UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**Barreiras e benefícios da rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento
de projetos**

SÃO CARLOS

2021

SÁVIO ROCHA ALEIXO

**Barreiras e benefícios da rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento
de projetos**

Dissertação apresentada à Escola de
Engenharia de São Carlos da Universidade de
São Paulo para a obtenção do título de Mestre
em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Processos e Gestão de
Operações

Orientador(a): Prof.^a. Dr^a. Janaina Mascarenhas
Hornos da Costa.

Versão corrigida.

SÃO CARLOS

2021

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

R366b Rocha Aleixo, Sávio
 Barreiras e benefícios da rastreabilidade dos
 requisitos no desenvolvimento de projetos / Sávio
 Rocha Aleixo; orientadora Janaina Mascarenhas Hornos da
 Costa. São Carlos, 2021.

 Dissertação (Mestrado) - Programa de
 Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Área de
 Concentração em Processos e Gestão de Operações --
 Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de
 São Paulo, 2021.

 1. Gestão de requisitos. 2. Rastreabilidade dos
 requisitos. 3. Desenvolvimento de projetos. 4.
 Barreiras. 5. Benefícios. I. Título.

Eduardo Graziosi Silva - CRB - 8/8907

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Bacharel **SÁVIO ROCHA ALEIXO**.

Título da dissertação: "Barreiras e benefícios da rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de projetos".

Data da defesa: 26/11/2021

Comissão Julgadora

Resultado

Profa. Dra. **Janaina Mascarenhas Hornos da Costa**
(Orientadora)
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC-USP)

Aprovado

Prof. Dr. **Sérgio Luis da Silva**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

Aprovado

Profa. Dra. **Marcia Elisa Soares Echeveste**
(Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS)

Aprovado

Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção:

Profa. Dra. **Janaina Mascarenhas Hornos da Costa**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:

Prof. Titular **Murilo Araujo Romero**

Aos meus pais e meus irmãos.

“Você não pode gerenciar o que você não pode rastrear.”

Watkins e Neal, (1994).

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me manter motivado e sempre dedicado aos desafios propostos pela vida.

Aos meus pais e meus irmãos, meu alicerce, que sempre apoiaram minha jornada acadêmica.

À minha orientadora Professora Janaina Mascarenhas, pela confiança, reciprocidade, paciência e por acreditar na minha capacidade durante a pesquisa, através das reuniões, aulas, orientação e jornada, que em suas palavras, *“não há tempo ruim para você Sávio”*.

Ao professor Daniel Amaral pela inspiração, o tema desta pesquisa é originado de um estudo de caso realizado na disciplina de Gestão Ágil.

Aos colaboradores do Departamento de Engenharia de Produção e da Secretaria Acadêmica da Pós, pelo atendimento e cooperação fundamental, através dos recursos disponibilizados aos pesquisadores.

Às professoras Denise Cristina (UFF – Universidade Federal Fluminense) e Camila Romero (IFF – Instituto Federal Fluminense), por terem me incentivado durante a minha graduação a trilhar o caminho da vida acadêmica.

A todos os meus colegas “Numers” do Grupo Engenharia Integrada (EI2) - NUMA, Adriana, Cris, Carina, Erica, Nathy, Thales, Isa, Maiara, Michael, Sânia e Rapha pelos momentos, cafés, confraternizações, eventos, disciplinas cursadas e colaboração.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo suporte financeiro.

Aos colaboradores das Empresas Alfa e Beta, pela troca de conhecimento, que viabilizou esta pesquisa.

Viva a ciência.

RESUMO

ALEIXO, S. R. **Barreiras e benefícios da rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de projetos**. 2021. Dissertação – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2021.

Os requisitos são atributos que um produto, projeto, serviço ou processo deve apresentar e a gestão dos requisitos facilita essa realização. Para isto, é considerada como atividade essencial para o desenvolvimento de projetos e sistemas, a rastreabilidade dos requisitos. Amplamente utilizada na engenharia de requisitos, gestão e ciclo de vida dos requisitos no desenvolvimento do projeto, a rastreabilidade viabiliza suporte ao gerenciamento, informações, conhecimento e o acompanhamento do requisito durante o desenvolvimento do projeto. Entretanto, a literatura reconhece a pluralidade dos problemas para o uso e os benefícios explícitos mínimos da atividade. Através de uma revisão bibliográfica sistemática para identificar os problemas e benefícios, adicionalmente a um estudo de caso exploratório, identificou-se os benefícios e as barreiras para rastreabilidade dos requisitos, além das motivações para o uso da atividade e envolvimento das partes interessadas, por empresas desenvolvedoras de projetos do setor de *software* e *outsourcing*.

Palavras-chave: Gestão de requisitos; rastreabilidade dos requisitos; desenvolvimento de projetos; barreiras; benefícios.

ABSTRACT

ALEIXO, S. R. **Barriers and benefits of requirements traceability in project development.** Dissertação – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2021.

Requirements are attributes that a product, project, service or process must present and requirements management facilitates this realization. For this, the traceability of requirements is considered an essential activity for the development of projects and systems. Widely used in requirements engineering, management and requirements life cycle in project development, traceability enables support for management, information, knowledge and requirement tracking during project development. However, the literature recognizes the plurality of problems for use and the minimal explicit benefits of the activity. Through a systematic literature review to identify the problems and benefits, in addition to an exploratory case study, the benefits and barriers to requirements traceability were identified, as well as the motivations for the use of the activity and stakeholder involvement by companies project developers in the software and outsourcing sector.

Keywords: *Traceability requirements; project development; requirements management; barriers; benefits.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura da pesquisa.....	19
Figura 2 - Processo da Gestão do Ciclo de Vida do Requisito.....	26
Figura 3 - Função da rastreabilidade dos requisitos na gestão de mudanças.....	29
Figura 4 - Os quatro tipos de rastreamento dos requisitos.....	31
Figura 5 - Matriz de rastreabilidade dos requisitos.....	33
Figura 6 - Rastreabilidade dos requisitos de software.....	35
Figura 7 - Rastreabilidade dos requisitos simples.....	36
Figura 8 - Rastreabilidade dos requisitos detalhada.....	36
Figura 9 - Detalhamento das possíveis ligações (links) de rastreamentos de requisitos no desenvolvimento de software.....	37
Figura 10 - Método de Análise do Custo – Benefício da Rastreabilidade dos Requisitos....	39
Figura 11 - Diagrama de Entrada e Saídas da Tarefa de Rastreamento dos Requisitos....	41
Figura 12 - Prática da rastreabilidade dos requisitos em métodos ágeis.....	50
Figura 13 - Procedimentos de um Estudo de Caso.....	66
Figura 14 - Linha do tempo sobre os estudos das barreiras para rastreabilidade dos requisitos em projetos.....	78
Figura 15 - Linha do tempo sobre os estudos dos benefícios da rastreabilidade dos requisitos em projetos.....	81
Figura 16 - Gestão de requisitos na Empresa Alfa.....	101
Figura 17 - Gestão de requisitos na Empresa Beta.....	105

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Motivos para a rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de projetos..	17
Tabela 2 – Áreas, partes interessadas e funções na rastreabilidade dos requisitos.....	44
Tabela 3 – Motivos para adoção da rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de projetos.....	46
Tabela 4 – Benefícios da rastreabilidade dos requisitos em projetos ágeis.....	51
Tabela 5 – Desafios da rastreabilidade para o desenvolvimento de sistemas críticos de segurança.....	57
Tabela 6 – Benefícios da rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de projetos....	61
Tabela 7 – Critérios de seleção de pesquisas e procedimentos para revisão bibliográfica sistemática.....	65
Tabela 8 – Etapas, objetivos, entrega principal, métodos e atividades.....	68
Tabela 9 – Método de coleta de dados – Etapa II: A2.....	72
Tabela 10 – Relação de Empresas desenvolvedoras de projetos do estudo de caso.....	73
Tabela 11 – Atividades para as análises finais dos resultados.....	74
Tabela 12 – Artigos que abordam as barreiras para rastreabilidade dos requisitos.....	77
Tabela 13 – Organizações e projetos que mais apresentam barreiras para rastreabilidade dos requisitos.....	79
Tabela 14 – Artigos que abordam os benefícios da rastreabilidade dos requisitos.....	80
Tabela 15 – Organizações e projetos que reconhecem mais benefícios da rastreabilidade dos requisitos.....	82
Tabela 16 – Barreiras para rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de projetos, quantitativo de menções da barreira e barreiras influenciadas.....	84
Tabela 17 - Relação dos desafios da rastreabilidade nos desenvolvimento de sistemas as barreiras para rastreabilidade.....	90
Tabela 18 – Benefícios da rastreabilidade dos requisitos e benefícios ocorridos.....	92
Tabela 19 – Motivos para aproveitamento da atividade da rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de projetos.....	98
Tabela 20 – Benefícios da rastreabilidade dos requisitos que podem mitigar barreiras.....	99
Tabela 21 – Atividades na gestão dos requisitos, estratégia, gestão de projetos e partes interessadas na Empresa Alfa.....	102
Tabela 22 – Barreiras para rastreabilidade dos requisitos na Empresa Alfa.....	109
Tabela 23 - Barreiras para rastreabilidade dos requisitos na Empresa Beta.....	111

Tabela 24 – Reconhecimento dos benefícios da rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de projetos.....	113
Tabela 25 - Benefícios da rastreabilidade dos requisitos não reconhecidos pelas Empresas Alfa e Beta.....	115
Tabela 26 – Motivações para rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de projetos das Empresas Alfa e Beta.....	117
Tabela 27 – Ferramentas para rastreabilidade dos requisitos nas Empresas Alfa e Beta..	119
Tabela 28 – Partes interessadas na rastreabilidade dos requisitos nas Empresas Alfa e Beta.....	120
Tabela 29 – Protocolo de Coleta de Dados utilizado na abordagem às empresas do estudo.	143
Tabela 30 – Barreiras para rastreabilidade dos requisitos e referências.....	144
Tabela 31 – Benefícios da rastreabilidade dos requisitos e referências.....	145
Tabela 32: Quantitativo dos artigos identificados nas bases científicas sobre as barreiras e benefícios da rastreabilidade dos requisitos.....	146

LISTA DE SIGLAS

BABOK: *Business Analysis Body of Knowledge*

CMMI: *Capability Maturity Model Integration*

CMM: *Capability Maturity Model*

FDA: *Food and Drug Administration*

IBM: *International Business Machine*

IEC: *International Electrotechnical Commission*

IEEE: *Institute of Electrical and Electronic Engineers*

INCOSE: *International Council on Systems Engineering*

ISO: *International Organization for Standardization*

PMI: *Project Management Institute*

PMBOK: *Project Management Body of Knowledge*

PSS: *Product- Service System*

MIL-STD: *Military Standard*

NASA: *National Aeronautics and Space Administration*

REBOK: *Requirements Engineering Body Of Knowledge*

SEI: *Software Engineering Institute*

SPICE: *Software Process Improvement and Capability dEtermination*

SWEBOK: *Software Engineering Body of Knowledge*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Contexto e Justificativa da Pesquisa.....	15
1.2 Objetivos da pesquisa.....	18
1.3 Estrutura da pesquisa.....	18
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
2.1 Requisitos.....	20
2.2 Gestão de Requisitos.....	22
2.3 Gestão do Ciclo de Vida dos Requisitos.....	25
2.4 Rastreabilidade dos Requisitos.....	27
2.4.1 Histórico e fronteiras da rastreabilidade dos requisitos.....	27
2.4.2 Tipos e técnicas para rastreabilidade dos requisitos.....	32
2.4.3 Ferramentas e métodos para rastreabilidade dos requisitos.....	38
2.4.4 Rastreabilidade dos requisitos em projetos e partes interessadas.....	43
2.4.5 Motivos das organizações para adesão da rastreabilidade dos requisitos.....	45
2.4.6 Rastreabilidade dos requisitos em ambientes ágeis.....	49
2.4.7 Barreiras para rastreabilidade dos requisitos.....	53
2.4.8 Benefícios da rastreabilidade dos requisitos.....	58
3 METODOLOGIA.....	64
3.1 Procedimentos metodológicos empregados na pesquisa.....	64
3.1.1 Revisão Bibliográfica Sistemática.....	64
3.1.2 Estudo de Caso.....	66
3.2 Etapas da pesquisa.....	69
3.2.1 Etapa I: Conceituação da Fundamentação Teórica.....	69
3.2.2 Etapa II: Coleta de Dados – Empresas.....	70
3.2.3 Etapa III: Análise dos Resultados Finais.....	73

4 RESULTADOS FINAIS.....75

4.1 Barreiras e benefícios da rastreabilidade dos requisitos identificados da literatura....	75
4.1.2 Visão geral dos trabalhos selecionados.....	76
4.1.3 Descrição das barreiras para rastreabilidade dos requisitos.....	83
4.1.4 Descrição dos benefícios da rastreabilidade dos requisitos.....	91
4.2 Análise empírica das barreiras e benefícios – Estudo de casos.....	100
4.2.1 Apresentação da Empresa Alfa.....	100
4.2.1.1 Rastreabilidade dos requisitos na Empresa Alfa.....	102
4.2.2 Apresentação da Empresa Beta.....	103
4.2.2.1 Rastreabilidade dos requisitos na Empresa Beta.....	105
4.3 – Barreiras e benefícios da rastreabilidade dos requisitos na prática.....	107
4.3.1 Análise das barreiras para rastreabilidade dos requisitos.....	107
4.3.2 Análise dos benefícios da rastreabilidade dos requisitos nas Empresas Alfa e Beta.....	111
4.3.3 Motivações, ferramentas e partes interessadas envolvidas na rastreabilidade dos requisitos nas Empresas.....	116

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....121

5.1 Discussão e contribuições da pesquisa.....	121
5.2 Limitações da pesquisa e recomendações para pesquisas futuras.....	124

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....125

7 APÊNDICE.....141

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

Há inúmeros requisitos que necessitam ser definidos, avaliados e aprovados para o desenvolvimento de um produto, porém de acordo com o projeto, componente ou software, as partes interessadas visualizam os requisitos de formas diferentes e níveis de abstração (DEHGHANI, 2019). Para facilitar a gestão do projeto, o gerente de projetos necessita compreender os requisitos, necessidades do projeto e certificar que todas as partes interessadas conheçam os requisitos (NASA, 2010), pois durante o desenvolvimento do projeto, devido à competitividade do mercado, pressões sobre o custo do projeto e o ciclo de vida curto do produto, os requisitos mudam constantemente (HOFFMANN *et al.*, 2004).

Os requisitos são definidos como uma característica, capacidade, obrigatoriedade ou condição que um produto, serviço, sistema ou processo deve apresentar (FLORES *et. al.*, 2009). Simultaneamente, os requisitos são declarações dos desejos dos clientes, que precisam possuir valores e utilidade para as partes interessadas, que podem interferir diretamente ou indiretamente nos requisitos (REBOK, 2013, p. 10)¹; (ROZENFELD *et. al.*; 2006). Além disso, os requisitos servem como critério para avaliação, planejamento, execução e monitoramento do projeto (REBOK, 2013).

Reconhecido como desejos dos clientes e utilizado como parâmetro para o desenvolvimento do projeto, os requisitos do usuário são os requisitos do software pela ótica do usuário, ou seja os requisitos do usuário descrevem as atividades que os usuários necessitam fazer com o software e os atributos de qualidade essenciais do software (GOTTESDIENER, 2005). Os requisitos do sistema são as funções, serviços e as limitações operacionais do sistema e a documentação referente aos requisitos do sistema precisa estar clara e expressar o que será implementado exatamente no software, além disso são classificados em requisitos funcionais (RF) e requisitos não funcionais (RNF) (SOMMERVILLE, 2007).

1 O REBOK (*Requirements Engineering Body of Knowledge*) é um guia que fornece conhecimento aos desenvolvedores e partes interessadas, para o desenvolvimento dos requisitos em sistemas e software (AOYAMA; NAKATANI; SAITO, 2010).

Os requisitos funcionais (RF) refere-se do que produto deve realizar (ROBERTSON e ROBERTSON, 2013), uma atribuição que o sistema deve ser apto a cumprir (IEEE,² 1990) e permitir que as partes interessadas realizem seus objetivos e atendam suas necessidades do negócio (PMI, 2016). Os requisitos não funcionais (RNF) são as limitações sobre os serviços ou atribuições ofertadas pelo sistema (SOMMERVILLE, 2007). As limitações de acordo com (CHEN e SACKETT, 2007) estão relacionadas a performance, acessibilidade, usabilidade, marca e estilo do sistema, ou seja, representa os atributos fundamentais para garantir que o produto ou serviço atue de forma eficaz (PMI, 2016).

Para assegurar a eficácia do produto ou serviço, os requisitos podem ser desenvolvidos e gerenciados e a gestão de requisitos são todas as atividades fundamentais para produzir, preservar o valor dos requisitos em um alto nível após a elicitación (captura) e documentação (HOOD *et. al.*, 2007). A gestão de requisitos é desejada no processo de desenvolvimento, não só para software, mas para todos os produtos (TURK, 2005). Além do mais, o desenvolvimento dos requisitos englobam as atividades de obter requisitos, identificar o planejamento, analisar, documentar ou especificar, verificar e validar os requisitos (PMI, 2016) e sua gestão desempenham um papel importante no desenvolvimento de produtos, conforme a demanda, complexidade e qualidade do produto aumentam (CHEN e ZENG, 2006).

Neste contexto, a função da gestão de requisitos é documentar as mudanças dos requisitos, sua coerência e a manter a rastreabilidade bidirecional entre a origem dos requisitos, os requisitos do produto e elementos do produto, além de outros produtos de trabalho detalhados (CMMI, 2010)³. Na gestão e desenvolvimento dos requisitos, o processo é iterativo (SAHRAOUI, A.-E.-K, 2005) sendo assim, é fundamental reconhecer os requisitos reais e controlar suas mudanças, através da utilização de técnicas, práticas e métodos, que são investimentos essenciais no processo (YU e SHEN, 2013).

Para a iteração e controle dos requisitos, a rastreabilidade dos requisitos é uma atividade essencial nos projetos, pois auxilia a garantir que o software e os sistemas estejam em conformidade com as mudanças dos requisitos, análise do impacto das mudanças nos requisitos, projeto e o ciclo de vida do desenvolvimento, entretanto segundo a literatura é uma área problemática (GOTEL & FINKELSTEIN, 1994); (ELAMIN e OSMAN, 2018).

A pluralidade dos problemas da rastreabilidade dos requisitos, reconhecidos pela literatura, são descritos como (1) complexidade do processo de rastreabilidade, (2) ausência

2 O Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE) é uma organização empenhada no avanço da tecnologia e inovação em benefício da sociedade. Fonte: [IEEE - História do IEEE](#)

3 O CMMI é uma estrutura que apresenta recursos para melhoria de processos, maturidade organizacional, desenvolvimento de software e consequentemente pode melhorar a qualidade, produtividade e previsibilidade das organizações (BAKER, 2006); (GARZÁS & PAULK, 2013).

de orientação aos colaboradores, (3) carência do uso de procedimentos devido à dificuldade dos modelos de rastreabilidade, (4) falta de apoio à ferramenta de rastreabilidade e (5) limitações quanto ao suporte as ferramentas para gestão (ELAMIN e OSMAN, 2018); (GOTEL & FINKELSTEIN, 1994); (REGAN *et al.*, 2012); (WOHLRAB *et al.*, 2020).

Adicionalmente aos problemas identificados da rastreabilidade dos requisitos, existe a não percepção da rastreabilidade pelas partes interessadas no projeto, os benefícios da atividade e os incentivos para o uso são mínimos e pouco explícitos, mesmo com o esforço extra que a atividade ocasiona no projeto (BLAAUBOER; SIKKEL; AYDIN, 2007); (REMPEL e MÄDER, 2017). O que torna a rastreabilidade dos requisitos uma atividade fundamental para os projetos (GOTEL & FINKELSTEIN, 1997), são A) Conformidade, B) Auditoria, C) Controle da qualidade, D) Identificação e conhecimento do requisito; E) Melhoria da qualidade. A tabela 1 apresenta a descrição dos motivos para rastreabilidade dos requisitos (FORD e TRIGGS, 2006); (KIROVA *et al.*, 2008).

Tabela 1 – Motivos para a rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de projetos.

Motivos	Descrição dos motivos para rastreabilidade dos requisitos	Referência
Conformidade, Auditoria e Controle da qualidade.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Assegura a conformidade com os padrões de operações e a essência dos materiais; 2) É segura, porque prova que a fabricação foi realizada corretamente; 3) É atribuída corretamente a responsabilidade pelos defeitos; 4) Controle da qualidade: A péssima qualidade do produto ocasiona em um desempenho imprevisível do produto, logo uma das causas principais da insatisfação do cliente e perdas de receita (KIROVA <i>et al.</i>, 2008). 	(FORD e TRIGGS, 2006)
Identificação, Conhecimento e Melhoria da qualidade.	<ol style="list-style-type: none"> 5) Reconhece a necessidade correspondida pelo requisito e com isso, determinar que um requisito é fundamental; 6) Assegura como interpretar um requisito e quais decisões do projeto influenciam a efetivação de um requisito; 7) Reconhece que todos os requisitos estão destinados ao projeto e componentes do projeto são essenciais. 8) Permite melhorar a qualidade do produto, assegurando que o produto correto esteja sendo realizado corretamente. 	(KIROVA <i>et al.</i> , 2008)

Fonte: Elaborado pelo autor, (2021).

Conforme apresenta a tabela 1, (FORD e TRIGGS, 2006); (KIROVA *et al.*, 2008) sugerem os motivos para realização da rastreabilidade dos requisitos nos projetos, justificando o uso da rastreabilidade para alcançar os benefícios da conformidade, controle

da qualidade, identificação e conhecimento dos requisitos e melhoria da qualidade do produto idealizado.

1.2 Objetivos da pesquisa

Baseado no contexto apresentado, esta pesquisa possui o objetivo principal de investigar se empresas desenvolvedoras de soluções tecnológicas, *software* e *outsourcing*, reconhecem as barreiras e benefícios da rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de projetos, como as indústrias reconhecem. Como objetivos específicos, apontam-se os seguintes:

- 1) Identificar as barreiras para rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento do projeto das empresas.
- 2) Identificar os benefícios da rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento do projeto das empresas.
- 3) Investigar as motivações para o uso e não uso da atividade, o papel das partes interessadas envolvidas, ferramentas e reconhecimento ou não das barreiras e benefícios.

1.3 Estrutura da pesquisa

Esta pesquisa está segmentada em cinco seções (Figura 1).

- 1ª) Contextualização, a justificativa e os objetivos da pesquisa.
- 2ª) Revisão de literatura sobre os conteúdos pertinentes que apoiam o estudo.
- 3ª) Metodologia que resulta gradualmente de cada etapa da pesquisa.
- 4ª) Resultados finais, após a aplicação da metodologia.
- 5ª) Considerações finais da pesquisa, limitações e trabalhos futuros.

Figura 1 - Estrutura da pesquisa.

Fonte: Elaborador pelo autor (2021).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 REQUISITOS

Os produtos são projetados para um objetivo e necessitam estar aptos para o uso, logo, para esse fim, os requisitos são utilizados para constituir o desenvolvimento do produto (CHEN e SACKETT, 2007); (KERR; ROY; SACKETT, 2006). O requisito é um atributo necessário que descreve as necessidades das partes interessadas que interagem com a solução (ROZENFELD *et al.*, 2006). De acordo com o (IEEE, 1990), o requisito é uma premissa ou capacidade essencial para o usuário solucionar um problema ou alcançar um objetivo. É a afirmação de uma necessidade, que é fundamental para que o sistema possua valor para o usuário (NGAN e CHUNG, 2017).

Para que possua valor, os requisitos são classificados em requisitos funcionais (RF) e requisitos não funcionais (RNF) (SOMMERVILLE, 2007). Um requisito funcional refere-se (1) a uma atribuição que um sistema deve ser capaz de cumprir (CHUNG; NIXON; YU, 1996) (2) o que o produto deve realizar e (3) o que o sistema deve executar (SHANKAR, MORKOS; SUMMERS, 2010), (4) um recurso que uma solução deve possuir (BABOK, 2015). O requisito não funcional (RNF) é um tipo de requisito que (1) retrata as funções da performance ou características que uma solução deve atender, entretanto, os requisitos não funcionais ocasionalmente são mensuráveis e (2) atuam como restrições no projeto de uma solução (BABOK, 2015). Adicionalmente, os requisitos funcionais caracterizam (3) o desempenho do produto, como informações, contato com o produto e procedimentos, ou seja, (4) definem quais funções necessitam ser desempenhadas para atingir os objetivos (PMBOK, 2013); (NASA, 2017). Os requisitos não funcionais integram os requisitos funcionais e retratam as premissas ou atributos ambientais exigidos para que o produto seja efetivo, como exemplo: segurança, desempenho, confiabilidade, nível de serviço, suporte e descarte (PMBOK, 2013).

Além de serem premissas, os requisitos são descritos como importantes e suficientes para que o produto corresponda às necessidades do consumidor (GOTTESDIENER, 2005), do contrário, requisitos incompletos ou ausentes fazem os clientes recusarem o projeto, pois os mesmos desejam saber o que estão adquirindo para atender suas necessidades e justificar sua importância (FIRESMITH, 2005).

Antes do produto corresponder os desejos do consumidor, os requisitos necessitam ser especificados e durante os anos 70 as especificações dos requisitos não eram questionadas, pois os engenheiros eram capacitados para especificar os requisitos utilizando métodos, como textos, desenhos e tabelas de dados (HOOD *et al.*, 2007).

Para corresponder aos desejos do consumidor, de acordo com o (IEEE, 1998), a especificação documenta os componentes físicos ou suas relações com os conteúdos dos requisitos, (funcional, atributos físicos, performance e limitações), premissas e processos de qualificação dos requisitos. Os requisitos precisam possuir características como, ser: 1) Essencial, 2) Sucinto, 3) Fácil execução, 4) Acessível, 5) Integral, 6) Coerente e sem incertezas, 7) Compreensível, 8) Necessário, 9) Realizável, 10) Rastreável, 11) Verificável, 12) Inteiro e de 13) Livre implementação, para que o cliente consiga o que se deseja, sucesso do projeto e alta qualidade do produto (INCOSE, 2015); (KAR e BAILEY, 1996).

Reunidas todas as características, os requisitos do produto integram a formação de um produto eletromecânico e são capturados através dos requisitos das partes interessadas e requisitos do projeto (AGOURIDAS *et. al.*, 2008). As partes interessadas é um grupo ou indivíduo que possui relações com a necessidade ou projeto (BABOK, 2015) E os requisitos das partes interessadas representam os desejos de uma parte ou um grupo de partes interessadas e os requisitos do projeto constituem as atividades, processos e demais exigências que necessitam serem realizadas pelo projeto (PMBOK, 2013). As pesquisas de mercado, análise corporativa e geralmente os acordos contratuais, por serem geradores de requisitos das partes interessadas e do projeto, atuam como coletores de requisitos das partes interessadas e demais clientes relacionados às empresas, direcionadas a produção de produtos comerciais e manufaturados em grande volume (AGOURIDAS *et. al.*, 2008).

De acordo com o guia (PMBOK, 2013) o projeto é um esforço temporário com início e término estabelecidos, com o propósito de obter um produto ou serviço. Para que o projeto seja gerenciado, é necessário a utilização do conhecimento, procedimentos, habilidades e técnicas nas atividades do projeto, a fim de atender os seus requisitos (PMBOK, 2013). O projeto é constituído por uma equipe multifuncional encarregada pela implementação do projeto de acordo com as metas estabelecidas em qualidade, custo, valor comercial e mercado (DEHGHANI, 2019). Os requisitos do projeto são processos e ações necessárias para fornecer uma solução e as ações implementadas no decorrer do gerenciamento de projetos, afetam os demais processos, isto é, o gerenciamento de projetos e a gestão de requisitos são esforços integralizados e iterativos (PMI, 2016). Os requisitos do projeto são transformados no projeto para a produção de uma solução e

compreender os requisitos do projeto é essencial para o desenvolvimento da gestão de requisitos (ZHANG; LI; LIU, 2014).

2.2 GESTÃO DE REQUISITOS

Grandes empresas e projetos de infraestrutura estão passíveis aos requisitos de diversas partes interessadas e os mesmos derivam das necessidades, interesse público, contratos, regulamentos e demais fontes, com isso os projetos frequentemente enfrentam diversos problemas de má gestão dos requisitos (INCOSE, 2015). A gestão de requisitos é a administração e criação das informações baseadas na elicitación, procedência, análise, organização, versionamento e rastreamento de requisitos no decorrer do desenvolvimento do projeto (HOFFMANN *et al.*, 2004), além de realizar a gestão dos anseios das partes interessadas, recursos técnicos do produto, até os requisitos dos elementos do produto de nível mais baixo e clientes, visa o controle eficaz das informações dos requisitos do sistema e principalmente, a preservação da integridade das informações referentes às mudanças (GOTTEL e MADER, 2009); (NASA, 2017).

Além de coletar as necessidades dos clientes, através da gestão dos requisitos, os requisitos documentados podem ser alterados e comunicados posteriormente a uma implementação (NUSEIBEH e EATERBROOK, 2000). Para tanto, ressalta-se que para a gestão de requisitos recomenda-se que 5% das atividades do projeto seja direcionada para os requisitos e também a concessão de até 25% do tempo, para os requisitos em projetos menores, porém não superior a três meses em grandes projetos (ALEXANDER e STEVENS, 2002).

Os requisitos necessitam ser geridos no decorrer do ciclo de desenvolvimento do projeto e este processo trata-se da gestão de requisitos (JALLOW *et al.*, 2014), um elemento importante de qualquer processo de desenvolvimento de produtos ou sistemas (HALBLEIB, 2004). A gestão dos requisitos possibilita que as equipes entendam as consequências das mudanças e renegociação dos requisitos (GOTTESDIENER, 2005). Em particular, em projetos de desenvolvimento de software, as técnicas de gestão de requisitos são tipicamente conhecidas e utilizadas. Acredita-se que um elevado número de falhas no desenvolvimento de sistemas, surgem pela falta ou imprecisão da gestão de requisitos (GRADY, 2014).

Contudo não importa o setor onde esteja aplicado, a gestão de requisitos é essencial em qualquer projeto de desenvolvimento de produto (JALLOW *et al.*, 2014) e deve ser referida como um processo e não uma eventualidade, assim como as práticas do processo que são debatidas constantemente (HALBLEIB, 2004), como a 1) Elicitação, 2) Análise, 3) Priorização dos requisitos, 4) Documentação, 5) Verificação e gestão (GRADY, 2014). Logo a interação com os clientes é primordial para a gestão dos requisitos (JIAO e CHEN, 2006).

Diferentemente das práticas de gestão de requisitos para desenvolvimento de produtos, estudos de (BERKOVICH; LEIMEISTER; KRCMAR, 2011), para a Engenharia de Requisitos no desenvolvimento de Sistemas Produto Serviço (PSS) inclui: 1) Elicitação; 2) Priorização; 3) Efetivação; 4) Documentação; 5) Validação; 6) Negociação; 7) Rastreabilidade e 8) Gestão de mudanças dos requisitos. Adicionalmente, SONG (2017, p. 13) analisando o desenvolvimento de Sistemas Produto Serviço (PSS)⁴, identificou quatro práticas: (1) Elicitação dos requisitos, que contém a sub-atividades: elicitação dos requisitos das partes interessadas; (2) Análise dos requisitos; (classificação, priorização e negociação dos requisitos das partes interessadas), (3) Especificação dos requisitos; (conversão de requisitos, elicitação dos requisitos do projeto, classificação dos requisitos do projeto, modelagem dos requisitos do projeto e detecção e resolução de conflitos dos requisitos) e (4) Previsão de requisitos; (previsão das preferências e previsão de tendências das mudanças dos requisitos).

Ressalta-se que o PMI (2016, p.15) através do guia de gerenciamento de requisitos, indica como práticas: 1) Elicitação e identificação dos requisitos, 2) Planejamento, 3) Análise, 4) Documentação ou especificação dos requisitos, 5) Verificação e validação. Diferentemente, o guia do conhecimento para análise de negócios, BABOK (2015, p. 461) apresenta as práticas da gestão de requisitos como: 1) Planejamento, 2) Execução, 3) Monitoramento e controle de todo trabalho relacionado a elicitação de requisitos e colaboração, 4) Análise e requisitos do projeto e gestão do ciclo de vida dos requisitos. Para GOTTESDIENER, (2005) a gestão de requisitos é o processo de acompanhamento do estado e mudanças do estágio dos requisitos que envolvem as práticas de: 1) Elicitação, 2) Análise, 3) Especificação e 4) Validação dos requisitos. O processo de gestão dos requisitos pode ser apoiado por procedimentos e métodos (BAXTER *et al.*, 2008).

Os recursos para a gestão de requisitos podem ser manuais através de uma base para esta finalidade ou eletrônico, entretanto historicamente era utilizado formulários manuais, porém recentemente há um elevado interesse em utilizar ferramentas e técnicas eletrônicas para mitigar os desafios atribuídos a revisão das informações em todo o projeto,

4 Um sistema produto-serviço (PSS) é a integração do produto e serviço que apresenta valor em uso (BAINES *et al.*, 2007).

tais ferramentas auxiliam a compreender as conexões de relacionamentos e rastreabilidade entre os requisitos, processos e produtos relacionados (JALLOW *et al.*, 2008).

São exemplos de procedimentos para documentação e rastreamento de requisitos: A) Matriz de rastreabilidade proposta no PMBOK (2013, p.118-119) é uma tabela que permite o rastreamento dos requisitos aprovados na documentação e apresentados no término do projeto. B) Software de gestão requisitos, como o JIRA que possui a habilidade de registrar todas as mudanças realizadas em um requisito, sub-requisitos, tarefas, rastreamento e relatórios sobre as mudanças (FILION *et al.*, 2017).

Intrinsecamente, os clientes ou as demais partes interessadas demandam novos requisitos ou a mudança dos requisitos originais, em qualquer fase do processo de desenvolvimento do produto (PAPINNIEMI *et al.*, 2014). Estudos de (HULL; JEREMY; DICK, 2011) apresentam como principal problema na gestão de requisitos e de qualquer atividade da gestão, a ausência de experiência das pessoas com a gestão de requisitos, pois a minoria das empresas possuem um processo de gestão de requisitos que é utilizado por toda a empresa, com isso as pessoas a frente dos projetos que necessitam atender os requisitos, possuem pouca experiência para utilizar no desenvolvimento do projeto.

Um outro desafio reconhecido por (HULL; JEREMY; DICK, 2011) é que uma grande parte dos colaboradores das empresas não reconhecem corretamente os requisitos das partes interessadas ou do usuário e os requisitos do sistema, fora a diferenciação de especificações do projeto e requisitos do sistema, isto é, eles procuram uma maneira de elaborar um grupo de requisitos que não dependem da solução. Entretanto, outros desafios como entendimento e classificação dos requisitos, baseiam-se na habilidade de uma comunicação eficiente e com clareza no projeto entre as partes interessadas, que por possuírem perspectivas diferentes, possivelmente não encontrem um entendimento em comum (ALEXANDER e STEVENS, 2002). Adicionalmente, há problemas mais expressivos na gestão de requisitos como: (1) Má compreensão e interpretação errada das necessidades e requisitos do cliente; (2) Mudança das expectativas e necessidades do cliente; (3) Ausência de atualizações corretamente documentadas dos requisitos dos clientes (YU e SHEN, 2013).

O guia BABOK (2015, p.13)⁵ pode ser utilizado para lidar com as dificuldades da gestão de requisitos, uma vez que ele é um guia para analistas de negócio, cuja missão é “extrair as reais necessidades das partes interessadas” durante um projeto. A finalidade do guia BABOK é determinar as interfaces da área da análise de negócios, métodos e tarefas

5 O BABOK (2015), criado pelo Instituto Internacional de Análise de Negócios (IIBA®) é utilizado para certificação profissional em análise de negócios e possui origens na área da tecnologia da informação, direcionado em soluções que englobam sistemas, dados e correlatos. O IIBA foi fundado em 2003 para fortalecer e preservar os modelos para técnicas de análise de negócios, através das áreas do conhecimento e a certificação profissional (HONEBEIN, 2017); (MATHIESEN *et al.*, 2011).

que necessitam ser realizadas, para compreender se a solução terá retornos para a empresa ou organização, além disso o guia indica as seguintes atividades a serem realizadas em: identificar as necessidades, implementar soluções e confirmar as mudanças, inseridas no contexto das seis áreas de conhecimento (CHERNYSHEVA e SHEPELENKO, 2018).

Para facilitar as interfaces da análise de negócios, o guia BABOK apresenta áreas de conhecimento, que permitem a execução das atividades do processo de gestão de requisitos, através das seis áreas: 1) Planejamento e Monitoramento da Análise do Negócio, 2) Elicitação e Colaboração, 3) Gestão do Ciclo de Vida dos Requisitos, 4) Análise das Estratégias, 5) Análise dos Requisitos e Definição do Projeto, e 6) Avaliação da Solução (BABOK, 2015); (MATHIESEN *et al.*, 2011). A maioria dos processos de gestão de requisitos atuam como complemento e poucos processos integram as demais fases da gestão, contudo, a gestão de requisitos é essencial para a visibilidade e rastreamento, pois facilita a mudança dos requisitos, processos simultâneos, colaboração em organizações dinâmicas (JALLOW *et al.*, 2008).

2.3 GESTÃO DO CICLO DE VIDA DOS REQUISITOS

A gestão de requisitos deve ser considerada como um processo do ciclo de vida e necessita ser realizada no decorrer do projeto e não nos estágios iniciais (JALLOW *et al.*, 2008). O ciclo de vida dos requisitos inicia-se com a necessidade de um negócio ou exigência das partes interessadas, como requisito, que deve ser gerenciado até a aprovação final junto ao produto ou serviço, através das tarefas: 1) Requisito em potencial (derivado da Elicitação); 2) Avaliar (Análise e Especificação); 3) Aprovar; 3.1) Rastrear, 3.2) Preservar, 3.3) Priorizar (BABOK, 2015); (GOTTESDIENER, 2005). Em todo o projeto é utilizado um documento com os requisitos coletados e para avançar cada etapa do projeto, os requisitos deverão ser cumpridos para dar continuidade ao projeto, isso significa gerenciar as mudanças, rastrear e analisar o impacto das mudanças (JALLOW *et al.*, 2008).

A conceituação de ciclo de vida refere-se ao estado ou fase que é submetido o requisito, visto que, ele pode estar em vários estados simultaneamente e a gestão do ciclo de vida dos requisitos assegura que o projeto, partes interessadas e os requisitos estejam coerentes e o projeto seja realizado (BABOK, 2015).

O ciclo de vida dos requisitos é a movimentação ou a vida útil de um requisito no decorrer de um projeto, ele é gerido através da atribuição de uma condição ou qualificador ao requisito para representar o seu estado em um determinado momento especificado (PMI, 2015). De acordo com (DEHGHANI, 2019) a gestão não é finalizada após a implementação do requisito, o projeto continua fornecendo valor através de uma gestão apropriada dos requisitos.

A figura 2 apresenta o processo da gestão do ciclo de vida do requisito, onde o requisito potencial, originado a partir do processo de elicitação e colaboração (captura), é avaliado pelos analistas de negócios e apresentado para aprovação ou não as partes interessadas e posteriormente a aprovação do requisito, é possível gerenciá-lo através das atividades de rastreamento, preservação e priorização recomendadas (BABOK, 2015). A seguir é detalhada a atividade da rastreabilidade dos requisitos, tema desta pesquisa.

