjunto de procedimentos que têm como objetivo obter um determinado resultado, seja no campo da Ciência, da Tecnologia, das Artes ou em outra atividade; modelo, é a representação ou interpretação simplificada da realidade através de artefatos; *framework*, ou arcabouço conceitual, é um conjunto de conceitos usados para resolver um problema de um domínio específico; ferramenta, é um utensílio, dispositivo ou mecanismo utilizado para realizar alguma tarefa. O gráfico da Figura 6 mostra a divisão dessas abordagens pela quantidade de artigos.

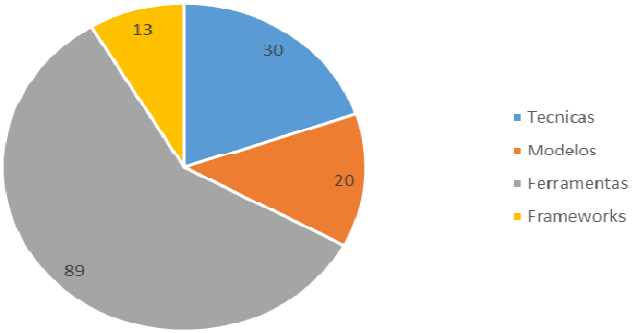

Fig.6. Distribuição das Abordagens

Com relação às técnicas, nos estudos selecionados foram identificadas cerca de 30 técnicas de apoio à rastreabilidade de requisitos disponíveis na literatura, onde é possível dividi-las em técnicas de visualização de rastreabilidade e técnicas de geração de *links* de rastreabilidade. As técnicas ditas de visualização são aquelas que possibilitam ver o resultado da rastreabilidade, tais como, as matrizes de rastreabilidade, que foi uma das técnicas mais referenciadas na literatura tratadas nos estudos [19][20][21][22] e diversos outros trabalhos, e também a representação por meio de grafos discutidas em trabalhos como os [23][24]. As técnicas de geração e manutenção de *links* de rastreabilidade, em sua maioria, são aquelas pertencentes à área de Recuperação

de Informação (IR – do inglês *Information Retrieval*). Exemplos destas técnicas são *Vector Space Model* (VSM) [25][26], *Latent Semantic Information* (LSI) [27][28]. Alguns benefícios para o uso destes no cenário de um programa de melhoria organizacional:

- Quanto à necessidade de se estabelecer um mecanismo que permita rastrear a dependência entre os requisitos e os produtos de trabalho, pode-se melhor utilizar qualquer técnica de geração de *links* que fazem uso da recuperação de informação, e quanto à visualização da rastreabilidade, a matriz de rastreabilidade ainda se mostra mais satisfatória para uma visão mais ampla sobre a rastreabilidade;
- No contexto da manutenção da consistência entre os requisitos e os produtos de trabalho do projeto, a partir da avaliação e o fato dos problemas identificados serem corrigidos, pode-se verificar que com base nas revisões realizadas na rastreabilidade e em seus *links* pode-se por meio da visualização desses *links* identificar as inconsistências e prover suas correções. Uma técnica que possibilita uma melhor visualização desse tipo é a que envolve a implementação de grafos;
- Por fim, para que requisitos adicionais possam ser incorporados no projeto, requisitos possam ser retirados do projeto e/ou mudanças possam ser feitas nos requisitos já existentes, as atualizações devem ser feitas na estrutura de rastreabilidade estabelecida, o que irá diferir entre a forma de geração de *links* de rastreabilidade está na maneira como a mesma acontece: se for de forma manual, deve-se ser feita essa mudança também de forma manual; no caso da utilização de forma semiautomáticas ou automáticas, o impacto geralmente é identificada automaticamente.

Dos modelos encontrados na literatura, pode-se destacar principalmente o *Traceability Information Model* (TIM), que é um modelo básico sobre rastreabilidade, muito referenciado na literatura por ser uma visão conceitual de um projeto de implantação de uma estratégia de rastreabilidade. Foi citado em [29][30]. Quanto às Ferramentas, diversas propostas foram encontradas, tendo como destaque a RETRO [31] e a DOORS [32].

Algumas outras abordagens encontradas no mapeamento sistemático podem ser visualizadas e detalhadas em [33].