Figura 2 - Processo da Gestão do Ciclo de Vida do Requisito.

Fonte: BABOK (2015).

2.4 RASTREABILIDADE DOS REQUISITOS

2.4.1 Histórico e fronteiras da rastreabilidade dos requisitos

Nos anos 60, a OTAN (Organização do Tratado do Atlântico Norte) realiza um debate sobre os problemas da engenharia de software e reconhece a necessidade de assegurar que o desenvolvimento de sistemas de software esteja alinhado com o projeto (RANDELL, 1968). As primeiras pesquisas e práticas da rastreabilidade em ferramentas iniciam-se nos anos 70, combinado aos estudos sobre o estado da arte e tendências da rastreabilidade na Engenharia de Software (BOEHM, 1976). Posteriormente, no final dos anos 70, evidenciam-se estudos sobre o desenvolvimento de ferramentas para rastreabilidade (DORFMAN e FLYNN, 1984); (PIERCE, 1978).

Os estudos sobre as práticas e desenvolvimento de ferramentas motivam nos anos 80 mais pesquisas e ao reconhecimento da rastreabilidade sendo vista como um requisito no processo de normatização do desenvolvimento de software e sistemas, seguindo padrões internacionais de qualidade como IEEE Standard. 1219, ISO 9000ff, ISO 15504 (SPICE), SEI CMM e CMMI recentemente (DORFMAN e THAYER, 1990);(WINKLER e VON PILGRIM, 2009). O surgimento de ferramentas para rastreabilidade motivam (GOTEL *et al.*, 2012) entre os anos de 1990 e 1994, pesquisas e análises dos problemas da rastreabilidade dos requisitos, que são apoiadas pela engenharia de requisitos, onde estudos de (GOTEL e FINKELSTEIN, 1994); (RAMESH e EDWARDS, 1993) apresentam problemas relacionados à rastreabilidade dos requisitos e o aumento do mercado de ferramentas para rastreabilidade dos requisitos (GOTEL *et al.*, 2012).

Posteriormente as pesquisas sobre os problemas da rastreabilidade dos requisitos nos anos 90, entre os anos 2000 e 2009 (CLELAND-HUANG *et al.*, 2007), pesquisas sobre a automação da rastreabilidade, constataam a persistência de problemas associados às atividades de rastreamento e rastreabilidade automatizada (HAYES; DEKHTYAR; SUNDARAM, 2006). A persistência dos problemas é notável entre os profissionais da área da rastreabilidade, que não compreendem os conceitos, logo apresentando incoerências na utilização do vocabulário, além disso, os pesquisadores ainda percebem que há pouca influência das pesquisas acadêmicas nas organizações, ocasionando má documentação dos requisitos e baixa prática da rastreabilidade (GOTEL *et al.*, 2012); (MÄDER *et al.*, 2009b). No final dos anos 2000, estudos sobre modelos de rastreabilidade ajustáveis e em ambientes de rastreabilidade modificáveis, que se moldam a ferramentas, processos e mudanças de negócios tornam-se evidentes (KIROVA *et al.*, 2008).

Impulsionado pelos estudos de modelos de rastreabilidade ajustáveis, na década de 2010 são publicadas pesquisas sobre modelos de rastreabilidade orientados e análises de negócios para rastreabilidade (AIZENBUD-RESHEF *et al.*, 2006); (DEHGHANI, 2019); (GALVÃO e GOKNIL, 2007); (WINKLER e VON PILGRIM, 2009). As análises de negócios, através dos estudos de (DEHGHANI, 2019), sugerem que a rastreabilidade dos requisitos viabiliza uma ligação direta dos requisitos com que é esperado das necessidades dos clientes. Adicionalmente, (REGAN *et al.*, 2012) reforçam que a rastreabilidade era utilizada para rastrear os requisitos desde a origem a implementação e teste, porém em tempos atuais é fortemente utilizada na gestão de mudanças, gestão das falhas e gestão de projetos.

Os estudos de (BERKOVICH *et al.*, 2014) justificam (REGAN *et al.*, 2012), afirmando que a rastreabilidade dos requisitos está associada a gestão de mudanças, pois: 1) Identifica os efeitos das mudanças dos requisitos específicos do domínio, para os demais requisitos da solução do domínio, que está sendo aceito e outros domínios afetados, ou sobre os requisitos iniciais; 2) Lida com os efeitos das mudanças dos requisitos e 3) Leva em consideração os impactos das mudanças dos requisitos iniciais para outros requisitos.

Confirmando os estudos de (BERKOVICH *et al.*, 2014), às funções da rastreabilidade na gestão de mudanças são apresentadas no modelo V (Figura 3), onde através das ligações (*links*) é possível utilizar a rastreabilidade dos requisitos e análise do impacto para gerir as mudanças como: 1) Rejeitar ou aceitar a mudança do requisito, 2) Negociar o custo da mudança do requisito com o fornecedor ou cliente e; 3) Organizar novamente o trabalho de desenvolvimento, como exemplo os requisitos das partes interessadas ser testado através de um teste de aceitação ou vice-versa (HULL; JEREMY; DICK, 2011).

Figura 3 - Função da rastreabilidade dos requisitos na gestão de mudanças.

Fonte: (HULL; JEREMY; DICK, 2011).

Vista como essencial na gestão de mudanças no desenvolvimento de projetos (BERKOVICH *et al.*, 2014), conforme recomenda o modelo proposto (HULL; JEREMY; DICK, 2011); (JALLOW *et al.*, 2008), a rastreabilidade dos requisitos através dos estudos de (WOHLRAB *et al.*, 2020), sugerem a gestão colaborativa da rastreabilidade, entretanto os profissionais da área de software ainda enfrentam desafios como: 1) Colaboração entre as ferramentas e os limites das equipes; 2) Manutenção da rastreabilidade; 3) Transmissão dos benefícios da rastreabilidade, que ao serem superados os desafios, podem: 1) Facilitar a comunicação; 2) Gerenciar o conhecimento em cenários distribuídos; e para uma boa gestão, a 3) Recomendação dos princípios para a gestão da rastreabilidade colaborativa.

O ano de 2020 justifica o uso da rastreabilidade dos requisitos no contexto da gestão de mudanças (BERKOVICH *et al.*, 2014) e gestão colaborativa (WOHLRAB *et al.*, 2020), visto que a pandemia de COVID-19, trouxe a não diminuição da importância de ensinar e treinar sobre os requisitos e o valor da rastreabilidade dos requisitos em relação ao tempo e esforço, que viabiliza dados reais da definição do produto, *insights* dos clientes, requisitos do sistema, informações, artefatos de engenharia e casos de uso com suas relações e distinções mapeadas, o que permite reuniões de equipes do projeto direcionadas na solução de problemas e análises técnicas, sendo um investimento de esforço e tempo recompensador (GREGORY, 2021).

Historicamente reconhecida, a rastreabilidade dos requisitos é uma atividade essencial na engenharia de requisitos, gerenciamento do requisito e gestão do ciclo de vida do requisito (BABOK, 2015); (HOFFMANN *et. al.*, 2004); (HULL; JEREMY; DICK, 2011); (JALLOW *et. al.*, 2008); (PMI, 2016); (REBOK, 2013) e utilizada para análise de negócios, desenvolvimento de produtos e serviços, engenharia de sistemas e software, gestão de mudanças e gestão de projetos (BABOK, 2015); (CMMI-DEV, 2010); (ELAMIN & OSMAN, 2018); (O'REGAN, 2017); (PMI, 2015); (SEBOK, 2020). No entanto, seus benefícios necessitam ser mais explícitos e compreensíveis para as partes interessadas e as barreiras ainda existentes para o uso, precisam ser mitigadas, para que a rastreabilidade dos requisitos seja amplamente utilizável em todos os tipos de projetos e por diferentes organizações.

(GOTEL e FINKELSTEIN, 1994, p. 04) apresentam como definição de rastreabilidade dos requisitos, a *“habilidade de seguir e descrever a vida de um requisito, desde suas origens, através do seu desenvolvimento e especificação, até a implementação e utilização posteriormente, no decorrer de todas as fases de refinamento e iteração em qualquer etapa”*. A rastreabilidade envolve todas as atividades de desenvolvimento do requisito, desde a captura (elicitação) dos requisitos até a etapa de teste, conforme os métodos de desenvolvimento de sistemas de informação recomendam, porém a decisão para adotar a rastreabilidade deve acontecer no estágio inicial do projeto (BLAAUBOER; SIKKEL; AYDIN, 2007). Segundo (GOTEL e FINKELSTEIN, 1994), a rastreabilidade dos requisitos é classificada em dois tipos: 1) Rastreabilidade pré-especificação dos requisitos: refere-se na apresentação do requisito antes da introdução nas especificações dos requisitos; 2) Rastreabilidade pós-especificação dos requisitos: refere-se na apresentação do requisito, resultante da introdução nas especificações dos requisitos.

Além de envolver todas as atividades de desenvolvimento do requisito e viabilizar informações pré e pós especificações, a rastreabilidade proporciona uma confirmação de que todas as etapas fundamentais do processo de desenvolvimento do projeto foram executadas, além disso deve ser bidirecional, para todos os artefatos do projeto (por exemplo: dos requisitos a artefatos do projeto e de artefatos do projeto aos requisitos) (REBOK, 2013) e rastrear o desenvolvimento de produtos de trabalho que são realizados para atender um requisito (O'NEAL e CARVER, 2001). Adicionalmente, possibilita identificar, documentar a procedência dos requisitos, aplicação, como estão associados às metas e objetivos de negócios, relação com os demais requisitos, futuras entregas do desenvolvimento (GOTTESDIENER, 2005), rastrear requisitos intermediários para apresentar uma visão dos valores, que os requisitos relacionados podem ter e descobrir requisitos externos e ausentes (PMI, 2015).

Para a rastreabilidade proporcionar a confirmação das etapas do processo de desenvolvimento dos requisitos e origens, as ligações ou (*links*), são rótulos que possuem uma mesma finalidade ou estrutura semelhante (GOTEL *et al.*, 2012) entre os requisitos as origens (necessidades do cliente) e entre requisitos aos componentes que os implementam (produto de trabalho, artefato) (SAYÃO & LEITE, 2006). A ligação para o rastreamento é um vínculo entre dois artefatos de rastreamento da origem ao destino e cada ligação de rastreamento pode ser seguido em duas direções (se A testar B, então B é testado por A), ou seja bidirecional e são exemplos de tipos de ligações de rastreamento: "testar", "implementar" e "substituir" (GOTEL *et al.*, 2012). Uma ligação ou (*link*) de rastreamento são definidos por um ou mais tipos de relação, e como ligações podem ser do tipo de dependência, refinamento, evolução, satisfação, sobreposição, conflito e justificativa (VUONG, 2013).

Através da rastreabilidade são rastreados os requisitos, as necessidades do cliente (requisitos do usuário, objetivos do negócio ou demandas do mercado), para entender quais requisitos serão influenciados, caso no decorrer ou após o desenvolvimento do projeto as necessidades do cliente mudem (WIEGERS e BEATTY, 2013). A figura 4 apresenta os quatro tipos de ligações (*links*) da rastreabilidade dos requisitos.

Figura 4 - Os quatro tipos de rastreamento dos requisitos.

Fonte: SAYÃO e LEITE, (2006); WIEGERS e BEATTY, (2013).

De acordo com a figura 4, os rastreamentos *backward from requirements* e *forward to requirements*, integram a parte da pré-rastreabilidade, onde é documentado as origens do requisito, justificativa da existência do requisito, necessidades das partes interessadas que estiveram à frente na criação do requisito e informações que influenciam (AHMAD e GHAZALI, 2007); (LI; VAUGHN; SAIEDIAN, 2002). Na pré rastreabilidade são realizados os rastreios: 1) *Backward from requirements* (Para trás a partir dos requisitos), os requisitos são rastreados até as necessidades do cliente, para reconhecer a origem de cada requisito,

além disso, ocasionalmente a pré-rastreabilidade é rastreada para trás, porque geralmente as origens não são tangíveis (AHMAD e GHAZALI, 2007); (WIEGERS e BEATTY, 2013) e;

2) *Forward to requirements* (Para frente para os requisitos): As necessidades do cliente, requisitos do usuário, objetivos do negócio ou demandas do mercado são rastreados até os requisitos (WIEGERS e BEATTY, 2013).

Os rastreamentos *backward to requirements* e *forward from requirements*, integram a parte da pós rastreabilidade e associam os requisitos ao projeto, implementação, rastrear o requisito até os artefatos do processo do sistema, componentes e casos de verificação, onde a atribuição das responsabilidades da equipe e a verificação da conformidade são documentadas a análise de impacto de um requisito (LI; VAUGHN; SAIEDIAN, 2002); (AHMAD e GHAZALI, 2007). Na pós rastreabilidade são realizados os rastreios 1) *Backward to requirements* (Para trás para os requisitos): Os produtos de trabalhos e artefatos, são rastreados de volta aos requisitos, para compreender o motivo da criação dos produtos de trabalho e entregas (WIEGERS e BEATTY, 2013) e 2) *Forward from requirements* (Para frente a partir dos requisitos): Os requisitos são rastreados até aos produtos de trabalho, entregas, implementação e artefatos (WIEGERS e BEATTY, 2013).

A maioria dos desafios associados a insuficiência de rastreabilidade dos requisitos é em razão da ausência de rastreabilidade pré especificação dos requisitos, por outro lado o apoio de ferramentas existentes, concentra-se na rastreabilidade pós especificação dos requisitos (GOTEL e FINKELSTEIN, 1994). O motivo da rastreabilidade dos requisitos possuir um acúmulo de ferramentas para a rastreabilidade pós especificação dos requisitos, é devido ao melhor entendimento do que a rastreabilidade pré especificação dos requisitos, porque a rastreabilidade pré especificação dos requisitos pode proporcionar informações mais vantajosas sobre as partes interessadas, necessidades e requisitos para os clientes (LI; VAUGHN; SAIEDIAN, 2002).

2.4.2 Tipos e técnicas para rastreabilidade dos requisitos

Para a atividade de rastreabilidade dos requisitos, (GOTEL *et al.*, 2012) classificam a em três categorias de utilização: 1) Rastreamento manual; 2) Rastreamento automatizado; e 3) Rastreamento semiautomático. O rastreamento manual é realizado por um humano, responsável por criar e realizar a manutenção da rastreabilidade, utilizando métodos das ferramentas de gestão de requisitos como arrastar e soltar. A técnica de rastreamento

manual, como a matriz de rastreabilidade dos requisitos, geralmente é usada na indústria para determinar as relações entre requisitos e demais artefatos, como casos de testes (CLELAND-HUANG, 2005). Entretanto, de acordo com (KIROVA *et al.*, 2008) a identificação manual das dependências dos artefatos de produto e requisitos pode ser um processo longo e propício a erros.

Recomendado pelo guia PMBOK (2017, p 148, 149), a matriz de rastreabilidade dos requisitos (Figura 5) auxilia a determinar informações fundamentais dos requisitos como: identificador, justificativa para o requisito, origem, versão, descrição em texto do requisito, situação (adiado, adicionado, ativo, aprovado, cancelado, designado, concluído) e a data da situação do requisito. Adicionalmente, (TORKAR *et al.*, 2012) afirmam que as matrizes são criadas para atender a rastreabilidade e devem estar atualizadas regularmente em relação à situação do requisito, se o mesmo está implementado ou não e há casos que a matriz é mantida manualmente utilizando o MS Excel. A figura 5 apresenta um exemplo da matriz de rastreabilidade dos requisitos.

Matriz de rastreabilidade dos requisitos								
Nome do projeto:								
Centro de custos:								
Descrição do projeto:								
ID	ID do Associado	Descrição dos requisitos	Necessidades, oportunidades, metas e objetivos de negócio	Objetivos do projeto	Entregas da EAP	Design do produto	Desenvolvimento do produto	Casos de teste
001	1.0							
	1.1							
	1.2							
	1.2.1							
002	2.0							
	2.1							
	2.1.1							
003	3.0							
	3.1							
	3.2							
004	4.0							
005	5.0							

Figura 5 - Matriz de rastreabilidade dos requisitos.

Fonte: PMBOK, (2017).

Diferentemente do rastreamento manual recomendado pelo (PMBOK, 2017), o rastreamento automatizado é determinado através de métodos, técnicas e ferramentas automatizadas e as decisões em criar e manter os *links* de rastreamento são automatizadas (GOTEL *et al.*, 2012). Neste sentido, por exemplo, a ferramenta automatizada de gestão de requisitos DOORS, desenvolvida pela IBM, é utilizada para coletar, associar, rastrear, analisar, geração de relatórios e gerir as mudanças nos requisitos, além de auxiliar a

percorrer *links* entre os requisitos, apresenta as mudanças que podem influenciar os demais requisitos (TORKAR *et al.*, 2012).

O rastreamento semiautomático é a combinação de atividades humanas com métodos, técnicas e ferramentas automatizadas, neste sentido, (ligações) *links* de rastreamento aspirantes ou questionáveis, são indicados pelas técnicas automatizadas e posteriormente o usuário da rastreabilidade, capital humano, pode verificar (GOTEL *et al.*, 2012). Para o rastreamento semiautomático, o JIRA é um software usado frequentemente em projetos ágeis, para rastrear tarefas de software, além de oferecer a capacidade de vincular itens (FILLION *et al.*, 2017).

As ligações (*links*) do JIRA descrevem o relacionamento entre dois itens vinculados e associados vêm uma cláusula do *link*, além disso a cláusula do *link* também é configurável e pode vincular corretamente os requisitos com: um relacionamento “implementa” ou “implementado por”, por exemplo, um requisito de software pode ser implementado por uma “Tarefa de Software” ou por uma “História de Usuário”, para os adeptos da metodologia ágil. Essas ligações (*links*) são as chaves que permitem a rastreabilidade entre os objetos (requisito para requisito, mas também requisito para tarefa, código-fonte, teste, solicitação de mudança e assim por diante) (FILLION *et al.*, 2017).

Para ser determinada as ligações, de acordo com (KIROVA *et al.*, 2008), antes do início do projeto, a equipe do projeto necessita entrar em acordo sobre quais artefatos e em qual nível de granularidade eles planejam rastrear, pois o rastreamento dos requisitos, no âmbito da engenharia de requisitos é o entendimento de como os requisitos de alto nível (objetivos, metas e necessidades) são convertidos em requisitos de baixo nível, ou seja, no cenário dos negócios, o foco do rastreamento são com as relações entre os níveis de informação, visando: 1) Como é entendida a visão do negócio; 2) Como são implementados os objetivos do negócio; 3) Processo e organização empresarial. No cenário da engenharia, o rastreamento visa: 1) O atendimento dos requisitos das partes interessadas pelos 2) Requisitos do sistema que são divididos em 3) Subsistemas que são introduzidos como 4) Componentes (HULL; JEREMY; DICK, 2011). As decisões precisam ser tomadas e uma estratégia de rastreabilidade eficiente é fundamental ser estabelecida no início do projeto (GOTEL *et al.*, 2012).

Posteriormente a uma estratégia para rastreabilidade estabelecida, o guia (BABOK, 2015) para analistas de negócios, recomenda um processo de rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de software, (Figura 6) onde inicia-se com a necessidade do negócio (Oportunidades de negócios ou problemas, objetivos e metas) vinculado através das ligações (*links*) aos requisitos do negócio (Necessidades de mais alto nível da empresa, que justifica a execução do projeto), que são vinculados aos requisitos das partes interessadas (Necessidades de um grupo de partes interessadas ou individual com interesse no resultado, sendo clientes, parceiros e fornecedores) e aos requisitos da solução (Recursos,

características do produto, serviço ou resultado, são classificados em requisitos funcionais e requisitos não funcionais), onde são rastreados ao projeto, código e teste (PMI, 2015). A figura 6 ilustra o processo de rastreabilidade dos requisitos de software.

Figura 6 - Rastreabilidade dos requisitos de software.

Fonte: BABOK, (2015).

Para compreender as ligações (*links*) no processo de rastreabilidade, toma-se como exemplo o funcionamento de um modelo de fogão (Figura 7), onde o requisito do usuário (Requisito do usuário nº 3) é rastreado até três requisitos do sistema de resposta (Requisito do sistema nº31, nº 37 e nº41), neste exemplo, fica explícito que o requisito do usuário nº 3 é visível juntamente aos requisitos do sistema (Fogão), que atende ao requisito do usuário, além disso essas informações dos requisitos possibilitam que a rastreabilidade seja verificada facilmente (HULL, JEREMY; DICK, 2011). A figura 7 apresenta um exemplo da rastreabilidade dos requisitos para funcionamento de um fogão.

Figura 7 - Rastreabilidade dos requisitos simples

Fonte: HULL; JEREMY; DICK, (2011).

A rastreabilidade dos requisitos detalhada (Figura 8), apresenta o requisito do usuário nº 21, o qual o motorista deve possuir habilidade para operar um veículo sobre um tipo de terreno (terreno tipo 4A) e o argumento para satisfazer essa operação, que é uma declaração entre os requisitos do usuário e requisitos do sistema nº 15, 32 e 53 (Veículo) caracterizada pela conjunção “&”, o qual os requisitos do sistema devem satisfazer para que o argumento de satisfação do requisito do usuário seja cumprido, logo as informações mais detalhadas, auxiliam na avaliação da lógica do argumento para validação e integração (HULL; JEREMY; DICK, 2011), logo a rastreabilidade completa é assegurada pela definição das relações predecessoras e sucessoras entre os requisitos (BERKOVICH *et al.*, 2014).

Figura 8 - Rastreabilidade dos requisitos detalhada.

Fonte: HULL; JEREMY; DICK, (2011).

Diferentemente da rastreabilidade dos requisitos básica e detalhada, em projetos de desenvolvimento de software, há possíveis e mais ligações (*links*) (Figura 9), entre os requisitos do negócio, requisitos do sistema, requisitos do usuário, requisitos externos da interface, características, atributos da qualidade, requisitos funcionais, regras do negócio, solicitações de mudanças, arquitetura, interface do usuário, projeto do software, testes e código, além disso, as linhas indicam a origem da relação, e atuam como provedora das informações de rastreamento para criação e gestão. (WIEGERS e BEATTY, 2013). A figura 9 apresenta possíveis ligações (*links*) de rastreamentos de requisitos no desenvolvimento de software, onde uma solicitação de mudança altera um requisito do usuário, que posteriormente é verificada através de um teste de aceitação (WIEGERS e BEATTY, 2013).

Figura 9 - Detalhamento das possíveis ligações (*links*) de rastreamentos de requisitos no desenvolvimento de software.

Fonte: WIEGERS e BEATTY, (2013).

Para uma estratégia eficaz da rastreabilidade dos requisitos, que pode ser aplicada no modelo indicado (Figura 9) recomendado por (WIEGERS e BEATTY, 2013), é fundamental manter os artefatos a serem rastreados, possuir habilidade em determinar as ligações (*links*) de rastreamentos importantes entre os artefatos e procedimentos para questionar o rastreio gerado diretamente ao objetivo da rastreabilidade dos requisitos, como: 1) Quais rastreamentos devem ser manuais; 2) Qual rastreamento precisa ser automatizado; 3) Quando os rastreamentos devem ser feitos, pois requisitos simples omitem decisões complexas quanto ao tipo, retenção, métodos para gerar os requisitos, representar, classificar e manter as ligações entre os mesmos, além disso o planejamento e a gestão da rastreabilidade são as atividades exigidas para uma estratégia de rastreabilidade eficaz, no decorrer da vida de um projeto (GOTEL *et al.*, 2012).

2.4.3 Ferramentas e métodos para rastreabilidade dos requisitos

Conjuntamente a uma estratégia eficaz, planejamento e gestão da rastreabilidade, ferramentas são usadas para conduzir a rastreabilidade dos requisitos nos projetos, que é garantida através da tarefa da gestão dos requisitos e ciclo de vida (BABOK, 2015), desde a origem e no decorrer da vida útil do artefato (TORKAR *et al.*, 2012) e as tecnologias facilitam o processo de rastreabilidade dos requisitos e gestão (BLAAUBOER; SIKKEL; AYDIN, 2007); (BOUILLON; MÄDER; PHILIPPOW, 2013). Neste contexto, são exemplos de métodos para rastreabilidade dos requisitos, a indexação ou utilização de *tags* (rótulos), numeração, hipertexto e matriz de rastreabilidade, adicionalmente, para métodos centrados a documentos de requisitos, são utilizados modelos (*templates*) para artefatos usados no desenvolvimento do projeto e documentos (SAYÃO & LEITE, 2006).

Para garantir os projetos de desenvolvimentos de sistemas, diversas técnicas e ferramentas são apresentadas para realizar a rastreabilidade dos requisitos (BLAAUBOER, SIKKEL, AYDIN, 2007), porém pequenas equipes que trabalham em pequenos projetos (de dez a cem requisitos) não necessitam de ferramentas de rastreabilidade avançadas, o uso de uma simples planilha que rastreia as dependências e os vínculos, funcionará efetivamente (KIROVA *et al.*, 2008). Para melhorar a eficiência da rastreabilidade dos requisitos e amenizar os custos da atividade, a utilização de uma ferramenta é recomendada (REGAN *et al.*, 2013) e as mesmas devem fazer com que os rastreamentos sejam confiáveis permanentemente e a custos consideráveis (SAHRAOUI, A.E.K, 2005).

Estudos de (JANES *et al.*, 2013) apresentam que 42% das empresas utilizam ferramentas para gestão dos requisitos e a maioria dessas empresas utilizam as ferramentas para comunicação com os clientes e auxiliar no processo de rastreabilidade dos requisitos. As ferramentas, técnicas, métodos e abordagens para rastreabilidade dos requisitos possuem utilidade e a decisão para aderir deve ser realizada na fase inicial do projeto, pois a adesão torna o retorno do investimento maior, contudo é necessário realizar uma análise custo x benefício mais detalhada para justificar a decisão (BLAAUBOER; SIKKEL; AYDIN, 2007).

A análise de custo x benefício sugerida por (INGRAM e RIDDLE, 2012), apresenta um método de quatro etapas para análise do custo-benefício para a adesão da rastreabilidade dos requisitos no projeto, além disso o método é adaptável às técnicas de rastreabilidade nos projetos. É importante em ambientes colaborativos, o equilíbrio do custo-benefício da gestão da rastreabilidade, pois impulsionar a rastreabilidade exige que os desenvolvedores e gerentes compreendam a utilização e os benefícios da rastreabilidade (WOHLRAB *et al.*, 2020). Para obter a maioria dos benefícios e sucesso do projeto em termos de esforço e desenvolvimento, é sugerida uma análise do custo-benefício da rastreabilidade dos requisitos, para decidir quais (*links*) ligações contribuirão para o projeto (WIEGERS e BEATTY, 2013). A figura 10 apresenta um modelo recomendado por (INGRAM e RIDDLE, 2012).

Figura 10 - Método de Análise do Custo – Benefício da Rastreabilidade dos Requisitos

Fonte: INGRAM e RIDDLE, (2012).

De acordo com a figura 10, (INGRAM e RIDDLE, 2012) recomendam um método para realização da análise do custo-benefício da rastreabilidade dos requisitos para o desenvolvimento de projetos. Observa-se que o método proposto, possui quatro etapas, onde é possível definir os objetivos da rastreabilidade, identificar informações necessárias, priorizar os requisitos e ponderar o trabalho necessário, adicionalmente, os autores apresentam como idealizar cada etapa do método proposto.

- 1) Definir objetivos da rastreabilidade: levantar reflexões sobre quais objetivos da rastreabilidade no projeto, o propósito das informações, atividades realizadas e as ferramentas utilizadas necessitam ser identificadas antecipadamente (INGRAM e RIDDLE, 2012). Quando trata-se dos objetivos da rastreabilidade, a mesma permite a navegação pelas entregas do projeto e acompanhar o histórico do requisito, ou seja, da origem do requisito, de onde surge e o resultado futuro do requisito (DEHGHANI, 2019); (HALBLEIB, 2004).
- 2) Identificar informações necessárias para alcançar os objetivos: (INGRAM e RIDDLE, 2012) afirmam que os objetivos identificados da rastreabilidade, estabelecem quais informações são fundamentais, gestão e melhorias realizáveis, contudo os objetivos da rastreabilidade necessitam ser pensados no decorrer da tarefa de elicitação dos requisitos, que é o reconhecimento da origem dos requisitos associados às partes interessadas (POHL, 2016). Nesta etapa, as partes interessadas estão aptas a prestar informações, através de perguntas sobre a utilização futura da rastreabilidade (INGRAM e RIDDLE, 2012).
- 3) Priorizar os requisitos e realizar otimizações na rastreabilidade: A priorização dos requisitos é um processo contínuo, que classifica os requisitos em relação a sua importância para as partes interessadas no projeto (BABOK, 2015). A priorização auxilia a reconhecer as falhas dos requisitos, requisitos ambíguos, incorretos, facilita o entendimento das partes interessadas a encontrar os requisitos mais relevantes, escolher os requisitos finais e como as partes interessadas necessitam se comunicar para discutir e analisar os requisitos (OW; KAMALRUDIN; SIDEK, 2019). As melhorias na rastreabilidade dos requisitos é esperada, a fim de prestar soluções para eventuais problemas ou conflitos (GOTEL e FINKELSTEIN, 1994).
- 4) Ponderar o trabalho necessário e melhorar as etapas: Alto esforço dificulta a utilização da rastreabilidade e a torna muito cara na prática (HEINDL e BIFFL 2005), neste sentido, (WANG *et al.*, 2018) recomendam que métodos automatizados de rastreabilidade podem reduzir o trabalho, manutenção e custos. Melhorando as etapas anteriores do método. O desejo dos benefícios da rastreabilidade podem ser

obtidos através de uma parcela do esforço com a análise do custo-benefício (WIERGERS e BEATTY, 2013).

Para a atividade da rastreabilidade dos requisitos, o guia BABOK (2015, p. 82) recomenda um diagrama de entrada e saída (Figura 11). São recomendadas ferramentas e procedimentos para rastrear os requisitos: 1) Conhecimento do domínio: expertise necessária para prestar apoio a rastreabilidade dos requisitos; 2) Abordagem da gestão das informações: viabiliza as decisões relacionadas ao planejamento da abordagem da rastreabilidade; 3) Informações legais e regulatórias: estabelece as regras e legislações que precisam ser seguidas e deve ser visto quando determinar as regras para rastreabilidade dos requisitos; 4) Repositório/Ferramentas para gestão de requisitos: utilizado para manter e gerir as informações, pode ser uma ferramenta complexa ou documentos de textos. A figura 11, apresenta o diagrama de entrada e saída da tarefa de rastreamento dos requisitos (BABOK, 2015).

Figura 11 - Diagrama de Entrada e Saídas da Tarefa de Rastreamento dos Requisitos

Fonte: BABOK, (2015).

Os procedimentos de gestão de requisitos trazem vantagens consideráveis, quando há utilidade em rastrear um número elevado de requisitos, que podem ser vistos como descontrolados com abordagens manuais (BABOK, 2015). Através de aplicativos de modelagem de requisitos ou matrizes de requisitos e processos, a rastreabilidade dos requisitos é realizada (NASA, 2017).

O guia (BABOK, 2015 p. 82) recomenda o processo de rastreabilidade dos requisitos sendo (Figura 11): 1) Os requisitos e o projeto, são dois elementos de entrada do processo de rastreamento, os requisitos, objetivos do negócio e as partes interessadas podem ser rastreados até o resultado ou elemento e o projeto pode ser rastreado até os requisitos; 2) Os analistas localizam o valor que será apresentado pelo rastreamento e o trabalho aumenta quando o número de requisitos aumentar. Os dois tipos de relacionamentos entre os requisitos são: proceder e depender; 3) Quando dois requisitos possuem um relacionamento e estão em níveis diferentes, são estimulados por outro.

Por exemplo: Um requisito do componente e os requisitos de negócios; 4) Os dois requisitos podem ser dependentes um do outro, quando parece certo adicionar um requisito se o outro for atendido também ou mesmo se isso tornar mais fácil; 5) A dependência dos requisitos pode estar associada à situação técnica e um dos requisitos pode ser dependente do resultado do teste para assegurar que uma solução possa atender os requisitos; 6) Uma ferramenta de gestão de requisitos pode ser utilizada para armazenar os requisitos e os relacionamentos, para as partes interessadas diferentes isso será vantajoso, pois as partes interessadas podem rastrear como a solução foi implementada e como atende os casos de negócios. A ferramenta para rastreabilidade facilitará a gestão, para que a mudança em um projeto seja gerenciada pelo gerente de projetos (DEHGHANI, 2019); 7) A saída do processo são os requisitos e o projeto rastreados. É necessário entender o nível de formalidade e as relações dos requisitos (BABOK, 2015).

Ao rastrear os requisitos é observado o valor que os requisitos relacionados geram, sua origem, o uso das relações e o trabalho para rastrear aumenta, quando aumentam a quantidade de requisitos ou o nível de formalidade BABOK (2015, p. 81). As técnicas utilizadas para o rastreamento dos requisitos de acordo com o (BABOK, 2015) são: (1) Análise das regras do negócio: utilizada para rastrear as regras do negócio e os requisitos suportados pelo negócio; (2) Decomposição funcional: particiona o escopo do projeto em elementos menores, assim como rastrear conceitos de alto nível para baixo nível; (3) Modelagem dos processos: apresenta o aspecto do estado futuro do processo, assim como rastrear os requisitos para o processo; (4) Modelagem do escopo: apresenta o aspecto do escopo, assim como rastrear os requisitos que o suportam (BABOK, 2015, p. 82).

Independente do tipo de rastreabilidade, processo, métodos e ferramentas, o propósito da rastreabilidade dos requisitos é averiguar se todos os requisitos estabelecidos para o projeto foram implementados e testados (O'REGAN, 2017). Para a finalidade do propósito, o gerente de projetos deve trabalhar em conjunto com o analista de negócios, para que o analista estabeleça o quanto de rastreabilidade é recomendada para o projeto, pois a rastreabilidade influencia o nível de risco do projeto e a utilização dos recursos (PMI, 2015), logo é fundamental compreender o objetivo da rastreabilidade e os fatores que a afetam (FORD e TRIGGS, 2006).

2.4.4 Rastreabilidade dos requisitos em projetos e partes interessadas

A rastreabilidade é sugerida como uma atividade necessária (CMMI, 2010); (IEEE, 1998), para isso, no setor de manufatura a rastreabilidade é importante para os fabricantes se protegerem dos erros de fabricação, como o erro atua, onde os erros são detectados no mercado e as informações da rastreabilidade podem ser utilizadas para identificar áreas comuns, como que os erros estão relacionados a um lote ou fornecedor de materiais e em que momento ocorreu mudanças no projeto ou condições no processo de fabricação (FORD e TRIGGS, 2006). Mesmo utilizada para identificação dos erros e relações entre os mesmos, a rastreabilidade continua após a aprovação para verificação e validação dos requisitos, rastreabilidade entre requisitos e casos de teste para assegurar que o desempenho do produto em casos de testes, esteja alinhado com os requisitos que originam-se de diferentes necessidades das partes interessadas e propósitos de negócios (DEHGHANI, 2019). Não importa que tipo de ciclo de vida seja utilizado para o projeto ou forma para documentar os requisitos, é fundamental rastrear e monitorar os requisitos finalizados PMI (2015) e a gestão da rastreabilidade, necessita ser abordada como parte do trabalho cotidiano de cada parte interessada (WOHLRAB *et al.*, 2020).

Trabalhos de (MÄDER *et al.*, 2009b) reconhecem quatro tipos de usuários, sendo parte interessada da rastreabilidade dos requisitos: 1) Normatizadores, realizam a rastreabilidade estabelecida por regulamento; 2) Terceirizados, que recebem a rastreabilidade dos requisitos concedidos pelas empresas que fornecem; 3) Consultores, que desenvolvem um plano de rastreabilidade para seus clientes; 4) Apreciadores, que realizam a rastreabilidade dos requisitos não por obrigatoriedade, mas pelo retorno benéfico que eles percebem.

Adicionalmente, o guia BABOK (2015, p. 83) para analistas de negócios, apresenta como partes interessadas na tarefa da rastreabilidade dos requisitos: 1) Clientes, podem ser consultados sobre as relações da rastreabilidade e afetados quando os requisitos são implementados; 2) Especialistas no assunto, recomendam sobre quais requisitos a serem associados a solução; 3) Usuário final, podem requerer a dependência de requisitos que estão aptos ao mesmo tempo; 4) Especialista de implementação, assegura a implementação, desenvolvimento da rastreabilidade e a consistência entre as relações; 5) Suporte operacional, fornece referência a partir da documentação da rastreabilidade para suporte de *help-desk*; 6) Gerente de projeto, apoia as mudanças e gestão do escopo através da rastreabilidade; 7) Patrocinador, fundamental para aprovar os relacionamentos da rastreabilidade; 8) Fornecedores, são influenciados quando e como os requisitos são implementados; 9) Testadores, ao criar planos de testes e casos de testes, podem rastrear

os requisitos para os casos de testes, além de compreender como os requisitos e onde são implementados devido a ação. 10) Desenvolvedores definem o nível das características relacionadas aos produtos de trabalho e rastreios através da rastreabilidade, onde é possível obter informações das características utilizadas, para mensurar efetivamente o esforço essencial para mudar os produtos de trabalho existentes e realizar uma mudança (O'NEAL e CARVER, 2001).

No setor de manufatura, todas as áreas da organização são envolvidas para a obtenção de uma rastreabilidade eficaz, adicionalmente é fundamental que os profissionais respeitem e compreendem os procedimentos da rastreabilidade dos requisitos, independente das suas atribuições (FORD e TRIGGS, 2006). Discuta-se na tabela 2, o envolvimento de todas as áreas e partes interessadas.

Tabela 2 – Áreas, partes interessadas e funções na rastreabilidade dos requisitos.

Área da empresa	Parte interessada envolvida	Função da parte interessada na rastreabilidade dos requisitos
1) Fabricação	Equipe de fabricação	Assegurar que os produtos sejam fabricados corretamente e dentro do prazo. No processo de fabricação muitos componentes do produto podem se perder e atingir níveis significativos se as informações de programação das máquinas utilizadas no processo de fabricação não forem precisos ou se o tamanho dos componentes divergir.
2) Materiais - Cadeia de suprimentos	Equipe de materiais	Rotular, alocar, armazenar, rastrear e verificar os materiais utilizados para o processo de fabricação, além de possuir disciplina e flexibilidade, pois caso um material retirado para o processo de fabricação não for retirado adequadamente, pode comprometer o estoque e o risco da não conformidade.
3) Engenharia	Engenheiros	Estabelecem quais materiais são utilizados no processo de fabricação e responsáveis pelo plano de fabricação, ordem do processo de fabricação, fornecimento de informações sobre a utilização dos materiais substitutos ou alternativos, ajudando no fluxo de fabricação.
4) Sistemas	Analistas de sistemas	Os sistemas de computadores e a equipe apresenta soluções técnicas para o processo de fabricação com o suporte dos computadores, além disso, ao considerar os requisitos para o processo de fabricação, a equipe de sistemas é essencial para a equipe de rastreabilidade dos requisitos.

Fonte: (FORD e TRIGGS, 2006).

2.4.5 Motivos das organizações para adesão da rastreabilidade dos requisitos

Conforme (FORD e TRIGGS, 2006) recomendam, o envolvimento de todas as áreas da empresa para uma rastreabilidade dos requisitos eficaz (Tabela 2), o tempo e a disciplina são recursos exigidos para permanecer as informações das ligações (*link*) atualizadas, conforme o sistema é desenvolvido ou a realização da manutenção, do contrário, as informações incorretas ou defasadas, resultam em atividades incorretas, perda de tempo e confiança do Desenvolvedor (WIEGERS e BEATTY, 2013). Por essa razão a rastreabilidade dos requisitos deve ser aderida pelos motivos corretos (RAMESH, *et al.*, 1995), mesmo ainda vista como desejável em processos de desenvolvimento de software (BLAAUBOER, SIKKEL, AYDIN, 2007).

A rastreabilidade veio para permanecer no cenário organizacional e as empresas que não adotam a rastreabilidade dos requisitos, possuem as menores oportunidades no mercado e as que enxergam a colaboração entre a rastreabilidade e a melhoria dos negócios, viabilizam os benefícios para a empresa (FORD e TRIGGS, 2006). Outro motivo para adoção segundo (DREVES *et al.*, 2016), é a rastreabilidade entre os produtos de trabalho ser requisitado pelos órgãos normatizadores, pois as normas de qualidade exigem a rastreabilidade para a certificação, devido à diversidade dos projetos, diferentes detalhamentos das atividades, artefatos de produto, dimensão da equipe e a metodologia de desenvolvimento que deve conduzir a estratégia de rastreabilidade (KIROVA *et al.*, 2008). Empresas que adotam e realizam de forma inadequada a rastreabilidade dos requisitos, tendem a realizar uma manutenção de forma ineficiente, complexa e custosa (REGAN *et al.*, 2013).

Neste sentido, para realização de forma adequada, empresas do setor de desenvolvimento de software possuem quatro motivações para adesão à rastreabilidade dos requisitos, sendo: 1) Obrigatoriedade, pois atuam em mercados que exigem regulamentações; 2) Certificação de qualidade; 3) Solicitação dos clientes e; 4) Em casos incomuns, a empresa enxerga os benefícios da rastreabilidade em seus projetos, pois a rastreabilidade dos requisitos favorece a criação de um software de qualidade e eficiência maiores (WINKLER e VON PILGRIM, 2009).

Adicionalmente (SHERANI, 2015) afirma que a rastreabilidade dos requisitos é utilizada como parâmetro de responsabilidade e confiança entre empresa e o cliente, além disso os artefatos do projeto e documentos de requisitos integram o contrato estabelecido entre as partes. A tabela 3, apresenta os motivos para adoção da rastreabilidade dos requisitos nos setores automotivo, software, telecomunicações, aeronáutico, ferroviário e construção civil em seus respectivos projetos e seguidamente as discussões.

Tabela 3 – Motivos para adoção da rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de projetos.

Setor	Tipo de projeto desenvolvido	Motivos para adoção da rastreabilidade dos requisitos nos projetos	Referência
Automotivo	Sistemas de segurança de veículos	1) Conformidade; 2) Qualidade; 3) Normatização; 4) Ciclo de vida; 5) Validação 6) Utilização 7) Gestão de riscos 8) Exigência contratual ⁶	DREVES <i>et al.</i> , (2016)
Software e telecomunicações	Software para dispositivos médicos		KIROVA <i>et al.</i> , (2008)
	Sistema de telecomunicações		MARO; STEGHOFER; STARON, (2018)
Aeronáutico e ferroviário	Desenvolvimento de software		REGAN <i>et al.</i> , (2013)
Software	Desenvolvimento de software	1) Exigência do mercado; 2) Qualidade; 3) Solicitação do cliente	RAMESH, (1998) WINKLER e VON PILGRIM, (2009)
Construção	Construção civil	1) Acompanhamento do projeto	JALLOW <i>et al.</i> , (2008)
Manufatura	Circuitos eletrônicos	1) Incentivo para rever responsabilidades	FORD e TRIGSS, (2006)

Fonte: Elaborado pelo autor, (2021).

É observado que a rastreabilidade dos requisitos é utilizada para responsabilidade e confiança (Conformidade) no setor automotivo (Tabela 3) para veículos rodoviários, a ISO 26262 de segurança funcional, exige a rastreabilidade completa em todos os níveis dos requisitos e na parte 8 da ISO é indicada que os requisitos de segurança devem ser rastreáveis com menções a: 1) Cada origem de um requisito de segurança no nível hierárquico superior; 2) Cada requisito de segurança decorrente em um nível hierárquico inferior, ou para sua realização no projeto e; 3) A especificação da verificação, tais motivos são importantes, especialmente para uma análise de impacto, se forem feitas alterações em requisitos de segurança específicos e para a avaliação de segurança funcional (DREVES *et al.*, 2016).

É perceptível que em outros setores como de software e automotivo a rastreabilidade dos requisitos é vista como critério de responsabilidade, confiança e segurança, porém no setor da construção civil, a necessidade pela gestão da

⁶ Igualmente na área de sistemas eletrônicos automotivos, a Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC) exige a rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de sistema para telecomunicações, onde é uma exigência contratual através da certificação TL 9000 (KIROVA *et al.*, 2008).

rastreabilidade vai além do projeto e avança às etapas de construção e pós-construção, de forma contínua, fazendo parte do ciclo de vida do projeto (JALLOW *et al.*, 2008). Diferentemente do setor da construção civil, no desenvolvimento de sistemas a rastreabilidade dos requisitos é observada como um indicador da qualidade do sistema e requerida por órgãos normatizadores que regulam o desenvolvimento de sistemas, como a MIL-STD-498, que estabelece um padrão para os requisitos uniformes no desenvolvimento e documentação de software (RAMESH, 1998).

Adicionalmente, normas e diretrizes recomendam a rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de software para dispositivos médicos, sendo elas a: IEC 62304:2006 (1) para o processo do ciclo de vida do software, FDA 2002 (2) para validação do software, FDA 2005 (3) orientação para envio de pré-comercialização de software e FDA 1999 (4) para utilização do software e a ISO 14971:2007 (5) para aplicação da gestão de riscos (REGAN *et al.*, 2013). Igualmente, os setores de desenvolvimento de software na indústria aeronáutica, exigem a rastreabilidade dos requisitos através das normas DO-178B e DO-254 e no setor de transporte ferroviário a norma EN-50128 (KIROVA *et al.*, 2008).

No setor de manufatura, o processo de fabricação geralmente dura 24 horas e a adesão da rastreabilidade deve ser um estímulo para rever as responsabilidades e funções para criar uma equipe de rastreabilidade das partes interessadas (FORD e TRIGGS, 2006). Para estimular a rastreabilidade dos requisitos, (BOUILLON; MÄDER; PHILIPPOW, 2013) apresentam os motivos dos profissionais para a utilização da rastreabilidade dos requisitos.

- 1) 80% dos profissionais aplicam a rastreabilidade dos requisitos nos projetos aguardando retornos positivos;
- 2) 18% dos profissionais executam a rastreabilidade dos requisitos nos projetos devido a ordens da gestão, normas ou ambiente de desenvolvimento;
- 3) 2% dos profissionais desconhecem os motivos para aplicar a rastreabilidade dos requisitos nos projetos.

Adicionalmente, (BLAAUBOER; SIKKEL; AYDIN, 2007) indicam os motivos importantes para tomada de decisão sobre a rastreabilidade dos requisitos nos projetos sendo: 1) Conhecimento da empresa de desenvolvimento de projetos; 2) Conhecimento do cliente; 3) Retorno sobre o investimento; 4) Escolhas das partes interessadas; 5) Fluxo do processo; 6) Tipo do contrato e 7) Pressão do cronograma. Segundo (BOUILLON; MÄDER; PHILIPPOW, 2013) 90% dos projetos de desenvolvimento de software, utilizam frequentemente a rastreabilidade dos requisitos para: 1) Localizar a origem dos requisitos; 2) Localizar os motivos dos requisitos; 3) Documentar o histórico dos requisitos; 4) Rastrear o requisito ou a situação da implementação da técnica; 5) Analisar o alcance dos requisitos no código-fonte, logo, a rastreabilidade dos requisitos pode facilitar a colaboração (WOHLRAB *et al.*, 2020).

Levando em consideração os motivos para o uso da rastreabilidade dos requisitos, (RAMESH e JARKE, 2001) apresentam a finalidade para o uso da rastreabilidade dos requisitos, sendo: 1) Alocação dos requisitos; 2) Conformidade com os regulamentos; 3) Controle de mudanças; 4) Controle e monitoramento do projeto; 5) Cumprimento contratual e das normas; 6) Cumprimento dos requisitos; 7) Dependências entre componentes; 8) Desenvolvimento da verificação; 9) Desenvolvimento da aplicação; 10) Desenvolvimento dos requisitos; 11) Estimativas de custos do projeto; 12) Evolução do sistema; 13) Evolução dos requisitos; 14) Gestão de requisitos; 15) Justificativa do projeto; 16) Justificativa dos requisitos; 17) Monitoramento dos recursos; 18) Monitoramento e rastreamento do projeto; 19) Monitoramento do processo; 20) Qualidade; e 21) Verificação do processo.

Conforme a tabela 3 apresenta os setores, tipos de projetos e motivos para a adoção da rastreabilidade dos requisitos no projeto e a finalidade para o uso recomendado por (RAMESH e JARKE, 2001), para a utilização da rastreabilidade dos requisitos nas empresas, os gerentes de projetos podem determinar estratégias para adesão, pesquisadores do meio acadêmico podem auxiliar estruturando conteúdos e conceitos e a colaboração das pessoas responsáveis da empresa é fundamental na etapa final de rastreamento (DEHGHANI, 2019); (DUARTE; DUARTE; THIRY, 2016).

De acordo com (BLAAUBOER; SIKKEL; AYDIN, 2007) a decisão em aderir ou não a rastreabilidade dos requisitos é realizada na estruturação do desenvolvimento do projeto e caso a empresa não possua a compreensão do conceito de rastreabilidade, não adotará a rastreabilidade dos requisitos. (HEINDL e BIFFL, 2005) ressaltam que o trabalho relacionado para o rastreamento completo dos requisitos em projetos grandes, projeto de grande escala - mais de 50 membros na equipe (BOUILLON; MÄDER; PHILIPPOW, 2013), seja em média aproximadamente 5% dos custos totais do projeto. Contudo (WIBOWO e DAVIS, 2020) sugerem para a gestão dos requisitos, que o projeto e a utilização da rastreabilidade dos requisitos devem corresponder quatro necessidades: 1) Validação das expectativas das partes interessadas; 2) Melhoria na troca dos requisitos; 3) Colaboração entre as partes interessadas; 4) Suporte com o processo de gestão de mudança, coletando a lógica de cada decisão. Conforme recomenda o guia PMI (2015), no decorrer do projeto, a rastreabilidade deve ser mantida no mínimo, mesmo quando não há profissionais associados ao projeto.

2.4.6 Rastreabilidade dos requisitos em ambientes ágeis

Notoriamente utilizada em setores industriais, para (ESPINOZA e GARBAJOSA, 2011) a rastreabilidade dos requisitos em abordagens ágeis não pode ser executada, pois é determinada na gestão de requisitos tradicional conforme a ISO/IEC 12207: 2008 ou SWEBOK⁷ exigem, além disso a rastreabilidade não ocorre, devido a omissão frequente dos documentos formais de especificação dos requisitos do usuário ou sistema, além do mais a qualidade e a confiabilidade dos sistemas é uma preocupação essencial, embora os métodos ágeis não exigem o desenvolvimento de um documento formal de especificação de requisitos.

Entretanto, trabalhos de (CLELAND-HUANG *et al.*, 2012) afirmam que na metodologia ágil⁸, a rastreabilidade dos requisitos em projetos é tão importante quanto em metodologias tradicionais, porém há diferenças de como a rastreabilidade é obtida. Adicionalmente, (WOHLRAB *et al.*, 2020) complementam que também há diferenças e semelhanças associadas à gestão da rastreabilidade dos requisitos entre projetos com o uso de metodologias tradicionais e projetos com o uso de abordagens ágeis. Mesmo com as diferenças, seja na obtenção da rastreabilidade quanto na gestão, o propósito é o mesmo, porém os artefatos são diferentes e parte da documentação utilizada em projetos tradicionais, para impedir excessos, é excluída em benefício da confiança na equipe de desenvolvimento do projeto e comunicação direta (WOHLRAB *et al.*, 2020).

Em métodos ágeis, a prática da rastreabilidade dos requisitos pode ser utilizada individualmente ou conjuntamente, sendo elas: 1) Rastrear os requisitos até as partes interessadas; 2) Rastrear os requisitos até a definição do problema; 3) Rastrear os requisitos até o *backlog* do produto; 4) Rastrear os requisitos para o *backlog* do *sprint*; 5) Rastrear os requisitos ao código; 6) Rastrear os requisitos em tabelas do banco de dados; 7) Rastrear os requisitos para os testes; e 8) Documentação. A figura 12 apresenta as práticas de rastreabilidade em métodos ágeis (VEERAPANENI e RAO, 2011).

⁷ O SWEBOK (*Software Engineering Body of Knowledge*) é um guia de conhecimento que descreve os procedimentos e práticas para a engenharia de software, direcionado às necessidades dos engenheiros de software e gerentes (BOURQUE *et al.*, 2002).

⁸ A metodologia ágil (XP, Scrum, Agile), usada na Engenharia de Software é uma abordagem flexível e leve, que busca por parte do gestor interatividade mínima, ou seja, os colaboradores da equipe ágil devem criar a melhor forma de entregar o projeto, sempre com qualidade e o mínimo de esforço (AMARAL *et al.*, 2011).

Figura 12 - Prática da rastreabilidade dos requisitos em métodos ágeis

Fonte: (VEERAPANENI e RAO, 2011).

De acordo com (SHERANI, 2015), em projetos de software, os métodos de desenvolvimento ágeis afetam as práticas de rastreabilidade dos requisitos, visto que para as empresas do setor, não é relevante a preocupação com a rastreabilidade, pois o ágil não reconhece documentos e o rastreamento, (ESPINOZA e GARBAJOSA, 2011) confirmam a não preocupação. Contudo, estudos de (LEE; GUADAGNO; JIA, 2011) asseguram que os métodos tradicionais e desenvolvimento ágeis, podem ser utilizados conjuntamente em projetos, todavia, (TRINDADE e LUCENA, 2006) elencam os principais motivos dos agilistas não adotarem a rastreabilidade dos requisitos em métodos ágeis, sendo eles a: 1) Ausência de criatividade; 2) Ausência de motivação devido ao desconhecimento dos benefícios da rastreabilidade; 3) Convicção de que a documentação é em desacordo com a filosofia ágil; 4) Não leitura dos documentos detalhados de especificação; 5) Complexidade da prática para assegurar a atividade; 5) Sobrecarga administrativa devido a perda de tempo na elaboração da rastreabilidade.

Além dos motivos para os “agilistas” não adotarem a rastreabilidade dos requisitos, em projetos ágeis a rastreabilidade dos requisitos padrão e a sua permanência, requer um rastreamento manual e a manutenção de artefato a artefato (declarações de necessidades das partes interessadas e entregas da iteração) em diferentes níveis, ademais em projetos complexos, com grandes equipes em torno de cinquenta membros, a gestão das ligações (*links*) de rastreamento torna-se custosa e o sucesso da gestão necessita de melhorias

regularmente (BOUILLON; MÄDER; PHILIPPOW, 2013), (LEE; GUADAGNO; JIA, 2011), além disso, os requisitos ou demais documentos de requisitos são excluídos, se as ligações (*links*) não forem mantidas corretamente ou estar incorretas, logo a rastreabilidade ocasionalmente é de ponta a ponta, visto que o esforço e o tempo necessário para realização são maiores do que o valor alcançado (LEE, GUADAGNO; JIA, 2011). No entanto, para a rastreabilidade dos requisitos em projetos ágeis, (APPLETON, 2005) e (VEERAPANEMI e RAO, 2011) os benefícios da mesma. A tabela 4 apresenta os benefícios da rastreabilidade dos requisitos em projetos ágeis.

Tabela 4 – Benefícios da rastreabilidade dos requisitos em projetos ágeis.

Benefícios da rastreabilidade dos requisitos em projetos ágeis	Descrição dos benefícios
1) Análise de impacto da mudança	Avaliar como a mudança sugerida afetará o sistema existente, para determinar a coordenação da equipe, estimativa de trabalho e comunicação;
2) Conformidade do produto	Assegurar que o produto realizado corresponda às necessidades dos clientes, ou seja, cumprir os requisitos, também conhecido como validação dos requisitos;
3) Conformidade do processo	Assegurar a condução de processos como testes e análises dos requisitos;
4) Responsabilidade do projeto	Assegura que o projeto não apresenta funcionalidades em excesso e que todas as mudanças satisfaça o pedido de uma solicitação de recurso;
5) Reprodutibilidade da linha de base ⁹	Apoio a linha de base e facilitar que diferentes linhas de bases sejam reproduzidas;
6) Aprendizado organizacional	Transferência de conhecimento para novos membros da equipe, registrar os fundamentos originados das decisões;
7) Informações	Manter todas as informações coletadas, organizadas, facilitando a localização das mesmas.
8) Visualização	Assegura que as equipes do projeto visualizem como os artefatos estão associados.

Fonte: (APPLETON, 2005); (VEERAPANEMI e RAO, 2011).

⁹ A linha de base é a versão de um produto de trabalho aprovado, que só pode mudar conforme procedimentos de controle de mudança, além ser uma referência para comparação com resultados (PMBOK, 2017).

Entretanto, visto a pluralidade dos benefícios que a rastreabilidade dos requisitos em projetos ágeis pode ofertar através (Tabela 4), para o aprendizado organizacional, a criação de um sistema gestão de conhecimento pode gerar excesso de trabalho, morosidade e custos na criação de bases do conhecimento, visto que os profissionais estão ocupados compartilhando conhecimento entre si (BOLLINGER & SMITH, 2001).

Levando em consideração os benefícios da rastreabilidade dos requisitos, em ambientes ágeis, profissionais que atuam no desenvolvimento de projetos, alegam que se a rastreabilidade é implementada em métodos ágeis, a mesma não deve gerar sobrecarga administrativa, pelo contrário, vantagens como análise do impacto das mudanças dos requisitos, conformidade, aprendizado e informações (VEERAPANENI e RAO, 2011), conforme indica as descrições da tabela 4, além de mais benefícios, logo a rastreabilidade dos requisitos em ambientes ágeis é válida. De acordo com (KIROVA *et al.*; 2008) a utilização de artefatos ágeis existentes, como casos de testes, auxiliam os desenvolvedores a compreender como uma mudança influencia o código-fonte, pois as metodologias de desenvolvimento ágil adotam uma abordagem precisa de rastreabilidade, baseado no conhecimento dos desenvolvedores do sistema.

Segundo os autores essa estratégia de rastreabilidade funciona em um ambiente ágil com equipes pequenas em colaboração contínua e propriedade compartilhada do software, porém a desvantagem dessa estratégia é a divisão em equipes maiores e dispersas (KIROVA *et al.*, 2008). Para os projetos a serem desenvolvidos, é considerado algum nível de rastreamento e há casos que adicionar a rastreabilidade em métodos ágeis é válido, entretanto a rastreabilidade depende da vida útil do projeto, se for um projeto de vida curta (um ano) deve-se evitar a rastreabilidade, sendo assim para justificar o uso da rastreabilidade, a empresa deve consultar o cliente ou as partes interessadas sobre quanto tempo o produto será utilizado e caso mude a vida útil é recomendado adotar na fase inicial do projeto e se a vida útil durar mais que um ano, é importante adotar por completo (VEERAPANENI e RAO, 2011).

Caso a rastreabilidade seja adotada em metodologias ágeis, as ligações (*links*) de rastreamento frequentemente existem entre os requisitos e casos de testes, além disso podem ser auxiliados por referências ao código nas mensagens de aprovação e entre os requisitos, mas o sucesso das ligações (*links*) entre as mudanças de requisitos e a elaboração do projeto ocorre quando há entendimento de como as mudanças nas necessidades do cliente são estruturadas nas especificações dos requisitos (LEE, GUADAGNO; JIA, 2011). Para que a rastreabilidade possa ser favorecida no desenvolvimento de software com paradigmas ágeis e orientados a planos, é fundamental a precisão para superar desafios e obter seus benefícios (WOHLRAB *et al.*, 2020).

Para superação de desafios e obtenção de benefícios, é recomendado que as empresas adotem uma abordagem híbrida, para ocasionar efeitos importantes na produtividade do projeto, a metodologia SCRUM incluída a prática XP, por exemplo (VEERAPANENI e RAO, 2011). Para isso, trabalhos de (SHERENI, 2015) sugerem pesquisas para verificação de como a rastreabilidade dos requisitos pode ser adotada em ambientes ágeis. No entanto, em casos de projetos pequenos, de um a seis membros da equipe, a rastreabilidade pode ser mínima quando são utilizadas abordagens híbridas com o SCRUM e XP e no caso de projetos grandes e complexos, com mais de cinquenta membros na equipe, deve-se documentar todo o trabalho e a rastreabilidade adotada ao máximo (BOUILLON; MÄDER; PHILIPPOW, 2013); (VEERAPANENI e RAO, 2011).

2.4.7 Barreiras para rastreabilidade dos requisitos

Na metodologia tradicional de projetos, quanto na metodologia ágil, há barreiras para rastreabilidade dos requisitos e a barreira é “Qualquer coisa que dificulte ou impeça a realização ou a obtenção de algo; estorvo, impedimento, obstáculo” (MICHAELIS, 2020). As barreiras podem ser definidas igualmente, como fatores críticos, limitadores ou dificultadores (BURGER *et al.*, 2018). As pesquisas sobre as barreiras não são exclusivas na rastreabilidade dos requisitos, na gestão de riscos, por exemplo, há barreiras nas práticas atuais e tais barreiras na gestão de riscos podem surgir no decorrer da gestão quanto nas empresas (RAO TUMMALA, *et al.*, 1997). Para a implementação da gestão do conhecimento nas empresas, as barreiras são classificadas em três categorias: organizacional, grupo e individual (BOLLINGER & SMITH, 2001).

Uma amplitude de pesquisas para soluções dos problemas da rastreabilidade dos requisitos são realizadas (KIROVA *et al.*, 2008) e pesquisadores nos últimos vinte anos têm estudado os desafios da rastreabilidade dos requisitos enfrentados pelos profissionais, para mitigar e compreender com a finalidade de desenvolver e prosseguir com a rastreabilidade (GOTEL *et al.*, 2012). Adicionalmente, (WOHLRAB *et al.*, 2020) ressaltam que apesar de muitas pesquisas empíricas publicadas sobre a rastreabilidade, poucas pesquisas objetivam definir o estado da prática da rastreabilidade e os desafios enfrentados.

De acordo com (BLAAUBOER; SIKKEL; AYDIN, 2007); (FORD e TRIGGS, 2006) os principais desafios apresentados são: 1) Determinar a prática da rastreabilidade; 2) Permanecer a rastreabilidade dos requisitos; 3) É uma iniciativa custosa; 4) Sensível

politicamente; 5) Os desenvolvedores enxergam a rastreabilidade como uma atividade facultativa; alguns profissionais não dão a importância para a rastreabilidade, alegando apenas o interesse em fazer o trabalho, nada mais além (WOHLRAB *et al.*, 2020) 6) Há poucos recursos para a realização, insuficiência de recursos materiais e físicos para a realização da rastreabilidade; 7) Ausência de comunicação entre os desenvolvedores do produto; 8) Falta de apoio à ferramenta de rastreabilidade; 9) Ausência de tempo no cronograma; 10) Excesso na compreensão da equipe do produto de que o trabalho é essencial para manter a rastreabilidade; 11) Custo, o efeito líquido da operação de fabricação no todo; 12) Implementação a fim de atender os requisitos iminentes e os requisitos de longo prazo; 13) Existência de requisitos que estabelecem a profundidade, abrangência ou nível de rastreabilidade que serão essenciais a realizar (GOTTEL e FINKELSTEIN, 1994).

Adicionalmente as barreiras para rastreabilidade dos requisitos, há questões econômicas, sendo um outro desafio para utilização da rastreabilidade dos requisitos, porém pesquisadores empenham-se para alcançar um entendimento sobre o que pode ser obtido e definido em teoria para ser usadas na aplicação e orientação para uma correta rastreabilidade dos requisitos em projetos comuns (WINKLER e VON PILGRIM, 2009). Por exemplo, no setor de desenvolvimento de software e TI (Tecnologia da Informação), os custos em relação ao esforço e tempo afetam a prática da rastreabilidade dos requisitos e o custo torna-se maior, se os requisitos continuar mudando e o projeto expandindo (SHERENI, 2015).

Assim como há questões econômicas e esforço para compreender sobre os benefícios da rastreabilidade dos requisitos, estudos de (REGAN *et al.*, 2012) afirmam que no rastreamento de requisitos não funcionais há barreiras difíceis de superar, pois no desenvolvimento dos projetos, os requisitos não funcionais são complexos de rastrear, pois: 1) Podem ser duvidosos; 2) Não são quantificáveis; 3) São difíceis de serem verificados em relação a componentes individuais; e 4) Requer atenção dos engenheiros de software ao rastrear as especificações em direção ao projeto e vice-versa (DUARTE; DUARTE; THIRY, 2016).

Além das dificuldades do rastreamento dos requisitos não funcionais (RNF), os principais riscos na rastreabilidade acontecem quando há divergências entre as prioridades dos responsáveis pela rastreabilidade (FORD e TRIGGS, 2006) Projetos mais complexos ou de elevado riscos podem requerer mais rastreabilidade dos requisitos e a complexidade da rastreabilidade dos requisitos aumenta devido a dimensão e complexidade do projeto (PMI, 2015). Entretanto, dentro das empresas, alguns setores podem entender que a rastreabilidade é de baixa prioridade ou opcional, portanto a destinação de equipe, tempo e recursos costumam ser escassos (REGAN *et al.*, 2012).

A rastreabilidade dos requisitos em excesso prejudica a equipe do projeto e implica em impactos no cronograma e custos desnecessários, desse modo, a quantidade certa de rastreabilidade dos requisitos auxilia a diminuir os riscos (PMI, 2015). Muitos clientes, agências, modelos e estruturas de qualidade requerem ou definem a rastreabilidade dos requisitos, porém poucos conceituam como a rastreabilidade deve ser realizada, ocasionando uma extensa série de variações nas realizações da rastreabilidade e nos benefícios que a mesma apresenta (KIROVA *et al.*, 2008) Adicionalmente (REGAN *et al.*, 2012) consideram como desafios da rastreabilidade no setor de desenvolvimento de software: 1) Custo; 2) Retorno do investimento; 3) Danificação da rastreabilidade; 4) Falta de instrução aos colaboradores; e 5) Dificuldades de coleta de dados.

As barreiras e discussões sobre a rastreabilidade dos requisitos são discutidas na engenharia de produto e software, além dos procedimentos descritos para a mesma, no entanto os procedimentos para rastreabilidade não desempenham nenhum papel importante na engenharia de serviço e nas abordagens integradas, além do mais, a rastreabilidade dos requisitos em todos os domínios, conforme necessário para o PSS não é discutida (BERKOVICH; LEIMEISTER; KRCMAR, 2011).

Entretanto no desenvolvimento de sistemas produto-serviço, a rastreabilidade dos requisitos é amparada por ferramentas e como a ferramenta TRAILS, que apresenta modelos de processos, especificações de requisitos ou diagramas da estrutura de sistemas que fornece uma integração e visualização do conhecimento da engenharia, assegurando uma rastreabilidade abrangente no decorrer do ciclo de vida da solução (WOLFENSTETTER *et al.*, 2018). No setor de manufatura a adesão de um sistema de rastreabilidade é um desafio para as quatro equipes (Fabricação, Materiais, Engenheiros, Sistemas de Informação), visto que o sistema exigirá um trabalho em conjunto, para garantir os benefícios da rastreabilidade a empresa (FORD e TRIGGS, 2006).

No setor de desenvolvimento de software de segurança, as barreiras para a rastreabilidade dos requisitos são importantes para os críticos de segurança e domínios gerais, pois para o domínio crítico de segurança, há outras complexidades em usar o rastreamento automatizado, no entanto, o rastreamento automatizado sozinho não garante a responsabilidade, o que possivelmente o desqualifica do domínio crítico de segurança, logo, usar a verificação manual de rastreamentos automatizados pode resolver esse problema (REGAN *et al.*, 2012).

Diferentemente do setor de desenvolvimento de software de segurança que usam a barreira para rastreabilidade dos requisitos como incentivo, no desenvolvimento de software para dispositivos médicos, é utilizada a matriz de rastreabilidade através do Excel, para realização da rastreabilidade dos requisitos, entretanto o uso do software é ineficiente e exaustivo para atualizar as mudanças (REGAN *et al.*, 2013) Outras barreiras que dificultam a utilização de ferramentas para rastreabilidade dos requisitos são: 1) Insuficiência de

tempo para realização de pesquisa acerca dos tipos de ferramentas de rastreabilidade e adaptação; 2) Custo da compra e implementação de ferramenta, que deverá ter justificativa o motivo pela aquisição; 3) Conformidade: ineficiência de ferramentas na geração de uma matriz de rastreabilidade completa e falha no cumprimento dos requisitos para registros eletrônicos e assinaturas digitais; 4) Segurança da ferramenta: ausência de suporte adequado para a ferramenta de rastreabilidade, gera desconfiança dos usuários; 5) Insegurança dos profissionais na tomada de decisão para mudança de processos, pois os usuários necessitam de ferramentas acessíveis e compatíveis (REGAN *et al.*, 2013).

Ressalta-se que, para os gerentes de projeto, as tecnologias para a rastreabilidade dos requisitos é fundamental, entretanto, a insuficiência de suporte técnico influencia de forma negativa nas decisões para adesão, ou seja, um suporte técnico apropriado influencia positivamente em aderir a rastreabilidade (BLAAUBOER; SIKKEL; AYDIN, 2007). A insuficiência de suporte técnico inibe a rastreabilidade dos requisitos, entretanto, no setor de desenvolvimento de aplicativos para telefonia móvel e telecomunicações, os custos são a causa principal para a não adesão e o prosseguimento da rastreabilidade dos requisitos, pois os custos de manutenção da rastreabilidade refletem no projeto, mesmo o projeto percebendo os benefícios, a rastreabilidade ocorre nas atividades pré e pós-projeto (TORKAR *et al.*, 2012).

Segundo (KIROVA *et al.*, 2008), no setor de telecomunicações, apesar da serventia da rastreabilidade ser comprovada, diversas empresas optam por não aderir a rastreabilidade efetiva, visto que a rastreabilidade é considerada custosa demais em relação ao retorno que oferece. Diante disso, a motivação do projeto pode ser menos do que ideal, possivelmente influenciando ou aprimorando outras questões, como coordenação, funções e responsabilidades e o uso de técnicas (TORKAR *et al.*, 2012).

Além dos custos como causa principal para não adesão da rastreabilidade dos requisitos, no setor de telecomunicações, desenvolvimento de software e tecnologia da informação, a consciência em rastrear os requisitos é notória e muito reconhecida, entretanto não é adotada de forma apropriada, pois não há comprometimento para um planejamento e as empresas só refletem sobre a rastreabilidade dos requisitos no projeto, se for um pedido solicitado pelo cliente (SHERENI, 2015).

Mesmo a rastreabilidade sendo solicitada pelo cliente, (REGAN *et al.*, 2012) apresentam como as principais barreiras para a rastreabilidade dos requisitos, sendo elas: 1) Custo; 2) Retorno do investimento da rastreabilidade; 3) Degradação da rastreabilidade; 4) Falta de instrução aos colaboradores da empresa; e 5) Dificuldade na coleta das informações para rastreabilidade, justificando estudos de (ARKLEY e RIDDLE, 2005), onde informações incompletas, desatualizadas e incorretas são apresentadas devido a falta de percepção dos benefícios da rastreabilidade por parte dos engenheiros de desenvolvimento por darem prioridade menor às tarefas da rastreabilidade.

Além das barreiras envolvendo custos, retornos de investimentos, degradação e dificuldade de coleta das informações, as ferramentas atuais para rastreabilidade dos requisitos, usadas em projetos de desenvolvimento de software e TI, para gestão de requisitos e tarefas são custosas e não apropriadas para rastrear os requisitos dos projetos, desta forma, as empresas buscam por outras alternativas para gerenciar projetos, uma vez que a gestão de projetos muda continuamente (SHERENI, 2015) e os benefícios da rastreabilidade são não muito visíveis (REMPEL e MÄDER, 2017).

Adicionalmente, as barreiras reconhecidas nos setores de telecomunicações, software e sistemas de segurança, estudos de (MARO; STEGHÖFER; STARON, 2018), elencam vinte e dois desafios para rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de sistemas críticos de segurança no setor automotivo. A tabela 5 apresenta os desafios reconhecidos no setor automotivo.

Tabela 5 – Desafios da rastreabilidade para o desenvolvimento de sistemas críticos de segurança.

Categoria	ID	Descrição do desafio da rastreabilidade
Conhecimento da rastreabilidade	1	Ausência de compreensão
	2	Nível de granularidade
	3	Dificuldade na definição de um modelo de informação
	4	Processo de rastreabilidade impreciso
Suporte de ferramentas	5	Ausência de ferramentas configuráveis
	6	Confiança na ferramenta
	7	Artefatos inacessíveis
	8	Ferramentas e artefatos diversificados
	9	Atividades manuais
Fatores humanos	10	Má utilização dos dados da rastreabilidade
	11	Percepção de sobrecarga
Processo e organização	12	Desenvolvimento distribuído
	13	Rastreabilidade nas fases do ciclo de vida do desenvolvimento do sistema
	14	Reutilização das informações da rastreabilidade
Utilização da rastreabilidade	15	Não utilização dos <i>links</i> (ligações) para rastreabilidade
	16	Ausência de visualização e ferramentas para transmissão
Mensuração da rastreabilidade	17	Avaliação da rastreabilidade
	18	Retorno do investimento
Trocas através das organizações	19	Ausência de padronização das trocas de informações
	20	Objetivos conflitantes
	21	Restrições das confidencialidades
	22	Ausência de coordenação

Diferentemente dos setores industriais e as barreiras reconhecidas nos mesmos, existem desafios em determinar quais relações da rastreabilidade dos requisitos devem ser documentadas, pelas empresas que desenvolvem pequenos projetos de sistemas, isso ocorre devido às pesquisas sobre a rastreabilidade dos requisitos concentrar em setores industriais maiores como eletrônico, automobilístico e aeroespacial, consequentemente não dando atenção em projetos de escala menor (um a seis membros na equipe (AHMAD e GHAZALI, 2007);(BOUILLON; MÄDER; PHILIPPOW, 2013); (RAMESH, 1998).

2.4.8 Benefícios da rastreabilidade dos requisitos

As barreiras reconhecidas pela literatura, são definidas como limitações que impedem alguma coisa ou atividade, por outro lado o benefício é “toda vantagem produzida por alguma coisa, estado, ação ou resultado proveitoso” MICHAELIS (2020), além disso podem ser melhores resultados e vantagens experimentadas pelos usuários de tecnologia (KEELING e BRANCO, 2014); (SILVA; CRIPPA; SCHEER, 2019). Os benefícios correspondem aos objetivos econômicos, individuais e sociais, gerando diminuição do cansaço físico e mental, custos relacionados às horas trabalhadas, rotatividade de pessoas, solução de carências, necessidades típicas correspondidas e viabilizar uma qualidade de vida melhor às pessoas (CHIAVENATO, 1994).

De acordo com (REGAN *et al.*, 2012), existe a dificuldade na coleta das informações, como variações nas terminologias e significado que pode prejudicar a capacidade de transmitir as informações dos requisitos de forma efetiva dos clientes para os projetistas (JIAO e CHEN, 2006), porém como benefício a rastreabilidade, favorece a comunicação entre as equipes no projeto para mitigar, as dificuldades em associar os motivos e origens aos requisitos (RAMESH e JARKE, 2001); (SAHRAOUI, A-E.-K, 2005) e as informações sobre o rastreamento auxiliam na obtenção dos benefícios através das atividades de rastreabilidade (GALVÃO e GOKNIL, 2007).

Adicionalmente, na interpretação dos requisitos do cliente, a rastreabilidade favorece na comprovação do que o sistema realiza e o que se aguarda dele (AHMAD e GHAZALI, 2007). Sendo um benefício para o desenvolvimento do sistema, a interpretação dos requisitos do cliente (parte interessada), estudos de (WOHLRAB *et al.*, 2020) afirmam que é fundamental fazer com que os colaboradores da empresa entendam os benefícios da rastreabilidade.

No setor de desenvolvimento de software para dispositivos médicos, constata-se como benefício da rastreabilidade a facilidade em visualizar os requisitos que foram testados e a utilização de uma matriz revisada (REGAN *et al.*, 2013). Paralelamente a visualização dos requisitos, a rastreabilidade dos requisitos agrega valor duplamente 1) Na gestão da mudança, pois com o suporte da rastreabilidade dos requisitos é possível analisar o impacto da mudança dos requisitos em um aplicativo, como os códigos e casos de teste, assim diminuindo o tempo de manutenção do software consideravelmente, o que viabiliza aos projetistas e suporte no decorrer do projeto, a observar quando um pedido de mudança é realizado antes de reprojetar o sistema (BLAAUBOER; SIKKEL; AYDIN, 2007); (SAHRAOUI, A.E.K, 2005). 2) Com a verificação do sistema e requisitos, facilita e viabiliza um monitoramento melhor do processo 3) Auxilia os gerentes de projeto na consistência de modelos, 4) Identificação de requisitos conflitantes, 5) Gerenciamento e manutenção de mudanças e 6) Redução de custos (WATKINS e NEAL, 1994).

Além de apoiar na gestão de mudanças através das análises de impacto, a visualização de um pedido de mudança, processo, identificação de requisitos e redução de custos, (WIEGERS e BEATTY, 2013) apresentam potenciais benefícios da adesão do rastreamento de requisitos, sendo eles: 1) Descobrimto de requisitos ausentes: através do rastreamento é possível investigar requisitos do usuário que não seguem nenhum requisito de negócios e requisitos do usuário que não seguem nenhum requisito funcional; 2) Descobrimto de requisitos desnecessários: identificação de requisitos funcionais que não referem-se aos requisitos de negócios ou usuário, logo podem não ser essenciais; 3) Conformidade e certificação: para apresentar que todos os requisitos foram implementados, as informações de rastreamentos podem ser utilizadas para certificar se foram atendidos e incluídos, apesar de não confirmar se os requisitos foram implementados corretamente, mesmo sendo essencial em empresas do setor desenvolvimento de aplicativos para serviços financeiros e saúde (WIEGERS e BEATTY, 2013).

Adicionalmente, (REGAN *et al.*, 2013) afirmam que empresas de desenvolvimento de software para dispositivos médicos, enxergam como benefício a conformidade e adotam para satisfação de auditoria, porque são exigidas através de normas e diretrizes; 4) Análise do impacto da mudança: a desconsideração de um componente do sistema que seria impactado caso modifique, adicione ou exclua um requisito específico, há possibilidade de ocorrer sem as informações de rastreamento; 5) Manutenção: Durante a manutenção, as informações confiáveis do rastreamento viabilizam a habilidade de realizar as mudanças corretamente e por completo, além disso frequentemente devem ser atualizados os sistemas de software quando regulamentações ou políticas organizacionais mudam; 6) Acompanhamento do projeto: no desenvolvimento do sistema, as informações registradas do rastreamento possibilitam o estado de implementação da funcionalidade planejada e os produtos de trabalhos não elaborados são indicados por ligações (*links*) inexistentes; 7)

Reengenharia; as funções de um sistema existente que estão sofrendo mudança, podem ser enumeradas e rastrear até onde são demandadas nos novos requisitos do sistema e componentes do software; 8) Reúso: a reutilização de componentes do produto, identificação de conjunto de requisitos, códigos, projetos e testes são viabilizados através das informações de rastreamento; 9) Teste: As áreas com possíveis defeitos são apresentadas quando um teste falha, ou seja, as ligações (links) entre os testes, códigos e requisitos mostram o caminho para os desenvolvedores examinarem (WIEGERS e BEATTY, 2013).