IV. Ameaças à Validade

Nesta seção pretende-se apresentar melhorias para futuras realizações de um estudo como este. O primeiro ponto a ser levantando é a quantidade de pesquisadores envolvidos. Como estabelecido no protocolo do mapeamento, apenas dois pesquisadores fizeram o processo de busca e de seleção dos estudos primários. Este número pode ser aumentado, a fim de eliminar vieses durante a pesquisa. Entretanto, os resultados obtidos eram validados com um pesquisador-orientador da pesquisa.

Vale ressaltar também como melhoria, o cuidado com a construção da *string* de busca para a realização das buscas primárias nas fontes automáticas, pois inicialmente foi feita apenas uma *string* de busca, mas com a aplicação dela, pode-se verificar a necessidade do refinamento e na mudança de estrutura para se adequar à máquina de busca de cada fonte.

Quanto à quantidade de estudos, pode-se destacar que os estudos retornados foram satisfatórios para a pesquisa, ou seja, apresentaram insumos suficientes para a composição do catálogo das abordagens, porém para melhorar a generalização da mesma, outras fontes de dados poderiam ter sido adicionadas à pesquisa. Porém, por não atenderem aos critérios de seleção de fontes dispostos no protocolo do mapeamento, como por exemplo, de ser uma fonte que não propiciasse ônus aos pesquisadores, algumas fontes que poderiam colaborar ainda mais com a pesquisa ficaram de fora.

V. Trabalhos Relacionados

Com o objetivo de descobrir informações importantes sobre o fenômeno de interesse desta pesquisa, foi realizada uma busca na literatura sobre os trabalhos relacionados ao tema desenvolvido. Essa busca deu-se pela procura desse tipo de estudo na máquina de busca do Google Acadêmico e em diversas bases de dados relevantes para o tema, tais como, a base do IEEE e ACM, onde foram encontrados dois trabalhos já realizados que são referenciados da seguinte forma:

- "*Requirements traceability state-of-the-art: A systematic review and industry case study* [16];
- "*A Review of Traceability Research at the Requirements Engineering Conference*[RE@21]" [17].

O primeiro trabalho trata de uma Revisão Sistemática e um Estudo de Caso na Indústria sobre o estado da arte da Rastreabilidade de Requisitos no período de 1997 a 2007. As questões de pesquisas da revisão podem ser resumidas na busca pela definição de Rastreabilidade de Requisitos, seus principais desafios, ferramentas e técnicas que pudessem auxiliar em sua aplicação. A pesquisa foi realizada em cinco fontes de busca (IEEE, ACM, Springer Link, Inspec e Compendex). Com base nos critérios de inclusão e exclusão, foram selecionados 52 estudos primários que foram utilizados para responder as questões de pesquisa da revisão.

Nesta revisão realizada pode-se observar que, mesmo sendo um trabalho publicado no ano de 2012, o ano limite de busca foi 2007, ou seja, há sete anos e devido a isso novas abordagens já podem estar disponíveis na literatura. Outro ponto importante a ser destacado em relação ao trabalho é que ele não apresenta uma avaliação da qualidade dos estudos primários selecionados, como usado em [14], apenas apresenta no protocolo de revisão os critérios definidos de qualidade, mas não relatam as suas aplicações. Assim, o trabalho realizado nesta pesquisa diferencia-se deste relacionado quanto ao seu objetivo e a sua questão de pesquisa, já que este busca encontrar na literatura não apenas a caracterização da rastreabilidade de requisitos, os principais desafios em sua implementação, principais técnicas e ferramentas disponíveis na literatura, mas sim de uma forma mais ampla quaisquer abordagens referentes à rastreabilidade de requisitos, como processos, *frameworks*, modelos, meta-modelos, entre outros, bem como, descobrir quais os principais contextos de aplicação para as abordagens encontrados. Esta diferença pode ser evidenciada quanto a grande diferença entre a quantidade de trabalhos selecionados nas duas pesquisas.

Já o segundo estudo trata de uma revisão sobre rastreabilidade no contexto da "*Requirements Engineering ConferenceRE@21*" realizada em um período de vinte anos. Entretanto, no trabalho não é apresentada claramente a data de início e fim desse período em seu planejamento, mas pela disposição dos resultados pode-se supor que o período realizado foi de 1993 a 2013. O principal objetivo para a realização da revisão foi o de verificar como a pesquisa em Rastreabilidade na conferência citada tem contribuído para a área. Nesse sentido, pode-se resumir como questões de pesquisa dessa revisão, a descoberta de temas sobre rastreabilidades, desafios, ferramentas, artefatos, métodos e por fim os principais autores e instituições da área encontrados na literatura da conferência.

Vale ressaltar que este último estudo não define a revisão realizada como uma revisão sistemática da literatura, porém ele apresenta algumas definições que são utilizadas nesse tipo de estudos. Com base na estratégia de busca definida no trabalho foram encontrados 76 trabalhos, porém houve a exclusão de seis estudos, resultando assim em 70 estudos primários a serem levados em consideração na pesquisa. Não foram apresentados critérios objetivos para a inclusão ou a exclusão dos estudos, o que proporciona um caráter mais subjetivo a esta revisão, algo que não é bem visto em uma revisão sistemática que preza pela eliminação de vieses por parte de seus autores. Outro ponto a ser destacado é que não foi realizada uma avaliação da qualidade nos estudos secundários, além do que, a revisão realizada concentra-se em apenas uma conferência, o que pode ser apresentado como uma limitação do trabalho.

Adicionalmente, pode-se citar como diferenciais da pesquisa realizada neste trabalho que, em razão do número de fontes de busca usadas nos trabalhos [16] e [17], a quantidade dos resultados da pesquisa foi superior totalizando 411 estudos selecionados a partir de critérios de inclusão, exclusão e de qualidade. Foi observado também que a grande maioria dos estudos analisados em [16] e [17] foram selecionados a partir dos critérios usados, porém em razão do período usado (2003 a 2013) alguns não estiveram presentes. Como ponto similar, pode-se destacar a distribuição dos trabalhos selecionados por tipo de publicação, países e pesquisadores. Como ponto complementar deste trabalho aos relacionados, cita-se a catalogação das abordagens apresentada em [33]. Assim, em se tratando de uma extensão do trabalho [33], vale mencionar que a principal diferença do trabalho apresentado neste artigo em relação ao trabalho [32] está no fato de que este apresenta os detalhes da aplicação do método de Mapeamento Sistemático, destacando todas as informações geradas a partir das fases de planejamento, condução e apresentação, já o trabalho [32] apresenta um dos produtos gerados pelo Mapeamento Sistemático, que é o detalhamento do Catálogo de Abordagens para Rastreabilidade de Requisitos.

VI. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi apresentado o processo de um estudo de mapeamento sistemático, desde seu planejamento até a extração de dados. Devido ao espaço reduzido deste artigo, algumas informações do mapeamento foram suprimidas. O objetivo deste mapeamento foi principalmente o de caracterizar o fenômeno de busca por meio da categorização de dados e da apresentação das possíveis abordagens que podem auxiliar a implementação da rastreabilidade de requisitos no contexto de projetos de software.

Como objetivo futuro, pode-se destacar incialmente o detalhamento das técnicas, *frameworks*, modelos e ferramentas encontradas com o resultado deste trabalho. Esta atividade já foi em parte realizada e publicada em [33] com indicações das abordagens encontradas para o apoio na implementação do modelo de qualidade MPS.Br [8]. E depois disso, elaborar um catálogo de técnicas de apoio à rastreabilidade para buscar alcançar um dos desafios propostos no Primeiro Workshop de Grandes Desafios para a Rastreabilidade (GCW'06), que tem como princípio que a rastreabilidade é um fator crítico para o sucesso de projetos de software, porém não há um consenso sobre as melhores técnicas e métodos

para sua utilização. Assim, espera-se a criação de um banco de conhecimento com melhores práticas, terminologias, abordagens e estudos de caso sobre a rastreabilidade. Adicionalmente, é importante periodicamente um novo mapeamento sistemático sobre o assunto abordado ser conduzido, para analisar tendências e novas abordagens na linha de pesquisa de Rastreabilidade de Requisitos contemplando estudos realizados em anos posteriores ao de 2013. Possivelmente, incluindo novas palavras-chave na *string* de busca, como os vários tipos de rastreabilidade definidos na Seção I.