Além do reconhecimento dos benefícios da rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de software, segundo (FORD e TRIGGS, 2006), no setor de manufatura, os fabricantes através da rastreabilidade dos requisitos podem detalhar as informações e compreender em que condições ocorrem os problemas e sob quais condições os problemas não ocorreram no processo de fabricação, reconhecendo com clareza a responsabilidade. A rastreabilidade é alcançada mediante ao entendimento do histórico do processo de fabricação e materiais usados (FORD e TRIGGS, 2006). A tabela 6 apresenta os benefícios da rastreabilidade dos requisitos e discussões sendo: 1) Qualidade; 2) Acompanhamento do processo; 3) Auditoria; 4) Análise do impacto das mudanças; 5) Avaliação das mudanças; 6) Confiança; 7) Análise dos objetivos; 8) Transparência com fornecedores; 9) Precisão; 10) Equilíbrio e custo-benefício (HULL; JEREMY; DICK, 2011); (KIROVA *et al.*, 2008).

Tabela 6 – Benefícios da rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de projetos.

Benefícios da rastreabilidade dos requisitos	Descrição dos benefícios
1) Qualidade	Assegura que o produto correto esteja sendo produzido corretamente.
2) Acompanhamento do processo	Acompanha a execução do produto e entrega final ao cliente, ou seja, acompanha o desenvolvimento do processo, pois é complexo mensurar tudo que está sendo realizado, elaborar e verificar documentos (HULL; JEREMY; DICK, 2011).
3) Auditoria	Certifica que a equipe do projeto esteja construindo o produto que o cliente aguarda.
4) Análise do impacto das mudanças	Diversos tipos de análise de impacto são realizáveis (HULL; JEREMY; DICK, 2011) e identificam os produtos de trabalhos influenciados por alguma mudança.
5) Avaliação das mudanças	A possibilidade de avaliação do impacto da mudança (HULL; JEREMY; DICK, 2011), assegura que os requisitos, o projeto, a realização e os testes associados, sejam todos avaliados quanto ao impacto das mudanças.
6) Confiança	Cumprimento dos objetivos do projeto com maior confiança;
7) Análise dos objetivos	Padronizar e determinar relacionamentos dos objetivos ocasiona uma análise maior de como os objetivos são cumpridos;
8) Transparência com fornecedores	Maior transparência de como os fornecedores contribuem e empresas responsáveis relacionadas;
9) Precisão	Precisão do processo nas fases iniciais que envolvem o rastreamento
10) Equilíbrio e custo-benefício	Equilíbrio do custo e benefício da atividade; Associar os requisitos aos componentes do produto viabiliza a avaliação do benefício sobre os custos.

Fonte: (HULL; JEREMY; DICK, 2011); (KIROVA *et al.*, 2008).

Conforme os benefícios apresentados pelos estudos de (KIROVA *et al.*, 2008) e (HULL; JEREMY; DICK, 2011) (Tabela 6), ainda assim, os benefícios não são reconhecidos pelas indústrias, devido ao não aprimoramento das práticas de rastreabilidade dos requisitos (WINKLER e VON PILGRIM, 2009).

Mesmo com os benefícios não reconhecidos, trabalhos de (REGAN *et al.*, 2012) concluem que: 1) A rastreabilidade dos requisitos é benéfica; 2) A implementação é insegura; 3) A maioria das empresas não adotam a rastreabilidade; 4) Uma parte das empresas adotam a rastreabilidade de forma eventual; 5) Há muitas barreiras para adesão da rastreabilidade como: custo, ausência de orientação, complexidade do processo, questões sobre ferramentas e políticas; 6) As barreiras para adesão da rastreabilidade podem ser mitigadas através: rastreamentos dos requisitos baseados em valores/importância, ferramentas personalizáveis, políticas organizacionais/setoriais, utilização de abordagens semiautomáticas, diferentes e técnicas, orientação para as equipes/colaboradores, atribuição de responsabilidades e incentivos. A rastreabilidade completa (pré e pós rastreabilidade) facilita a precisão do cronograma de mudanças e custos, isentando o programador ou engenheiro de conhecer todas as áreas influenciadas pelas mudanças (SAHRAOUI, A.E.K, 2005).

Adicionalmente, (KIROVA *et al.*, 2008) recomendam abordagens para solucionar os problemas da rastreabilidade dos requisitos em projetos, sendo: 1) Conhecimento compartilhado da equipe e colaboração; 2) Ferramentas de utilização geral; 3) Matrizes de rastreabilidade em pares; 4) Artefatos únicos com ligações de rastreabilidade de ponta a ponta; 5) Soluções baseadas em ferramentas de gestão de requisitos; e 6) Ambientes de rastreabilidade integrada, onde ambientes de ferramentas integradas facilitam a engenharia de requisitos e a verificação, garantindo que as informações da rastreabilidade sejam criadas, preservadas e acessíveis a qualquer hora e lugar para os colaboradores autorizados, onde a integração da rastreabilidade no processo de desenvolvimento pode melhorar a qualidade das informações, essa integração deve apresentar benefícios imediatos e concretos para o atual processo de desenvolvimento (ARKLEY e RIDDLE, 2005). No setor de desenvolvimento de software e TI, as decisões tomadas pela empresa estão alinhadas com sua política e cultura frente aos processos, adaptação de ferramentas e métodos de gestão e manutenção dos requisitos, sendo assim a política e cultura organizacional auxiliam para a rastreabilidade dos requisitos (SHERENI, 2015).

Entretanto, (REGAN *et al.*, 2012) recomendam para determinar o quão eficazes são as sugestões para superar as barreiras para adotar a rastreabilidade na prática. Para superar algumas barreiras para rastreabilidade dos requisitos (ARKLEY e RIDDLE, 2005) sinalizam que na indústria automotiva, onde os fabricantes ocasionalmente especificam os requisitos iguais, resultando na produção de muitos sensores comuns diferentes, aborda-se o problema do benefício da rastreabilidade, criando um sistema de rastreabilidade de

requisitos, que faz parte do processo de desenvolvimento do projeto e apresenta benefícios imediatos aos engenheiros que realizam a entrada de dados.

Embora os benefícios reconhecidos e apresentados pela rastreabilidade dos requisitos, sua adesão apresenta desafios como: gestão de mudanças, custos, desafios organizacionais e pouco suporte de procedimentos para rastreabilidade, requer um esforço manual em grande quantidade, contudo os obstáculos podem ser minimizados através de mudanças de processos organizacionais (KANNENBERG e SAIEDIAN, 2009), porém os analistas tornam-se ágeis, compreensíveis e responsáveis em confirmar com maior facilidade se o requisito atendeu a necessidade com a rastreabilidade dos requisitos (DEHGHANI, 2019).

Empresas do setor que não compreendem totalmente os benefícios da rastreabilidade, porém possuem um procedimento padrão operacional em funcionamento para rastreabilidade dos requisitos, não conduzido pela gerência, podem adotar medidas para facilitar o entendimento, sendo: 1) uma política organizacional que afirma os princípios com relação a rastreabilidade; 2) treinamento e capacitação sobre os benefícios da rastreabilidade aos colaboradores, o que facilita a seguir com a rastreabilidade. As medidas podem auxiliar a gerência e os desenvolvedores a entenderem a relevância em adotar e manter a rastreabilidade frente a mudanças e não apenas usar uma matriz de rastreabilidade para fins de conformidade do projeto (REGAN *et al.*, 2013).

Adicionalmente aos benefícios e sugestões de melhorias para rastreabilidade dos requisitos propostas por (KANNENBERG e SAIEDIAN, 2009) e (REGAN *et al.*, 2013), recomendações de (GREGORY, 2021) são reforçadas pelo advento das mudanças, devido a pandemia de COVID-19, que justifica o entendimento de que profissionais e pesquisadores devem cooperar na criação de uma base de métodos e práticas de Engenharia de Requisitos, que sejam passíveis de transferência para a indústria, pois há interesse dos pesquisadores em satisfazer os desafios da prática no campo profissional.

Diante do exposto, a literatura reconhece a pluralidade dos problemas e benefícios da rastreabilidade dos requisitos, no entanto há uma necessidade de tornar os problemas categorizados em barreiras, objetivando uma classificação e os benefícios mais visíveis, sendo assim, esta pesquisa visa identificar e categorizar as barreiras e benefícios, tornando os benefícios da rastreabilidade dos requisitos mais explícitos e as relações entre as mesmas, a fim da possibilidade em mitigar as barreiras existentes.

3 METODOLOGIA

Essa seção expõe os procedimentos metodológicos planejados para a pesquisa e respectivas etapas.

3.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS EMPREGADOS NA PESQUISA

3.1.1 Revisão Bibliográfica Sistemática

Para viabilizar a pesquisa sobre as barreiras e benefícios da rastreabilidade dos requisitos e desenvolver o estudo de caso, foi elaborada uma revisão bibliográfica sistemática. De acordo com (KITCHENHAM, 2004), a revisão bibliográfica sistemática é um instrumento para reconhecer, examinar e interpretar pesquisas importantes de uma área, questões de pesquisas ou um acontecimento de interesse, além disso os motivos para realização da mesma são: 1) Sintetizar evidências reais sobre algum processo ou tecnologia; 2) Evidenciar lacunas nas pesquisas atuais com o propósito em recomendar pesquisas futuras; 3) Viabilizar uma estrutura para apoiar outras pesquisas; 4) Verificar se as hipóteses são refutáveis ou apoiadas por evidências empíricas ou na criação de hipóteses, com a finalidade em entender o “estado da arte” do tema investigado, para tanto, é importante aderir um processo, etapas e ferramentas adequadas (CONFORTO; AMARAL; SILVA, 2011). O processo para revisão sistemática da literatura, seguiu um modelo baseado em estudos de (KITCHENHAM *et al.*, 2009) e (CONFORTO; AMARAL; SILVA, 2011).

A escolha dos artigos para elaboração da revisão bibliográfica sistemática, seguiu os critérios conforme apresenta a Tabela 6. Os critérios de escolha das pesquisas possuem o objetivo de identificar as pesquisas primárias que apresentam evidências explícitas acerca da questão da pesquisa, além disso a inclusão e exclusão de pesquisas devem ser fundamentadas na pergunta de pesquisa (KITCHENHAM, 2004). Para identificação e

classificação do tipo das barreiras e benefícios, foram determinados códigos para categorizar no software MAXQDA, 1) Barreiras para rastreabilidade dos requisitos e; 2) Benefícios da rastreabilidade dos requisitos. A ordem de categorização das barreiras e benefícios, deu-se a partir do quantitativo de menções citados dos problemas e benefícios da rastreabilidade dos requisitos, na revisão de literatura e resultados finais dos artigos identificados entre os anos de 1993 e 2020 (Tabelas 12 e 13). A tabela 7 apresenta os critérios de seleção das pesquisas e procedimentos para elaboração da revisão bibliográfica sistemática.

Tabela 7 – Critérios de seleção de pesquisas e procedimentos para revisão bibliográfica sistemática.

Critérios de seleção dos artigos	Procedimento
Palavras-chaves e strings.	Utilização de operadores booleanos “OR” e “AND” associado às palavras-chaves sobre o tema da pesquisa, em bases científicas. Strings utilizadas: (1) <i>“requirements traceability” and “requirements tracing”</i> (2) <i>“traceability requirements” and “project development”</i> Bases de dados utilizadas: Scopus, Engineering Village, Google Scholar e Researchgate
Tema da pesquisa	Seleção de artigos relacionados ao tema e lacuna da pesquisa, posteriormente a busca nas bases científicas. A RBS buscou identificar quais os benefícios e quais os problemas teóricos e práticos na rastreabilidade de requisitos. Artigos que não continham tais informações foram excluídos, ao longo da aplicação dos filtros.
Período	Identificação de artigos que abordam os problemas e os benefícios da rastreabilidade dos requisitos entre os anos de 1993 e 2020, pois nos últimos vinte anos a literatura reconheceu os desafios da rastreabilidade dos requisitos (GOTEL <i>et al.</i> , 2012).
Definição do método de busca, ferramentas e filtros	Filtro 1: Leitura do título, resumo e palavras-chave Filtro 2: Leitura da introdução e conclusão Filtro 3: Leitura completa
Análise dos artigos selecionados	Releitura dos artigos selecionados e realização de uma codificação deles com suporte do software MAXQDA.

Fonte: Elaborado pelo autor, (2021).

Os artigos que não contemplavam os critérios para elaboração da revisão bibliográfica sistemática (Tabela 7), foram excluídos e os selecionados são apresentados na próxima seção, 4. Resultados, tabela 12.

3.1.2 Estudo de Caso

Para a realização do estudo de caso, posteriormente à elaboração e uso da revisão sistemática da literatura para analisar as barreiras e benefícios da rastreabilidade dos requisitos nas empresas, foi escolhida a abordagem para condução de um estudo de caso apresentado por MIGUEL (2007). A figura 13 apresenta o processo adotado para concepção da pesquisa e a discussão das suas respectivas etapas divididas em: A) Definir a Fundamentação teórica; , B) Planejar os Estudos de caso; C) Coordenar o teste piloto; D) Coletar os dados; E) Analisar os dados; e F) Elaborar o relatório.

Figura 13 - Procedimentos de um Estudo de Caso.

Fonte: Adaptado MIGUEL (2007).

- A)** Definir a fundamentação teórica: mapeamento da literatura acerca da rastreabilidade dos requisitos, conforme indicado os procedimentos na etapa I;
- B)** Planejar os estudos de casos: escolha das unidades de análise, empresas que atuam com desenvolvimento de projetos, conforme indicado a etapa II;
- C)** Coordenar o teste piloto: estudo de caso piloto realizado para aquisição de conhecimento empírico; indicado na etapa I
- D)** Coletar os dados: abordagem as empresas que atuam com desenvolvimento de projetos, através de entrevistas com gerentes de projetos, analistas e desenvolvedores; conforme indicado na etapa II

- E)** Analisar os dados: produzir uma narrativa do caso, após o conjunto de dados coletados; conforme indicado na etapa III.
- F)** Elaborar o relatório: sintetizar o conjunto de atividades das etapas anteriores no relatório de pesquisa, considerando os resultados à teoria, conforme indicado na etapa III.

Seguindo os conceitos principais de (MIGUEL, 2007), a metodologia da pesquisa deste trabalho foi decomposta em três etapas (Tabela 8).

A primeira etapa, conceituação da fundamentação teórica, tem por objetivo mapear e compreender os conceitos essenciais acerca do tema em estudo, visando a concepção do protocolo de coleta de dados. A segunda etapa, coleta de dados nas empresas, tem como propósito coletar informações empíricas sobre as barreiras e benefícios da rastreabilidade dos requisitos, no desenvolvimento de projetos. A terceira etapa, análise dos resultados finais, têm por finalidade identificar as barreiras e benefícios da rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de projetos. Neste contexto, o pesquisador pensa com mais atenção e seletividade sobre as variáveis e construtos a partir da elaboração de uma estrutura (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002). A tabela 8 apresenta o objetivo da etapa, entrega principal, métodos e atividades de cada etapa da pesquisa.

Tabela 8 – Etapas, objetivos, entrega principal, métodos e atividades.

Etapas	Etapa I Conceituação da fundamentação teórica	Etapa II Coleta de dados - Empresas	Etapa III Análise dos resultados finais
Objetivo da etapa	Investigar os conhecimentos estudados acerca do tema indicado.	Investigar as barreiras e benefícios, motivações e partes interessadas na rastreabilidade dos requisitos para o desenvolvimento de projetos da empresa.	Identificar barreiras e benefícios da rastreabilidade dos requisitos, motivações do uso e partes interessadas envolvidas, seguindo a literatura
Entrega principal	Fundamentação teórica	Barreiras, benefícios, ferramentas adotadas, partes interessadas envolvidas pelas empresas acerca da rastreabilidade dos requisitos.	Descrição das barreiras e benefícios da rastreabilidade dos requisitos, motivações do uso da atividade, ferramentas utilizadas e partes interessadas envolvidas
Métodos	Levantamento bibliográfico da literatura e RBS através das bases científicas e critérios preestabelecidos	Estudo de caso exploratório. Através de um protocolo de coleta de dados desenvolvido baseado no teste piloto e referências sobre o tema da pesquisa.	Análise qualitativa, interpretação através de métodos e softwares de análise
Atividades	<p>A1: Mapear a literatura com o suporte de software qualitativo através de codificação.</p> <p>A2: Definir as variáveis da rastreabilidade dos requisitos a serem observadas;</p> <p>A3: Desenvolvimento do teste piloto do estudo de caso.</p>	<p>A4: Abordar profissionais desenvolvedores de projetos com o teste piloto, através de questionário e canais de comunicação.</p> <p>A5: Refinar o teste piloto após abordagem aos profissionais.</p> <p>A6: Realizar entrevistas com o apoio do protocolo de coleta de dados revisado as empresas.</p>	<p>A7: Analisar os resultados coletados para averiguar as barreiras e benefícios da rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de projetos;</p> <p>A8: Mapear as motivações do uso da atividade, percepções e funções das partes interessadas.</p> <p>A9: Realizar relatório a partir dos dados coletados.</p>

Fonte: Elaborado pelo autor, (2021).

Através do teste piloto, segundo a metodologia proposta por MIGUEL (2007) para estudo de caso, compreendeu: 1) Compreender as áreas que utilizam a atividade de rastreabilidade dos requisitos; 2) Identificar os setores das empresas que utilizam da atividade; 3) Investigar as partes interessadas envolvidas na atividade; 4) Identificar as motivações para adoção da atividade, o porque ou não 5) Identificar as barreiras e benefícios da rastreabilidade dos requisitos. Posteriormente ao teste piloto, correções para melhoria sucederam e seguidamente, utilizado para abordagem via canais de comunicação como e-mails, videoconferência ou contato telefônico em empresas preestabelecidas.

3.2 ETAPAS DA PESQUISA

3.2.1 Etapa I: Conceituação da Fundamentação Teórica

A princípio uma revisão da literatura não exaustiva foi realizada para o entendimento do tema da pesquisa. Segundo WEBSTER e WATSON (2002) para qualquer projeto acadêmico a revisão bibliográfica é uma das primeiras etapas para a pesquisa. De acordo com os autores, esse processo exclui áreas de estudos com pesquisas excessivas e identifica áreas com ausências de conhecimento. Utilizando bases científicas como Google Scholar, *Engineering Village*, *Researchgate* e palavras chaves no Scopus, segundo FALAGAS *et al.*, (2008), as bases possuem uma ampla variedade de periódicos científicos que podem ser usados por pesquisadores e a qualidade da pesquisa é assegurada pela qualidade das bases (JAYATILLEKE e LAI, 2018).

Para a busca de trabalhos relacionados ao tema na literatura, foram utilizadas palavras-chaves: “*requirements traceability*”, “*requirements tracing*”, “*traceability management*”, “*traceability models*”, “*traceability practice*”, “*project development*”, e “*requirements development*” para localizar: definição e classificação dos requisitos, rastreabilidade dos requisitos e gestão de requisitos. Adicionalmente, buscas em guias do conhecimento BABOK (*Business Analysis Body of Knowledge*) e *Business Analysis for Practitioners PMI (Project Management Institute)* complementam a revisão da literatura sob o ponto de vista prático acerca do tema.

De acordo com o tema do projeto, foi possível identificar uma ampla variedade de pesquisas que sustentaram a fundamentação teórica e a elaborar a revisão sistemática. A escolha dos artigos deu-se através da leitura dos títulos, resumos, resultados e conclusão. Para fundamentar a pesquisa, foi realizada também a leitura de guias do conhecimento, formulados pelo IIBA (Instituto Internacional de Análise de Negócios) o guia BABOK (2015) e o PMI (2015), ressalta-se que o guia de Análise de Negócios apresenta como área do

conhecimento a gestão do ciclo de vida dos requisitos e a tarefa de rastreabilidade dos requisitos, diferentemente dos demais PMI (2015) e REBOK (2013).

As literaturas que não se encaixavam com tema proposto por esta pesquisa, foram descartadas e as que faziam parte do escopo do projeto, foram armazenadas e classificadas segundo a temática dos estudos (por exemplo, gestão de requisitos, gestão do ciclo de vida dos requisitos) com o suporte do software Mendeley. Com o auxílio do software de análise qualitativa MAXQDA, as literaturas foram codificadas seguindo o tema da pesquisa e lacunas.

De acordo com (REIS *et. al.*, 2016) o MAXQDA permite codificar, anotar, organizar, interpretar e avaliar uma grande quantidade de informações, além de compartilhar as análises com demais pesquisadores e gerar relatórios. Ressalta-se que o software além de permitir a realização da pesquisa qualitativa possui recursos para análises quantitativas ou mistas (REIS *et. al.*, 2016). Deste modo, essa etapa foi fundamental para a descrição e concepção do pré-projeto de pesquisa, com os objetivos, métodos estabelecidos e utilização de recursos tecnológicos que orientaram o pesquisador na evolução das próximas etapas metodológicas.

O protocolo de pesquisa foi desenvolvido baseado na análise teórica acima mencionada, como também por um estudo de caso piloto. Foi definido que antes da condução da fase de estudo de caso, na qual os estudos de casos serão executados, a realização um teste piloto com profissionais das empresas desenvolvedoras de projetos, para que o pesquisador adquira-se conhecimento empírico para aperfeiçoar o protocolo de coleta de dados, visando ajustes e melhor entendimento da pesquisa. A realização desse teste piloto, seguiu a recomendação de (MIGUEL 2007), conforme a figura 10 apresenta, os procedimentos para a condução de um estudo de caso.

3.2.2 Etapa II: Coleta de Dados – Empresas

O método escolhido para esta pesquisa foi estudo de caso exploratório. Neste sentido, segundo YIN (2003) o estudo de caso é classificado em três tipos: exploratório, explanatório e descritivo e visa apoiar pesquisas que desejam estudar um fato social de uma forma mais intensa e frequentemente propõe questionamentos do tipo: “como”, e “por que?”, o autor ressalta que o estudo de caso exploratório fornece novos entendimentos para futuras pesquisas e entendimento dos motivos que uma decisão ou diversas decisões

foram consideradas, como foram executadas e resultados atingidos (YIN, 2003). Adicionalmente, o estudo de caso é uma unidade de análise da pesquisa, além disso o estudo é utilizado para diversos tipos de pesquisa como exploração, concepção de teorias, teste e extensão de uma teoria ou aperfeiçoamento de uma teoria (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002).

Reconhecida como uma análise da pesquisa, para (CRESWELL, 2007) a pesquisa de estudo de caso é uma abordagem qualitativa na qual o pesquisador explora um ou diversos sistemas limitados ao decorrer do tempo, através de entrevistas, observações e relatórios, envolvendo diversas fontes, além de informar uma descrição do caso, além disso há interação com os participantes ao decorrer da pesquisa. Esse método é ideal para explorar uma área de estudo EISENHARDT (1989) e também visto como um relevante método nas pesquisas relacionadas à gestão de operações (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002), além disso os autores ressaltam também que há três opções para selecionar casos, dentre eles: 1) Caso específico ou característico do que almeja estudar; (2) Casos excepcionais sobre o tema de pesquisa ou contrastante; e (3) Casos extremos para conferir aspectos contrastantes.

Para explorar uma área de estudo através do estudo de caso, (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002) afirmam que as entrevistas são as causas primárias na obtenção de dados. Essa fase de coleta de dados será apoiada através de entrevistas, a qual trata-se de uma interação entre o entrevistador e o entrevistado ou um grupo de entrevistados onde é produzido um conhecimento (GIVEN, 2008) e a entrevista semiestruturada uma estratégia qualitativa, que visa alcançar os objetivos explícitos através de uma abordagem verbal com o suporte de um protocolo de coleta de dados e sua essência são as questões a serem utilizadas nas entrevistas, além disso o protocolo expõe os assuntos a serem discutidos no decorrer da entrevista (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002). O objetivo da entrevista é para fins comparativos e representativos, comparando respostas e inserindo no contexto da convicção e tópicos comuns do grupo de entrevistados (GIVEN, 2008) e conjuntamente trazer benefícios para ambos, o entrevistador e entrevistados (MIGUEL, 2007).

Através de um teste piloto e os objetivos do mesmo, Tabela 9, foram realizadas abordagens em grupos fechados de “Analistas de Negócios”, “Analistas de Requisitos” e “Gerentes de Projetos” na rede social *LinkedIn*, direcionados a profissionais que atuam no desenvolvimento de projetos como: gerentes de projetos, analistas de negócios e analistas de requisitos. De acordo com (ROODERKERK & PAUWELS, 2014), grupos sobre tópicos específicos são iniciados pelos membros da rede social *LinkedIn*, a qual a mesma facilita essa ação, além disso os grupos de discussão tendem a ser ambientes de coleta de dados, onde por exemplo, conversas podem ser anotadas, mensagens em tempo real e informações disponibilizadas (STEYER; GARCIA-BARDIDIA; QUESTER, 2006).

Tabela 9 – Método de coleta de dados – Etapa II: A2

Método de coleta de dados	Objetivos
Teste piloto	1) Investigar os procedimentos de aplicação;
	2) Analisar a qualidade das informações;
	3) Verificar se as informações estão de acordo com os constructos e objetivos da pesquisa;
	4) Corrigir e aprimorar o protocolo de coleta de dados.

Fonte: Adaptado, MIGUEL, (2007).

Posteriormente ao teste piloto e refinamento do protocolo de coleta de dados, duas empresas (Tabela 9) foram abordadas pelo pesquisador da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC - USP), através de videochamadas utilizando Google Meet e Microsoft Teams conjuntamente ao protocolo de coleta de dados (Apêndice). O aplicativo Google Meet, através das videochamadas, permite a interação dos atores de forma assíncrona, o que possibilita a obtenção do conhecimento e necessidades (ESCOBAR *et al.*, 2020), igualmente, o Microsoft Teams apresenta funcionalidades, salas de bate papo e videoconferências que viabilizam a construção do aprendizado através das interações com os indivíduos (MARTIN e TAPP, 2019).

O protocolo de coleta de dados é dividido em três seções: a seção I contempla questionamentos sobre a área de atuação da empresa e os colaboradores, a seção II questionamentos acerca das tarefas de gestão de requisitos da empresa e a seção III a rastreabilidade dos requisitos nos projetos desenvolvidos pela empresa. Segundo recomenda EISENHART (1989) uma quantidade de quatro a dez estudos de casos é suficiente para a pesquisa.

Conjuntamente foi mantido um canal de comunicação via *e-mail* para abordagem e dúvidas dos colaboradores. O contato com as empresas desenvolvedoras de projetos se manterá até a finalização dessa pesquisa, dado que ao término da coleta e confirmação dos objetivos específicos, haverá a validação das informações referentes às barreiras e benefícios da rastreabilidade dos requisitos através da revisão da literatura. A tabela 10 apresenta as empresas para o estudo de caso.

Tabela 10 – Relação de Empresas desenvolvedoras de projetos do estudo de caso.

ID	Empresas	Setor	Tipos de projetos	Localização
01	Empresa Alfa	Recursos humanos	Software para recrutamento e seleção e gestão de talentos	São Paulo
02	Empresa Beta	<i>Outsourcing</i> de serviços	Software para aviação, saúde, educação e inteligência artificial	São Paulo

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

3.2.3 Etapa III: Análise dos Resultados Finais

A terceira etapa consiste na avaliação dos resultados decorrentes da pesquisa de campo realizada nas empresas pré-definidas na tabela 10. A análise qualitativa visa comparar as experiências e perspectivas dos participantes no decorrer e realizar comparações entre diferentes grupos de entrevistados e fases (GIVEN, 2008). Para as análises são utilizadas a metodologia *Análise with case* e *Análise cross case*, recomendada por EISENHARDT, (1989), vide tabela 11 as ações. Posteriormente a análise, uma síntese, vozes dos participantes da pesquisa, reflexões do pesquisador, interpretação e descrição do problema estudado e uma descrição que amplia a literatura ou aponta uma direção para alguma ação é determinada CRESWELL (2007).

Nesta etapa da pesquisa foi possível identificar os dados importantes, pois a base da análise é a descrição dos casos, considerado como diversas fontes de evidência a reprodução de uma narrativa é produzida, contudo ocasionalmente poderá ser realizada uma redução dos dados (*data reduction*) conforme recomenda (MIGUEL, 2007) e seja incluído na análise o fundamental alinhado aos objetivos da pesquisa. A tabela 11 apresenta as atividades para realização das análises dos resultados, recomendada por (EISENHARDT, 1989).

Tabela 11 – Atividades para as análises finais dos resultados.

Análise	Atividade	Referência
Análise with case	Analisar os dados coletados acerca da rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento dos projetos de cada empresa. Para isso serão usadas as seguintes questões norteadoras: “É realizada a rastreabilidade dos requisitos nos projetos da empresa?”; “Quais ferramentas são utilizadas?”; “Quais motivos e partes interessadas estão envolvidas na atividade?”; “Quais são as barreiras para realização?”	EISENHARDT, (1989)
Análise cross case	Analisar os dados coletados acerca da rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento dos projetos de todas as empresas. Para isso serão usadas as seguintes questões norteadoras: “Quais são os benefícios reconhecidos pela empresa e se os mesmos são reconhecidos?”, visto que as indústrias não consideram e os benefícios da rastreabilidade dos requisitos são pouco explícitos (WINKLER e VON PILGRIM, 2009); (REMPEL e MÄDER, 2017).	

Fonte: Elaborado pelo autor, (2021).

A identificação das barreiras e benefícios da rastreabilidade dos requisitos, ocorreu através de uma revisão bibliográfica sistemática, conforme indicado na fundamentação teórica. Foram identificadas, classificadas e analisadas as barreiras e benefícios da rastreabilidade dos requisitos, motivações para uso, percepção dos benefícios ou não, ferramentas e partes interessadas envolvidas nas empresas do estudo. Posteriormente aos dados coletados, sucedeu o alinhamento com os objetivos da pesquisa, teoria e a discussão sobre o tema através de uma narrativa e análise das barreiras e benefícios da rastreabilidade dos requisitos, sob a perspectiva da revisão sistemática.

De acordo com MIGUEL (2007) nesta etapa será possível identificar as percepções, sendo essencial para a descrição dos casos. Posteriormente uma tabela é apresentada, permitindo uma visão global dos dados em detalhes, sendo assim possível comparar e sintetizar as conclusões a partir dos dados.

4 RESULTADOS FINAIS

Neste capítulo são expostos os resultados da pesquisa. Primeiramente, há uma apresentação sobre a revisão bibliográfica sistemática, através do levantamento dos artigos seguindo os critérios preestabelecidos. Em seguida, discute-se as barreiras e benefícios da rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de projetos, na empresa Alfa e Beta, idealizados através de um estudo de caso. Seguidamente, há uma apresentação do contexto geral sobre os estudos de caso desenvolvidos nas empresas Alfa e Beta. Logo após, as motivações para o uso e não uso da atividade, papel das partes interessadas envolvidas e as barreiras e benefícios são elencadas em detalhes. Ao término, o pesquisador discute quais são as barreiras geradas e/ou influenciadas a partir de outras, benefícios gerados a partir de outros benefícios, barreiras e benefícios reconhecidos e não reconhecidos pela perspectiva das empresas Alfa e Beta.

4.1 BARREIRAS E BENEFÍCIOS DA RASTREABILIDADE DOS REQUISITOS IDENTIFICADOS DA LITERATURA

Através dos critérios preestabelecidos (Tabela 7), para a realização da revisão bibliográfica sistemática, as tabelas 12 e 13 apresentam 30 (trinta) e 33 (trinta e três) artigos identificados (Apêndice – Tabela 32) relacionados às barreiras e benefícios da rastreabilidade dos requisitos.

4.1.2 Visão geral dos trabalhos selecionados

A tabela 12, apresenta 30 (trinta) artigos que trazem para o debate temas relacionados à gestão dos requisitos, modelos, ferramentas, prática da rastreabilidade dos requisitos, problemas enfrentados que inibem ou dificultam o uso da rastreabilidade dos requisitos, atuaram como fontes de pesquisa e incentivo para outras pesquisas nos últimos vinte anos, justificando (GOTEL *et al.*, 2012) e (KIROVA *et. al.*, 2008) . Além de identificar o período em que iniciou os estudos sobre os problemas e barreiras para rastreabilidade dos requisitos, observa-se também os setores e áreas de uso da rastreabilidade dos requisitos que mais reconheceram os problemas para rastreabilidade dos requisitos. Seguidamente, a figura 14, apresenta uma linha do tempo acerca dos estudos.

Tabela 12 – Artigos que abordam as barreiras para rastreabilidade dos requisitos.

ID	Ano	Setor em estudo	Área de uso	Referências
1	2006	Software	Desenvolvimento de sistemas e software	Antoniol <i>et al.</i> ,
2	2005		Desenvolvimento de software	Arkley e Riddle
3	2014		Sistema Produto-Serviço	Berkovich <i>et al.</i> ,
4	2007	Tecnologia da informação	Desenvolvimento de sistemas de informação	Blaauboer <i>et al.</i> ,
5	2013	Software	Desenvolvimento de software	Bouillon <i>et al.</i> ,
6	2005		Arquitetura de software	Cleland-Huang
7	2008		Desenvolvimento de software	De Lucia <i>et al.</i> ,
8	2016		Desenvolvimento de software	Duarte <i>et al.</i> ,
9	2005		Desenvolvimento de software	Egyed <i>et al.</i> ,
10	2018		Sistemas de software	Elamin e Osman
11	2006	Manufatura	Circuitos eletrônicos	Ford e Triggs
12	1997	Software	Desenvolvimento de software	Gotel & Finkelstein
13	1994	Telecomunicações	Soluções e serviços de comunicação	Gotel e Finkelstein
14	2005	Software	Desenvolvimento de software	Heindl e Biffl
15	2004	Múltiplos setores*	Desenvolvimento de ferramentas	Hoffmann <i>et al.</i> ,
16	2008	Construção civil	Projetos de construção	Jallow <i>et al.</i> ,
17	2014		Projetos de construção	Jallow <i>et al.</i> ,
18	2018	Software	Desenvolvimento de software	Jayatilleke e Lai
19	2009			
20	2008	Telecomunicações	Desenvolvimento de sistemas	Kirova <i>et al.</i> ,
21	2000	Software	Desenvolvimento de software	Oberg <i>et al.</i> ,
22	2001		Desenvolvimento de software	Ramesh e Jarke
23	1998	Sistemas	Desenvolvimento de sistemas	Ramesh
24	2012	Telecomunicações e software	Desenvolvimento de sistemas e software	Regan <i>et al.</i> ,
26	2012	Software	Desenvolvimento de software	Torkar <i>et al.</i> ,
27	2016		Desenvolvimento de software	Trindade e Lucena
28	2018		Desenvolvimento de software	Wang <i>et al.</i> ,
29	2002	Automotivo	Desenvolvimento de sistemas eletrônicos	Weber e Weisbrod
30	2020	Software	Desenvolvimento de software	Wohlrab <i>et al.</i> ,

Fonte: Elaborado pelo autor, (2021).

Conforme apresenta a linha do tempo (Figura 14), idealizada a partir da tabela (12), nos anos 90 as primeiras pesquisas apresentam os problemas que encorajam ou não a utilização da rastreabilidade dos requisitos (GOTEL e FINKELSTEIN, 1994); (RAMESH, 1998) e nos anos 2000, pesquisas relacionadas às experiências com a rastreabilidade e ferramentas para atividade (ARKLEY e RIDDLE, 2005); (HOFFMANN *et al.*, 2004); (OBERG *et al.*, 2000); (RAMESH e JARKE, 2001); (WEBER e WEISBROD, 2003).

Em meados dos anos 2000, entre 2006 e 2009, surgem pesquisas sobre os desafios da rastreabilidade dos requisitos, sob a perspectiva dos colaboradores em múltiplos setores, sendo eles; Software, Manufatura, Construção civil, Telecomunicações e Sistemas (ANTONIOI *et al.*, 2006); (BLAAUBOER; SIKKEL; AYDIN, 2007); (DE LUCIA *et al.*, 2008); (FORD e TRIGGS, 2006); (KANNENBERG e SAIEDIAN, 2009); (KIROVA *et al.*, 2008).

Figura 14 - Linha do tempo sobre os estudos das barreiras para rastreabilidade dos requisitos em projetos.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Observa-se que nos anos 2010, inicia-se discussões sobre as barreiras para rastreabilidade dos requisitos, cenários para uso, proposição de um modelo de rastreabilidade para Sistema produto-serviço (PSS) e um guia do conhecimento (BoK), além disso, discute-se os desafios enfrentados em ambientes ágeis (BERKOVICH *et al.*, 2011); (DUARTE *et al.*, 2016); (JALLOW *et al.*, 2014); (RAMESH, 1998); (REGAN *et al.*, 2013); (TRINDADE e LUCENA, 2016); (TORKAR *et al.*, 2012).

No final dos anos 2010 e início dos anos 2020, discute-se a necessidade de um suporte maior para a rastreabilidade dos requisitos e a recomendação de uma gestão da rastreabilidade colaborativa nos projetos, onde sugerem os princípios e uma maior integração e engajamento das partes interessadas na gestão (ELAMIN e OSMAN, 2018); (JAYATILLEKE e LAI, 2018); (WANG *et al.*, 2018); (WOHLRAB *et al.*, 2020).

Através da revisão bibliográfica sistemática e as linhas do tempo, foi possível identificar os setores e os tipos de projetos desenvolvidos que mais apresentam barreiras e benefícios da rastreabilidade dos requisitos. A tabela 13 apresenta as organizações que mais reconhecem barreiras para a rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de projetos, sendo eles: 1) Software; 2) Telecomunicações; 3) Sistemas; 4) Automotivo; 5) Múltiplos setores¹⁰, no desenvolvimento de projetos.

Podemos concluir que o setor de 1) Software, para o desenvolvimento de software (programas e aplicativos), reconhecem mais barreiras, diferentemente do setor de manufatura, incluído na categoria múltiplos setores, reconhecem menos. Uma das barreiras para rastreabilidade dos requisitos categorizada, através da revisão bibliográfica sistemática, "Insuficiência de conhecimento (BAR 13)", pode justificar também a permanência na primeira posição, as organizações que desenvolvem Software na tabela 13, logo a barreira insuficiência de conhecimento, pode ocasionar a má utilização da atividade.

Tabela 13 – Organizações e projetos que mais apresentam barreiras para rastreabilidade dos requisitos.

Organizações que reconhecem mais barreiras para rastreabilidade dos requisitos	Tipo de projeto desenvolvido
1) Software	Desenvolvimento de software
2) Telecomunicações	Soluções e serviços de comunicações
3) Sistemas	Sistemas de software
4) Automotivo	Desenvolvimento de sistemas
5) Múltiplos setores*	Desenvolvimento de sistemas eletrônicos

Fonte: Elaborado pelo autor, (2021).

10 Os múltiplos setores identificados na revisão bibliográfica sistemática, caracterizam-se pelas organizações que atuam nos setores: software, manufatura, construção civil, telecomunicações e sistemas.

Paralelamente às pesquisas sobre os problemas da rastreabilidade dos requisitos (Tabela 12), pesquisas sobre os benefícios da rastreabilidade dos requisitos tornavam-se evidentes (Tabela 14). Adicionalmente, foi possível identificar as organizações e áreas que reconhecem benefícios da rastreabilidade dos requisitos (Tabela 15). A figura 15 apresenta uma linha do tempo acerca dos estudos sobre os benefícios.