Outro importante trabalho futuro poderia ser a análise da classificação dos trabalhos na área de Engenharia de Requisitos proposto em [35] e explorar como os estudos selecionados enquadram-se dentro desta classificação.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho recebeu apoio financeiro da CAPES a partir da concessão de bolsa institucional de mestrado. Esse trabalho faz parte do projeto SPIDER – *Software Process Improvement: DEvelopment and Research*, institucionalizado na UFPA – Universidade Federal do Pará (*www.spider.ufpa.br*).

REFERÊNCIAS

[1] Ferreira, P. J. A. V. Rastreabilidade de ponto de função. Dissertação de Mestrado. PPGI/UNIRIO. Rio de Janeiro, 2010.

[2] Pressman, R. S. Engenharia de software. Tradução Rosângela Velloso Penteado. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

[3] Kotonya; Sommerville, I. Requirements Engineering – Processes and Techniques. John Wiley & Sons, 1998.

[4] Spence, I.; Probasco, L. Traceability Strategies for Managing Requirements with Use Cases. White Paper, Rational Software Corporation. 2000.

[5] ABNT - Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR ISO/IEC 12207:2009 - Engenharia de Sistemas de Software - Processos de Ciclo de Vida de Software. 2009.

[6] SEI. Capability Maturity Model Integration. CMMI for Development. Version 1.3. Carnegie Mellon, USA. 2010.

[7] Softex. Melhoria do Processo de Software Brasileiro (MPS.BR) - Guia Geral 2012. Disponível em: http://www.softex.br/wp-content/uploads/2013/07/MPS.BR_Guia_Geral_ Software_20121.pdf. 2012.

[8] Thayer, R. H., Dorfman, M. Software Requirements Engineering, 2nd edition, IEEE Computer Society Press. 1997.

[9] Gotel, O. C. Z.; Finkelstein, A. C. W. An Analysis of the Requirements Traceability Problem, In: Proceedings of the International Conference on Requirements Engineering, pp. 94-101, Colorado Springs, CO, EUA, Abr. 1994.

[10] Genvigir, E. C. Um Modelo para Rastreabilidade de Requisitos de Software Baseado em Generalização de Elos e Atributos. Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Computação Aplicada. INPE. 2009. Diponível em http://mtc-m18.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2009/03.02.14.17/doc/publicacao.pdf?languagebutton=pt-BR. Último acesso em Julho/2015.

[11] Leal, M. D. Uma abordagem semiautomática de geração de informações de rastreabilidade de software. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pará. Belém, 2011.

[12] Costa, C. S. Uma abordagem baseada em evidências para o gerenciamento de projetos no desenvolvimento distribuído de software. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil. 2010.

[13] Petersen, K.; Feldt, R.; Mujtaba, S.; Mattsson, M. Systematic mapping studies in software engineering. 12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering, pages 71–80, 2008.

[14] Petticrew, M.; Roberts, H. Systematic Reviews in the Social Sciences: A Practical Guide. Wiley-Blackwell, 2005.

[15] Kitchenham, B.; Charters, S. Guidelines for performing Systematic Literature Reviews. In Software Engineering, Technical Report EBSE-2007-01, Departament of Computer Science Keele University, Keele. 2007.

[16] Torkar, R *et al*. Requirements traceability state-of-the-art: A systematic review and industry case study. International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering, World Scientific Publishing, 22(03), pp. 385-433. 2012.

[17] Nair, S.; De La Vara, J. L.; SEN, S. A review of traceability research at the requirements engineering conference re@ 21. In: Requirements Engineering Conference (RE), 2013 21st IEEE International. IEEE. p. 222-229. 2013.

[18] Santos, G. (2010) "Revisão Sistemática, Mini-Curso". Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software – SBQS. Belém – PA. 2010.

[19] Naslavsky, L.; Ziv, H.; Richardson, D. J. Towards traceability of model-based testing artifacts, Proceedings of the 3rd international workshop on Advances in model-based testing, p.105-114. London, United Kingdom. July 09-12, 2007.