Tabela 14 – Artigos que abordam os benefícios da rastreabilidade dos requisitos

ID	Ano	Setor de estudo	Área de uso	Referência
1	2006	Software	Desenvolvimento de sistemas e software	Antoniol <i>et al.</i> ,
2	2005		Desenvolvimento de software	Arkley e Riddle
3	2014		Sistema Produto-Serviço	Berkovich
4	2007	Tecnologia da informação	Desenvolvimento de sistemas de informação	Blaauboer <i>et al.</i> ,
5	2013	Software	Desenvolvimento de software	Bouillon <i>et al.</i> ,
6	2005		Arquitetura de software	Cleland-Huang
7	2019	Manufatura	Elevadores, portas automáticas, sistemas de acesso e serviços	Dehghani
8	2016	Automotivo	Desenvolvimento de sistemas	Dreves <i>et al.</i> ,
9	2018	Software	Sistemas de software	Elamin e Osman
10	2011		Desenvolvimento de sistemas	Espinoza e Garbajosa
11	2006	Manufatura	Circuitos eletrônicos	Ford e Triggs
12	1994	Telecomunicações	Soluções e serviços de comunicação	Gotel e Finkelstein
13	2004	Sistemas	Desenvolvimento de sistemas	Halbleib
14	2009		Desenvolvimento de sistemas	Hansen <i>et al.</i> ,
15	2005	Software	Desenvolvimento de software	Heindl e Biffli
16	2004	Múltiplos setores	Desenvolvimento de ferramentas	Hoffmann
17	2008	Construção civil	Projetos de construção	Jallow <i>et al.</i> ,
18	2014		Projetos de construção	Jallow <i>et al.</i> ,
19	2013	Software	Desenvolvimento de software	Janes <i>et al.</i> ,
20	2018		Desenvolvimento de software	Jayatilleke e Lai
21	2009		Desenvolvimento de software	Kannenber e Saiedian
22	2008	Telecomunicações	Desenvolvimento de sistemas	Kirova <i>et al.</i> ,
23	2000	Software	Desenvolvimento de software	Nuseibeh e Easterbrook
24	2000		Desenvolvimento de software	Oberg <i>et al.</i> ,
25	2001		Desenvolvimento de software	Ramesh a Jarke
26	1998		Desenvolvimento de sistemas	Ramesh
27	2012		Desenvolvimento de software	Torkar <i>et al.</i> ,
28	2016		Desenvolvimento de software	Trindade e Lucena
29	2018		Desenvolvimento de software	Wang <i>et al.</i> ,
30	1994		Desenvolvimento de sistemas	Watkins e Neal
31	2002	Automotivo	Desenvolvimento de sistemas eletrônicos	Weber e Weisbrod
32	2020	Software	Desenvolvimento de software	Wibowo e Davis
33	2020		Desenvolvimento de software	Wohlrab <i>et al.</i> ,

Conforme apresenta a linha do tempo (Figura 15), idealizada a partir da tabela 14, paralelamente aos primeiros estudos sobre os problemas e barreiras da rastreabilidade dos requisitos, na década de 90 entre os anos de 1994 e 1998, recomendações de melhorias e o reconhecimento dos benefícios da rastreabilidade no desenvolvimento de sistemas são apresentados (GOTEL & FINKELSTEIN, 1994); (RAMESH, 1995); (WATKINS e NEAL, 1994).

Nos anos 2000, iniciou-se debates sobre a rastreabilidade na engenharia e no processo de gestão de requisitos, adicionalmente, os estudos apresentaram os benefícios no desenvolvimento automotivo, aeroespacial, sistemas elétricos, eletrônicos e a proposição de um catálogo de ferramentas para desenvolvimento, métodos de registros de informações, rastreabilidade centrada no objetivo (RCO) e valor (VBRT) (ARKLEY e RIDDLE, 2005); (HALBLEIB *et al.*, 2004); (HOFFMANN, 2004); (NUSEIBEH & EASTERBROOK, 2000); (OBERG *et al.*, 2000); (RAMESH e JARKE, 2001); (WEBER e WEISBROD, 2003).

Figura 15 - Linha do tempo sobre os estudos dos benefícios da rastreabilidade dos requisitos em projetos.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Entre os anos de 2006 e 2009 pesquisas apresentaram o potencial e os benefícios da rastreabilidade dos requisitos no setor de manufatura e telecomunicações, além de critérios para adesão em setores como na construção civil e estratégias para uma rastreabilidade eficaz (ANTONOL *et al.*, 2006); (BLAAUBOER; SIKKEL; AYDIN, 2007); (FORD e TRIGGS, 2006); (HANSEN *et al.*, 2009); (JALLOW *et al.*, 2008); (KANNENBERG e SAIEDIAN, 2009); (KIROVA *et al.*, 2008).

Na década de 2010, o debate é sobre os benefícios da rastreabilidade dos requisitos em ambientes ágeis, além da superação de desafios no sistema produto-serviço (PSS) e abordagens para a percepção da rastreabilidade (BOUILLON; MÄDER; PHILIPPOW, 2013); (BERKOVICH, 2014); (DREVES *et al.*, 2016); (ESPINOZA e GARBAJOSA, 2011); (JALLOW *et al.*, 2014); (JANES *et al.*, 2013); (TORKAR *et al.*, 2012).

No final da década de 2010 e início dos anos 2020, são reconhecidos os benefícios da rastreabilidade dos requisitos para a gestão de mudanças, informações da rastreabilidade que facilitam o desenvolvimento de projetos em ambientes ágeis, entendimento dos benefícios não imediatos pelos colaboradores, não reconhecimento dos benefícios pelas organizações, além da recomendação de uma gestão da rastreabilidade colaborativa, onde a integração dos papéis dos colaboradores frente a gestão da rastreabilidade, facilita a percepção dos benefícios (DEHGHANI, 2019); (JAYATILLEKE e LAI, 2018); (WIBOWO e DAVIS, 2020); (WOHLRAB *et al.*, 2020).

Adicionalmente aos benefícios reconhecidos e discutidos na literatura, a tabela 15, através da revisão bibliográfica sistemática, apresenta as organizações que reconhecem mais benefícios da rastreabilidade dos requisitos.

Tabela 15 – Organizações e projetos que reconhecem mais benefícios da rastreabilidade dos requisitos.

Organizações que reconhecem mais benefícios da rastreabilidade dos requisitos	Tipo de projeto desenvolvido
1) Software	Arquitetura de software
2) Sistemas	Desenvolvimento de sistemas para software
3) Automotivo	Desenvolvimento de processos e sistemas eletrônicos
4) Telecomunicações	Desenvolvimento de sistemas e aplicativos para dispositivos móveis
5) Tecnologia da informação (T.I) e Manufatura	Desenvolvimento de software e circuitos eletrônicos

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Conjuntamente ao levantamento bibliográfico, para elaboração da revisão bibliográfica sistemática, uma categorização dos tipos de barreiras e benefícios da rastreabilidade dos requisitos foi elaborada. Ao todo, foram categorizadas 15 barreiras e 15 benefícios da rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de projetos. As tabelas 16 e 17 apresentam as categorias das barreiras e benefícios da rastreabilidade dos requisitos e seguidamente as discussões sobre as mesmas.

4.1.3 Descrição das barreiras para rastreabilidade dos requisitos

Observa-se, que após a realização da revisão bibliográfica sistemática, foram identificadas e classificadas 15 (quinze) barreiras para rastreabilidade dos requisitos, sendo: Ineficiência de gerenciamento (BAR 1); Ferramentas (BAR 2); Custo (BAR 3); Insuficiência de métodos (BAR 4); Baixa percepção de benefícios (BAR 5); Esforço elevado (BAR 6); Complexidade da atividade (BAR 7); Tempo (BAR 8); Baixo suporte técnico (BAR 9); Falta de padronização (BAR 10); Baixa motivação (BAR 11); Insuficiência de comunicação (BAR 12); Insuficiência de conhecimento; (BAR 13); Insuficiência de informação (BAR 14) e Diversidade de elementos (BAR 15) (Tabela 16). A seguir, argumentam-se cada barreira identificada, suas respectivas definições e as barreiras influenciadas.

Tabela 16 – Barreiras para rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de projetos, quantitativo de menções da barreira e barreiras influenciadas.

ID	Nº de menções	Barreiras para rastreabilidade dos requisitos	Barreiras para rastreabilidade dos requisitos influenciadas
BAR 1	138	Ineficiência de gerenciamento	Diversidade de elementos (BAR 15)
BAR 2	84	Ferramentas	Ineficiência de gerenciamento (BAR 1); Demanda de Tempo (BAR 8); Baixo suporte técnico (BAR 9) e Falta de padronização (BAR 10)
BAR 3	57	Custo	Ferramentas (BAR 2); Esforço elevado (BAR 6) e Complexidade da atividade (BAR 7)
BAR 4	50	Insuficiência de métodos	Ineficiência de gerenciamento (BAR 1) e Custo (BAR 3)
BAR 5	30	Baixa percepção de benefícios	Ferramentas (BAR 2); Demanda de Tempo (BAR 8) e Insuficiência de conhecimento (BAR 13)
BAR 6	29	Esforço elevado	Baixa percepção de benefícios (BAR 5)
BAR 7	22	Complexidade da atividade	Ferramentas (BAR 2)
BAR 8	22	Demanda de Tempo	Ineficiência de gerenciamento (BAR 1) e Baixa motivação (BAR 11)
BAR 9	16	Baixo suporte técnico	Ferramentas (BAR 2); Falta de padronização (BAR 10); Insuficiência de conhecimento (BAR 13) e Diversidade de elementos (BAR 15)
BAR 10	16	Falta de padronização	Ferramentas (BAR 2) e Diversidade de elementos (BAR 15)
BAR 11	12	Baixa motivação	Ineficiência de gerenciamento (BAR 1) e Insuficiência de conhecimento (BAR 13)
BAR 12	12	Insuficiência de comunicação	Ineficiência de gerenciamento (BAR 1) e Insuficiência de conhecimento (BAR 13)
BAR 13	10	Insuficiência de conhecimento	Ineficiência de gerenciamento (BAR 1); Ferramentas (BAR 2) e Falta de padronização (BAR 10)
BAR 14	10	Insuficiência de informação	Ineficiência de gerenciamento (BAR 1) e Baixa motivação (BAR 11)
BAR 15	9	Diversidade de elementos	Falta de padronização (BAR 10) e Insuficiência de informação (BAR 14)

Fonte: Elaborado pelo autor, (2021).

A “**Ineficiência de gerenciamento**” (BAR 1), pode inibir o uso da rastreabilidade dos requisitos devido a limitações de estratégia (WOHLRAB *et al.*, 2020) e análise inadequada da rastreabilidade (KANNENBERG e SAIEDIAN, 2009). Além disso, a Ineficiência de gerenciamento dificulta estabelecer a coleta, atualização e continuidade das informações (REGAN *et al.*, 2012), o que pode gerar falhas no rastreamento dos requisitos não-funcionais (JAYATILLEKE e LAI, 2018); (TORKAR *et al.*, 2012).

Neste sentido, a “Ineficiência de gerenciamento (BAR 1)” pode influenciar a “Diversidade de elementos (BAR 15)”, a ausência de uma rastreabilidade dos requisitos ampla, (pré-rastreabilidade: objetivos do negócio e pós-rastreabilidade: entregas e implementação, (GOTEL e FINKELSTEIN, 1994); (WIEGERS e BETTY, 2013), dificulta a identificação de elementos associados a diversos objetivos do projeto (ANTONIOLO *et al.*, 2006); (KIROVA *et al.*, 2008); (RAMESH e JARKE, 2001); (REGAN *et al.*, 2012); (WOHLRAB *et al.*, 2020).

As “**Ferramentas (BAR 2)**”, podem dificultar o uso da rastreabilidade dos requisitos, devido à ineficiência, problemas técnicos e limitações frente a rastreabilidade (GOTEL & FINKELSTEIN, 1994); (ANTONIOLO *et al.*, 2006); (ELAMIN e OSMAN, 2018). Além disso, elas normalmente não atualizam os artefatos e links, ocasionando artefatos que não possuem o mesmo padrão (KANNENBERG e SAIEDIAN, 2009). Observa-se, que a barreira “Ferramentas (BAR 2)”, pode exercer influência sobre as barreiras “Ineficiência de gerenciamento (BAR 1)”, “Demanda de Tempo (BAR 8)”, “Baixo suporte técnico (BAR 9)” e “Falta de padronização (BAR 10)”. As ferramentas para rastreabilidade dos requisitos são ineficientes, devido a baixa integração e flexibilidade, (GOTEL e FINKELSTEIN, 1994); (REGAN *et al.*, 2012), limitação de suporte técnico (RAMESH e JARKE, 2001) e ausência de uniformidade e certificação das ferramentas. Além disso, os artefatos e ligações (*links*) não são atualizados em tempo hábil pelas ferramentas (KANNENBERG e SAIEDIAN, 2009).

A barreira “**Custo (BAR 3)**”, pode inibir o uso da rastreabilidade dos requisitos, por ser amplamente reconhecida como uma atividade custosa, (ANTONIOLO *et al.*, 2006); (BLAAUBOER; SIKKEL; AYDIN, 2007); (EGYED *et al.*, 2005); (FORD e TRIGGS, 2006); (HEINDL e BIFFL, 2005); (JAYATILLEKE e LAI, 2018); (KANNENBERG e SAIEDIAN, 2009); (KIROVA *et al.*, 2008); (REGAN *et al.*, 2012); (TORKAR *et al.*, 2012), assim como a manutenção, atualização das mudanças e o uso de ferramentas para rastreabilidade (Ferramentas, BAR 2), ocasiona a elevação dos custos do projeto (HEINDL e BIFFL, 2005); (WANG *et al.*, 2018). Além do mais, sob o ponto de vista das empresas, desenvolver ferramentas próprias para rastreabilidade ainda é custoso (KANNENBERG e SAIEDIAN, 2009) e o rastreamento de requisitos complexos (Complexidade da atividade, BAR 7) demanda alto esforço (Esforço elevado, BAR 6), tornando-o muito oneroso na prática (HEINDL e BIFFL, 2005). Neste contexto, observa-se que a barreira Custo (BAR 3) pode influenciar as barreiras “Ferramentas (BAR 2)”, “Complexidade da atividade (BAR 7)” e “Esforço elevado (BAR 6)” para rastreabilidade dos requisitos.

A “**Insuficiência de métodos (BAR 4)**”, dificulta a rastreabilidade dos requisitos devido à ausência de metodologias eficazes, precisas e completas, além disso influencia as barreiras “Ineficiência de gerenciamento (BAR 1)” e “Custo (BAR 3)” (JAYATILLEKE e LAI, 2018); (KANNENBERG e SAIEDIAN, 2009); (TORKAR *et al.*, 2012). Em virtude das

limitações de estratégias para a gestão da rastreabilidade dos requisitos (WOHLRAB *et al.*, 2020), os métodos de rastreamento tornam-se vulneráveis diante das mudanças dos requisitos (KANNENBERG e SAIEDIAN, 2009), além disso, há o reconhecimento da ausência de métodos econômicos e práticas menos custosas (ANTONIOLO *et al.*, 2006).

A barreira **“Baixa percepção de benefícios” (BAR 5)**, impede a rastreabilidade dos requisitos em razão da ausência da percepção, incompreensão e subestimação dos benefícios, além do não beneficiamento imediato da rastreabilidade dos requisitos (ARKLEY e RIDDLE, 2005); (BLAAUBOER; SIKKEL; AYDIN, 2007); (BOUILLON; MÄDER; PHILIPPOW, 2013); (GOTEL e FINKELSTEIN, 1994); (HOFFMANN, 2004); (JAYATILLEKE e LAI, 2018); (KIROVA *et al.*, 2008); (TORKAR *et al.*, 2012); (WOHLRAB *et al.*, 2020). Adicionalmente, a “Baixa percepção de benefícios” (BAR 5), influencia as barreiras “Ferramentas (BAR 2)”, “Demanda de Tempo (BAR 8)” e “Insuficiência de conhecimento (BAR 13)”, pois o não oferecimento de benefícios, reduz o uso de tecnologias (WANG *et al.*, 2018), além disso os colaboradores gastam menos tempo, porque desconhecem os benefícios (KANNENBERG e SAIEDIAN, 2009), logo a baixa percepção dos benefícios pode dificultar o uso da rastreabilidade no desenvolvimento de projetos.

A barreira **“Esforço elevado” (BAR 6)**, inibe o uso da rastreabilidade, em virtude da demanda para adesão, manter, utilizar e atualizar. Além disso, a manutenção da rastreabilidade dos requisitos requer esforço e percepção (BOUILLON; MÄDER; PHILIPPOW, 2013); (HEINDL e BIFFL, 2005); (KANNENBERG e SAIEDIAN, 2009); (TORKAR *et al.*, 2012); Igualmente, para a completude da rastreabilidade, a percepção de esforços adicionais são exigidos (KIROVA *et al.*, 2008); (REGAN *et al.*, 2012), para melhoria da atividade, porém pode ocasionar grande volume de dados (GOTEL e FINKELSTEIN, 1997); (WEBER e WEISBROD, 2003); (WANG *et al.*, 2018). Por outro lado, o desperdício de esforço em requisitos menos importantes ocasiona sobrecarga de trabalho desnecessário e consequentemente influencia a “Baixa percepção de benefícios (BAR 5)”, mesmo quando não há recompensas (RAMESH, 1998).

A **“Complexidade da atividade” (BAR 7)**, dificulta o uso da rastreabilidade, pois mesmo com abordagens automatizadas não há diminuição da complexidade da atividade (HEINDL e BIFFL, 2005), em rastrear requisitos não funcionais, erros, fontes originais, processos organizacionais e estruturas complexas (EGYED *et al.*, 2005); (KANNENBERG e SAIEDIAN, 2009); (KIROVA *et al.*, 2008); (REGAN *et al.*, 2012); (TORKAR *et al.*, 2012). Além de ser uma atividade trabalhosa que requer uso de ferramentas (TRINDADE e LUCENA, 2016), influencia a barreira “Ferramentas (BAR 2), pois as ferramentas para rastreabilidade dos requisitos ainda são complexas de utilizar (ARKLEY e RIDDLE, 2005); (REGAN *et al.*, 2012); (TORKAR *et al.*, 2012); (ELAMIN e OSMAN, 2018). Adicionalmente, há o reconhecimento da dificuldade em rastrear documentos grandes não estruturados, superar mudanças na rastreabilidade, determinar o nível de granularidade dos requisitos

(KANNENBERG e SAIEDIAN, 2009); (KIROVA *et al.*, 2008); (REGAN *et al.*, 2012); (TORKAR *et al.*, 2012); (WANG *et al.*, 2018) e assegurar a rastreabilidade em ambientes ágeis (TRINDADE e LUCENA, 2016).

A barreira **“Demanda de Tempo” (BAR 8)**, desestimula o uso da rastreabilidade devido ser uma atividade morosa para realizar (WANG *et al.*, 2018), que demanda tempo para realização e atualização (KANNENBERG e SAIEDIAN, 2009), o que pode ocasionar influência na barreira “Baixa motivação (BAR 11)”. Em ambientes ágeis de desenvolvimento de projetos, é considerada perda de tempo e causa sobrecarga administrativa (TRINDADE e LUCENA, 2016), além disso o tempo de duração do projeto e o tempo para realização são entraves (GOTEL e FINKELSTEIN, 1994); (JAYATILLEKE e LAI, 2018), devido à ausência de gestão, o que pode influenciar a barreira “Ineficiência de gerenciamento (BAR 1)” e ocasionar a não realização da rastreabilidade dos requisitos.

A barreira **“Baixo suporte técnico” (BAR 9)**, inibe a rastreabilidade dos requisitos devido a ausência de suporte técnico, apoio, baixa colaboração das partes e falta de compromisso com o projeto (GOTEL e FINKELSTEIN, 1994); (KANNENBERG e SAIEDIAN, 2009). Além do mais, pode influenciar as barreiras “Ferramentas (BAR 2)”; “Falta de padronização (BAR 10)”; Insuficiência de conhecimento (BAR 13) e “Diversidade de elementos (BAR 15)”. Neste sentido, há o reconhecimento da insuficiência de suporte técnico as ferramentas e gestão (BOUILLON; MÄDER; PHILIPPOW, 2013); (GOTEL e FINKELSTEIN, 1994); (KANNENBERG e SAIEDIAN, 2009); (KIROVA *et al.*, 2008); (TORKAR *et al.*, 2012); (WOHLRAB *et al.*, 2020), o que torna a rastreabilidade difícil, mesmo se as ligações (*links*) de rastreamento forem capturadas utilizando ferramenta (WOHLRAB *et al.*, 2020). Adicionalmente, as entidades regulamentadoras fornecem baixo suporte na orientação de como realizar a rastreabilidade dos requisitos e ainda há uma carência de um guia do conhecimento, materiais e recursos visuais para o ensino (ANTONOL *et al.*, 2006); (GOTEL e FINKELSTEIN, 1994); (REGAN *et al.*, 2012); (TORKAR *et al.*, 2012). É observado igualmente que, o suporte inadequado a atividade dificulta o rastreamento de requisitos não funcionais e análise de impacto das mudanças (CLELAND-HUANG, 2005), além disso há insuficiência de suporte devido a diferentes pontos de vista no projeto (KANNENBERG e SAIEDIAN, 2009).

A **“Falta de Padronização” (BAR 10)**, dificulta o uso da atividade da rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de projetos devido, a ausência de certificação e uniformidade de ferramentas para rastreabilidade (GOTEL e FINKELSTEIN, 1994); (ANTONOL *et al.*, 2006); (KIROVA *et al.*, 2008). No entanto, as entidades normatizadoras exigem a prática da rastreabilidade dos requisitos (HEINDL e BIFFL, 2005), além disso os Patrocinadores, Gerência e Usuários experientes, enxergam apenas para cumprir normas (ANTONOL *et al.*, 2006); (JAYATILLEKE e LAI, 2018); (TORKAR *et al.*, 2012) e não para o cumprimento das normas (KANNENBERG e SAIEDIAN, 2009). Neste sentido, observa-se

que a “Falta de padronização (BAR 10)”, pode influenciar as barreiras “Ferramentas (BAR 2)” e “Diversidade de elementos (BAR 15)”.

A barreira, **“Baixa motivação (BAR 11)”**, inibe a rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de projetos, pois há falta de incentivo (ANTONIOL *et al.*, 2006); (TORKAR *et al.*, 2012) e motivação às equipes tradicionais (GOTEL e FINKELSTEIN, 1994) e ágeis pelas culturas organizacionais (TRINDADE e LUCENA, 2016). Por outro lado, por desconhecer os benefícios, há falta de interesse dos Desenvolvedores e motivação para as equipes, ocasionando a desmotivação para o uso da rastreabilidade dos requisitos (TRINDADE e LUCENA, 2016). É observado que a “Baixa motivação (BAR 11)” pode influenciar as barreiras “Ineficiência de gerenciamento (BAR 1)” e a “Insuficiência de conhecimento (BAR 13)”.

A **“Insuficiência de comunicação” (BAR 12)**, decorrente da ausência de comunicação entre os colaboradores (KIROVA *et al.*, 2008); (REGAN *et al.*, 2012); (TORKAR *et al.*, 2012) dificulta a rastreabilidade dos requisitos, pois a escassez de comunicação sobre a rastreabilidade, causa falhas no projeto e delimita avanços (GOTEL e FINKELSTEIN, 1994). O que pode influenciar as barreiras “Insuficiência de conhecimento (BAR 13)” e “Ineficiência de gerenciamento (BAR 1)” em relação ao desenvolvimento do processo, pois as empresas ainda prestam pouco retorno aos pesquisadores (ANTONIOL *et al.*, 2006), o que pode dificultar os avanços da atividade e delimitando a prática (GOTEL e FINKELSTEIN, 1994). Adicionalmente, ainda há dificuldade de comunicação em virtude do fuso-horário das equipes distribuídas e idioma dos colaboradores, ocasionando divergências de vocábulo (WOHLRAB *et al.*, 2020).

A barreira **“Insuficiência de conhecimento” (BAR 13)**, dificulta a rastreabilidade dos requisitos, devido o desafio de compreender a rastreabilidade, (BLAAUBOER; SIKKEL; AYDIN, 2007); (REGAN *et al.*, 2012); (TORKAR *et al.*, 2012), padronizações e os problemas de rastreamento (ANTONIOL *et al.*, 2006). Adicionalmente, a ausência de compreensão dos erros, consciência e gestão, ocasiona pouca definição sobre como realizar, o que causa ampla variação de realização da rastreabilidade (KIROVA *et al.*, 2008). Além disso, a falta de conhecimento sobre a rastreabilidade desestimula as empresas a desenvolver ferramentas (KANNENBERG e SAIEDIAN, 2009). No entanto, há o reconhecimento da exigência de estudo e disciplina para adesão e tomada de decisões para rastreabilidade (BLAAUBOER; SIKKEL; AYDIN, 2007). É observado, que a barreira “Insuficiência de conhecimento (BAR 13)”, pode influenciar as barreiras “Ineficiência de gerenciamento (BAR 1)”, “Ferramentas (BAR 2)” e “Falta de padronização (BAR 10)”.

A **“Insuficiência de informação” (BAR 14)**, impede a rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de projetos, pois a falta de informação desmotivam equipes (TRINDADE e LUCENA, 2016) ocasionando a incapacidade de trabalhar e localizar os requisitos (GOTEL e FINKELSTEIN, 1994); (TORKAR *et al.*, 2012). A falta de informação

sobre o conceito da rastreabilidade dos requisitos e objetivos, consequentemente desmotiva o uso da atividade (GOTEL e FINKELSTEIN, 1994); (DE LUCIA *et al.*, 2008); (TRINDADE e LUCENA, 2016). Ressalta-se também, que a falta de transferência das informações e informações desatualizadas (DE LUCIA *et al.*, 2008); (JAYATILLEKE e LAI, 2018); (TORKAR *et al.*, 2012), causam o repasse mínimo das informações (GOTEL e FINKELSTEIN, 1994), além disso as informações podem ser esquecidas e perdidas com o tempo (TRINDADE e LUCENA, 2016). Neste contexto, é observado que a “Insuficiência de informação (BAR 14)” pode influenciar a “Ineficiência de gerenciamento (BAR 1)” e “Baixa motivação (BAR 11)”.

A “**Diversidade de elementos**” (BAR 15), impede o uso da rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de projetos, em virtude de grandes quantidades de metodologias, modelos, artefatos para rastrear, incentivos e partes interessadas trabalhando conjuntamente (RAMESH e JARKE, 2001); (KIROVA *et al.*, 2008); (REGAN *et al.*, 2012). Adicionalmente, ainda há o desafio de introduzir práticas em grandes empresas devido ao grande número de ambientes de desenvolvimento diferentes, diversidade de padronizações (ANTONIOL *et al.*, 2006), tamanho dos tipos de projetos e produtos (KIROVA *et al.*, 2008), além disso a diversidade de informações omite predefinições (GOTEL e FINKELSTEIN, 1994). É observado, neste sentido, que a barreira “Diversidade de elementos (BAR 15)” pode influenciar as barreiras “Falta de padronização (BAR 10)” e “Insuficiência de informação (BAR 14)”.

Conclui-se que todas as 15 (quinze) barreiras para rastreabilidade dos requisitos, podem influenciar alguma barreira ou mais barreiras (Tabela 16), além disso, observa-se que as cinco barreiras que mais influenciam outras barreiras são: A) “Ferramentas (BAR 2)”;

B) Baixo suporte técnico (BAR 9); C) Custo (BAR 3); e D) “Baixa percepção dos benefícios (BAR 5)”. Recomenda-se que essas cinco barreiras sejam mitigadas, para evitar a influência a outras barreiras.

Conforme apresentada as categorias das barreiras para rastreabilidade dos requisitos, (Tabela 16), (MARO; STEGHÖFER; STARON, 2018), apresentam vinte e dois desafios da rastreabilidade no desenvolvimento de sistemas críticos de segurança, no setor automotivo, divididos em sete categorias sendo eles: 1) Utilização da rastreabilidade; 2) Mensuração da rastreabilidade; 3) Trocas através das organizações; 4) Fatores humanos; 5) Processo e organização; 6) Suporte de ferramentas; 7) Conhecimento da rastreabilidade. A tabela 17 apresenta as sete categorias e descrição dos desafios, relacionadas às categorias das barreiras identificadas pela pesquisa.

Tabela 17 - Relação dos desafios da rastreabilidade nos desenvolvimento de sistemas as barreiras para rastreabilidade.

Desafios da rastreabilidade na área automotiva – Desenvolvimento de sistemas críticos de segurança			Barreiras para rastreabilidade dos requisitos
1) Conhecimento da rastreabilidade	1	Ausência de compreensão	Insuficiência de conhecimento
	2	Nível de granularidade	Não reconhecida
	3	Dificuldade na definição de um modelo de informação	Complexidade da atividade
	4	Processo de rastreabilidade impreciso	Ineficiência de gerenciamento
2) Suporte de ferramentas	5	Ausência de ferramentas configuráveis	Ferramentas
	6	Confiança na ferramenta	Não reconhecida
	7	Artefatos inacessíveis	Não reconhecida
	8	Ferramentas e artefatos diversificados	Diversidade de elementos
	9	Atividades manuais	Esforço elevado
3) Fatores humanos	10	Má utilização dos dados da rastreabilidade	Ineficiência de gerenciamento
	11	Percepção de sobrecarga	Esforço elevado
4) Processo e organização	12	Desenvolvimento distribuído	Ineficiência de gerenciamento
	13	Rastreabilidade nas fases do ciclo de vida do desenvolvimento do sistema	Não reconhecida
	14	Reutilização das informações da rastreabilidade	Não reconhecida
5) Utilização da rastreabilidade	15	Não utilização dos links (ligações) para rastreabilidade	Ineficiência de gerenciamento
	16	Ausência de visualização e ferramentas para transmissão	Insuficiência de métodos
6) Mensuração da rastreabilidade	17	Avaliação da rastreabilidade	Ineficiência de gerenciamento
	18	Retorno do investimento	
7) Trocas através das organizações	19	Ausência de padronização das trocas de informações	Falta de padronização
	20	Objetivos conflitantes	Ineficiência de gerenciamento
	21	Restrições das confidencialidades	Insuficiência de informação
	22	Ausência de coordenação	Ineficiência de gerenciamento

Fonte: Elaborado pelo autor, (2021).

Neste sentido, os desafios reconhecidos para rastreabilidade no desenvolvimento de sistemas críticos de segurança do setor automotivo (Tabela 17) (MARO; STEGHÖFER; STARON, 2018), estão alinhadas com as barreiras: “Ineficiência de gerenciamento (BAR 1)”, “Ferramentas (BAR 2)”, “Insuficiência de métodos (BAR 4)”, “Esforço elevado (BAR 6)”, “Complexidade da atividade (BAR 7)”, “Falta de padronização (BAR 10)”, “Insuficiência de conhecimento (BAR 13)”, “Insuficiência de informação (BAR 14)” e “Diversidade de elementos (BAR 15)”. As demais barreiras para rastreabilidade - “Custos (BAR 2)”, “Baixa percepção dos benefícios (BAR 5)”, “Demanda de Tempo (BAR 8)”, “Baixo suporte técnico (BAR 9)”, “Baixa motivação (BAR 11)”, e “Insuficiência de comunicação (BAR 12)”, não são reconhecidas pelo setor automotivo (MARO; STEGHÖFER; STARON, 2018).

4.1.4 Descrição dos benefícios da rastreabilidade dos requisitos

Observa-se, que após a realização da revisão bibliográfica sistemática, foram identificadas e classificadas 15 (quinze) benefícios da rastreabilidade dos requisitos, sendo: Suporte a gestão (BEN 1); Informação (BEN 2); Qualidade (BEN 3); Compreensão (BEN 4); Satisfação do cliente (BEN 5); Geração de Conhecimento (BEN 6); Identificação dos requisitos (BEN 7); Análise de impacto (BEN 8); Compreensão dos requisitos (BEN 9); Identificação de influências (BEN 10); Análise de mudanças (BEN 11); Identificação de mudanças (Rastrear mudanças) (BEN 12); Agilidade (BEN 13); Análise de erros (BEN 14) e Avaliação do requisito (BEN 15). Adicionalmente à classificação dos benefícios, é possível reconhecer a influência dos benefícios da rastreabilidade dos requisitos, que pode gerar outros benefícios. A tabela 18 a seguir, apresenta os benefícios e argumentam-se cada benefício identificado, suas respectivas definições e os benefícios gerados.

Tabela 18 – Benefícios da rastreabilidade dos requisitos e benefícios ocorridos.

ID	Nº de menções	Categoria dos benefícios da rastreabilidade dos requisitos	Benefícios ocorridos
BEN 1	17	Suporte a gestão	Informação (BEN 2); Qualidade (BEN 3); Geração de Conhecimento (BEN 6); Identificação dos requisitos (BEN 7); e Compreensão dos requisitos (BEN 9).
BEN 2	13	Informação	Geração de Conhecimento (BEN 6); Identificação dos requisitos (BEN 7); e Identificação de mudanças (Rastrear mudanças) (BEN 12).
BEN 3	10	Qualidade	Suporte a gestão (BEN 1) e Informação (BEN 2)
BEN 4	10	Compreensão	Suporte a gestão (BEN 1); Qualidade (BEN 3); Geração de Conhecimento (BEN 6); Identificação dos requisitos (BEN 7); Compreensão dos requisitos (BEN 9); Identificação de influências (BEN 10); Análise de erros (BEN 14); Avaliação do requisito (BEN 15)
BEN 5	9	Satisfação do cliente	Geração de Conhecimento (BEN 6); Identificação dos requisitos (BEN 7)
BEN 6	6	Geração de Conhecimento	Suporte a gestão (BEN 1), Compreensão (BEN 4); Análise de impacto (BEN 8); Análise de erros (BEN 14)
BEN 7	6	Identificação dos requisitos	Geração de Conhecimento (BEN 6)
BEN 8	6	Análise de impacto	Análise das mudanças (BEN 11); Identificação de mudanças (Rastrear mudanças) (BEN 12) e Agilidade (BEN 13)
BEN 9	5	Compreensão dos requisitos	Identificação dos requisitos (BEN 7) e Geração de Conhecimento (BEN 6)
BEN 10	5	Identificação de influências	Identificação dos requisitos (BEN 7)
BEN 11	5	Análise das mudanças	Identificação dos requisitos (BEN 7); Compreensão dos requisitos (BEN 9); Identificação de influências (BEN 10); Identificação de mudanças (Rastrear mudanças) (BEN 12)
BEN 12	5	Identificação de mudanças (Rastrear mudanças)	Suporte a gestão (BEN 1); “Informação” (BEN 2); “Análise de impacto” (BEN 8); “Identificação de influências” (BEN 10); “Análise das mudanças” (BEN 11); “Agilidade” (BEN 13), e “Avaliação do requisito” (BEN 15)
BEN 13	4	Agilidade	Qualidade (BEN 3); Compreensão (BEN 4); Geração de Conhecimento (BEN 6); Compreensão dos requisitos (BEN 9); Análise das mudanças (BEN 11)
BEN 14	4	Análise de erros	Compreensão (BEN 4); Geração de Conhecimento (BEN 6); Identificação de influências (BEN 10)
BEN 15	4	Avaliação do requisito	Informação (BEN 2); Compreensão (BEN 4); Identificação dos requisitos (BEN 7); Compreensão dos requisitos (BEN 9); Identificação de influências (BEN 10)

Fonte: Elaborado pelo autor, (2021).

Reconhecido como o maior benefício da rastreabilidade dos requisitos, **“Suporte a gestão” (BEN 1)**, auxilia a gestão da mudança e custos do projeto (WATKINS e NEAL, 1994), além de facilitar a gestão de requisitos e projeto no acompanhamento do desenvolvimento (JALLOW *et al.*, 2008), viabilizando uma eficácia no controle do projeto (ARKLEY e RIDDLE, 2005); (FORD e TRIGGS, 2006). Além disso, propicia um suporte a gestão da verificação da conformidade dos projetos (BERKOVICH, 2014) e software complexos, mensurar o desenvolvimento de um produto (ARKLEY e RIDDLE, 2005), requisitos usados, finalizados e em uso no projeto (TORKAR *et al.*, 2012). É observado que o benefício “Suporte a gestão” (BEN 1) pode gerar outros benefícios como: “Informações” (BEN 2) através do controle, “Qualidade” (BEN 3) verificação da conformidade, “Geração de Conhecimento” (BEN 6), “Identificação dos requisitos” (BEN 7) e “Compreensão dos requisitos” (BEN 9), além de poder auxiliar a mitigar a barreira Custo (BAR 3).

A **“Informação” (BEN 2)**, através da atividade da rastreabilidade dos requisitos, propicia informações importantes para realização de mudanças (TRINDADE e LUCENA, 2016), onde apresenta com detalhes as informações do projeto, origem, importância, como foi testado e implementado o requisito no projeto, consequentemente auxiliando no desenvolvimento do projeto (FORD e TRIGGS, 2006); (KANNENBERG e SAIEDIAN, 2009). Justificando (BLAAUBOER; SIKKEL; AYDIN, 2007), o desenvolvimento da rastreabilidade dos requisitos oferece mais informações para o projeto. É observado que o benefício da “Informação” (BEN 2), pode influenciar a ocorrência de outros benefícios como: “Geração de Conhecimento” (BEN 6), “Identificação dos requisitos” (BEN 7) e “Identificação de mudanças” (BEN 12). Adicionalmente, o benefício da “Informação (BEN 2)”, pode auxiliar a mitigar as barreiras “Ineficiência de gerenciamento ” (BAR 1), onde facilita a gestão de requisitos pela coleta das informações (RAMESH e JARKE, 2001), atenuando a “Insuficiência de conhecimento” (BAR 13) e a “Insuficiência de informação” (BAR 14) sobre os detalhes do projeto e mudanças.

A aplicação da rastreabilidade dos requisitos produz produtos de alta qualidade (FORD e TRIGGS, 2006), devido à influência das informações, o que propõe melhoria da qualidade do produto (KIROVA *et al.*, 2008), legibilidade, do sistema e projeto (ESPINOZA e GARBAJOSA, 2011). Consequentemente, provendo como benefício a **“Qualidade” (BEN 3)**. Além disso, a rastreabilidade dos requisitos utilizada, como um suporte a gestão da qualidade com a combinação do Seis Sigma, ocasiona melhoria da programação do projeto, processo de fabricação (FORD e TRIGGS, 2006), qualidade da manutenção do sistema e software (DREVES *et al.*, 2016). É observado que o benefício da “Qualidade” (BEN 3) pode influenciar a ocorrência de outros benefícios como “Suporte a gestão” (BEN 1) e Informação (BEN 2). Adicionalmente, o benefício “Qualidade (BEN 3)” pode diminuir a “Insuficiência de informação (BAR 14)”, através das informações promovidas pelo processo de rastreabilidade.

Através da rastreabilidade dos requisitos, a atividade provê como benefício a **“Compreensão” (BEN 4)**, onde a rastreabilidade facilita o entendimento do projeto, leitura da documentação e verificação dos requisitos (RAMESH e JARKE, 2001), além de proporcionar melhoria do processo e em quais condições ocorreram ou não os problemas (FORD e TRIGGS, 2006). Igualmente também, a compreensão viabiliza o entendimento dos problemas, as relações entre os requisitos, importância para resolução de problemas, evolução dos requisitos (RAMESH e JARKE, 2001) e entendimento do sistema (WANG *et al.*, 2018). É observado que o benefício da rastreabilidade “Compreensão (BEN 4)”, pode influenciar a ocorrência de outros benefícios, como: “Suporte a gestão (BEN 1)”, “Qualidade (BEN 3)”, “Geração de Conhecimento (BEN 6)”, “Identificação dos requisitos (BEN 7)”, “Compreensão dos requisitos (BEN 9)”, “Identificação de influências (BEN 10)”, “Análise de erros (BEN 14)” e “Avaliação do requisito (BEN 15)”.

Adicionalmente, observa-se que o benefício “Compreensão” (BEN 4), pode mitigar as barreiras, “Complexidade da atividade (BAR 7)”, “Baixo suporte técnico (BAR 9)”, “Insuficiência de conhecimento” (BAR 13), além disso, os problemas podem nortear a compreensão dos desafios da rastreabilidade dos requisitos (JAYATILLEKE e LAI, 2018). Os benefícios ocasionados pela “Compreensão” (BEN 4), ainda podem gerar outros benefícios para mitigar outras barreiras existentes. Conclui-se que a “Compreensão (BEN 4)” é o benefício que pode estimular mais a ocorrência de outros benefícios.

O benefício **“Satisfação do cliente” (BEN 5)**, através do uso da atividade da rastreabilidade dos requisitos, ocasiona o aumento da satisfação do cliente e confiança (WATKINS e NEAL, 1994); (HEINDL e BIFFL, 2005); (KANNENBERG e SAIEDIAN, 2009), através do controle dos custos e garantia da obtenção do produto desejado pelo cliente (WATKINS e NEAL, 1994); (HEINDL e BIFFL, 2005). Além disso, prova ao cliente que o sistema atende as necessidades e a satisfação dos requisitos (FORD e TRIGGS, 2006). Consequentemente, é observado que o benefício “Satisfação do cliente (BEN 5)” pode estimular a ocorrência dos benefícios “Geração de Conhecimento (BEN 6)” e “Identificação dos requisitos” (BEN 7) e adicionalmente, pode mitigar as barreiras: “Custo (BAR 3)”, “Baixo suporte técnico (BAR 9)”, “Insuficiência de conhecimento (BAR 13)” e “Insuficiência de informação (BAR 14)”.

O **“Geração de Conhecimento” (BEN 6)**, adquirido com o uso da rastreabilidade dos requisitos, viabiliza a criação de conhecimento (RAMESH e JARKE, 2001). Através da rastreabilidade, o compartilhamento de conhecimento beneficia membros da equipe do projeto para o aprendizado do uso de ferramentas, metodologias e técnicas, consequentemente aumentando o valor do projeto (RAMESH, 1998). Adicionalmente, a preservação do conhecimento do projeto (ESPINOZA e GARBAJOSA, 2011), permite o reconhecimento dos erros de fabricação e em que condições ocorreram os erros (FORD e TRIGGS, 2006). Neste sentido, o guia (PMBOK, 2017) pode ajudar através do

gerenciamento do conhecimento, assegurar as experiências da equipe do projeto e demais partes sejam usadas antes, no decorrer ou após o projeto. É visivelmente explícito, que o benefício “Geração de Conhecimento (BEN 6)”, pode ocasionar a geração de outros benefícios como: Suporte a gestão (BEN 1), Compreensão (BEN 4); Análise de impacto (BEN 8); e Análise de erros (BEN 14). Além disso, pode mitigar barreiras como: “Ferramentas (BAR 2)”, “Baixa percepção de benefícios (BAR 5)”, “Baixo suporte técnico (BAR 9)”, “Complexidade da atividade (BAR 7)” e “Insuficiência de conhecimento (BAR 13)”, através da criação e compartilhamento do conhecimento em todo ciclo de vida do projeto direcionado às equipes (RAMESH e JARKE, 2001).

O benefício **“Identificação dos requisitos” (BEN 7)**, auxilia a reconhecer requisitos conflitantes (HEINDL e BIFFL, 2005), derivados e requisitos derivados que satisfazem os originais (RAMESH e JARKE, 2001), além de identificar a origem dos requisitos (FORD e TRIGGS, 2006) através de documentos, pessoas e grupos de pessoas (TORKAR *et al.*, 2012). Além disso, a identificação dos requisitos é alcançada pela verificação (TRINDADE e LUCENA, 2016). É observado que, o benefício “Identificação dos requisitos” (BEN 7), pode influenciar a geração do benefício “Geração de Conhecimento” (BEN 6) e paralelamente pode mitigar as barreiras, “Baixo suporte técnico (BAR 9)”, “Insuficiência de conhecimento (BAR 13)” e “Insuficiência de informação (BAR 14)” devido o reconhecimento dos requisitos discordantes e origem (HEINDL e BIFFL, 2005); (RAMESH e JARKE, 2001).

A **“Análise de impacto” (BEN 8)**, através da rastreabilidade dos requisitos, auxilia a garantir uma análise de impacto da mudança (HEINDL e BIFFL, 2005); (NURMULIANI *et al.*, 2006); (JALLOW *et al.*, 2014); (TORKAR *et al.*, 2012); (DREVES *et al.*, 2016) e o que afetará o produto e produtos de trabalho (KIROVA *et al.*, 2008); (TORKAR *et al.*, 2012) além do suporte, a análise do impacto das mudanças é alcançada pela a verificação (TRINDADE e LUCENA, 2016). Além disso, a “Análise de impacto” (BEN 8), pode influenciar a ocorrência de benefícios como “Análise das mudanças” (BEN 11), “Agilidade” (BEN 13) e “Identificação de mudanças” (BEN 12). Adicionalmente, o benefício “Análise de impacto” (BEN 8), pode mitigar as barreiras “Ineficiência de gerenciamento (BAR 1)”, através do suporte da análise e “Insuficiência de conhecimento” (BAR 13), atenuada pelo conhecimento gerado da análise de impacto.

A **“Compreensão dos requisitos” (BEN 9)**, através da rastreabilidade dos requisitos, auxilia a compreender a importância, evolução dos requisitos (KANNENBERG e SAIEDIAN, 2009); (RAMESH e JARKE, 2001) às partes interessadas a entender como os seus desejos são considerados (OBERG *et al.*, 2000), além de facilitar o Desenvolvedor a compreender as relações entre os requisitos, o suporte a ferramenta para rastreabilidade dos requisitos não-funcionais, auxilia a compreender a atividade e os requisitos (CLELAND-HUANG, 2005). É observado que o benefício “Compreensão dos requisitos” (BEN 9), pode viabilizar os benefícios “Identificação dos requisitos” (BEN 7) e “Geração de Conhecimento”

(BEN 6), além disso pode mitigar as barreiras “Ferramentas (BAR 2)”, “Baixo suporte técnico (BAR 9)”, “Complexidade (BAR 7)” e “Insuficiência de conhecimento (BAR 13)”.

A **“Identificação de influências” (BEN 10)**, através da rastreabilidade, permite identificar o que foi influenciado no projeto (JALLOW *et al.*, 2008) e como os erros estão relacionados (FORD e TRIGGS, 2006), além de rastrear requisitos, artefatos, elementos, produtos de trabalho (KIROVA *et al.*, 2008) que podem ser influenciados por mudanças no projeto (JALLOW *et al.*, 2008). O benefício “Identificação de influências” (BEN 10), pode viabilizar o benefício da “Identificação dos requisitos” (BEN 7) através das informações e adicionalmente pode mitigar as barreiras “Insuficiência de conhecimento (BAR 13)” e “Insuficiência de informação (BAR 14)” .

A **“Análise das mudanças” (BEN 11)** proporciona e facilita a análise de impacto das mudanças dos requisitos (DREVES *et al.*, 2016); (HEINDL e BIFFL, 2005); (JALLOW *et al.*, 2008). Adicionalmente, viabiliza também através da verificação, a investigação dos efeitos das mudanças (TRINDADE e LUCENA, 2016) e o controle dos efeitos das mudanças dos requisitos no produto (JANES *et al.*, 2013), além de compreender em que condições ocorreram as mudanças no processo de fabricação (FORD e TRIGGS, 2006) e assegurar a análise do impacto das mudanças (JAYATILLEKE e LAI, 2018). Neste sentido, é observado que o benefício “Análise das mudanças” (BEN 11) pode influenciar na ocorrência dos benefícios como “Identificação de requisitos” (BEN 7), “Compreensão dos requisitos” (BEN 9), “Identificação de influências” (BEN 10) e “Identificação de mudanças” (BEN 12), o qual está relacionado com o mesmo benefício. Igualmente, a “Análise das mudanças” (BEN 11), pode mitigar a barreira “Baixo suporte técnico (BAR 9), através das ações proporcionadas pela mesma.

A **“Identificação de mudanças (Rastrear mudanças)” (BEN 12)**, através da rastreabilidade dos requisitos, facilita identificar em que momento ocorreram as mudanças no projeto e o que mudou na gestão de mudanças (ARKLEY e RIDDLE, 2005); (FORD e TRIGGS, 2006). Além disso, propicia a identificação de produtos de trabalho influenciados por mudanças (KIROVA *et al.*, 2008), impacto das mudanças com eficiência, avaliação das implicações de custo e tempo (RAMESH e JARKE, 2001), (KANNENBERG e SAIEDIAN, 2009); (ELAMIN e OSMAN, 2018), logo fundamental para gerenciar as mudanças (WATKINS e NEAL, 1994). Neste sentido, é observado que o benefício “Identificação de mudanças (Rastrear mudanças)” (BEN 12), pode influenciar na ocorrência de mais benefícios como “Suporte a gestão (BEN 1)”, “Informação (BEN 2)”, “Análise de impacto” (BEN 8), “Identificação de influências” (BEN 10); “Análise de mudanças (BEN 11), “Agilidade” (BEN 13) e “Avaliação do requisito” (BEN 15). Adicionalmente a “Identificação de mudanças (BEN 12)” pode mitigar as barreiras “Custo (BAR 3) e “Demanda de Tempo (BAR 8)” através da avaliação das consequências dos custos e tempo do projeto no decorrer da rastreabilidade dos requisitos.

A **“Agilidade” (BEN 13)**, é o benefício obtido através da rastreabilidade dos requisitos, pois torna os Analistas ágeis, compreensíveis e responsáveis em confirmar com maior facilidade se o requisito atendeu a necessidade (RAMESH e JARKE, 2001) com a rastreabilidade (DEHGHANI, 2019). Adicionalmente, possibilita agilizar o cronograma (WATKINS e NEAL, 1994), através do conhecimento dos procedimentos de testes, que precisam ser feitos para verificar a mudança, manutenção e soluções (DREVES *et al.*, 2016), o que melhora a qualidade do software, influenciando positivamente no produto (BOUILLON; MÄDER; PHILIPPOW, 2013), além de proporcionar a agilidade na análise da causa do impacto da mudança do requisito (KIROVA *et al.*, 2008). É notório que o benefício “Agilidade (BEN 13), pode ocasionar outros benefícios como “Qualidade” (BEN 3), “Compreensão” (BEN 4), “Geração de Conhecimento” (BEN 6), “Compreensão dos requisitos” (BEN 9) e “Análise das mudanças” (BEN 11). Além disso, a agilidade pode mitigar as barreiras “Esforço elevado (BAR 6)”, “Demanda de Tempo (BAR 8)” e “Insuficiência de conhecimento (BAR 13)”, através da redução do esforço ocasionada pela identificação de soluções exatas, compreensão em confirmar com mais segurança que requisito atendeu a demanda, além disso possibilita agilizar o cronograma através do conhecimento.

A **“Análise de erros” (BEN 14)**, através da rastreabilidade, fornece uma análise dos erros estruturados e organizados no projeto e produto (DREVES *et al.*, 2016), além dos erros ocorridos no projeto, análise da causa raiz e derivação (TORKAR *et al.*, 2012). Adicionalmente, proporciona o entendimento de como os erros estão relacionados ao lote de fabricação e onde atua (FORD e TRIGGS, 2006) e alterar os requisitos quando os erros são apresentados (RAMESH e JARKE, 2001). Igualmente, o benefício “Análise de erros” (BEN 14), pode influenciar na ocorrência de outros benefícios como “Compreensão” (BEN 4), “Geração de Conhecimento” (BEN 6) e “Identificação de influências” (BEN 9), além de poder mitigar as barreiras “Insuficiência de conhecimento (BAR 13)” e “Baixo suporte técnico (BAR 9)”, através de uma estrutura dos erros ocorridos no projeto, análise causa e efeito dos erros no projeto, produto e análise do impacto das mudanças dos requisitos.

A **“Avaliação do requisito” (BEN 15)**, através da rastreabilidade dos requisitos, permite avaliar a completude e consistência dos requisitos (WIBOWO e DAVIS, 2020) verificando se o requisito está associado a um objetivo, prioridade e autor (KIROVA *et al.*, 2008). Além disso, fornece um alerta identificando requisitos conflitantes, obrigatórios e assegura que o requisito seja avaliado quanto a mudança e os efeitos da mudança (TORKAR *et al.*, 2012); (DREVES *et al.*, 2016). É observado, que o benefício “Avaliação do requisito (BEN 15) pode influenciar na ocorrência de outros benefícios como “Informações” (BEN 2), “Compreensão” (BEN 4), “Identificação dos requisitos” (BEN 7), “Compreensão dos requisitos” (BEN 9) e a “Identificação de influências” (BEN 10). Adicionalmente, o mesmo benefício pode mitigar as barreiras “Insuficiência de conhecimento (BAR 13)” e

“Insuficiência de informação (BAR 14)” que podem ser atenuadas, através das informações viabilizadas pela avaliação do requisito no decorrer da rastreabilidade dos requisitos. É observado, que os benefícios podem influenciar na ocorrência de outros benefícios como a “Compreensão (BEN 4)” e “Identificação de mudanças (Rastrear mudanças) (BEN 12).

Igualmente, diante do exposto dos benefícios da rastreabilidade dos requisitos e os mesmos benefícios influenciar na possibilidade de ocorrência de outros benefícios, para aproveitamento da atividade da rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de projetos, três motivos justificam a adoção da rastreabilidade de requisitos (Tabela 19). Por conseguinte, observa-se que os problemas da atividade tornam-se categorizados em barreiras e mais explícitos, assim como seus benefícios, a ocorrência de outros benefícios e as barreiras que podem ser mitigadas pelos benefícios.

Tabela 19 – Motivos para aproveitamento da atividade da rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de projetos.

Motivos para aproveitamento da atividade da rastreabilidade dos requisitos	Descrição dos motivos
1) Reconhecimento dos benefícios	Reconhecer os benefícios que a atividade viabiliza durante o desenvolvimento dos projetos.
2) Percepção do poder de ocorrência de outros benefícios	Compreender que um benefício da rastreabilidade dos requisitos, pode influenciar na ocorrência de outro(s) benefício (s).
3) Compreensão da capacidade do benefício poder mitigar barreiras	Compreender que um benefício potencial pode mitigar uma ou mais barreiras existentes, que inibem o uso da atividade.

Fonte: Elaborado pelo autor, (2021).

Posteriormente à categorização das barreiras e benefícios da rastreabilidade dos requisitos, nas tabelas 16 e 18, foi possível reconhecer que os benefícios da rastreabilidade dos requisitos, Suporte a gestão (BEN 1); Informação (BEN 2); Qualidade (BEN 3); Compreensão (BEN 4); Satisfação do cliente (BEN 5); Geração de Conhecimento (BEN 6); Identificação dos requisitos (BEN 7); Análise de impacto (BEN 8); Compreensão dos requisitos (BEN 9); Identificação de influências (BEN 10); Análise das mudanças (BEN 11); Identificação de mudanças (Rastrear mudanças) (BEN 12); Agilidade (BEN 13); Análise de erros (BEN 14); e Avaliação do requisito (BEN 15), podem mitigar as barreiras para rastreabilidade dos requisitos, (Tabela 20).

Tabela 20 – Benefícios da rastreabilidade dos requisitos que podem mitigar barreiras.

ID	Benefícios da rastreabilidade dos requisitos	Barreiras da rastreabilidade dos requisitos que podem ser mitigadas
BEN 1	Suporte a gestão	Custos (BAR 3)
BEN 2	Informação	Ineficiência de gerenciamento (BAR 1); Insuficiência de conhecimento (BAR 13) e Insuficiência de informação (BAR 14)
BEN 3	Qualidade	Insuficiência de informação (BAR 14)
BEN 4	Compreensão	Complexidade da atividade (BAR 7); Baixo suporte técnico (BAR 9) e Insuficiência de conhecimento (BAR 13)
BEN 5	Satisfação do cliente	Custo (BAR 3); Baixo suporte técnico (BAR 9); Insuficiência de conhecimento (BAR 13) e Insuficiência de informação (BAR 14)
BEN 6	Geração de Conhecimento	Ferramentas (BAR 2); Baixa percepção de benefícios (BAR 5); Baixo suporte técnico (BAR 9); Complexidade da atividade (BAR 7) e Insuficiência de conhecimento (BAR 13)
BEN 7	Identificação dos requisitos	Baixo suporte técnico (BAR 9); Insuficiência de conhecimento (BAR 13) e Insuficiência de informação (BAR 14)
BEN 8	Análise de impacto	Ineficiência de gerenciamento (BAR 1) e Insuficiência de conhecimento (BAR 13)
BEN 9	Compreensão dos requisitos	Ferramentas (BAR 2); Complexidade da atividade (BAR 7); Baixo suporte técnico (BAR 9) e Insuficiência de conhecimento (BAR 13).
BEN 10	Identificação de influências	Insuficiência de conhecimento (BAR 13) e Insuficiência de informação (BAR 14).
BEN 11	Análise das mudanças	Baixo suporte técnico (BAR 9)
BEN 12	Identificação de mudanças (Rastrear mudanças)	Custo (BAR 3) e Demanda de Tempo (BAR 8)
BEN 13	Agilidade	Esforço elevado (BAR 6); Demanda de Tempo (BAR 8) e Insuficiência de conhecimento (BAR 13)
BEN 14	Análise de erros	Baixo suporte técnico (BAR 9) e Insuficiência de conhecimento (BAR 13)
BEN 15	Avaliação do requisito	Insuficiência de conhecimento (BAR 13) e Insuficiência de informação (BAR 14).

Fonte: Elaborado pelo autor, (2021).

É observado que cada benefício proporcionado pela atividade da rastreabilidade dos requisitos, pode mitigar uma ou mais barreiras para a mesma (Tabela 20). Adicionalmente, os benefícios identificados como "Satisfação do cliente" (BEN 5), "Geração de Conhecimento" (BEN 6) e "Análise de erros" (BEN 14), são os benefícios que podem mitigar mais barreiras que inibem o uso da atividade da rastreabilidade dos requisitos.

4.2 ANÁLISE EMPÍRICA DAS BARREIRAS E BENEFÍCIOS – ESTUDO DE CASOS

4.2.1 Apresentação da Empresa Alfa

A empresa do estudo é uma multinacional de origem estadunidense, localizada na cidade de Chicago - Illinois, do setor de recrutamento e seleção. A unidade no Brasil, objeto do estudo, localiza-se na cidade de São Paulo – SP. A empresa em questão será denominada de Empresa Alfa, onde a mesma atua no segmento de recrutamento e seleção atuando com uma variedade de projetos, soluções tecnológicas e ferramentas que são desenvolvidas para gestão de talentos, transformação digital, organização e cultura em múltiplos setores como; bens de consumo, aviação, multinacionais, empresas de médio porte e *startups*. A Empresa Alfa no Brasil possui porte médio com aproximadamente cinquenta a noventa e nove colaboradores entre profissionais de diversas formações e cargos, entre eles Gerentes de Projetos, Analistas de Negócios, *Product Owner*, Desenvolvedores, *Scrum Master*, Consultores e Especialistas. O estudo de caso ocorreu entre os meses de janeiro e fevereiro de 2021 através do *Product Owner* da unidade no Brasil, com experiência de cinco anos.

A gestão dos requisitos na Empresa Alfa, inicia-se com o recebimento dos requisitos mapeados e detalhados através dos Analistas de Negócios. O mapeamento dá-se através da coleta ou elicitación. A elicitación dos requisitos é o reconhecimento da origem dos requisitos associados às partes interessadas e inicia-se a partir da análise das necessidades dos usuários e objetiva definir um grupo de requisitos para o produto ser desenvolvido (PERUZZINI; MARILUNGO; GERMANI, 2015); (POHL, 2007).

Posteriormente a coleta/elicitación, o detalhamento dos requisitos mapeados é realizado em conjunto com o *Product Owner*, através de personas (procedimento para determinar características em comum de um grupo de pessoas). O detalhamento dos requisitos faz parte da especificação. De acordo com o guia (BABOK, 2015) o grau de decomposição e detalhamento a ser especificados os requisitos, eles diferenciam segundo o conhecimento e entendimento das partes interessadas e posteriormente a elicitación dos

requisitos, diferentes tipos de informações são apresentadas, portanto é comum que diferentes tipos de requisitos possam ser especificados ao mesmo tempo.

A especificação dos requisitos auxilia a garantir o entendimento, conclusão e rastreabilidade para todos os tipos de requisitos (BABOK, 2015). Para a atividade de especificação o guia recomenda os seguintes procedimentos: (1) Notações de modelagem/ Normatização; (2) Ferramentas de modelagem; (3) Arquitetura dos requisitos; (4) Ferramentas para gestão do ciclo de vida dos requisitos; (5) Escopo da solução; (6) Critérios de aceitação e avaliação; (7) *Business Model Canvas*; (8) Decomposição Funcional; (9) Diagramas de sequência; (10) Lista, mapa ou personas das partes interessadas; (11) Casos de uso e cenários; (12) Histórias de usuários; (13) Modelagem de estados e (14) Modelagem de escopo. Posteriormente ao detalhamento dos requisitos, o Analista de Negócios repassa para o time de Desenvolvimento. A figura 16 apresenta o processo de gestão de requisitos na Empresa Alfa.

Figura 16 – Gestão de requisitos na Empresa Alfa.

Fonte: Elaborado pelo autor, (2021).

Na Empresa Alfa, o time de Desenvolvimento visualiza os requisitos recebidos, sob a ótica da tecnologia. Neste sentido, o time estabelece tecnologias para apoiar o desenvolvimento do projeto do produto, tipo de estrutura e recursos materiais, além disso o time estima o esforço e o tempo necessário para as entregas. Para a realização da gestão de projetos a Empresa Alfa utiliza a metodologia SCRUM, que é baseada em princípios como: equipes enxutas, requisitos desconhecidos ou levemente estáveis e iterações curtas, os quais são particionados em intervalos curtos de tempo, denominada *sprints* (SCHWABER, 2004) e no decorrer da gestão, realiza-se ciclos de desenvolvimento,

denominado *sprint*, com duração de duas semanas, porém há ciclos de uma semana ou um mês, dependendo do tipo do projeto (tamanho e nível de complexidade).

De acordo com a Empresa, no desenvolvimento de software, é comum em 99% dos projetos o ciclo de desenvolvimento (*sprint*) ser em duas semanas. Neste sentido, os desenvolvedores estimam o que pode ser entregue dentro desse intervalo de duas semanas e retorna ao *Product Owner* com o que é "entregável". A tabela 21 apresenta as atividades na gestão dos requisitos, estratégias, gestão de projetos e partes interessadas envolvidas.

Tabela 21 – Atividades na gestão dos requisitos, estratégia, gestão de projetos e partes interessadas na Empresa Alfa.

Partes interessadas	Atividades na gestão dos requisitos e estratégia de produto.	Atividades na gestão de projetos
Analista de Negócios e Product Owner	Detalhamento dos requisitos e compreensão mais profunda das necessidades dos usuários o qual o produto corresponderá.	Gestão dos requisitos e detalhamento dos requisitos
Time de Desenvolvimento	Realização do produto, mediante detalhamento dos requisitos, sendo assim entregando algo tangível.	Gestão e divisão das atividades de tecnologia e desenvolvimento
Scrum Master	Garantir que o time de desenvolvimento esteja alinhado no entendimento correto do requisito.	Realizar iterações mais curtas com o <i>Product Owner</i> .

Fonte: Elaborado pelo autor, (2021).

4.2.1.1 Rastreabilidade dos requisitos na Empresa Alfa

Para a rastreabilidade dos requisitos nos projetos desenvolvidos pela Empresa Alfa, os requisitos são rastreados, dentro das unidades, dos cartões/*tickets* do JIRA. Neste cartão/ticket um documento em MS Word ou URL/*Link* estão as informações: 1) título; 2) descrição; 3) esforço; 4) tempo; 5) anexos para os Desenvolvedores utilizar. A rastreabilidade é realizada no JIRA e a responsabilidade do Analista de Negócios é descrever esses cartões/*tickets* com os requisitos detalhados com os critérios para

checagem e corresponder com o desenvolvimento, descrição, título, datas e estimativas. Além disso, o setor responsável pela rastreabilidade dos requisitos é o T.I (Tecnologia da Informação), onde o setor atende aos produtos/requisitos que os colaboradores usam para os projetos dos clientes. Através da rastreabilidade dos requisitos, o Analista de Negócios e Product Owner utilizam as informações para controle das entregas e mensurar o percentual de desenvolvimento do projeto.

4.2.2 Apresentação da Empresa Beta

A segunda empresa do estudo pertence ao setor de T.I (Tecnologia da informação) que atua com *outsourcing* no processo de desenvolvimento de tecnologias, engenharia de requisitos, *design* de *software*, implementação, controle de qualidade, implantação e manutenção na região de São Carlos, interior do estado de São Paulo. A empresa em questão será denominada de Empresa Beta. *Outsourcing* é um processo de contratação parcial ou total de serviços de T.I de uma empresa para um ou mais fornecedores externos (GOTTSCALK e SOLLI-SAETHER, 2006). Esse processo também é caracterizado pela delegação da responsabilidade da gestão e operacionalização do projeto para uma terceira parte (HARRIES e HARRISON, 2008). O estudo de caso ocorreu entre os meses de janeiro e março de 2021.

A Empresa Beta possui porte médio com aproximadamente cento e cinquenta colaboradores e desde 2010 atua fortemente com *outsourcing* de serviços, desenvolvendo projetos para diversos setores como: aviação civil, hospitalar, indústrias, construção civil, varejistas e empresas de serviços. Os colaboradores da Empresa Beta possuem formações acadêmicas nas áreas de exatas em sua maioria (engenharias, computação). Em relação às funções dos colaboradores no desenvolvimento de projetos, ficou compreendido entre: Desenvolvedores, Analistas de sistemas, Analistas de qualidade (QA), Líderes de projetos e *Product Owner*. Acerca do conhecimento sobre requisitos, a empresa julgou importante possuir o domínio e a realização através de interações e treinamentos internos para melhorias da gestão de requisitos no desenvolvimento de projetos.

Foi selecionado para ser entrevistado um diretor de desenvolvimento da empresa com seis anos de experiência e foram analisados os projetos sob sua responsabilidade. As entrevistas foram conduzidas por meio de um protocolo de coleta de dados (Apêndice), melhorado a partir do teste piloto realizado com profissionais em grupos fechados na rede social LinkedIn. O foco central deste estudo de caso foi investigar as barreiras e benefícios da rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de projetos, motivações, percepções dos benefícios ou não e partes interessadas envolvidas. A partir dos registros das entrevistas documentadas pelo pesquisador foi possível identificar questões relativas à gestão de requisitos da empresa, barreiras e benefícios da rastreabilidade dos requisitos, conforme o protocolo de coleta de dados.

Adotado como procedimento padrão nos projetos, os requisitos devem ser analisados, após a coleta ou elicitación. Os registros do JIRA demonstram que a análise é realizada de maneira unitária por requisito. Além disso, a Empresa Beta reconhece que através das análises dos requisitos é possível avaliar as partes interessadas que podem influenciar o sucesso do processo de análise dos requisitos e do projeto. As partes interessadas consultadas para esse processo são: clientes, usuários e desenvolvedores da Empresa Beta. Para alcançar o sucesso do projeto às necessidades dos usuários precisam ser coletadas e representadas como requisitos dos usuários (PERUZZINI; MARILUNGO; GERMANI, 2015).

A especificação dos requisitos ocorre nos projetos desenvolvidos pela Empresa Beta e visa caracterizar as condições, resultados, ações e erros que podem acontecer no projeto. A especificação dos requisitos é realizada pela equipe de desenvolvimento que utiliza a escrita gráfica, através de diagramas de estados, de casos de uso e de sequência. A ideia é a criação de um tutorial que é adotado pela equipe de desenvolvimento para criar o projeto. A Empresa Beta reconhece que é de grande relevância especificar os requisitos para os projetos.

Justificando trabalhos de (SONG, 2017), que reitera a importância de elucidar, classificar e modelar os requisitos do projeto antes de estruturar os requisitos das partes interessadas, adquiridas com os requisitos do projeto, tornando os requisitos coerentes, rastreáveis e reutilizáveis. Igualmente, reconhece que o propósito da verificação é certificar que os requisitos aprovados e as especificações do projeto estejam de acordo e possam corresponder às necessidades das partes interessadas (SONG, 2017). Os requisitos após a especificação são verificados e validados pelos testadores segundo a Empresa Beta. Os processos de verificação e validação acontecem seguidamente. Os testes de verificação estão relacionados aos requisitos aprovados e a validação acontece em uma situação na realidade do usuário ou simulada, para encontrar possíveis irregularidades dos requisitos. A figura 17 apresenta o processo de gestão de requisitos na Empresa Beta.

Figura 17 - Gestão de requisitos na Empresa Beta.

Fonte: Elaborado pelo autor, (2021).

É observado que a Empresa Beta, reconhece e realiza as práticas da gestão dos requisitos nos desenvolvimento de seus projetos, justificando seu amplo uso devido a diversidade de projetos desenvolvidos. Diferentemente da Empresa Alfa, que reconhece e realiza as práticas da gestão dos requisitos, porém com diferentes partes interessadas envolvidas. Entenda-se que devido a variedade de projetos desenvolvidos pela Empresa Beta, por ser *outsourcing*, há necessidade de diferentes partes interessadas (colaboradores).

4.2.2.1 Rastreabilidade dos requisitos na Empresa Beta

Para a rastreabilidade dos requisitos nos projetos desenvolvidos pela Empresa Beta, os requisitos são rastreados. A Empresa Beta possui um processo de manter a rastreabilidade dos requisitos por fora, pois a ferramenta atual (JIRA) usada não atende na geração de uma matriz. Entretanto, é possível agrupar os requisitos e os links, pois o JIRA permite, gerando vantagem para visualizar e organizar o desenvolvimento dos requisitos e os requisitos que são correlatos ou não. Além disso, toda a equipe e partes interessadas envolvidas são responsáveis pela rastreabilidade dos requisitos nos projetos desenvolvidos na Empresa Beta. 1) Desenvolvedores; 2) Product Owner; 3) Analista de Qualidade (QA); 4) Testadores; 5) Analistas de sistemas e 6) Líderes de projetos.

Na Empresa Beta, é de responsabilidade do time de desenvolvimento, manter as atualizações dos requisitos, histórias de usuários e histórias técnicas. Para a especificação dos requisitos, cabe ao Product Owner, pois ele possui a responsabilidade de criar os requisitos, realizar os links e organização inicialmente. No entanto, o Product Owner não consegue realizar a matriz de rastreabilidade compreensível, porém através de validações automáticas da ferramenta JIRA é possível garantir os links e relações. A Empresa Beta reconhece que é passível de erros a rastreabilidade dos requisitos mais humana, quando o Product Owner interage com a ferramenta para a realização das validações. A questão sobre erro humano é justificada por estudos de (KIROVA *et al.*, 2008).

4.3 – BARREIRAS E BENEFÍCIOS DA RASTREABILIDADE DOS REQUISITOS NA PRÁTICA

4.3.1 Análise das barreiras para rastreabilidade dos requisitos

Neste subtópico apresenta-se as barreiras para rastreabilidade dos requisitos, identificadas através do protocolo de coleta de dados e seguidamente as análises.

Posteriormente as abordagens através do protocolo de coleta de dados a Empresa Alfa, a tabela 22 apresenta as barreiras para rastreabilidade dos requisitos reconhecidos pela Empresa Alfa e as respectivas discussões.

Ineficiência de gerenciamento (BAR 1): Na Empresa Alfa, a barreira para rastreabilidade dos requisitos “Ineficiência de gerenciamento”, cumpre o papel de fato gerador e desencadeia outras barreiras, ou seja, um “efeito dominó”, onde um acontecimento denominado “evento primário” ocorre, provocando outros acontecimentos relacionados, além disso, ressalta-se que estudos sobre efeitos dominó, concentram-se na estimativa da frequência do efeito ou na probabilidade dos prejuízos (KHAKSAD *et al.*, 2012). É observado que a 1) Ineficiência de gerenciamento, pode induzir na ocorrência de outras barreiras, como: 14) Insuficiência de informação (que pode desencadear, 10) Baixa motivação; 11) Insuficiência de comunicação e 6) Baixa percepção de benefícios, que induz a 10) Baixa motivação; 7) Baixo suporte técnico que induz na 12) Insuficiência de conhecimento. As ações dos colaboradores podem ser revistas, a fim de mitigar a ineficiência de gerenciamento para a não geração de outras barreiras.

Demanda de Tempo (BAR 8), Baixo suporte técnico (BAR 9) e Insuficiência de comunicação (BAR 12): É observado que as barreiras Baixo suporte técnico e Demanda de Tempo na Empresa Alfa, estão diretamente relacionadas e conjuntamente podem inibir a rastreabilidade dos requisitos. A cobrança de tempo é um problema no projeto, induz negativamente a adesão da rastreabilidade, sendo rejeitada se a pressão por parte do

tempo tornar-se um problema (BLAAUBOER; SIKKEL; AYDIN, 2007). É observado que a barreira Demanda de Tempo, na "Empresa Alfa" induz ao não envolvimento entre as partes (Analista de Negócios e Product Owner), o que influencia na barreira "Baixo suporte técnico" e Insuficiência de comunicação, na busca pela rastreabilidade eficaz. Para uma rastreabilidade dos requisitos eficaz (FORD e TRIGGS, 2006) recomendam o envolvimento de todas as áreas da empresa. A falta de comunicação, identificada como a barreira Insuficiência de comunicação (BAR 11) e inferência (por parte dos Desenvolvedores) é um dos desafios associados a rastreabilidade pré especificação dos requisitos (GOTEL & FINKELSTEIN, 1994), ocasionando insuficiência de rastreabilidade dos requisitos.

Insuficiência de informação (BAR 14): Trabalhos de (REGAN *et al.*, 2012) apontam a dificuldade na coleta das informações para a rastreabilidade, porém como benefício a rastreabilidade, favorece a comunicação entre as equipes no projeto para mitigar as dificuldades em associar os motivos e origens aos requisitos (RAMESH e JARKE, 2001).

De acordo com (FORD e TRIGGS, 2006), no setor da manufatura, os requisitos reais dos clientes não são claros, o que faz com que a empresa deduza. É observado que tanto em empresas de software (Empresa Alfa), quanto em empresas de manufatura, os requisitos sofrem inferências. Devido ao não detalhamento, gerando as inferências dos requisitos para o desenvolvimento do projeto. Segundo (GARCÍA *et al.*, 2019) especialistas da área de desenvolvimento de software afirmam que definir os requisitos e não detalhá-los, ocasiona uma baixa aceitação entre o software e clientes (pessoas e empresas). Observa-se que a "Empresa Alfa" pode sofrer não aceitação de seus produtos. O que prejudica ainda mais a estratégia da empresa que deveria ser macro, mas devido as inferências dos requisitos torna-se micro.

Diversidade de elementos (BAR 15): Para a barreira de diversidade de elementos, ou seja, o envolvimento de muitas partes interessadas na "Empresa Alfa", é recomendado a elaboração de uma política organizacional sobre a rastreabilidade, que seja atribuída igualmente a todos os projetos, o que pode mitigar as dúvidas e viabilizar perspectivas mais concretas entre as partes interessadas, caso a empresa possua políticas explícitas em vigência e oriente como cumprir essas políticas, é possível que a rastreabilidade seja implementada coerentemente (KANNENBERG e SAIEDIAN, 2009). A tabela 20 apresenta as barreiras reconhecidas e as descrições sobre as mesmas.

Tabela 22 – Barreiras para rastreabilidade dos requisitos na Empresa Alfa.

ID	Barreiras	Descrição das barreiras para rastreabilidade dos requisitos reconhecidas pela Empresa Alfa
BAR 1	Ineficiência de gerenciamento	<ol style="list-style-type: none"> 1) Desorganização da gestão; 2) Agenda desorganizada dos Colaboradores (Desenvolvedores, Analistas de Negócios e Product Owner); 3) Dupla interpretação dos requisitos por parte dos Desenvolvedores; 4) Em decorrência da inferência dos requisitos pelos Desenvolvedores, a estratégia torna-se micro sob o olhar do Desenvolvedor.
BAR 8	Demanda de Tempo	<ol style="list-style-type: none"> 1) Indisponibilidade de tempo do Product Owner e Analista de Negócios; 2) Falta de tempo ocasiona a não organização das iterações mais curtas entre o Product Owner e o Scrum Master.
BAR 9	Baixo suporte técnico	<ol style="list-style-type: none"> 1) Não atendimento aos Desenvolvedores da forma como precisam devido a falta de tempo do Product Owner e Analista de Negócios; 2) Ausência de suporte na estratégia do projeto, devido ao conflito de agenda dos Colaboradores.
BAR 12	Insuficiência de comunicação	<ol style="list-style-type: none"> 1) Não atendimento aos Desenvolvedores da forma como precisam, devido a falta de tempo do Product Owner e Analista de Negócios; 2) Falhas de comunicação.
BAR 14	Insuficiência de informação	<ol style="list-style-type: none"> 1) Documentação dos requisitos não explicitados; 2) Fornecimento de requisitos não detalhados pelo Product Owner e Analista de Negócios, devido a falta de atenção, ocasionando a inferência dos requisitos pelo time de Desenvolvedores do projeto.
BAR 15	Diversidade de elementos	<ol style="list-style-type: none"> 1) Envolvimento com muitas partes interessadas diferentes.

Fonte: Elaborado pelo autor, (2021).

Posteriormente as abordagens através do protocolo de coleta de dados a Empresa Beta, a tabela 23 apresenta as barreiras para rastreabilidade dos requisitos reconhecidos pela empresa e as respectivas discussões.

Ferramentas (BAR 2): Conforme apresenta a tabela 23, observa-se que na Empresa Beta, a barreira para rastreabilidade dos requisitos "Ferramentas" (BAR 2) é dividida em três categorias (Ausência de ferramentas, Ausência de integração e Inflexibilidade), justificando (SHERENI, 2015) que relata sobre aplicativos da web e software como JIRA Agile, Pivotal Tracker, Trello e Basecamp, que auxiliam as empresas de desenvolvimento de software e tecnologia da informação a gerir os requisitos no desenvolvimento dos projetos, porém as ferramentas não são capazes em proporcionar a rastreabilidade completa dos requisitos. Para mitigar a barreira "Ferramentas" (BAR 2), são

recomendadas algumas soluções como: 1) Adicionar ferramentas de rastreabilidade e gestão de requisitos industriais de alto padrão (ANTONIOLO *et al.*, 2006); 2) Desenvolver ferramentas e métodos de rastreabilidade flexíveis aos cenários, ferramentas personalizáveis, utilização de abordagens semiautomáticas e diferentes técnicas (REGAN *et al.*, 2012); (BOUILLON; MÄDER; PHILIPPOW, 2013), no entanto, ressalta-se que soluções eficientes dependem da combinação de equipamentos e processos e da forma como a empresa atua (FORD e TRIGGS, 2006).