[20] Dekhtyar, A.; Hayes, J. H.; Smith, M. Towards a model of analyst effort for traceability research. In Proceedings of the 6th International Workshop on Traceability in Emerging Forms of Software Engineering (TEFSE '11). ACM, New York, NY, USA, 58-62. 2011

[21] Schwarz, H.; Ebert, J.; Winter, A. Graph-based traceability: a comprehensive approach. Softw. Syst. Model. 9, 4 (September 2010), 473-492. 2010

[22] guo, Y.; Yang, M.; Wang, J.; Yang, P.; Li, F. An Ontology Based Improved Software Requirement Traceability Matrix. In Proceedings of the 2009 Second International Symposium on Knowledge Acquisition and. Modeling - Volume 01 (KAM '09), Vol. 1. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 160-163. 2009.

[23] Omoronyia, I.; Sindre, G.; Stålhane, T. Exploring a Bayesian and linear approach to requirements traceability, Information and Software Technology, v.53 n.8, p.851-871, August, 2011.

[24] Hussain, T.; Eschbach, R. Automated fault tree generation and risk-based testing of networked automation systems. Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 2010 IEEE Conference on, vol., no., pp.1,8, 13-16 Sept. 2010.

[25] Jiang, H.; Nguyen, T. N.; Chen, I.; Jaygarl, H.; Chang, C. K. Incremental Latent Semantic Indexing for Automatic Traceability Link Evolution Management. Automated Software Engineering, 2008. ASE 2008. 23rd IEEE/ACM International Conference on, vol., no., pp.59,68, 15-19 Sept. 2008.

[26] De Lucia, A.; Oliveto, R.; Tortora, G. Adams re-trace: traceability link recovery via latent semantic indexing. In Proceedings of the 30th international conference on Software engineering (ICSE '08). ACM, New York, NY, USA, 839-842. 2008.

[27] Sultanov, H.; Hayes, J. H. Application of reinforcement learning to requirements engineering: requirements tracing. Requirements Engineering Conference (RE), 2013 21st IEEE International , vol., no., pp.52,61, 15-19 July 2013.

[28] Eyal-Salman, H.; Seriai, A.-D.; Dony, C. Feature-to-code traceability in a collection of software variants: Combining formal concept analysis and information retrieval. Information Reuse and Integration (IRI), 2013 IEEE 14th International Conference on, vol., no. pp.209,216, 14-16 Aug. 2013.

[29] Mirakhorli, M.; Cleland-Huang, J. Transforming trace information in architectural documents into re-usable and effective traceability links. In Proceedings of the 6th International Workshop on SHAring and Reusing Architectural Knowledge (SHARK '11). ACM, New York, NY, USA, 45-52. 2011.

[30] Mirakhorli, M.; Cleland-Huang, J. Tracing architectural concerns in high assurance systems: (NIER track). Software Engineering (ICSE), 2011 33rd International Conference on, vol., no. pp.908,911, 21-28 May 2011.

[31] Pandanaboyana, S.; Sridharan, S.; Yannelli, J.; Hayes, J. H. REquirements TRacing On target (RETRO) enhanced with an automated thesaurus builder: An empirical study. Traceability in Emerging Forms of Software Engineering (TEFSE), 2013 International Workshop on, vol., no. pp.61,67, 19-19 May 2013.

[32] Winkler, S. On Usability in Requirements Trace Visualizations. In Proceedings of the 2008 Requirements Engineering Visualization (REV '08). IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 56-60. 2008.

[33] Malcher, P. R. C.; Oliveira, S. R. B. Indicações de Abordagens para Rastreabilidade de Requisitos no contexto do MR-MPS-SW por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura. X Workshop Anual do MPS. Campinas-SP. 2014. Disponível em http://www.softex.br/wp-content/uploads/2014/12/Anais-WAMPS-2014.pdf. Último acesso em Abril/2015.

[34] Bjørnson, F. O.; Dingsøyr, T. Knowledge management in software engineering: A systematic review of studied concepts, findings and research methods used. Information and Software Technology. 1055 – 1068. 2008.

[35] Wieringa, R.; Maiden, N.; Mead, N.; Rolland, C. Requirements engineering paper classification and evaluation criteria: a proposal and a discussion. Requirements Eng. 11. 102 – 107, 2006.