Esforço elevado (BAR 6): A segunda barreira, esforço elevado, é reconhecida pela Empresa Beta sob o ponto de vista ferramental, pois as ferramentas exigem esforço devido às mudanças no escopo. Observa-se que as barreiras Esforço elevado e Ferramentas estão relacionadas. Entretanto, para mitigar a barreira do esforço elevado, (HEINDL e BIFFL, 2005); (WANG *et al.*, 2018) recomendam a priorização dos requisitos e métodos automatizados de rastreamento, que podem reduzir o esforço da técnica. Além disso, (KARLSSON; WOHLIN; REGNELL, 1998) apresentam estágios para a priorização dos requisitos, que direciona os responsáveis pela tomada de decisões, em analisar os requisitos com a finalidade de atribuir símbolos ou números que remetem sua importância. Adicionalmente, os guias (BABOK, 2015) e (PMI, 2015) de análise de negócios, recomendam procedimentos e técnicas para apoiar a priorização dos requisitos.

Demanda de Tempo (BAR 8): É reconhecido como barreira a Demanda de Tempo, segundo a Empresa Beta, devido às mudanças no escopo. A adesão da rastreabilidade dos requisitos aumenta o tempo desenvolvimento do projeto e cabe ao gerente de projetos perceber como o tempo influencia (BLAAUBOER; SIKKEL; AYDIN, 2007). No entanto, a cobrança de tempo é um problema no projeto e induz negativamente a adesão da rastreabilidade, sendo rejeitada se a cobrança por parte do tempo, tornar-se um problema (BLAAUBOER; SIKKEL; AYDIN, 2007), além disso, pouca rastreabilidade pode originar riscos ao projeto e a utilização de um processo de rastreabilidade extenso, pode desperdiçar tempo e exigir uma gestão ampla das ligações (*links*) de rastreabilidade PMI (2015). A tabela 23 apresenta as barreiras reconhecidas e as descrições sobre as mesmas.

Tabela 23 - Barreiras para rastreabilidade dos requisitos na Empresa Beta

ID	Barreiras	Descrição das barreiras para rastreabilidade dos requisitos reconhecidas pela Empresa Beta
BAR 2	Ferramentas	1) Falta de ferramentas para rastreabilidade; 2) Falta de ferramentas integradas; 3) Incompatibilidade de recursos a ferramentas existentes.
BAR 6	Esforço elevado	1) Ferramentas que exigem muito esforço para rastreabilidade dos requisitos, ocasionada por mudanças no escopo.
BAR 8	Demanda de Tempo	1) Tempo para realização da rastreabilidade dos requisitos, devido às mudanças do escopo do projeto.

Fonte: Elaborado pelo autor, (2021).

4.3.2 Análise dos benefícios da rastreabilidade dos requisitos nas Empresas Alfa e Beta

Em relação ao reconhecimento dos benefícios da rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de projetos nas Empresas Alfa e Beta, conforme apresenta a tabela 24, entenda-se:

De acordo com os resultados levantados, posteriormente as entrevistas a Empresa Alfa e Beta, observa-se que a Empresa Alfa reconhece menos benefícios proporcionados pela rastreabilidade dos requisitos, ou seja, dos 15 (quinze) benefícios categorizados pela pesquisa, 4 (quatro) benefícios são reconhecidos, sendo eles: 1) Suporte a gestão; 2) Informação; 3) Geração de Conhecimento; 4) Compreensão, o que confirma a nova barreira não reconhecida pela Empresa Alfa, “Baixa percepção dos benefícios”.

Neste sentido (WOHLRAB *et al.*, 2020) ressaltam a importância das partes interessadas em reconhecer os benefícios da rastreabilidade, para consentir o excesso de trabalho na rastreabilidade de forma colaborativa, pois é complexo quando o empenho e o benefício são repartidos de maneira desproporcional em diferentes funções e caso os colaboradores visualizarem os benefícios da rastreabilidade, provavelmente assumirão suas

respectivas responsabilidades na gestão da rastreabilidade. Os benefícios da rastreabilidade seriam mais claros, se adotassem um suporte melhor à ferramenta para o uso de ligações (*links*) de rastreamento, pois facilitaria o propósito e os colaboradores reconheceria os benefícios da rastreabilidade (WOHLRAB *et al.*, 2020).

Diferentemente da Empresa Beta que reconhece 10 (dez) benefícios dos 15 (quinze) benefícios categorizados pela pesquisa, sendo eles: 1) Suporte a gestão; 2) Qualidade; 3) Identificação dos requisitos; 4) Compreensão dos requisitos; 5) Identificação de influências; 6) Satisfação do cliente; 7) Agilidade; 8) Análise de impacto; 9) Compreensão; 10) Identificação de mudanças (Rastrear mudanças); Justificando pesquisas de (PANIS, 2010) e (REMPEL e MADER, 2017), onde ampliar e revisar os rastreios apresentam requisitos que não estão sendo atendidos, logo o aumento da rastreabilidade é vista como benéfica, proporcionando a identificação dos requisitos, valor e confiança quando documentado, além de proporcionar um efeito expressivo na qualidade da realização dos componentes do software, quanto mais e completa, menores são os índices de defeitos, logo a Empresa Beta busca pelo êxito e mais benefícios da rastreabilidade.

É recomendável que a Empresa Alfa reveja as políticas para a rastreabilidade dos requisitos, para melhor aproveitamento da atividade e obtenção de mais benefícios, devido ao não reconhecimento da “Baixa percepção dos benefícios”. Em contrapartida, a “Empresa Beta” alcança mais benefícios decorrente do envolvimento dos colaboradores (Analistas, Desenvolvedores, Product Owner e QA - Analista de Qualidade), visualização, aumento da rastreabilidade e implicitamente a derivação de outros benefícios, como por exemplo, visando a satisfação do cliente, implicitamente, a Empresa Beta através da justificativa para o cliente acerca das mudanças dos requisitos no projeto, alcança o benefício da “Análise das mudanças (BEN 11)” e ao expor os impactos das mudanças dos requisitos, obtêm o benefício “Análise de impacto (BEN 8)”.

Observa-se que o benefício desencadeia a ocorrência de outro benefício, porém a Empresa Beta não percebe, justificando a ocorrência da barreira “Baixa percepção de benefícios” (BAR 5). No entanto, a Empresa Beta reconhece como benefício a “Compreensão (BEN 4)”, visando melhoria do processo e menos esforço, logo, implicitamente através da “Compreensão (BEN 4)”, busca mitigar a barreira para rastreabilidade dos requisitos “Esforço elevado” (BAR 6). Diferentemente da “Empresa Alfa”, que através do benefício “Compreensão (BEN 6)” alcança a verificação dos requisitos, com o uso da rastreabilidade dos requisitos. A tabela 24 apresenta os benefícios reconhecidos e descritos pelas Empresas Alfa e Beta.

Tabela 24 – Reconhecimento dos benefícios da rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de projetos.

Empresas do estudo	ID	Benefícios reconhecidos	Descrição dos benefícios reconhecidos da rastreabilidade dos requisitos pelas empresas
Empresa Alfa	BEN 1	Suporte a gestão	1) Controle das entregas do projeto; 2) Mensuração do percentual de desenvolvimento do projeto; 3) Consultas para realização do desenvolvimento dos requisitos.
	BEN 2	Informação	1) Informações dos requisitos para os Desenvolvedores utilizarem; 2) Detalhamento dos requisitos e atividades no produto.
	BEN 4	Compreensão	1) Verificação dos requisitos
	BEN 6	Geração de Conhecimento	1) Referência para realização de atividades no produto (em que parte do desenvolvimento necessita realizar alguma atividade ou correção).
Empresa Beta	BEN 1	Suporte a gestão	1) Em projetos de escopo bem definidos é possível realizar um planejamento da rastreabilidade; 2) Planejamento dos testes para o projeto, para utilização de testes de aceitação e regressão.
	BEN 3	Qualidade	1) Otimização da equipe de Desenvolvimento do projeto; 2) Otimização e realização de testes mais necessários e certos dos requisitos.
	BEN 4	Compreensão	1) Melhoria dos processos para consumir menos esforço para entregas melhores.
	BEN 5	Satisfação do cliente	1) Justificar para o cliente as mudanças dos requisitos no projeto
	BEN 7	Identificação dos requisitos	1) É possível organizar a priorização dos requisitos para o <i>sprint</i>
	BEN 9	Compreensão dos requisitos	2) É possível visualizar os requisitos de forma agrupada através dos <i>links</i> e <i>epics</i> , com o suporte do software JIRA.
	BEN 8	Análise de impacto	1) Ao justificar para o cliente as mudanças é possível apresentar os impactos da mudança do requisito e consequências.
	BEN 10	Identificação de influências	1) Através das solicitações de mudanças dos requisitos é possível identificar influências
	BEN 12	Identificação de mudanças (Rastrear mudanças)	1) Identificação dos impactos da mudança dos requisitos
	BEN 13	Agilidade	1) Agilidade em expor os impactos das mudanças dos requisitos aos clientes

Fonte: Elaborado pelo autor, (2021).

A Análise da “Baixa percepção dos benefícios (BAR 5)” da rastreabilidade dos requisitos nas Empresas Alfa e Beta apresenta, paralelamente aos benefícios reconhecidos pelas empresas (Tabela 24): 1) O não reconhecimento de 11 benefícios da rastreabilidade pela "Empresa Alfa" sendo eles: Qualidade (BEN 3); Satisfação do cliente (BEN 5); Geração

de Conhecimento (BEN 6); Identificação dos requisitos (BEN 7); Análise de impacto (BEN 8); Compreensão dos requisitos (BEN 9); Identificação de influências (BEN 10); Análise das mudanças (BEN 11); Identificação de mudanças (Rastrear mudanças) (BEN 12); Agilidade (BEN 13) e Avaliação do requisito (BEN 15). 2) E o não reconhecimento de 5 benefícios da rastreabilidade pela "Empresa Beta", sendo eles: Informação (BEN 2); Compreensão (BEN 4); Compreensão dos requisitos (BEN 9), Análise das mudanças (BEN 11) e Agilidade (BEN 13) (Tabela 21). Logo, é perceptível que o não reconhecimento dos benefícios da rastreabilidade dos requisitos é justificada através da RBS e classificada como barreira, "Baixa Percepção dos Benefícios (BAR 5)" conforme as referências indicam.

Neste contexto, segundo (ARKLEY e RIDDLE, 2005), é atribuída uma prioridade baixa as tarefas relacionadas a rastreabilidade dos requisitos, devido à ausência da percepção dos benefícios dos engenheiros de desenvolvimento ocasionando em informações incompletas, incorretas e desatualizadas, porém para mitigar essa baixa percepção dos benefícios, (WOHLRAB *et al.*, 2020) recomendam princípios de uma gestão da rastreabilidade dos requisitos colaborativa e orientação (ANTONOL *et al.*, 2006); (REGAN *et al.*, 2012); (BABOK, 2015); (PMI, 2015), sendo eles: 1) Centralizar os objetivos da rastreabilidade e as necessidades das informações das partes interessadas; 1a) Selecionar uma abordagem leve de rastreabilidade e centralizada no Desenvolvedor, para os objetivos associados ao rastreamento das mudanças no código; 1b) Selecionar uma abordagem formal centralizada em requisitos para objetivos associados a regulamentação (por exemplo: requisitos de segurança ou legais); 2) Igualar o benefício da gestão da rastreabilidade e o esforço por papel do colaborador; neste sentido, (INGRAM e RIDDLE, 2012), apresentam um método adaptável de quatro etapas para análise do custo-benefício para a adesão da rastreabilidade dos requisitos no projeto. 3) Permitir e notificar a divulgação das mudanças além das fronteiras; 4) Fortalecer uma cultura rígida em relação a manutenção da rastreabilidade.

Adicionalmente, o conhecimento pode auxiliar no desenvolvimento de habilidades necessárias que devem ser ensinadas aos profissionais, através de programas de treinamento, contudo, não há padrões determinados para o ensino (ANTONOL *et al.*, 2006), contudo, orientação às equipes/colaboradores através de guias do conhecimento como BABOK, (2015), PMI - *Business Analysis for Practitioners - A Practice Guide* PMI (2015), podem sugerir recursos para desenvolver inicialmente as habilidades dos profissionais (REGAN *et al.*, 2012). Ressalta-se que as soluções propostas podem não ser propícias para todo os tipos de empresa, porém podem ser adaptáveis (JAYATILLEKE e LAI, 2018). Diante dos resultados apresentados, é recomendável que a "Empresa Alfa" adote uma gestão da rastreabilidade dos requisitos colaborativa (WOHLRAB *et al.*, 2020) e o desenvolvimento das habilidades aos colaboradores, e referente a "Empresa Beta" é recomendável também aos colaboradores orientação, (ANTONOL *et al.*, 2006); (REGAN *et*

al., 2012); (BABOK, 2015); (PMI, 2015), a fim de mitigar a barreira "Baixa Percepção dos Benefícios" (BAR 5). A seguir, a tabela 25 apresenta os benefícios não reconhecidos pelas Empresas Alfa e Beta.

Tabela 25 - Benefícios da rastreabilidade dos requisitos não reconhecidos pelas Empresas Alfa e Beta

ID	Benefícios da rastreabilidade dos requisitos	Empresa Alfa	Empresa Beta
BEN 1	Suporte a gestão	Reconhece	Reconhece
BEN 2	Informação	Reconhece	Não reconhece
BEN 3	Qualidade	Não reconhece	Reconhece
BEN 4	Compreensão	Reconhece	Não reconhece
BEN 5	Satisfação do cliente	Não reconhece	Reconhece
BEN 6	Geração de Conhecimento	Não reconhece	Reconhece
BEN 7	Identificação dos requisitos	Não reconhece	Reconhece
BEN 8	Análise de impacto	Não reconhece	Reconhece
BEN 9	Compreensão dos requisitos	Não reconhece	Não reconhece
BEN 10	Identificação de influências	Não reconhece	Reconhece
BEN 11	Análise das mudanças	Não reconhece	Não reconhece
BEN 12	Identificação de mudanças (Rastrear mudanças)	Não reconhece	Reconhece
BEN 13	Agilidade	Não reconhece	Não reconhece
BEN 14	Análise de erros	Reconhece	Reconhece
BEN 15	Avaliação do requisito	Não reconhece	Reconhece

Fonte: Elaborado pelo autor, (2021).

4.3.3 Motivações, ferramentas e partes interessadas envolvidas na rastreabilidade dos requisitos nas Empresas

Conforme apresenta a tabela 26, observa-se que a Empresa Beta possui mais motivações para rastreabilidade dos requisitos do que a Empresa Alfa, justificando a diversidade de projetos que a Empresa Beta desenvolve, ou seja, quanto mais tipos de projetos, maiores motivos para rastreabilidade dos requisitos a empresa terá.

Adicionalmente, os motivos para rastreabilidade dos requisitos recomendados por (RAMESH e JARKE, 2001); (BOUILLON; MÄDER; PHILIPPOW, 2013); PMI (2015), como: (1) Alocação dos requisitos; 2) Analisar o alcance dos requisitos no código-fonte; 3) Conformidade com os regulamentos; 4) Controle de mudanças; 5) Controle e monitoramento do projeto; 6) Cumprimento contratual e das normas; 7) Cumprimento dos requisitos; 8) Descobrir requisitos externos e ausentes; 9) Dependências entre componentes; 10) Desenvolvimento da verificação; 11) Desenvolvimento da aplicação; 12) Desenvolvimento dos requisitos; 13) Documentar o histórico do requisito; 14) Documentação das relações dos requisitos; 15) Estimativas de custos do projeto; 16) Evolução do sistema; 17) Evolução dos requisitos; 18) Gestão de requisitos; 19) Justificativa do projeto; 20) Justificativa dos requisitos; 21) Localizar a origem dos requisitos; 22) Localizar as causas dos requisitos; 23) Monitoramento dos recursos; 24) Monitoramento e rastreamento do projeto; 25) Processo; 26) Rastrear a situação da implementação da tarefa; 27) Rastrear para frente e identificar como o requisito foi testado e implementado; 28) Rastrear requisitos intermediários, para apresentar uma visão dos valores que os requisitos relacionados podem ter; 29) Qualidade; 30) Verificação do processo, estão alinhados com as motivações para o uso da rastreabilidade dos requisitos na Empresa Beta.

Sugere-se que há motivações diferentes para a atividade da rastreabilidade dos requisitos por parte da Empresa Alfa, diferentemente da Empresa Beta. Conclui-se que, diferentes setores, que desenvolvem projetos, possuem motivações distintas para o uso da rastreabilidade dos requisitos, conforme indicou a pesquisa. Sendo assim, é sugerido para melhor aproveitamento da atividade, visibilidade, reconhecimento dos benefícios, adesão de motivações pré-definidas para o uso da rastreabilidade dos requisitos, pois gera competitividade para as empresas (FORD e TRIGGS, 2006). A seguir, a tabela 26 apresenta as motivações para a rastreabilidade dos requisitos nas Empresas Alfa e Beta.

Tabela 26 – Motivações para rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de projetos das Empresas Alfa e Beta.

Rastreabilidade dos requisitos	Empresa Alfa	Empresa Beta	Referências
Motivações	<p>1) Prover informações para controle das entregas e;</p> <p>2) Mensurar o percentual de desenvolvimento do projeto.</p>	<p>1) Agrupamento dos requisitos;</p> <p>2) Agrupamento dos links;</p> <p>3) Tomada de decisões de desenvolvimento;</p> <p>4) Organização de uma demonstração para o cliente;</p> <p>5) Apresentação de mudanças para o cliente;</p> <p>6) Identificação de áreas afetadas devido às mudanças dos requisitos;</p> <p>7) Melhor raciocínio diante das áreas afetadas devido às mudanças;</p>	<p>RAMESH e JARKE, (2001);</p> <p>BOUILLON <i>et al.</i>, (2013);</p> <p>PMI, (2015)</p>

Fonte: Elaborado pelo autor, (2021).

Seguidamente, sob o ponto de vista ferramental, é observado na tabela 27, que tanto a Empresa Alfa quanto a Empresa Beta utilizam a ferramenta JIRA para gestão dos requisitos e rastreabilidade dos requisitos, justificando trabalhos de (GOTEL e FINKELSTEIN, 1994); (TORKAR *et al.*, 2012); (FILION *et al.*, 2017), contudo a Empresa Alfa inclui duas ferramentas para apoio a rastreabilidade dos requisitos, sendo TRELLO e MURALLY. A ferramenta JIRA não satisfaz totalmente a rastreabilidade dos requisitos.

De acordo com a Empresa Beta, o JIRA possui algumas funcionalidades que facilitam o rastreamento dos requisitos, porém ele não permite a criação de uma matriz de rastreabilidade de forma automatizada, tornando-se um desafio no dia a dia. Tanto na Empresa Alfa quanto na Empresa Beta, sob ponto de vista ferramental, necessitam de

ferramentas que atendem a completude(pré e pós rastreabilidade) da rastreabilidade dos requisitos.

Entenda-se que a Empresa Alfa não reconheceu como barreira "Ferramentas" para a rastreabilidade dos requisitos, devido ao uso adicional de outras ferramentas para suporte a rastreabilidade, diferentemente da Empresa Beta que optou pelo JIRA e reconheceu sua insuficiência frente a rastreabilidade dos requisitos, além da ausência de ferramentas integradas tendo que realizar uma rastreabilidade dos requisitos por fora. Neste sentido, as ferramentas integradas, asseguram a qualidade do produto e um processo melhorado (HOFFMANN, 2004). A tabela 27 apresenta as ferramentas para rastreabilidade dos requisitos nas Empresas Alfa e Beta e a utilidade das mesmas.

Tabela 27 – Ferramentas para rastreabilidade dos requisitos nas Empresas Alfa e Beta.

Rastreabilidade dos requisitos	Descrição das utilidades da ferramenta na Empresa Alfa	Descrição das utilidades da ferramenta na Empresa Beta	Referências
Ferramentas	<p>Para a gestão dos requisitos e rastreabilidade, utiliza-se o JIRA</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Gerenciar toda lista de requisitos; 2) Gerenciar a lista de itens que serão entregues; 3) Dividir por ciclos as sprints; 4) Visualizar o desenvolvimento de uma sprint; 5) Visualizar quais atividades a realizar; 6) Visualizar as atividades em progresso; 7) Visualizar as atividades que foram entregues; 8) Sinalizar as estimativas do projeto; 9) Apresentar as estimativas do projeto; e 10) Inserir descrições, informações e detalhamento dos requisitos. <p>Os requisitos são rastreados dentro das unidades, dos cartões/tickets do JIRA. Neste cartão/ticket um documento em Word ou URL/<i>Link</i> estão as informações: 1) Título; 2) Descrição; 3) Esforço; 4) Tempo; 5) Anexos para os Desenvolvedores utilizar.</p> <p>Adicionalmente ao JIRA, são utilizadas outras ferramentas para complementar, tais como: 1)Trello, 2) Murally.</p>	<p>Para gestão dos requisitos e rastreabilidade a empresa utiliza o JIRA, entretanto, um processo em manter a rastreabilidade dos requisitos por fora é realizado, pois a ferramenta JIRA usada não atende por completo, mas assegura:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Agrupar os requisitos e <i>links</i>, gerando vantagem para visualizar e; 2) Organizar o desenvolvimento dos requisitos. 	<p>GOTEL e FINKELSTEIN, (1994);</p> <p>BABOK (2015, p. 82);</p> <p>TORKAR <i>et al.</i>, (2012);</p> <p>FILION <i>et al.</i>, (2017);</p> <p>PMBOK, (2017)</p>

Fonte: Elaborado pelo autor, (2021).

Em relação às partes interessadas envolvidas na rastreabilidade dos requisitos, conforme apresenta a tabela 28, pode-se observar o envolvimento de diversas partes interessadas na Empresa Beta, justificando a pluralidade de projetos que a mesma desenvolve, ou seja, quanto mais tipos de projetos, mais partes interessadas estão envolvidas a rastreabilidade dos requisitos. As partes interessadas relacionadas à rastreabilidade dos requisitos da Empresa Beta, estão em consonância com BABOK, (2015); (BOUILLON; MÄDER; PHILIPPOW, 2013); (RAMESH e JARKE, 2001), diferentemente da Empresa Alfa. A tabela 28 apresenta as partes interessadas na rastreabilidade dos requisitos nas Empresas Alfa e Beta.

Tabela 28 – Partes interessadas na rastreabilidade dos requisitos nas Empresas Alfa e Beta.

Rastreabilidade dos requisitos	Partes interessadas na Empresa Alfa	Partes interessadas na Empresa Beta	Referências
Partes interessadas envolvidas	1) Analista de Negócios; 2) Product Owner; 3) Desenvolvedores; 4) Analistas de sistemas	1) Desenvolvedores; 2) Product Owner; 3) Analista de Qualidade (QA); 4) Testadores; 5) Analistas de sistemas; 6) Líderes de projetos	RAMESH e JARKE, (2001); BOUILLON; MÄDER; PHILIPPOW, (2013) BABOK, (2015).

Fonte: Elaborado pelo autor, (2021).

Ressalta-se que no setor de manufatura todas áreas (fabricação, cadeia de suprimentos, engenharia e sistemas) e seus respectivos colaboradores, devem envolver-se no processo da rastreabilidade dos requisitos, a fim de obter uma rastreabilidade eficaz (FORD e TRIGGS, 2006) Logo, pode-se sugerir que o não ENVOLVIMENTO de todas as áreas na Empresa Alfa, compromete uma rastreabilidade dos requisitos eficiente no desenvolvimento de projetos, no entanto, na Empresa Beta isso não ocorre e o que entende-se que a mesma busca uma rastreabilidade dos requisitos eficaz.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta seção são apresentadas considerações finais da pesquisa. Primeiramente o debate sobre os resultados alcançados, bem como as contribuições da pesquisa, reafirmando a importância do tema e em alcançar os objetivos da pesquisa. Ao término, são apresentados as limitações da pesquisa.

5.1 DISCUSSÃO E CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA

Conforme aponta BAXTER (2008), o apoio à gestão de requisitos é fundamental na engenharia do projeto e no processo de gestão dos requisitos, pois fornecem um meio para capturar, rastrear, documentar, verificar os requisitos e o seu progresso no projeto. A proposta da dissertação era 1) Identificar as barreiras e benefícios da rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de projetos; 2) Investigar as motivações para o uso ou não da atividade, o papel das partes interessadas envolvidas e reconhecimento ou não das barreiras e benefícios.

No entanto, a pesquisa contribuiu na 1) Identificação e categorização das barreiras e benefícios da rastreabilidade dos requisitos; 2) Identificação de barreiras ocasionadas por outra (s) barreira (s); 3) Identificação de benefícios gerados a partir de outro (s) benefício (s); 4) Identificação de barreiras e benefícios não perceptíveis pelas empresas em estudo; 5) Reconhecimento das barreiras e benefícios perceptíveis; 6) Identificação de motivações distintas para o uso da atividade da rastreabilidade dos requisitos e partes interessadas envolvidas; 7) Identificação de benefícios da rastreabilidade dos requisitos que podem mitigar barreiras, 8) Não reconhecimento dos benefícios ocorridos por um outro benefício pelas Empresas do estudo.

Durante as pesquisas nas bases científicas e leituras, o pesquisador observou que a rastreabilidade dos requisitos deriva da área da engenharia de software e que o campo dos requisitos é amplo em relação a gestão, ou seja, a rastreabilidade dos requisitos envolve: engenharia de requisitos, desenvolvimento dos requisitos, gestão de requisitos e ciclo de vida do requisito. Adicionalmente a essa observação, a rastreabilidade dos requisitos pode

ser utilizada no desenvolvimento de projetos em diversos setores como: automotivo, telecomunicações, software, manufatura, eletrônico, construção civil e sistemas.

Em relação às barreiras e benefícios da rastreabilidade dos requisitos, atividade associada à gestão de requisitos e ciclo de vida dos requisitos (BABOK, 2015), a literatura reconhece a pluralidade dos problemas para realização e os benefícios são minimamente explícitos, no entanto, visando um esclarecimento maior sobre quais problemas são e respostas às lacunas da pesquisa, é apresentada uma estrutura com a classificação das 15 barreiras e 15 benefícios da rastreabilidade dos requisitos mais evidentes. Adicionalmente, é observado que tanto as barreiras quanto os benefícios da rastreabilidade dos requisitos, podem influenciar a ocorrência de outras barreiras e benefícios, num “efeito dominó”¹¹ Ou seja, as barreiras para rastreabilidade dos requisitos podem influenciar na ocorrência de outras barreiras e os benefícios podem gerar a ocorrência outros benefícios, ainda sim há benefícios que podem mitigar as barreiras identificadas.

Outra questão relevante que foi observada, são as empresas que não perceberam os benefícios que ocasionam outros benefícios, implicitamente, a partir do uso da atividade da rastreabilidade dos requisitos. É possível alcançar benefícios e os mesmos influenciar a ocorrência de outros e a empresa não reconhecer. Neste sentido, recomenda-se a orientação aos colaboradores sobre a existência dos benefícios, combinada a gestão dos benefícios e o uso de um processo para a mesma, que pode viabilizar melhores resultados, combinar planos de benefícios, identificar as dependências entre os projetos individuais e projetos que pleiteiam os mesmos benefícios (WARD e DANIEL, 2006).

Sob as perspectivas das motivações para o uso da rastreabilidade dos requisitos e o envolvimento das partes interessadas, observou-se que as empresas do estudo possuem motivações distintas. A rastreabilidade dos requisitos na Empresa Alfa é motivada pela informação e mensuração do percentual do projeto a partir das informações, ou seja o desenvolvimento do projeto, diferentemente da Empresa Beta, que a rastreabilidade é motivada pela identificação dos requisitos e áreas influenciadas por mudanças, ou seja, gestão das mudanças e decisão, conforme sugere estudos de (HULL; JEREMY; DICK, 2011); (JALLOW *et al.*, 2008) a rastreabilidade para fins da gestão de mudanças. As motivações para o uso da rastreabilidade dos requisitos são distintas entre os setores identificados na literatura, não há um padrão dos motivos ou uma precondição estabelecida. Logo, empresas que desenvolvem projetos para diferentes setores (Empresa Beta), possuem como motivação a gestão de mudanças e decisões para utilizar a rastreabilidade dos requisitos.

Em relação ao não envolvimento em sua totalidade pelos colaboradores na Empresa Alfa, pode dificultar o desenvolvimento do projeto. O pesquisador sugere que a

¹¹ Efeito dominó é um evento primário que desencadeia outros acontecimentos relacionados (KHAKSAD *et al.*, 2012).

rastreabilidade dos requisitos deve ser acompanhada por todos que trabalham com requisitos e não deve ser subjugada, pois a literatura reconhece os benefícios que a rastreabilidade dos requisitos proporciona.

Conclui-se que na Empresa Alfa a rastreabilidade dos requisitos não é suficiente e não reconhece a maioria dos benefícios, ou seja, não satisfaz por completo, diferentemente da Empresa Beta, que busca continuamente um aproveitamento melhor da atividade. É notório que a Empresa Beta esforça-se no estudo e realização de testes a fim de melhorar a funcionalidade da ferramenta JIRA para uma melhor rastreabilidade dos requisitos.

A Empresa possui uma estrutura (*template*) desenvolvido e facilitaria muito associado a ferramenta, da forma que realizasse a rastreabilidade de forma automática.

Posteriormente as pesquisas, abordagem as empresas e resultados apresentados, o pesquisador recomenda elementos-chaves, a fim de propiciar uma melhoria na atividade da rastreabilidade dos requisitos independente da técnica escolhida. Recomenda-se: 1) Existência de uma ferramenta de apoio flexível, que facilita a inserção das descrições mais detalhadas dos requisitos, critérios de aceite do mesmo e distribuído para os usuários; no contexto de uma rastreabilidade dos requisitos participativa; 2) Garantia de transparência da ferramenta para que as partes interessadas (Analistas de negócios, Analistas de Sistemas, Desenvolvedores, Product Owner e Gerentes de Projetos), consigam acessar, visualizar e ter como referência para os requisitos serem desenvolvidos; 3) As partes interessadas (Analista de Negócios, Product Owner e o Gerente de Projetos), assegurar um plano, uma linha do tempo definida para cada entrega, conforme a capacidade do time de Desenvolvimento; e as informações sobre cada entrega na linha do tempo; 4) Possuir um plano para obter a rastreabilidade das entregas de cada ciclo, durante o desenvolvimento, tal plano definido conjuntamente pelo Analista de Negócios, Product Owner e Analistas de sistemas (T.I). 5) Assegurar a existência, mapeamento dos requisitos, processo de atualização dos requisitos conforme avanço ou maturidade do projeto e comunicação, para que não seja inferida, a mesma deve ser clara para todas as partes interessadas; 6) Ferramentas automatizadas com recursos de processamento de texto a *links* e indicação se o requisito possui uma rastreabilidade forte, fraca ou média; 7) Ferramentas que requerem pouco esforço para criação e atualização automática de matrizes de rastreabilidade; Automação do processo de rastreabilidade e flexibilidade das ferramentas; 8) Treinamentos contínuos e atualização acerca da gestão dos requisitos e técnicas relacionadas a rastreabilidade dos requisitos às partes interessadas; 9) Maior envolvimento e participação das partes interessadas (Analistas de negócios, Analistas de requisitos e Product Owner) que trabalham com os requisitos e consequentemente a rastreabilidade dos mesmos; 10) Determinação de motivações pré-definidas para adesão da rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de projetos em qualquer tipo de organização; 11) O uso da rastreabilidade dos requisitos no contexto da gestão de mudança, pois viabiliza uma pluralidade de

benefícios conforme a pesquisa apresenta e estudos de (HULL; JEREMY; DICK, 2011); (JALLOW *et al.*, 2008); 12) A possibilidade de adesão na fase inicial do projeto da rastreabilidade dos requisitos, visto que a pesquisa elenca benefícios e os mesmos podem desencadear outros.

5.2 LIMITAÇÕES DA PESQUISA E RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Com o advento da COVID-19 em 2020 e o agravamento do cenário pandêmico em 2021, ocasionando políticas de distanciamento social e quarentena em todo território nacional, o pesquisador alterou a abordagem *in loco*, para realização das entrevistas através de uma abordagem virtual. A utilização de ferramentas digitais como Google Meet e Microsoft Teams auxiliou a investigação para responder a lacuna da pesquisa. Paralelamente, a utilização de ferramentas digitais propiciou ao pesquisador o desenvolvimento de habilidades direcionadas a tecnologias.

Trabalhos futuros poderiam abordar a gestão dos benefícios da rastreabilidade dos requisitos, pesquisas de (WARD e DANIEL, 2006) apresentam um processo de gestão dos benefícios. Além disso, para solução de problemas da rastreabilidade dos requisitos (DEMI, 2020), recomenda uma estrutura orientada a tecnologia *blockchain* que pode solucionar os problemas em qualquer tipo de organização. Para isto, de acordo com (ZHENG *et al.*, 2017), a tecnologia *blockchain*, é um livro-razão inalterável que mantém as transações em blocos, que pode estar associada a Engenharia de software e utilizada como apoio na rastreabilidade dos requisitos conforme recomenda (DEMI, 2020).

Recomenda-se para posteridade igualmente, estudos sobre a geração implícita dos benefícios, não percepção dos benefícios gerados, as relações das barreiras que causam um “efeito dominó”, mensuração do tempo e gestão para realização da rastreabilidade dos requisitos, as barreiras e benefícios da rastreabilidade dos requisitos em produtos tangíveis e uma estrutura com motivações pré-definidas para as organizações utilizarem a rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de projetos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOURIDAS, V., MCKAY, A., WINAND, H., DE PENNINGTON, A. (2008) **“Advanced product planning: A comprehensive process for systemic definition of new product requirements”**. Requirements Engineering, 13 (1), pp. 19-48.

AHMAD, A., and GHAZALI, M.A., (2007) **“Documenting Requirements Traceability Information for Small Projects,”** IEEE International Multitopic Conference, 2007, pp. 1-5, <http://doi:10.1109/INMIC.2007.4557711>

AIZENBUD-RESHEF, N., NOLAN, B. T., RUBIN, J., & SHAHAM-GAFNI, Y. (2006). **“Model traceability”**. IBM Systems Journal, 45 (3), 515–526. doi:10.1147/sj.453.0515

ALEXANDER, I.F. and STEVENS, R. (2002), **“Writing Better Requirements”**, Addison-Wesley, London.

AMARAL, D.C; CONFORTO E.C; BENASSI, J.L.G; ARAÚJO, C. **“Gerenciamento Ágil de Projetos - Aplicação em Produtos Inovadores”**, Editora Saraiva, 2011.

AOYAMA, M., NAKATANI, T., & SAITO, S. (2010). REBOK Manifest: **“Towards a Requirements Engineering Body of Knowledge”**. 2010 18th IEEE International Requirements Engineering Conference. doi:10.1109/re.2010.71

APPLETON, B. ACME Blog: Agile CM / ALM Environments (2005). **“Traceability and TRUST-ability”**. Disponível em: <http://bradapp.blogspot.com/2005/03/traceability-and-trust-ability.html> Acesso em: 30 abr 2021.

ARAYICI, Y., AHMED, V. AND AOUAD, G. (2006), **“A requirements engineering framework for integrated systems development for the construction industry”**, IT in Construction, Vol. 11, pp. 35-55.

BAINES, T. S., LIGHTFOOT, H. W., EVANS, S., NEELY, A., GREENOUGH, R., PEPPARD, J., WILSON, H. (2007). **“State-of-the-art in product-service systems”**. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, 221(10), 1543–1552. doi:10.1243/09544054jem858.

BAKER, S. W. (n.d.). Formalizing Agility, Part 2: How an Agile Organization Embraced the CMMI. AGILE 2006 (AGILE'06). doi:10.1109/agile.2006.30

BAXTER, D., GAO, J., CASE, K., HARDING, J., YOUNG, B., COCHRANE, S., DANI, S (2008).: **“A framework to integrate design knowledge reuse and requirements management in engineering design”**, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 24, 585–593.

BERKOVICH, M., LEIMEISTER, J. M., HOFFMANN, A., & KRCCMAR, H. (2014). **“A requirements data model for product service systems”**. Requirements Engineering, 19(2), 161–186. <http://doi:10.1007/s00766-012-0164-1>.

BERKOVICH, M.; LEIMEISTER, J. M. & KRCCMAR, H. (2011): **“Requirements Engineering for Product Service Systems - A State of the Art Analysis”**. In: Business & Information Systems Engineering (BISE), Ausgabe/Number: 6, Vol. 3, Verlag/Publisher: Springerlink. Erscheinungsjahr/Year: 2011. Seiten/Pages: 369-380.

BLAAUBOER F., SIKKEL K., AYDIN M.N. (2007) **“Deciding to Adopt Requirements Traceability in Practice”**. In: Krogstie J., Opdahl A., Sindre G. (eds) Advanced Information Systems Engineering. CAiSE 2007. Lecture Notes in Computer Science, vol 4495. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-72988-4_21.

BOEHM, B.W. (1976): **“Software engineering”**. IEEE Trans. Comput. c-25(12), 1226–1241 (1976, December).

BOLLINGER, A. S., & SMITH, R. D. (2001). **“Managing organizational knowledge as a strategic asset. Journal of Knowledge Management”**, 5(1), 8–18. doi:10.1108/13673270110384365.

BOUILLON E., MÄDER P., PHILIPPOW I. (2013) **“A Survey on Usage Scenarios for Requirements Traceability in Practice”**. In: Doerr J., Opdahl A.L. (eds) Requirements Engineering: Foundation for Software Quality. REFSQ 2013. Lecture Notes in Computer Science, vol 7830. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37422-7_12.

BOURQUE, P., ROBERT, F., LAVOIE, J. M., LEE, A., TRUDEL, S., & LETHBRIDGE, T. C. (N.D.). **Guide to the Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK) and the Software Engineering Education Knowledge (SEEK)** - a preliminary mapping. Intermag Europe 2002 Digest of Technical Papers. 2002 IEEE International Magnetism Conference (Cat.No.02CH37323). doi:10.1109/step.2002.1267595.

BURGER, F., KRAEMER, R., DANDOLINI, G. A. DE SOUZA, J. A., & FREIRE, P. DE S. (2018). **“Barreiras, elementos dificultadores e fatores críticos na implementação da gestão do conhecimento: uma revisão da literatura”**. Perspectivas Em Gestão & Conhecimento, 8(2), 43-61. <https://doi.org/10.21714/2236-417X2018v8n2>.

BUSINESS ANALYSIS OF BODY OF KNOWLEDGE (BABOK) - INTERNATIONAL INSTITUTE OF BUSINESS ANALYSIS (IIBA). **“Um Guia Para O Corpo de Conhecimento de Análise de Negócios (Guia Babok)”**. Canadá: International Institute of Business Analysis (IIBA), 2011, 2015.

CAPABILITY MATURITY MODEL® INTEGRATION (CMMI) Product Team. 2010. CMMI® for Development (CMMI-DEV), V1.3, (CMU/SEI-2010th-TR-033 ed.). Pittsburgh, USA: Carnegie Mellon University. Disponível em: [CMMI for Development, Version 1.3 \(cmu.edu\)](http://www.cmmi.org/CMMI/Tools/CMMI-DEV-1.3/CMMI-DEV-1.3.html) Acesso em 28 set 2021.

CHEN, Y. C. K. & SACKETT, P. J. (2007) **“Return merchandise authorization stakeholders and customer requirements management—high-technology products”**, International Journal of Production Research, 45:7, 1595-1608, DOI: 10.1080/00207540600942508.

CHEN, Z. Y., & ZENG, Y. (2006). **“Classification of Product Requirements Based on Product Environment”**. Concurrent Engineering, 14(3), 219–230. <https://doi.org/10.1177/1063293x06068389>

CHERNYSHEVA Yu.G; SHEPELENKO G.I. (2018) **“The New Profession of “Business Analyst and the New Occupational Standards: The Case of Russia”**”. European Research Studies Journal Volume XXI, Special Issue 1, pp. 86-94.

CHIAVENATO, I. **“Gerenciando Pessoas: o passo decisivo para administração participativa”**. 2ª Edição, São Paulo: Editora Makron Books, 1994.

CHUNG, L., NIXON, B.A. & Yu, (1996) **“Dealing with change: An approach using non-functional requirements”**. E. Requirements Eng 1: 238.
<https://doi.org/10.1007/BF01587102>

CLELAND-HUANG, J., (2005). **“Toward improved traceability of non-functional requirements”**. In Proceedings of the 3rd international workshop on Traceability in emerging forms of software engineering. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 14–19. DOI:<https://doi.org/10.1145/1107656.1107660>

CLELAND-HUANG, J., BERENBACH, B., CLARK, S., SETTIMI, R., & ROMANOVA, E. (2007). **“Best Practices for Automated Traceability”**. Computer, 40(6), 27–35. doi:10.1109/mc.2007.195.

CLELAND-HUANG, J., GOTEL, O., & ZISMAN, A. (Eds.). (2012). **“Software and Systems Traceability”**. doi:10.1007/978-1-4471-2239-5.

CONFORTO, E. & AMARAL, D. & DA SILVA L. (2011). **“Roteiro para Revisão Bibliográfica Sistemática: Aplicação no Desenvolvimento de Produtos e Gerenciamento de Projetos”**. 8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto (CBGDP 2011) 12-14 de setembro, 2011, Porto Alegre - RS, Brasil. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/cbgdp2011/downloads/9149.pdf> Acesso em 15 jul 2021.

CRESWELL, J. W. (2007) **“Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches”** / John W. Creswell.-2nd ed. Copyright © by Sage Publications, Inc.

DEHGHANI, N. (2019). **“Defining Requirements Management Process for Product Development Projects”**. Helsinki Metropolia University of Applied Sciences. Master’s Degree. Industrial Management. Master’s Thesis. 18 June 2019.
<http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2019060414640>.

DEMI, S. (2020). **“Blockchain-oriented Requirements Engineering: A Framework”**. 2020 IEEE 28th International Requirements Engineering Conference (RE). doi:10.1109/re48521.2020.00063.

DORFMAN, M., & FLYNN, R. F. (1984). **“Arts—an automated requirements traceability system”**. Journal of Systems and Software, 4(1), 63–74. doi:10.1016/0164-1212(84)90022-0

DORFMAN, M., THAYER, R.H. (1990): **“Standards, Guidelines, and Examples on System and Software Requirements Engineering”**: IEEE Computer Society Press Tutorial. IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA (1990).

EISENHARDT, K. M. (1989) **“Building Theories from Case Study Research”** Published by: Academy of Management Stable, v. 14, n. 4, p. 532–550, . URL: <http://www.jstor.org/stable/258557>

ELAMIN, R., & OSMAN, R. (2018). **“Implementing Traceability Repositories as Graph Databases for Software Quality Improvement”**. 2018 IEEE International Conference on Software Quality, Reliability and Security (QRS). doi:10.1109/qrs.2018.00040.

ESCOBAR, M. R., AGUILAR, E. E., FLORES, Y. A., & ALONZO, V. E. (2020). **“Classroom y Google Meet, como herramientas para fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje. Polo del Conocimiento”**, 388-405. Disponível em: <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/1525/2831> Acesso em 12 jul 2021.

FALAGAS, M.E. *et al.*, (2008) **“Comparison of PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar: strengths and weaknesses”**. The FASEB Journal, v. 22, n. 2, p. 338–342.

FILION, L., DAVIOT, N; LEBEL, J.P; GAGNON, M.(2017) **“Using Atlassian tools for efficient requirements management: An industrial case study”**. 11th Annual IEEE International Systems Conference, SysCon 2017. doi: 10.1109/SYSCON.2017.7934769

FIRESMITH, D. **“Are your requirements complete?”** (2005) Journal of Object Technology, 4 (1), pp. 27-43. Disponível em: [Microsoft Word - column3.doc \(jot.fm\)](#) Acesso em 10 nov 2020.

FLORES, F; & MORA, M; & RODRIGUEZ, F; & O'CONNOR, R; & MACIAS-LUEVANO, J. (2009). **“Requirements Engineering: A Review of Processes and Techniques”**. 10.4018/978-1-59904-887-1.ch006.

GALVÃO, I., & GOKNIL, A. (2007). **“Survey of Traceability Approaches in Model-Driven Engineering”**. 11th IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference (EDOC 2007). <http://doi:10.1109/edoc.2007.4384003>

GARZÁS, J., & PAULK, M. C. (2013). A case study of software process improvement with CMMI-DEV and Scrum in Spanish companies. **Journal of Software: Evolution and Process**, 25(12), 1325–1333. doi:10.1002/smr.1605

GIVEN, L. M. (2008) **“The Sage Encyclopedia of Qualitative Research Methods - Volumes 1 & 2”**. SAGE Publications, Inc. ISBN 978-1-4129-4163-1 (cloth)

GOTEL *et al.*, (2012): Cleland-Huang *et al.*, (2007): "Cleland-Huang, J., Settini, R., Romanova, E., Berenbach, B., Clark, S.: **“Best practices for automated traceability”**. IEEE Comput. 40(6), 27–35 (2007, June)"

GOTEL, O. and FINKELSTEIN, A; (1994) **“An analysis of the requirements traceability problem.”** Proceedings of IEEE International Conference on Requirements Engineering: 94-101.

GOTEL, O. and MADER, P. **“How to Select a Requirements Management Tool: Initial Steps”**. Proceedings of the 17th IEEE International Requirements Engineering Conference (RE 2009), Atlanta, Georgia, USA, 31 August – 4 September 2009, pp.365–367.

GOTTESDIENER, E. (2005) **“The Software Requirements Memory Jogger - A Pocket Guide to Help Software and Business Teams Develop and Manage Requirements”**, 5^a th, GOAL/QPC.

GOTTSCHALK, P; SOLLI-SAETHER, H (2006) **“Managing successful it outsourcing relationships”**. Hershey: IRM Press. <http://dx.doi.org/10.4018/978-1-59140-760-7>

GRADY, J.O. (2014). **“System Requirements Analysis: JOG System Engineering”** Second Edition. Elsevier, San Diego CA, USA. eBook ISBN: 9780124171305. Hardcover ISBN: 9780124171077.

GREGORY, S. **“Requirements for the New Normal”**: Requirements Engineering in a Pandemic," in IEEE Software, vol. 38, no. 2, pp. 15-18, March-April 2021, <https://doi.org/10.1109/MS.2020.3044403>.

HALBLEIB, H. (2004) **“Requirements Management”**, Information Systems Management, 21:1, 8-14, <https://doi.org/10.1201/1078/43877.21.1.20041201/78982.2>

HARRIES, S.; HARRISON, P. **“Recognising the Need for Val IT”**. Information Systems

Control Journal, v. 3, p.18-19, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2013000100016>

HAYES, J. H., DEKHTYAR, A., & SUNDARAM, S. K. (2006). **“Advancing candidate link generation for requirements tracing: the study of methods”**. IEEE Transactions on Software Engineering, 32(1), 4–19. doi:10.1109/tse.2006.3

HOFFMANN, M. , KUHN, N. , WEBER, M. and BITTNER, M. , **“Requirements for requirements management tools,”** Proceedings. 12th IEEE International Requirements Engineering Conference, 2004., Kyoto, Japan, 2004, pp. 301-308. doi: 10.1109/ICRE.2004.1335687

HONEBEIN, P.C, **“What’s Up, BOK?”** Performance Improvement, vol. 56, n°. 2, February 2017. 2017 International Society for Performance Improvement. © Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com) • DOI: 10.1002/pfi.21684.

HOOD, C; WIEDEMANN, S; FICHTINGER, S; PAUTZ, U. **“Requirements Management The Interface Between Requirements Development and All Other Systems Engineering Processes”**. © 2008 Springer-Verlag Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-540-47689-4. DOI 10.1007/978-3-540-68476-3.

HULL, E., JACKSON, K., & DICK, J.,(2011). **“Requirements Engineering”**. 3rd edition - Springer-Verlag London, eBook ISBN 978-1-84996-405-0. DOI 10.1007/978-3-319-61073-3.

IEEE **“Standard Glossary of Software Engineering Terminology,”** in IEEE Std 610.12-1990 , vol., n°, pp.1-84, 31 Dec. 1990. doi: 10.1109/IEEESTD.1990.101064. URL:<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=159342&isnumber=4148>

IEEE Standards Board & Institute of Electrical and Electronics Engineers (1998). **“IEEE trial-use standard for application and management of the systems engineering process”**. Institute of Electrical Electronics Engineers, New York, N.Y.

INCOSE (2015). **“INFRASTRUCTURE WORKING GROUP Applying Systems Engineering to Industrial & Infrastructure Projects’**. © Infrastructure Working Group, International Council On Systems Engineering INCOSE-PI-2015-003-1.0, Version 1.0. https://www.incose.org/docs/default-source/Working-Groups/infrastructure-wg-documents/003-requirements-management-pamphlet.pdf?sfvrsn=902c82c6_8

INGRAM, C. and RIDDLE, S. (2012) **"Cost-Benefits of Traceability"** - J. Cleland-Huang et al. (eds.), Software and Systems Traceability, 23 DOI 10.1007/978-1-4471-2239-5_2, C Springer-Verlag London Limited.

JALLOW, A.K; DEMIAN, P; BALDWIN, A; ANUMBA, C.J. (2008): **"Lifecycle approach to requirements information management in construction projects: state-of-the-art and future trends"**. Figshare. Conference contribution. <https://hdl.handle.net/2134/5901>.

JALLOW, A.K; DEMIAN, P; BALDWIN, A.N; ANUMBA, C. (2014) **"An empirical study of the complexity of requirements management in construction projects"**, Engineering, Construction and Architectural Management, Vol. 21 Issue: 5, pp.505-531, <https://doi.org/10.1108/ECAM-09-2013-0084>

JANES, A., REMENCIUS, T., SILLITTI, A., & SUCCI, G. (2013). **"Managing changes in requirements: an empirical investigation"**. Journal of Software: Evolution and Process, 25(12), 1273–1283. doi:10.1002/smr.1602.

JAYATILLEKE, S; e LAI, R; (2018) **"A systematic review of requirements change management"**, Information and Software Technology, Volume 93, Pages 163-185, ISSN 0950-5849, <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2017.09.004>.

JIAO, R & CHEN, C-H. (2006). **"Customer Requirement Management in Product Development: A Review of Research Issues"**. Concurrent Engineering: R&A. 14. 173-185. 10.1177/1063293X060068357.

KANNENBERG, A. and SAIEDIAN, H; (2009) **"Why software requirements traceability remains a challenge"**, CrossTalk The Journal of Defense Software Engineering, vol. 22, no. 5, pp. 14–19.

KAR, P. BAILEY, M. (1996) **"Requirements Management Working Group: Characteristics of Good Requirements"**. [Volume 6, Issue 1 Boston, MA, July 7–11](https://doi.org/10.1002/j.2334-5837.1996.tb02142.x), pages 1225-1233. <https://doi.org/10.1002/j.2334-5837.1996.tb02142.x>

KEELING, R e BRANCO, R.H.F; (2014) **"Gestão de Projetos: Uma abordagem global"** - 3ª edição, Editora Saraiva.

KERR, C. I. V; ROY, R. & SACKETT; P. J. (2006) **“Requirements management: an enabler for concurrent engineering in the automotive industry”**, International Journal of Production Research, 44:09, 1703-1717, <https://doi.org/10.1080/00207540500445263>.

KITCHENHAM, B. (2004). **“Procedures for Performing Systematic Reviews”**. Keele, UK, Keele Univ.33.

KITCHENHAM, B. O.BRERETON, P., BUDGEN, D., TURNER, M., BAILEY, J., LINKMAN, S., (2009) **“Systematic literature reviews in software engineering – A systematic literature review”**, Information and Software Technology, Volume 51, Issue 1, Pages 7-15, ISSN 0950-5849, <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2008.09.009>.

LEE, C., GUADAGNO, L., & JIA, X. (2011). **“An Agile Approach to Capturing Requirements and Traceability”**.

LI, W; VAUGHN, R.; and SAIEDIAN, H., (2002) **“Pre-Requirements Traceability”** CCE Faculty Books and Book Chapters. 19. https://nsuworks.nova.edu/gscis_facbooks/19

LIM, W. C., (1994) **“Effects of reuse on quality, productivity, and economics,”** in IEEE Software, vol. 11, no. 5, pp. 23-30, Sept.

MÄDER, P., GOTEL, O., PHILIPPOW, I. (2009). **“Motivation matters in the traceability trenches”**. In: Proceedings of 17th IEEE International Requirements Engineering Conference, Atlanta, GA, USA, 31 Aug–4 Sept, 2009b, pp. 143–148.

MARO, S., STEGHÖFER, J.-P., & STARON, M. (2018). **“Software traceability in the automotive domain: Challenges and solutions”**. *Journal of Systems and Software*, 141, 85–110. doi:10.1016/j.jss.2018.03.060

MARTIN, L. E TAPP, D. (2019) **“Teaching with Teams: An introduction to teaching an undergraduate law module using Microsoft Teams”**, Innovative Practice in Higher Education, 3(3). Disponível em: <http://journals.staffs.ac.uk/index.php/ipihe/article/view/188/284> Acesso em 12 de jul 2021.

MATHIESEN, P, BANDARA, W, DELAVARI, H, HARMON, P, & BRENNAN, K, (2011) **“A comparative analysis of business analysis (BA) and business process management (BPM) capabilities”**. In ECIS 2011 Proceedings, AIS Electronic Library, Aalto University,

School of Economics, Helsinki, Finland. (In Press).

MICHAELIS, (2020). **“Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa”**, © 2020 Editora Melhoramentos Ltda. Disponível em: [Sobre o dicionário | Michaelis On-line \(uol.com.br\)](https://www.michaelis.com.br/). Acesso em 04 abr 2021.

MIGUEL, P. A. C. (2007) **“Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução”**. Produção, v. 17, n. 1, Jan./Abr. p.216-229.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. NASA (2010). **“NPR 7120.5, NASA Space Flight Program and Project Management Handbook”**. February 2010 https://www.nasa.gov/pdf/423715main_NPR_7120-5_HB_FINAL-02-25-10.pdf

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. NASA (2017). **“NASA System Engineering Handbook”**. NASA SP-2016-6105 Rev 2 supersedes SP-2007-6105 Rev.1 dated December,2007. https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/nasa_systems_engineering_handbook_0.pdf

[NGAN, C. CHUNG](#), G. (2017) **“Better Solutions Through Better Requirements: The Link Between HPT and Business Analysis”**. Performance Improvement, vol. 56, nº. 2, February 2017. © International Society for Performance Improvement. Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com) • DOI: 10.1002/pfi.21690.

NUSEIBEH, B. & EASTERBROOK, S. (2000), **“Requirements engineering: a roadmap”**, Proceedings of the IEEE International Conference on Software Engineering IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA, pp. 35-46.

O'NEAL, J.S. & CARVER, D. (2001). **“Analyzing the Impact of Changing Requirements”**. IEEE International Conference on Software Maintenance, ICSM. 190 - 195. 10.1109/ICSM.2001.972729.

O'REGAN, G. (2017). **“Concise Guide to Software Engineering: From Fundamentals to Application Methods”**. 1st ed. Editora Springer, 30 maio 2017. ISBN 978-3319577494.

OW. L. L. , KAMALRUDIN, M., SIDEK, S. (2019). **“Requirements Prioritization Using Risk Assessment for Analyzing Requirements”**. International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE) ISSN: 2277-3878, Volume-8, Issue-2S11,

September 2019

PAPINNIEMI, J. , FRITZ, J. , HANNOLA, L., DENGGER, A., LAMPELA, H.,. (2014) **“Lifecycle-Based Requirements of Product-Service System in Customer-Centric Manufacturing”**. 11th IFIP International Conference on Product Lifecycle Management (PLM), Jul. Yokohama, Japan.

PERUZZINI, M. & MARILUNGO, E. & GERMANI, M. (2015). **“Structured requirements elicitation for product-service system”**. International Journal of Agile Systems and Management. 84. 189-218. 10.1504/IJASM.2015.073516.

PIERCE, R. A. (1978). **“A Requirements Tracing Tool”**. ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review, 7(3-4), 53–60. doi:10.1145/1007775.811100.

POHL, K. **“Requirements Engineering”**. Grundlagen, Prinzipien, Techniken, 1 Auflage, Dpunkt Verlag, 2007 e 2016, ISBN-13: 978-3898643429.

PROJECT MANAGEMENT BOOK OF KNOWLEDGE. (PMBOK). **“Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos”**, PMI Project Management Institute, (2013).

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. (PMI): **“Business Analysis for Practitioners: A Practice Guide”** ISBN: 978-1-62825-069-5. (2015).

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. (PMI). **“Requirements Management: A Practice Guide”**, Requirements management (Project Management Institute), Newtown Square, Pennsylvania, (2016).

RAMESH B., and JARKE, M., (2001). **“Toward reference models for requirements traceability,”** in IEEE Transactions on Software Engineering, vol. 27, no. 1, pp. 58-93, Jan. doi:10.1109/32.895989.

RAMESH, B. (1998). **“Factors influencing requirements traceability practice”**. Commun. ACM 41, 12, Dec, p 37–44. DOI:<https://doi.org/10.1145/290133.290147>.

RAMESH, B., & EDWARDS, M. (N.D.). **“Issues in the development of a requirements traceability model”**. [1993] Proceedings of the IEEE International Symposium on Requirements Engineering. doi:10.1109/isre.1993.324849.

RAMESH, B., POWERS, T., STUBBS, C., & EDWARDS, M. (N.D.). **“Implementing requirements traceability: a case study”**. Proceedings of 1995 IEEE International Symposium on Requirements Engineering (RE'95). doi:10.109/isre.1995.512549.

RANDELL, B (1968): **“Towards a methodology of computing system design”**. In: Naur, P., Randell, B. (eds.) NATO Software Engineering Conference, 1968, Report on a Conference Sponsored by the NATO Science Committee, Garmisch, Germany, pp. 204–208 (7–11 October 1968). Brussels, Scientific Affairs Division, NATO (Published 1969). Disponível em [NATO Software Engineering Conference. Garmisch, Germany, 7th to 11th October 1968 \(scrummanager.net\)](https://www.scrummanager.net/nato-software-engineering-conference-garmisch-germany-7th-to-11th-october-1968) Acesso em 10 ago 2020.

RAO TUMMALA, V., LEUNG, H., MOK, C. K., BURCHETT, J. F., & LEUNG, Y. H. (1997). **“Practices, barriers and benefits of using risk management approaches in selected Hong Kong industries”**. International Journal of Project Management, 15(5), 297–312. doi:10.1016/s0263-7863(96)00082-8

REQUIREMENTS ENGINEERING BODY OF KNOWLEDGE. REBOK: **“Introduction to Requirements Engineering - Requirements Engineering Body Of Knowledge”**, version 1.0, 2013.

REGAN G., MCCAFFERY F., MCDAID K., FLOOD D. (2013) **“Investigation of Traceability within a Medical Device Organization”**. In: Woronowicz T., Rout T., O'Connor R.V., Dorling A. (eds) Software Process Improvement and Capability Determination. SPICE 2013. Communications in Computer and Information Science, vol 349. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-38833-0_19.

REGAN, G., MCCAFFERY, F., MCDAID, K., & FLOOD, D. (2012). **“The Barriers to Traceability and their Potential Solutions: Towards a Reference Framework”**. 2012 38th Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications. doi:10.1109/seaa.2012.80.

REIS, L. P., COSTA, A. P., & DE SOUZA, F. N. (2016). **“A survey on computer assisted qualitative data analysis software”**. 2016 11th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI). <https://doi.org/10.1109/cisti.2016.7521502>

REMPEL, P., & MADER, P. (2017). **“Preventing Defects: The Impact of Requirements Traceability Completeness on Software Quality”**. IEEE Transactions on Software Engineering, 43(8), 777–797. doi:10.1109/tse.2016.2622264.

RIOS, J., ROY, R., & LOPEZ, A. (2007). **“Design requirements change and cost impact analysis in airplane structures”**. International Journal of Production Economics, 109(1-2), 65–80. <https://doi:10.1016/j.ijpe.2006.11.004>

RIOS, J., ROY, R., SACKETT, P.J., (2006). **“Requirements engineering and management for manufacturing, CASA/SME Blue book”**. Society of Manufacturing Engineers, Dearborn, Michigan, USA.

ROBERTSON, S., and ROBERTSON, J., (2013). **“Mastering the requirements Process”**. ACM Press.

ROODERKERK, R. P., & PAUWELS, K. (2014). **“No Comment?! The Drivers of Reactions to Online Posts in Professional Groups”**. SSRN Electronic Journal. doi:10.2139/ssrn.2465629.

ROZENFELD, H. et al., (2006) **“Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo”**. São Paulo: Editora Saraiva.

SAHRAOUI, A.-E.-K. (2005). **“Requirements traceability issues: generic model, methodology and formal basis”**. International Journal of Information Technology & Decision Making, 04(01), 59–80. doi:10.1142/s0219622005001386.

SAYÃO, M. e LEITE, J.C.S.P. (2006) **“Rastreabilidade de Requisitos”**. In: Revista de Informática Teórica e Aplicada. Volume 13, Número 1. p. 57-86.

SCHWABER, K., 2004. **“Agile Project Management with Scrum”**. Microsoft Press, Washington.

SHANKAR, P; MORKOS, B; and SUMMERS, J. D. (2010) **“A Hierarchical Modeling Scheme With Non Functional Requirements.”** Proceedings of the ASME 2010 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference. Volume 3: 30th Computers and Information in Engineering Conference, Parts A and B. Montreal, Quebec, Canada. August 15–18, 2010. pp. 283-295.

ASME. <https://doi.org/10.1115/DETC2010-28544>.

SHERENI, T. (2015). **“Effective and efficient requirement traceability in the software development and Information Technology industry”**. (Thesis). University of Cape Town ,Faculty of Engineering & the Built Environment ,Department of Construction Economics and Management. Retrieved from <http://hdl.handle.net/11427/14129>

SILVA, P. H. da; CRIPPA, J.; SCHEER, S. (2019). **“BIM 4D no planejamento de obras: detalhamento, benefícios e dificuldades”**. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v. 10, p. e019010. DOI: 10.20396/parc.v10i0.8650258. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8650258> Acesso em 30 abr 2021.

SOMMERVILLE, I. **“Engenharia de Software”**. 8. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2007.

SONG, W. **“Requirement management for product-service systems: Status review and future trends”** (2017) Computers in Industry, 85, pp. 11-22.

STEYER, A., GARCIA-BARDIDIA, R., e QUESTER, P., (2006), **“Online Discussion Groups as Social Networks: An Empirical Investigation of Word-of-Mouth on the Internet,”** Journal of Interactive Advertising, 6, 2, 45-52.

TURK, W. **“Requirements management”**. Defense AT-L (2005); 34:10–3. Disponível em: https://www.dau.edu/library/defense-atl/DATLFiles/2005_03_04/turk-ma05.pdf Acesso em 30 abr 2021.

VEERAPANENI, E. & RAO, K.. (2011). **“Effective Implementation of Agile Practices - Ingenious and Organized Theoretical Framework”**. International Journal of Advanced Computer Sciences and Applications. 2. 10.14569/IJACSA.2011.020308.

VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. **“Case research in operations management”**. International Journal of Operations & Management Production Management, v. 22, n. 2, p. 195–219, 2002.

VUONG H. D. (2013). **“Traceability in Agile software projects”** - Master of Science

Thesis in Software Engineering & Management. University of Gothenburg, Chalmers University of Technology, Department of Computer Science and Engineering, SE-412 96 Göteborg - Sweden. Disponível em: [gupea_2077_38990_1.pdf](#) Acesso em 15 jul 2021.

WARD, J. & DANIEL, E. (2006). **“Benefits Management: Delivering Value from IS & IT Investments”**. John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England

WATKINS, R. and NEAL, M. **“Why and how of requirements tracing,”** in IEEE Software, vol. 11, no. 4, pp. 104-106, July 1994, doi: 10.1109/52.300100.

WEBER, M. & WEISBROD, J. (2002). **“Requirements Engineering in Automotive Development — Experiences and Challenges”**. IEEE Software - SOFTWARE. 20. 331-340. 10.1109/MS.2003.1159025.

WEBSTER, J.; WATSON, R. T. **“Analyzing the Past to Prepare for the Future: Writing a Literature Review”**. MIS Quarterly, v. 26, n. 2, p. xiii–xxiii, 2002.

WIEGERS, K., & BEATTY, J. (2013). **“Software requirements”** (3rd ed.). Redmond, WA: Microsoft Press.

WINKLER, S., e VON PILGRIM, J., (2009): **“A survey of traceability in requirements engineering and model-driven development”**. Software. System. Model. 9(4), pp. 529–565 (2010, September). Springer (Published online December 22, 2009)"

WOHLRAB, R., KNAUSS, E., STEGHÖFER, J.-P., MARO, S., ANJORIN, A., & PELLICCIONE, P. (2020). **“Collaborative traceability management: a multiple case study from the perspectives of organization, process, and culture. Requirements”** Engineering. doi:10.1007/s00766-018-0306-1.

WOLFENSTETTER, T., BASIRATI, M. R., BÖHM, M., & KRUMAR, H. (2018). **“Introducing TRAILS: A tool supporting traceability, integration and visualisation of engineering knowledge for product service systems development”**. Journal of Systems and Software, 144, 342–355. doi:10.1016/j.jss.2018.06.079.

YIN, R. K. **“Estudo de caso: planejamento e métodos”**, Bookman, Porto Alegre, 2010.

YIN, R. K. (2003). **“Case study research: Design and method (3rd ed.)”**. Thousand Oaks, CA: Sage.

YU, A.T.W. and SHEN, G. Q.P. (2013). **“Problems and solutions of requirements management for construction projects under the traditional procurement systems”**. Requirements management for projects, p 223-237, www.emeraldinsight.com/0263-2772.htm

ZHANG, Z., LI, X., & LIU, Z. (2014). **“A closed-loop based framework for design requirement management”**. In J. Moving Integrated Product Development to Service Clouds in the Global Economy. Proceedings of the 21st. ISPE Inc. International Conference on Concurrent Engineering. <https://doi:10.3233/978-1-61499-440-4-444>

ZHENG, Z, XIE, S, DAI, H., CHEN, X., and WANG, H. (2017) **“An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends,”** in *2017 IEEE International Congress on Big Data (BigData Congress)*, Jun. 2017, pp. 557–564, doi:10.1109/BigDataCongress.2017.85.

7 APÊNDICE

Nesta seção são apresentados os recursos utilizados para coleta de dados nas empresas do estudo, quantitativo de artigos identificados, tabelas com as respectivas referências bibliográficas, que fomentaram a classificação das barreiras e benefícios da rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento de projetos.

Tabela 29 – Protocolo de Coleta de Dados utilizado na abordagem às empresas do estudo.

Seção 1	Subseção 1.2	ID	Questão de pesquisa	Referências
Empresa	Negócio	1	Área de negócio	Ramesh e Jarke, (2001);
Perfil profissional	Área	2	Área de atuação	Ramesh e Jarke, (2001); Ford e Triggs (2006); Mäder <i>et al.</i> , (2009); BABOK (2015, p. 83)
	Tempo	3	Tempo de atuação na área	-
Gestão de requisitos	Gestão	4	Como funciona a gestão de requisitos no desenvolvimento de projetos na empresa?	-
	Problemas	5	Você teve problemas com requisitos que não foram implementados e quais problemas foram?	-
Rastreabilidade dos requisitos	Motivação	6	Quais motivos levam a empresa a adotar a rastreabilidade dos requisitos?	Ramesh e Jarke, (2001); Bouillon <i>et al.</i> , (2013); PMI (2015)
	Área de realização	7	Qual é a área da empresa que faz a rastreabilidade e os profissionais envolvidos?	Bouillon <i>et al.</i> , (2013) e Ford e Triggs (2006)
	Barreiras	8	Existe alguma barreira na tarefa da rastreabilidade dos requisitos?	Kirova <i>et al.</i> , (2008); Kannenberg e Saiedian (2009), Ford e Triggs (2006).
	Benefícios	9	Você consegue reconhecer os benefícios da rastreabilidade dos requisitos no desenvolvimento dos projetos? Aumentando a rastreabilidade?	Jallow <i>et al.</i> , (2008); Kirova <i>et al.</i> , (2008); Panis, (2010); Rempel e Mader, (2017). Wohlrab <i>et al.</i> , (2020).
	Recomendações de melhorias	10	Quais as melhorias você como profissional da área, recomenda para a atividade de rastreabilidade dos requisitos?	Antoniol <i>et al.</i> , (2006); Ford e Triggs, (2006); Jallow <i>et al.</i> , (2008); Regan <i>et al.</i> , (2012); Bouillon <i>et al.</i> , (2013); BABOK, (2015); PMI. (2015); Wohlrab <i>et al.</i> , (2020).

Fonte: Elaborado pelo autor, (2021).

Tabela 30 – Barreiras para rastreabilidade dos requisitos e referências.

ID	Barreira	Referências
BAR 1	Ineficiência de gerenciamento	Gotel & Finkelstein, (1994); Ramesh e Jarke, (2001); Antoniol <i>et al.</i> , (2006); Blaauboer <i>et al.</i> , (2007); Jayatilleke e Lai, (2008); Regan, <i>et al.</i> , (2012); Torkar <i>et al.</i> , (2012); Wang <i>et al.</i> , (2018).
BAR 2	Ferramentas	Gotel & Finkelstein, (1994); Ramesh, (1998); Hoffmann, (2004); Antoniol <i>et al.</i> , (2006); Kirova <i>et al.</i> , (2008); Kannenberg e Saiedian, (2009); Regan <i>et al.</i> , (2012); Torkar <i>et al.</i> , (2012); Bouillon <i>et al.</i> , (2013); Trindade e Lucena, (2016); Wohlrab <i>et al.</i> , (2020).
BAR 3	Custo	Egyed <i>et al.</i> , (2005); Heindl e Biffi, (2005); Antoniol <i>et al.</i> , (2006); Ford e Triggs, (2006); Blaauboer <i>et al.</i> , (2007); Kirova <i>et al.</i> , (2008); Kannenberg e Saiedian, (2009); Regan <i>et al.</i> , (2012); Torkar <i>et al.</i> , (2012); Jayatilleke e Lai, (2018).
BAR 4	Insuficiência de métodos	Antoniol <i>et al.</i> , (2006); Kannenberg e Saiedian, (2009); Jayatilleke e Lai, (2008); Torkar <i>et al.</i> , (2012); Trindade e Lucena, (2016); Elamin e Osman, (2018).
BAR 5	Baixa percepção de benefícios	Gotel & Finkelstein, (1994); Hoffmann, (2004); Arkley e Riddle, (2005); Blaauboer <i>et al.</i> , (2007); Kirova <i>et al.</i> , (2008); Kannenberg e Saiedian, (2009); Torkar <i>et al.</i> , (2012); Bouillon <i>et al.</i> , (2013); Jayatilleke e Lai, (2018); Wang <i>et al.</i> , (2018); Wohlrab <i>et al.</i> , (2020).
BAR 6	Esforço elevado	Ramesh, (1998); Heindl e Biffi, (2005); Kirova <i>et al.</i> , (2008); Kannenberg e Saiedian, (2009); Regan <i>et al.</i> , (2012); Torkar <i>et al.</i> , (2012).
BAR 7	Complexidade da atividade	Gotel & Finkelstein, (1994); Arkley e Riddle, (2005); Egyed <i>et al.</i> , (2005); Antoniol <i>et al.</i> , (2006); Kirova <i>et al.</i> , (2008); Kannenberg e Saiedian, (2009); Regan <i>et al.</i> , (2012); Torkar <i>et al.</i> , (2012); Trindade e Lucena, (2016); Jayatilleke e Lai, (2018); Elamin e Osman, (2018); Wang <i>et al.</i> , (2018).
BAR 8	Demanda de Tempo	Gotel & Finkelstein, (1994); Hoffmann, (2004); Blaauboer <i>et al.</i> , (2007); Kirova <i>et al.</i> , (2008); Kannenberg e Saiedian, (2009); Torkar <i>et al.</i> , (2012); Trindade e Lucena, (2016); Jayatilleke e Lai, (2018).
BAR 9	Baixo suporte técnico	Gotel & Finkelstein, (1994); Ramesh e Jarke, (2001); Cleland-Huang, (2005); Antoniol <i>et al.</i> , (2006); Kannenberg e Saiedian, (2009).
BAR 10	Falta de padronização	Heindl e Biffi, (2005); Antoniol <i>et al.</i> , (2006); Kirova <i>et al.</i> , (2008); Kannenberg e Saiedian, (2009); Torkar <i>et al.</i> , (2012); Jayatilleke e Lai, (2018).
BAR 11	Baixa motivação	Gotel & Finkelstein, (1994); Ramesh, (1998); Antoniol <i>et al.</i> , (2006); Torkar <i>et al.</i> , (2012); Trindade e Lucena, (2016); Jayatilleke e Lai, (2018).
BAR 12	Insuficiência de comunicação	Gotel & Finkelstein, (1994); Antoniol <i>et al.</i> , (2006); Kirova <i>et al.</i> , (2008); Regan <i>et al.</i> , (2012); Torkar <i>et al.</i> , (2012); Wohlrab <i>et al.</i> , (2020).
BAR 13	Insuficiência de conhecimento	Arkley e Riddle, (2005); Antoniol <i>et al.</i> , (2006); Blaauboer <i>et al.</i> , (2007); Kannenberg e Saiedian, (2009); Regan <i>et al.</i> , (2012); Torkar <i>et al.</i> , (2012).
BAR 14	Insuficiência de informação	Gotel e Finkelstein, (1994); De Lucia <i>et al.</i> , (2008); Torkar <i>et al.</i> , (2012); Trindade e Lucena, (2016); Jayatilleke e Lai, (2018).
BAR 15	Diversidade de elementos	Ramesh e Jarke, (2001); Antoniol <i>et al.</i> , (2006); Kirova <i>et al.</i> , (2008); Regan <i>et al.</i> , (2012); Wohlrab <i>et al.</i> , (2020).

Fonte: Elaborado pelo autor, (2021).

Tabela 31 – Benefícios da rastreabilidade dos requisitos e referências.

ID	Benefícios	Referências
BEN 1	Suporte a gestão	Watkins e Neal, (1994); Oberg <i>et al.</i> , (2000); Ramesh e Jarke, (2001); Arkley e Riddle, (2005); Cleland-Huang, (2005); Heindl e Biffi, (2005); Antoniol <i>et al.</i> , (2006); Jallow <i>et al.</i> , (2008); Hansen <i>et al.</i> , (2009); Kannenberg e Saiedian, (2009); Torkar <i>et al.</i> , (2012); Dreves <i>et al.</i> , (2016); Wohlrab <i>et al.</i> , (2020).
BEN 2	Informação	Oberg <i>et al.</i> , (2000); Ford e Triggs, (2006); Blaauboer <i>et al.</i> , (2007); Kannenberg e Saidian, (2009); Trindade e Lucena, (2016)
BEN 3	Qualidade	.Gotel e Finkelstein, (1994); Halbleib, (2004); Heindl e Biffi, (2005); Ford e Triggs, (2006); Kirova <i>et al.</i> , (2008); Espinoza e Garbajosa, (2011); Bouillon <i>et al.</i> , (2013); Dreves <i>et al.</i> , (2016); Duarte <i>et al.</i> , (2016)
BEN 4	Compreensão	Oberg <i>et al.</i> , (2000); Ramesh e Jarke, (2001); Cleland-Huang, (2005); Ford e Triggs, (2006); Espinoza e Garbajosa, (2011); Duarte <i>et al.</i> , (2016); Jayatilleke e Lai, (2018); Dehghani, (2019)
BEN 5	Satisfação do cliente	Watkins e Neal, (1994); Ramesh e Jarke, (2001); Heindl e Biffi, (2005); Kannenberg e Saidian, (2009); Torkar <i>et al.</i> , (2012); Dreves <i>et al.</i> , (2016)
BEN 6	Geração de Conhecimento	Ramesh, (1998); Ramesh e Jarke, (2001); Ford e Triggs, (2006); Espinoza e Garbajosa, (2011)
BEN 7	Identificação dos requisitos	Ramesh e Jarke, (2001); Arkley e Riddle, (2005); Heindl e Biffi, (2005); Torkar <i>et al.</i> , (2012)
BEN 8	Análise de impacto	Heindl e Biffi, (2005); Nurmuliani <i>et al.</i> , (2006); Blaauboer <i>et al.</i> , (2007); Jallow <i>et al.</i> , (2008); Jayatilleke e Lai, (2008); Kirova <i>et al.</i> , (2008); Kannenberg e Saidian, (2009); Torkar <i>et al.</i> , (2012); Jallow <i>et al.</i> , (2014); Dreves <i>et al.</i> , (2016); Duarte <i>et al.</i> , (2016); Trindade e Lucena, (2016); Elamin e Osman, (2018)
BEN 9	Compreensão dos requisitos	Oberg <i>et al.</i> , (2000); Ramesh e Jarke, (2001); Cleland - Huang, (2005)
BEN 10	Identificação de influências	Ford e Triggs, (2006); Jallow <i>et al.</i> , (2008); Kirova <i>et al.</i> , (2008); Torkar <i>et al.</i> , (2012)
BEN 11	Análise das mudanças	Heindl e Biffi, (2005); Ford e Triggs, (2006); Nurmuliani <i>et al.</i> , (2006); Kirova <i>et al.</i> , (2008); Dreves <i>et al.</i> , (2016)
BEN 12	Identificação de mudanças	Watkins e Neal, (1994); Arkley e Riddle, (2005); Ford e Triggs, (2006); Jallow <i>et al.</i> , (2008); Hansen <i>et al.</i> , (2009); Kannenberg e Saiedian, (2009); Elamin e Osman, (2018)
BEN 13	Agilidade	Watkins e Neal, (1994); Kirova <i>et al.</i> , (2008); Dreves <i>et al.</i> , (2016); Dehghani, (2019)
BEN 14	Análise de erros	Ford e Triggs, (2006); Dreves <i>et al.</i> , (2016)
BEN 15	Avaliação do requisito	Kirova <i>et al.</i> , (2008); Torkar <i>et al.</i> , (2012); Dreves <i>et al.</i> , (2016); Wibowo e Davis (2020)

Fonte: Elaborado pelo autor, (2021).

Tabela 32: Quantitativo dos artigos identificados nas bases científicas sobre as barreiras e benefícios da rastreabilidade dos requisitos.

Strings: (1) <i>"requirements traceability" and "requirements tracing"</i> (2) <i>"traceability requirements" and "project development"</i>	Bases científicas		
	Scopus	Engineering Village	Google Scholar
String 1	450	1105	1360
String 2	252	860	190
Filtro 1: Leitura do título, resumo e palavras-chave			
String 1	166	46	157
String 2	153	7	26
Filtro 2: Leitura da introdução e conclusão			
String 1	25	14	46
String 2	46	2	26
Filtro 3: Leitura completa			
String 1	25	14	-
String 2	14	2	-
Total de artigos selecionados	20	10	8

Fonte: Elaborado pelo autor, (2021).